



hydrique.

Prévisions opérationnelles et gestion en temps-réel

Murielle Thomet

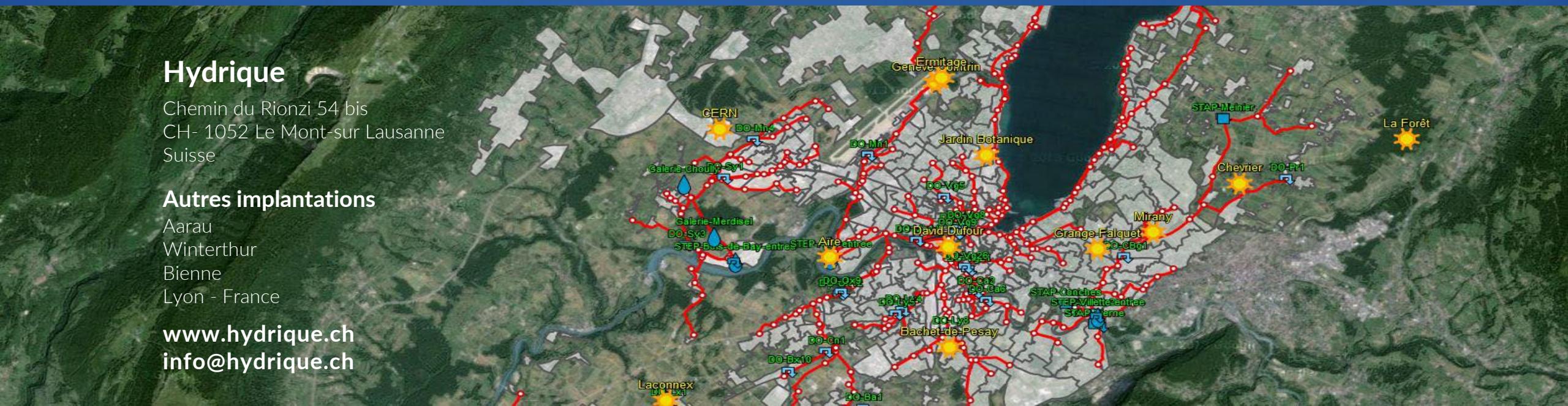
Hydrique

Chemin du Rionzi 54 bis
CH- 1052 Le Mont-sur Lausanne
Suisse

Autres implantations

Aarau
Winterthur
Bienne
Lyon - France

www.hydrique.ch
info@hydrique.ch





Contenu

- Hydrique Ingénieurs
 - Qui on est et ce qu'on fait
 - Modélisation pluie-débit
- Prévisions hydrologiques opérationnelles
- Cas d'application de la pratique
 - Surveillance
 - Gestion intégrée Réseau-STEP-Milieu naturel
 - Optimisation

1

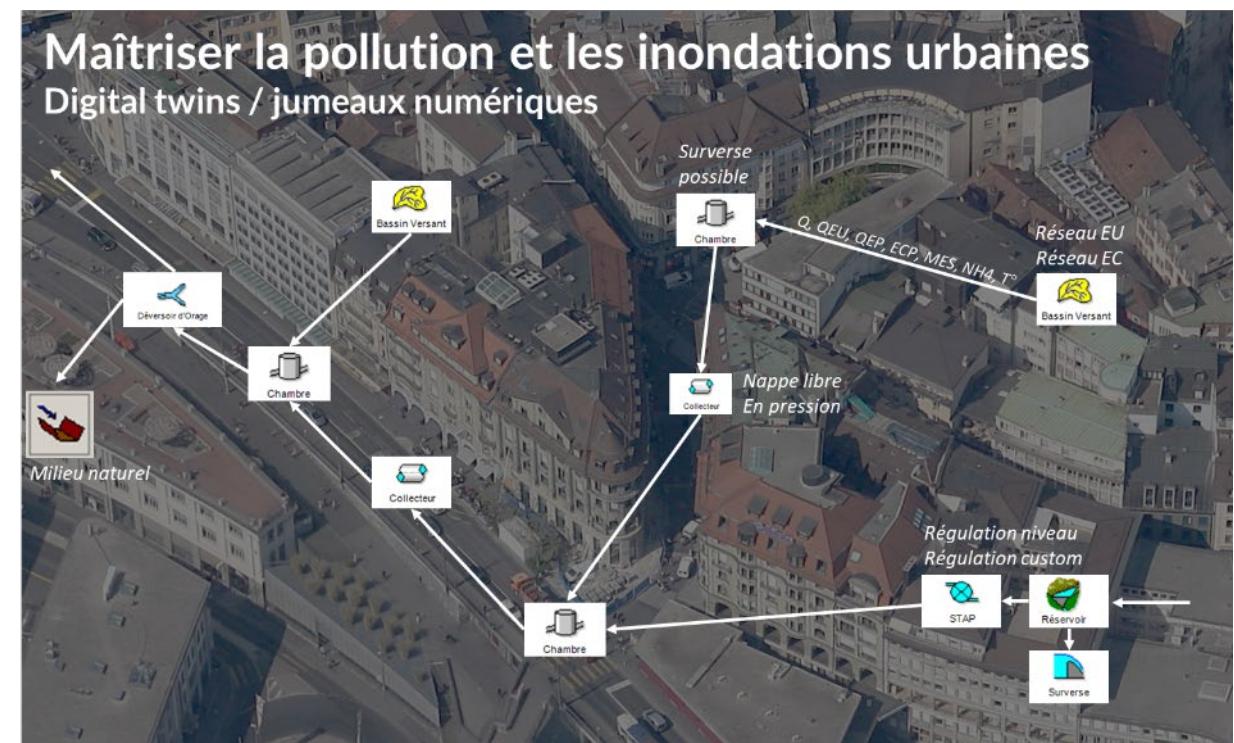
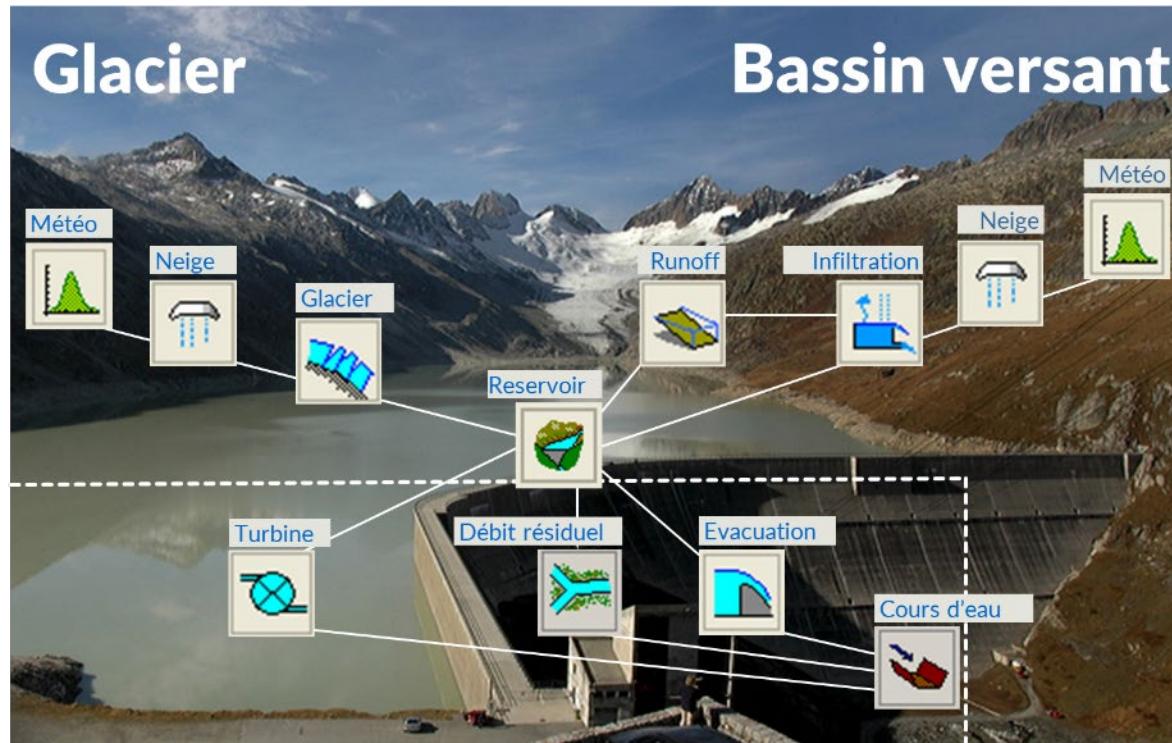
Hydrique Ingénieurs

- Bureau privé fondé par Dr Fédéric Jordan et Dr Philippe Heller et active depuis 2007
- Hydrique Ingénieurs a 20 collaborateurs sous contrat CDI représentant 15 équivalents-plein temps
- 1-2 stagiaires actifs dans les domaines de l'innovation et du développement de modèles
- **Notre cœur de métier : Comprendre l'eau**

CRUES ET PRÉVISIONS DE DÉBIT TEMPS-RÉEL	MONITORING DES EAUX USÉES	INGÉNIERIE: SÉDIMENTS / LACS / HYDRAULIQUE	VOIRIE / RESEAUX D'EAU
<p>Inondations, sécheresse, hydro-électricité</p> <p>Détermination des crues, débits résiduels, changements climatiques, sécheresse, irrigation, température aquatique</p> <p>Prévision des apports dans les barrages et centrales au fil de l'eau. Cascade hydro-météorologique online et temps-réel, optimisation de la production et du trading d'électricité.</p> <p>4000 MW optimisés</p> <p>25 systèmes avec abonnements annuels en Suisse, Autriche, France</p>	<p>Eau usée et préservation de l'environnement</p> <p>Monitoring des réseaux d'évacuation d'eau usée : diagnostic hydraulique et pollutif, traque aux ECP (eau claire permanente), maîtrise des rejets à l'environnement.</p> <p>Monitoring des réseaux d'eau potable pour la gestion des situations d'urgence.</p> <p>10 systèmes avec abonnement annuel</p> <p>1 Mio d'habitants concernés à Lausanne, Genève, la Chaux-de-Fonds et ailleurs</p>	<p>Conception de projets, approche numérique</p> <p>Vagues et courants marins, réhabilitation des rives lacustres.</p> <p>Transport sédimentaire et dynamique alluviale des rivières, gestion sédimentaire des réservoirs et purges.</p> <p>Cartes d'inondations.</p> <p>Renaturalation de cours d'eau.</p> <p>60 projets en Suisse, Pérou, France</p>	<p>Etude, assistance technique et réalisation</p> <p>Réseaux d'eau potable, captage, transport et distribution</p> <p>Réseaux d'assainissement (EC/EU), raccordements privé et public, diagnostic de l'état du séparatif</p> <p>Etude, planification, suivi de chantier et direction de travaux.</p>

Modélisation pluie-débit en temps réel des :

- Bassins versants naturels
- Bassins versants urbains



Flood forecast RS FLOOD Online only As a service (hydrique.ch)	Hydropower forecast RS HYDROPOWER Online only As a service (hydrique.ch)	Solar Energy RS SOLAR Online only As a service (hydrique.ch)	Environnement RS THERMO Version laptop Version online (hydrique.ch)
Climate change RS CLIMATE Version laptop Non distributable (hydrique.ch)			



Routing System Suite

Modélisation fonctionnelle
Combinaisons d'objets
Lien entre hydrologie et hydraulique

Version distributable

Analyses
Etudes hydrologiques
RS MINERVE

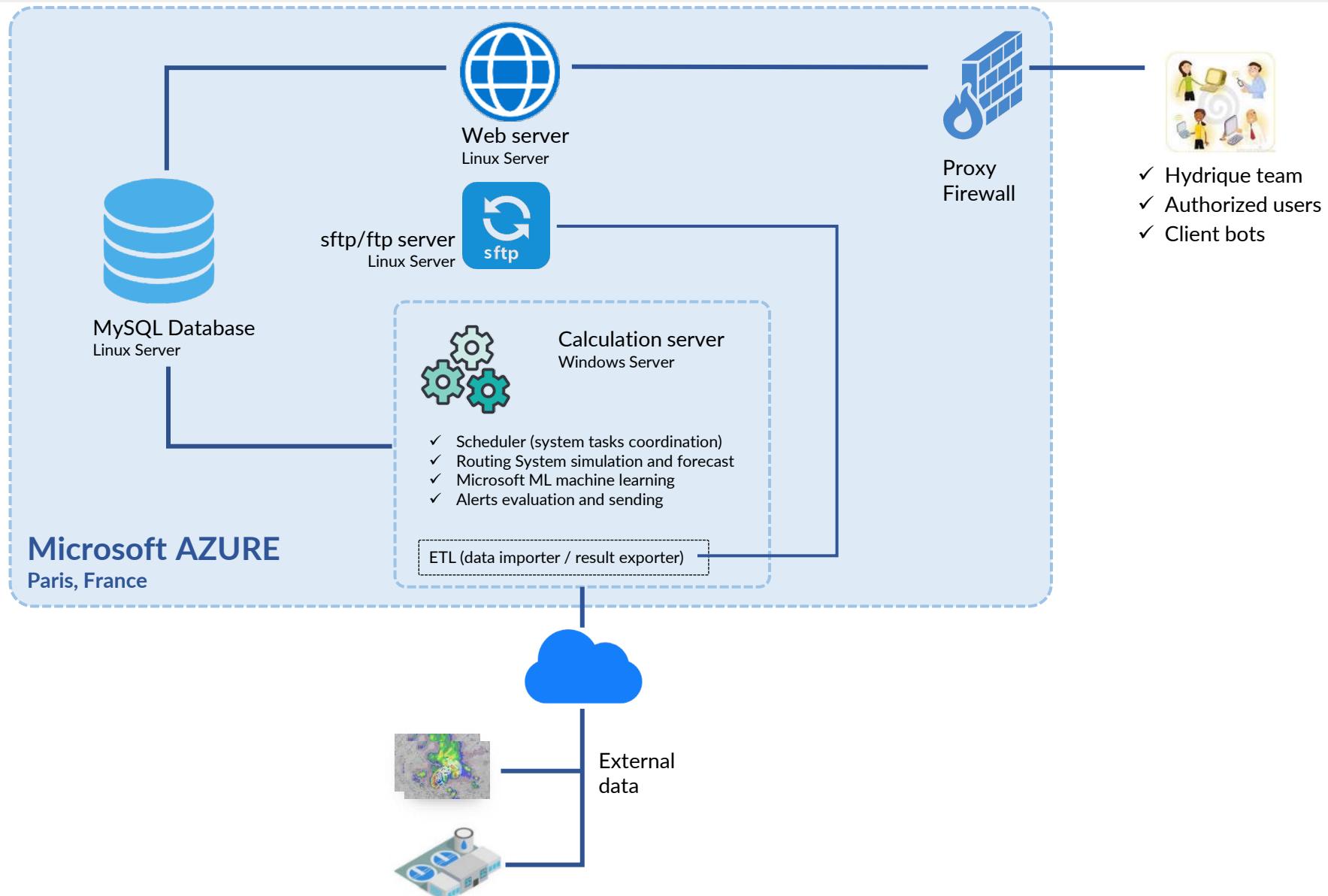
Version laptop
[Free download](#)
(Crealp)

Extreme
Floods
RS CRUEX

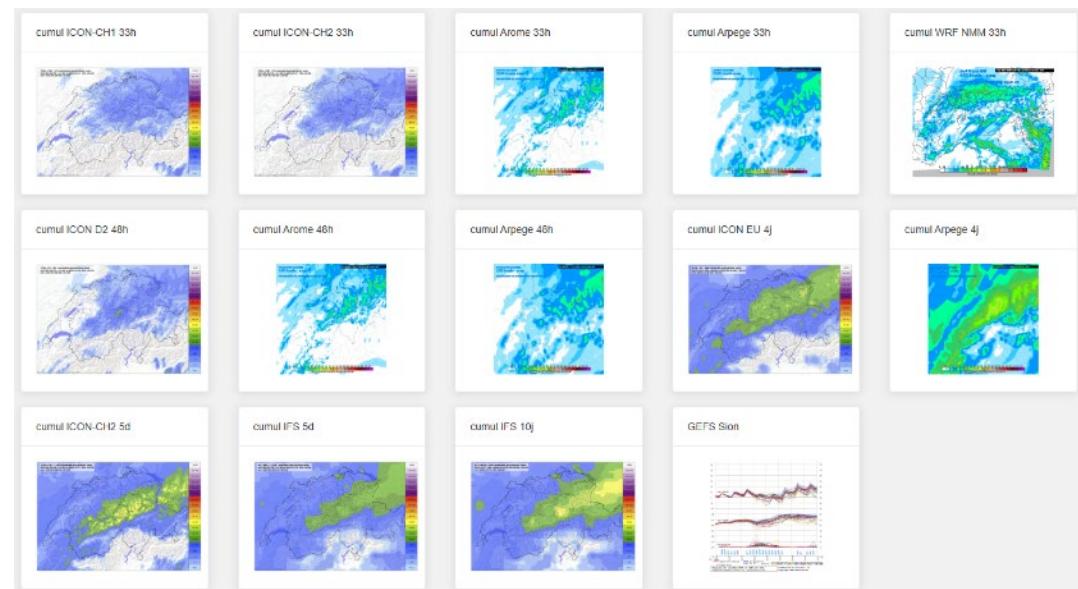
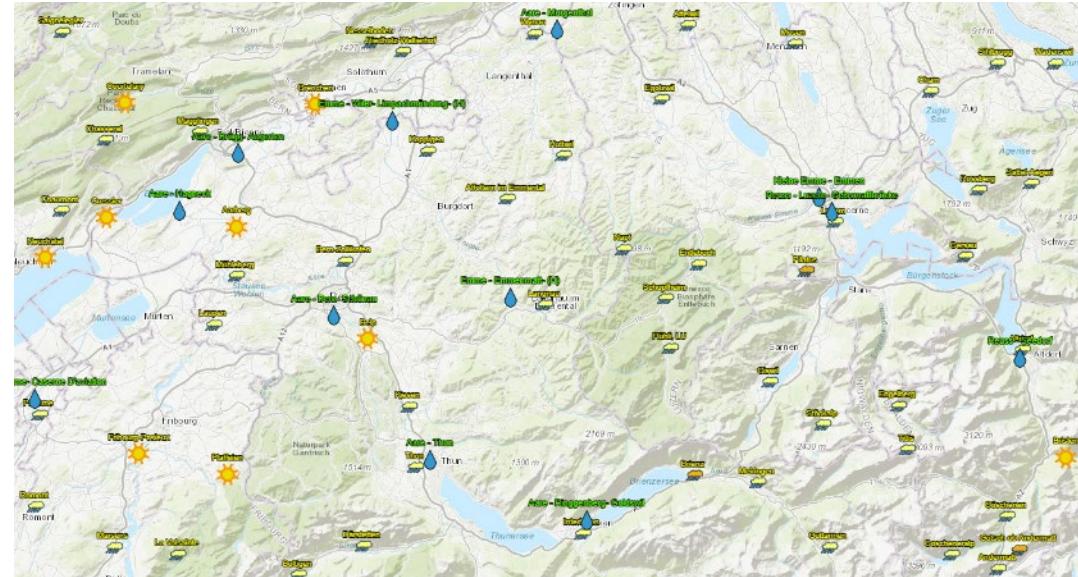
Version laptop
[Free download](#)
(EPFL / Crealp / hydrique.ch)
2017

2

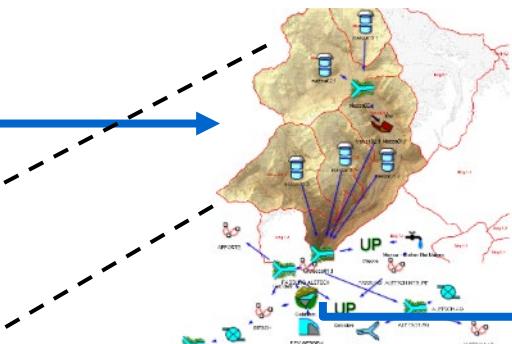
Prévisions hydrologiques opérationnelles



- **Simulations en continu** (basée sur les mesures de terrain, tel que précipitation, température, débit, ...)
 - Simulations des composantes; eaux usées, eaux de ruissellement et eaux claires parasites.
- **Prévisions** basées sur les modèles de prévisions météorologique, tel que INCA, ICON-CH, ...



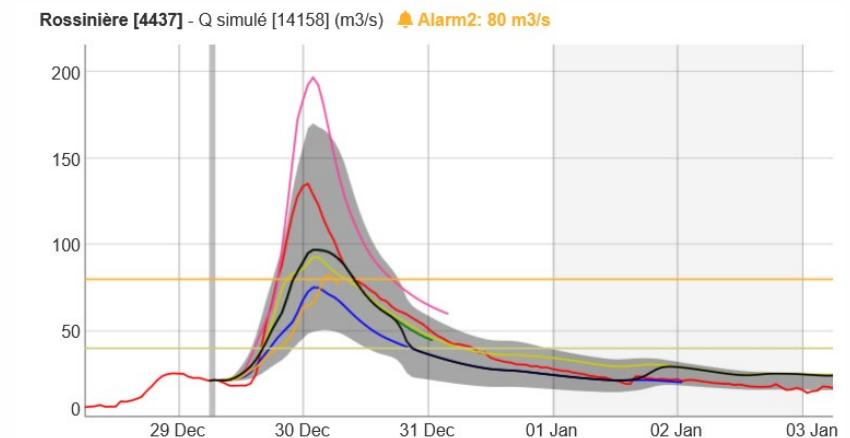
Modèles météo IFS, COSMO, ICON



Modèle Routing System

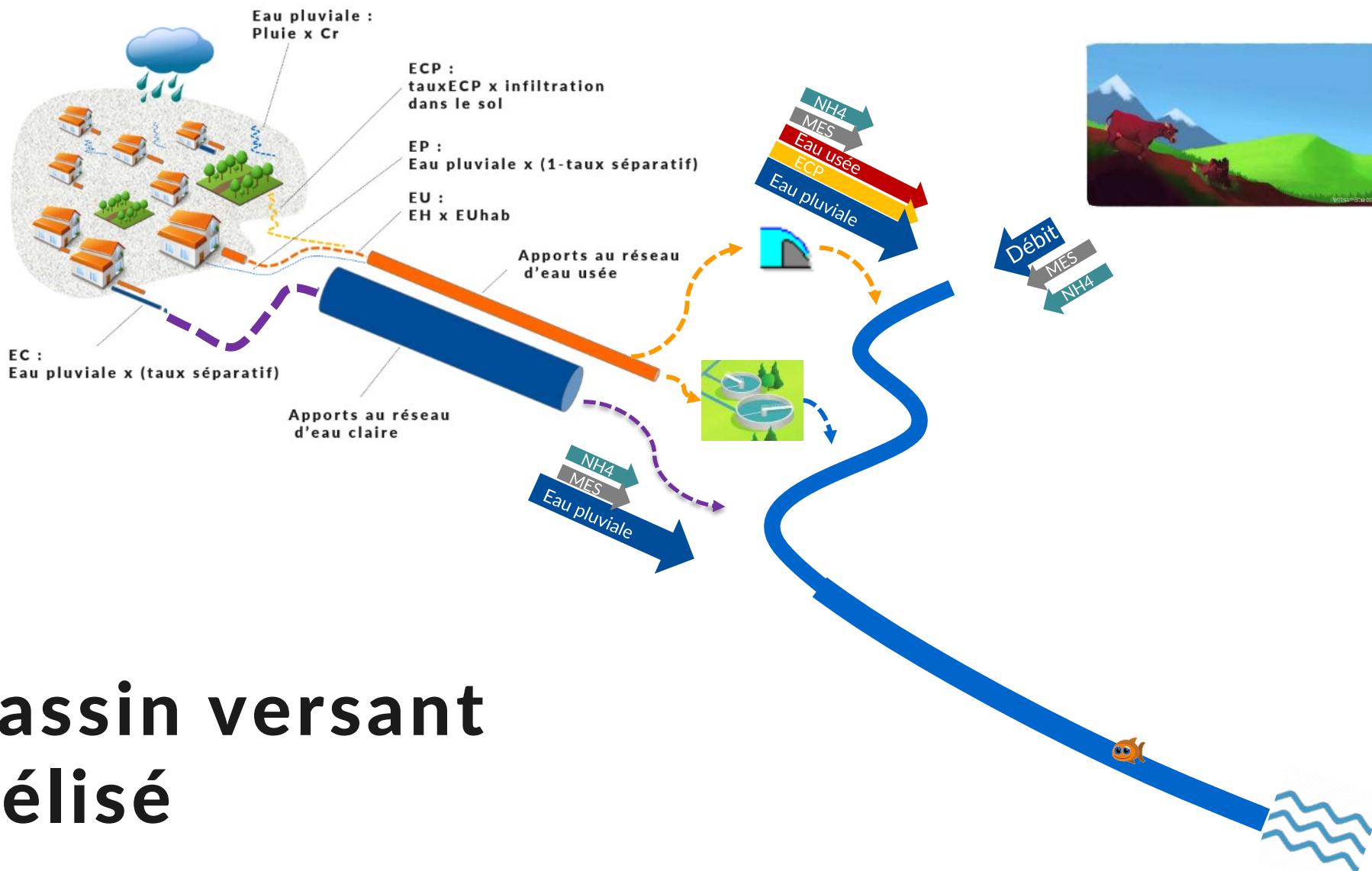
Processus

Stock/fonte de neige
 Fonte glaciaire et bilan de masse
 Evapo-transpiration
 Humidité du sol
 Routage dans les cours d'eau
 ...
 Prises d'eau, réservoirs
 Pompes/turbines
 Opération des réservoirs



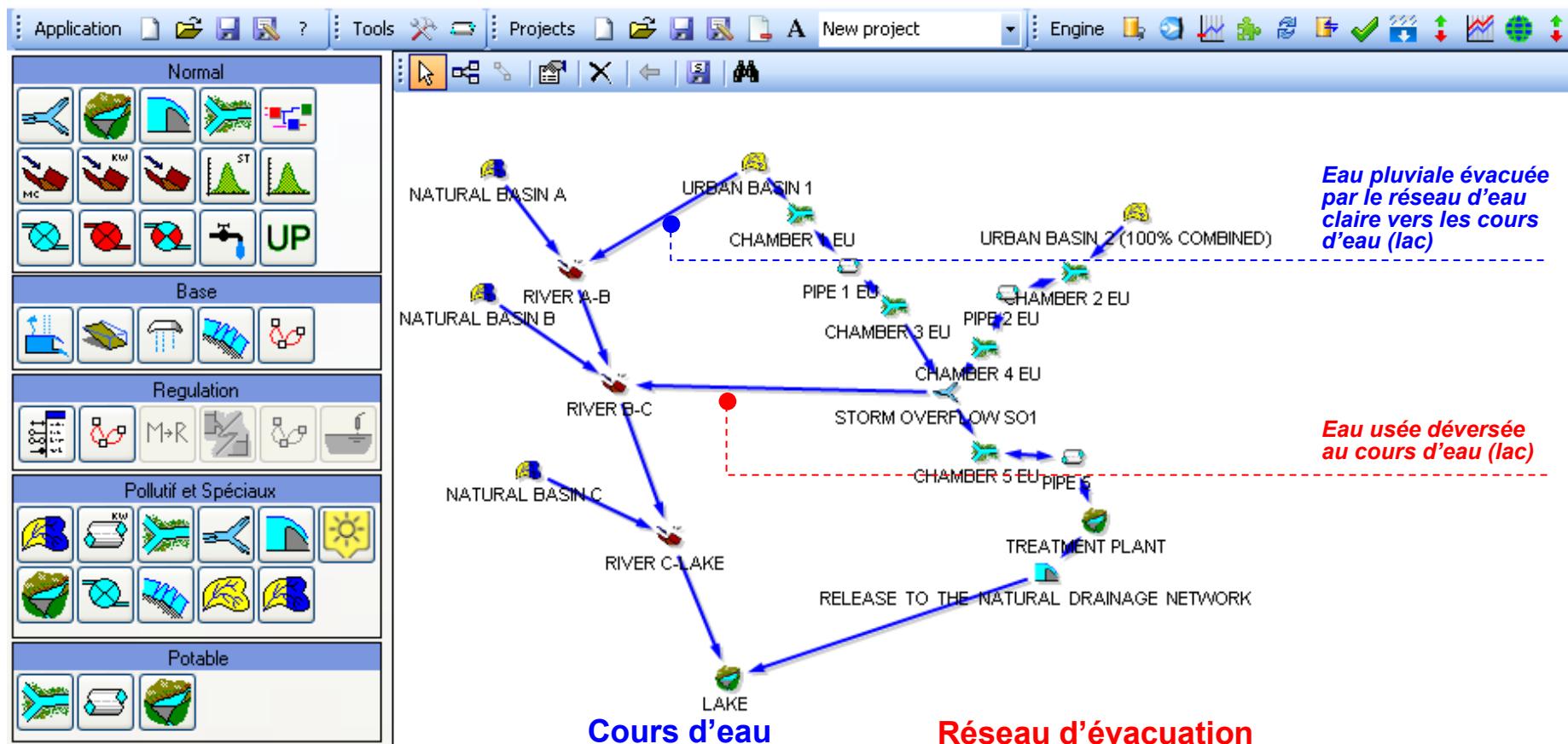
Prévision online

Débit
 Niveau de réservoir
 Précipitation, température
 Production électrique
 ...



Le bassin versant modélisé

Lien vers le milieu récepteur : DO, rejets STEP, séparatif



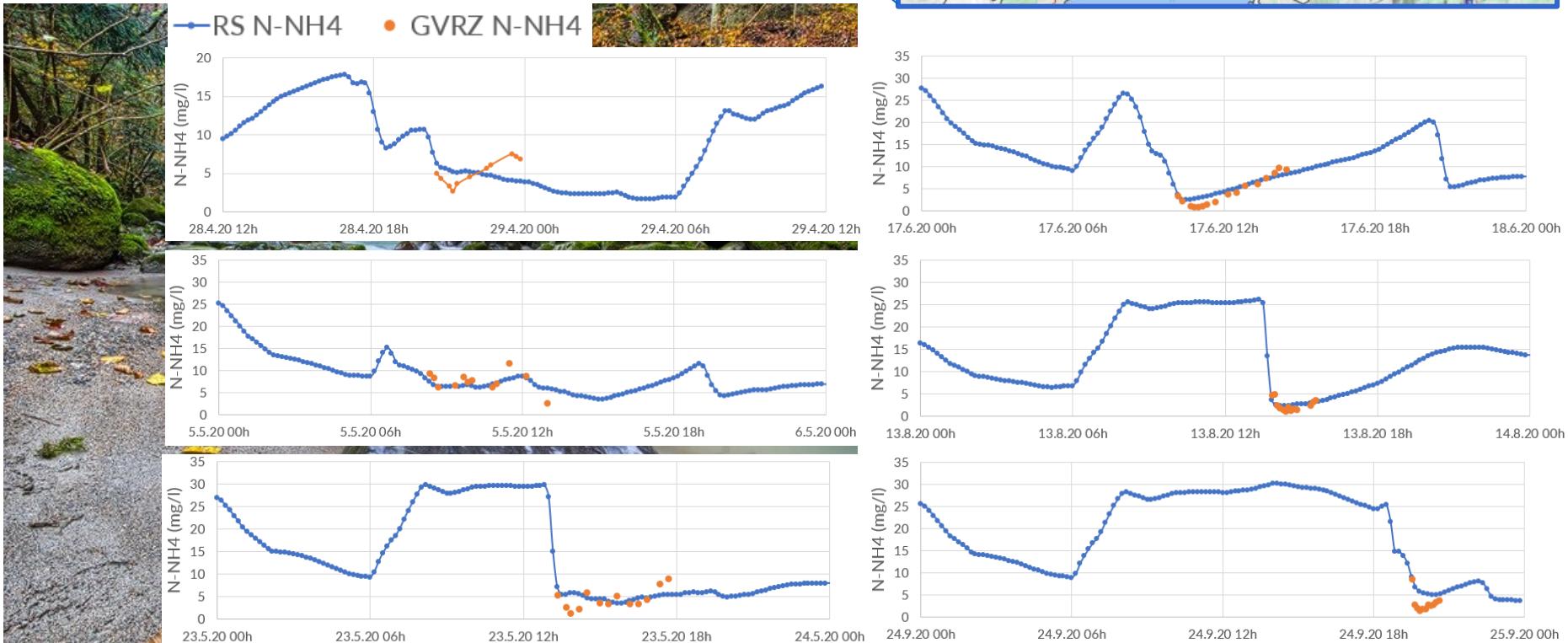
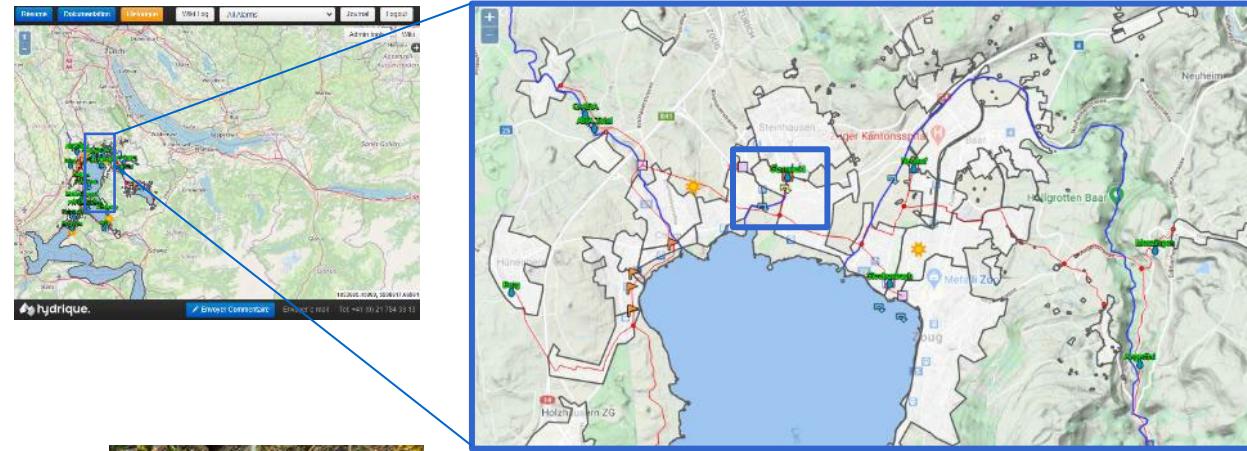
2

Cas d'application

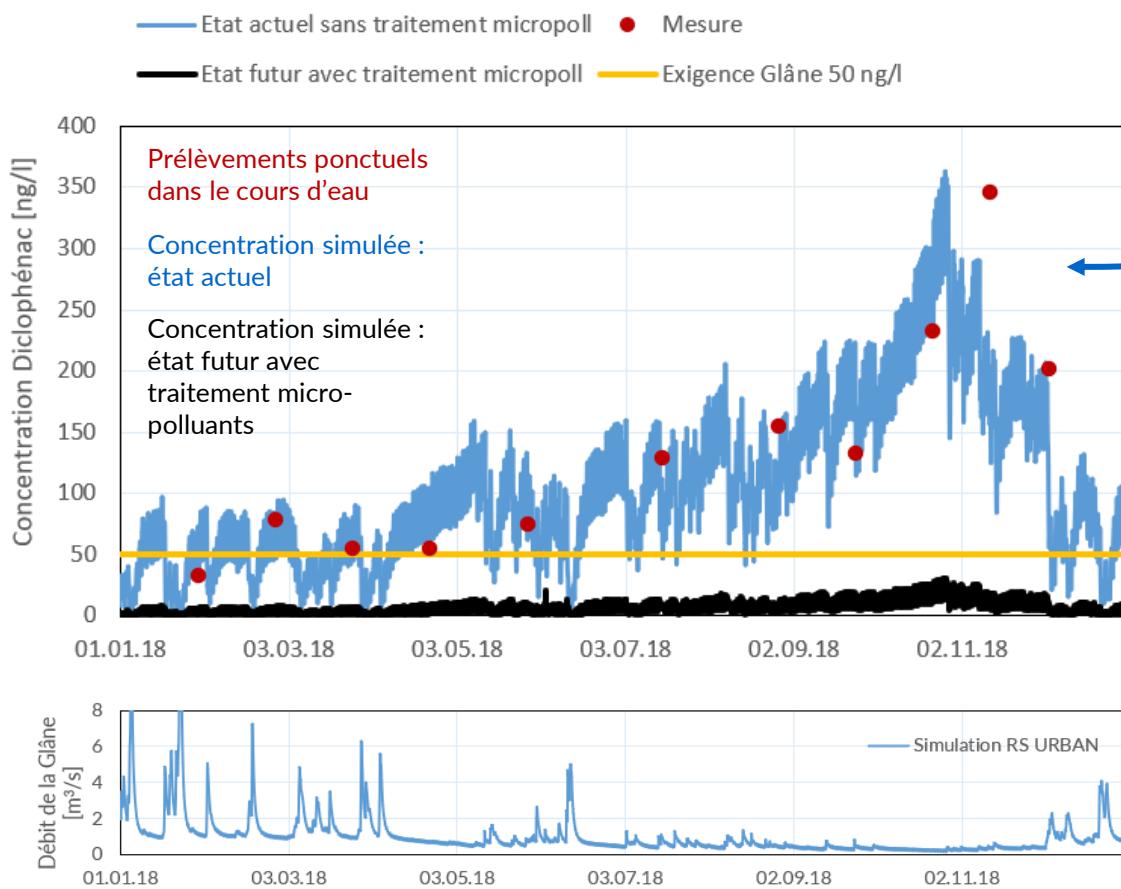
ARA Schönaу (Zug)

Rejets DO Sennweid dans le
Dorfbach

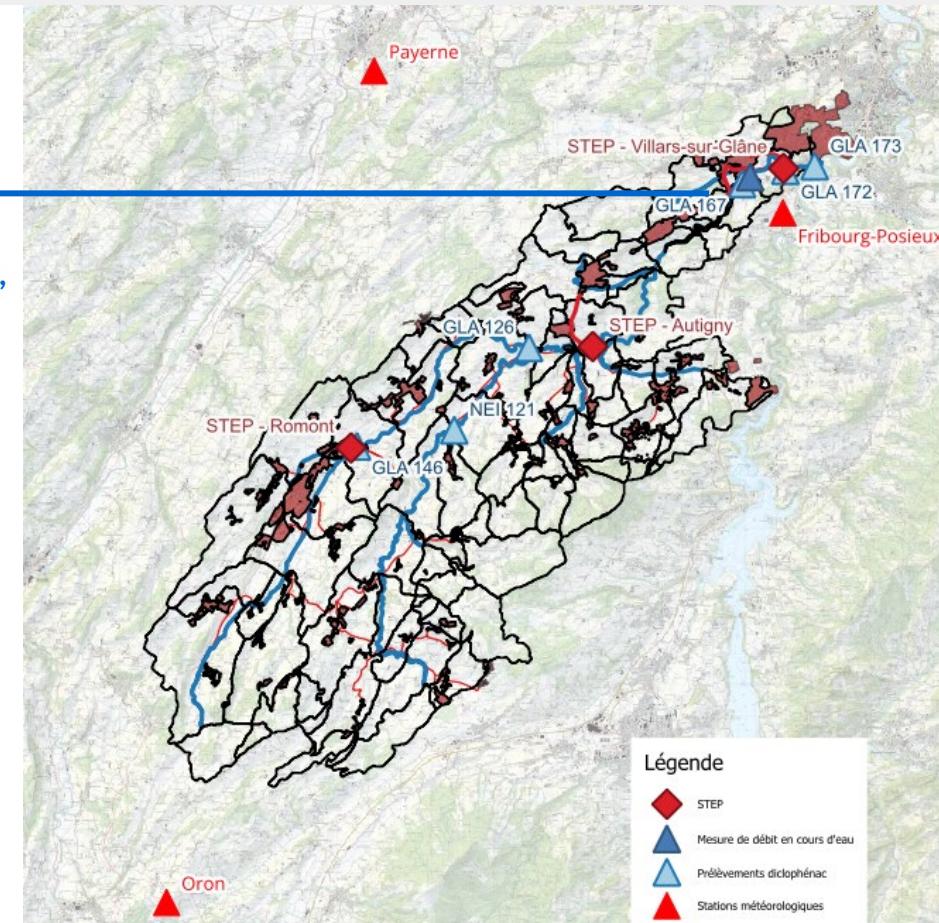
RS URBAN et campagnes de mesure
N-NH₄ sur plusieurs événements



Micropolluants - suivi du diclophénac dans la Glâne



Point d'analyse :
cours d'eau la Glâne,
aval de la STEP de
Autigny

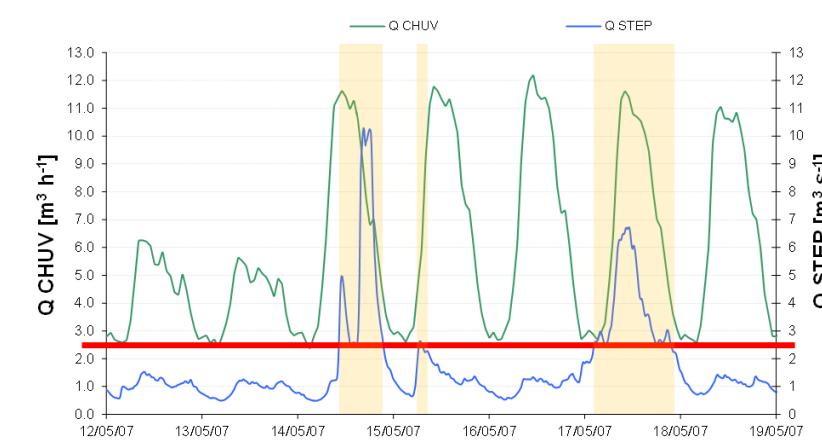
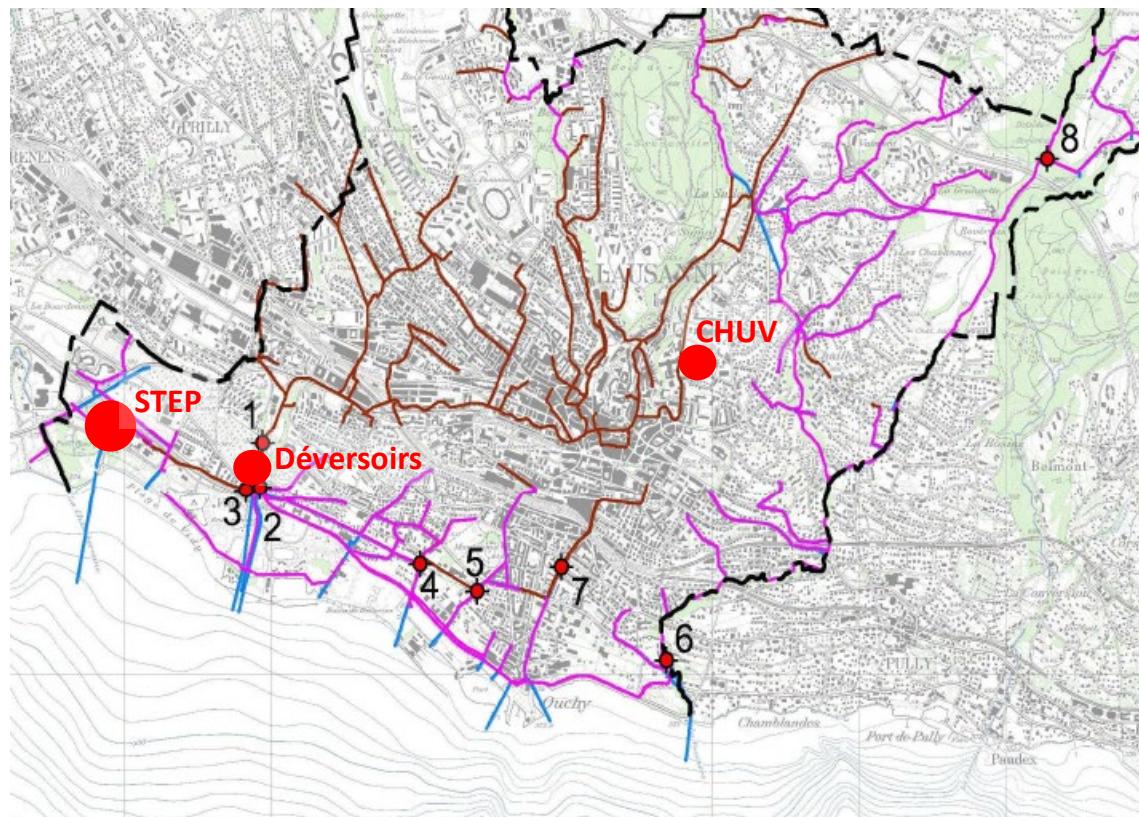


Débit simulé dans la
Glâne

Gestion dynamique réactif :

Retenir les eaux usées fortement chargées, comme celles issues de la sortie d'un hôpital.

→ Objectif de l'étude (2013) est de dimensionner ce bassin de rétention. Volume nécessaire ?



Les règles de rétention sont définies par la STEP :

- Si $Q \text{ STEP} > 2,6 \text{ m}^3/\text{s}$, alors les eaux du CHUV sont retenues (avec un trop-plein dirigé vers la STEP).
- Si $Q \text{ STEP} < 2,4 \text{ m}^3/\text{s}$, alors le réservoir est vidangé en direction de la STEP."

Dynamique de remplissage et vidange avec des séries de pluies en continu

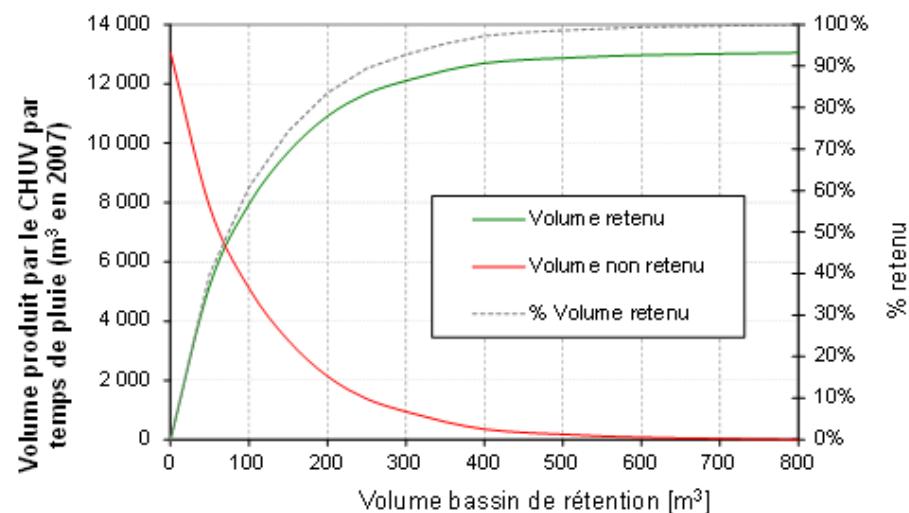


Figure 13 : Volumes d'eaux usées retenus et rejetés dans le réseau en fonction de la taille du système de rétention mis en place (échelle de gauche). Sur l'échelle de droite, le pourcentage de volume retenu est également représenté. Situation actuelle.

Rendement global de la rétention avec traçage des eaux du CHUV jusqu'à la STEP

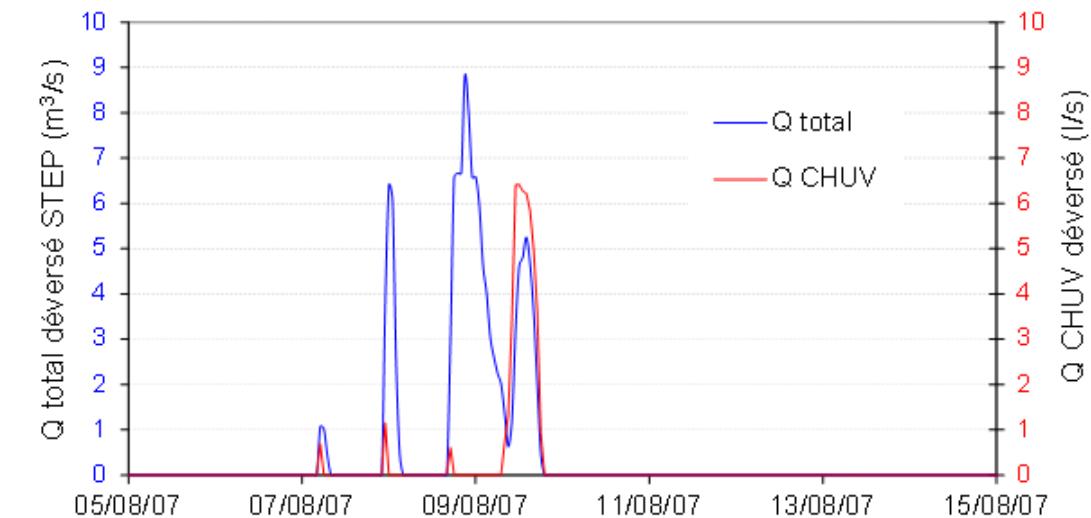
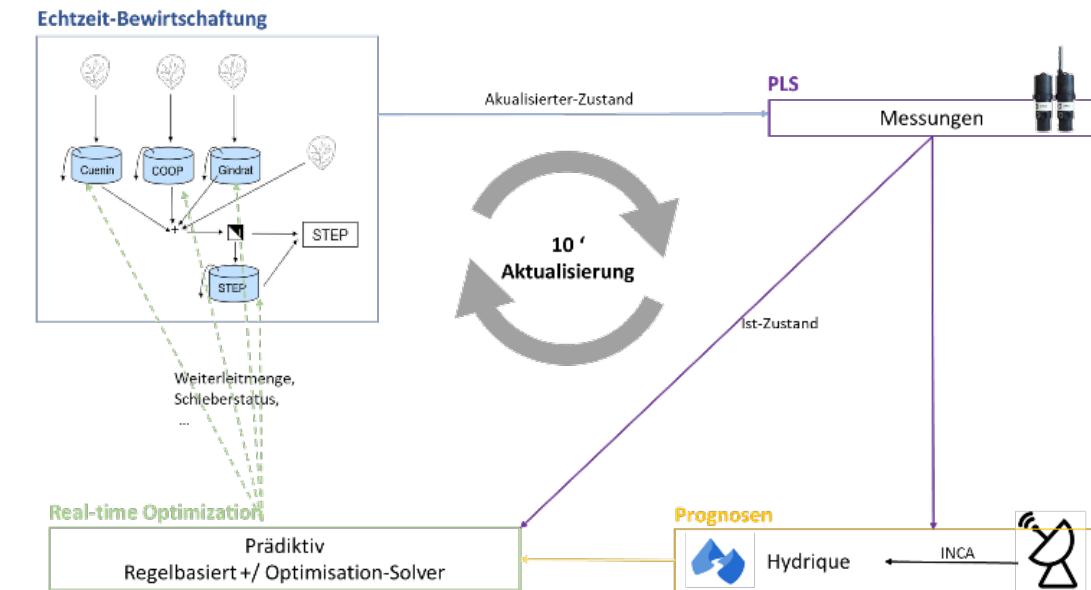
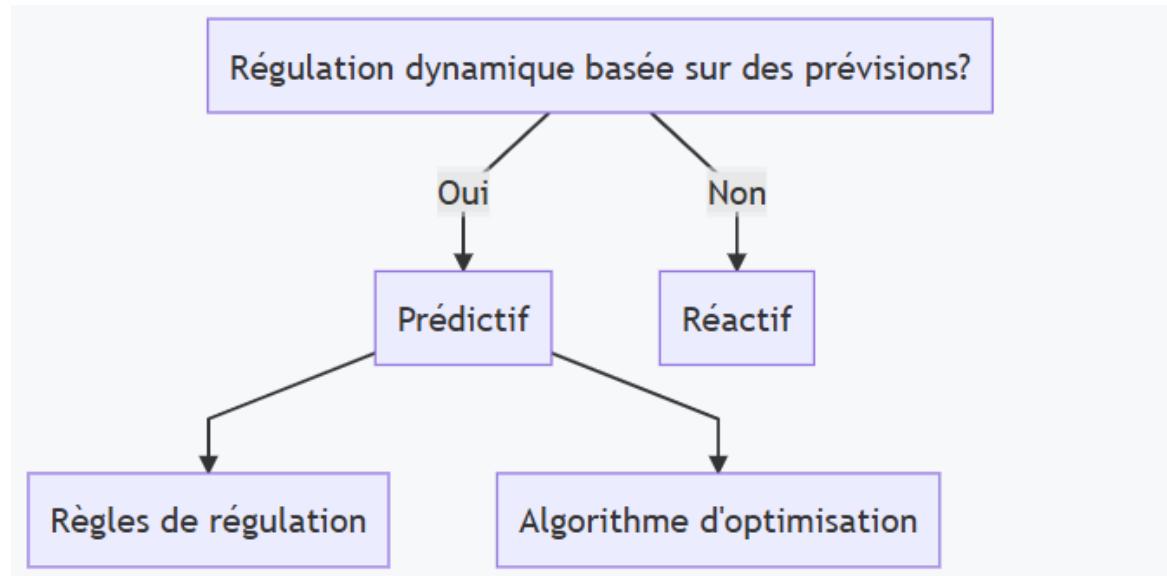
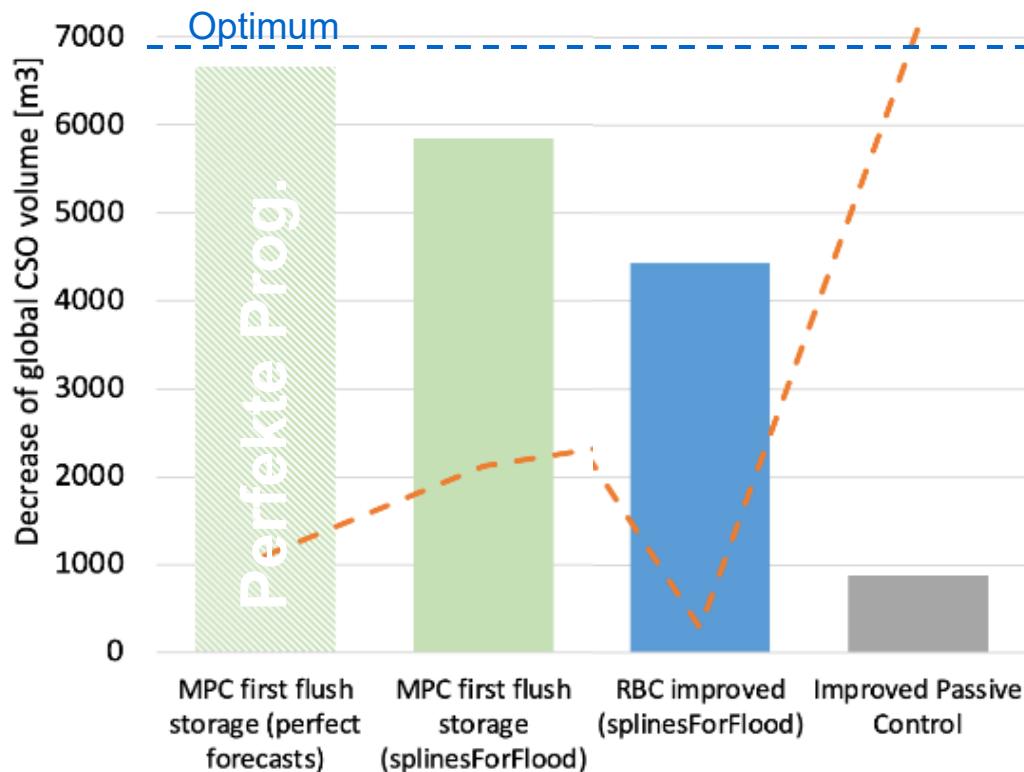


Figure 16. Volume d'eaux usées déversées à l'entrée de STEP de Lausanne pendant un événement de pluie (entre le 7 et le 10 août 2007). En bleu (échelle de gauche) : mélange d'eaux usées et d'eau de ruissellement déversé dans le lac sans traitement. En rouge (échelle de droite) : débit du CHUV dans ce déversement.



Résultats SEPE Porrentruy

Projet de Master de Sylvain Clément



	Référence	MPC Cuenin-COOP-Gindrat-STEP
Rejets globaux [m³]	460'400	442'000
Réduction		-4.0%
Charge pollutive MES [kg]	13'700	12'700
Réduction		-7.3%
Utilisation capacité rétention	75%	97%
Temps optimisation moyen		74 sec

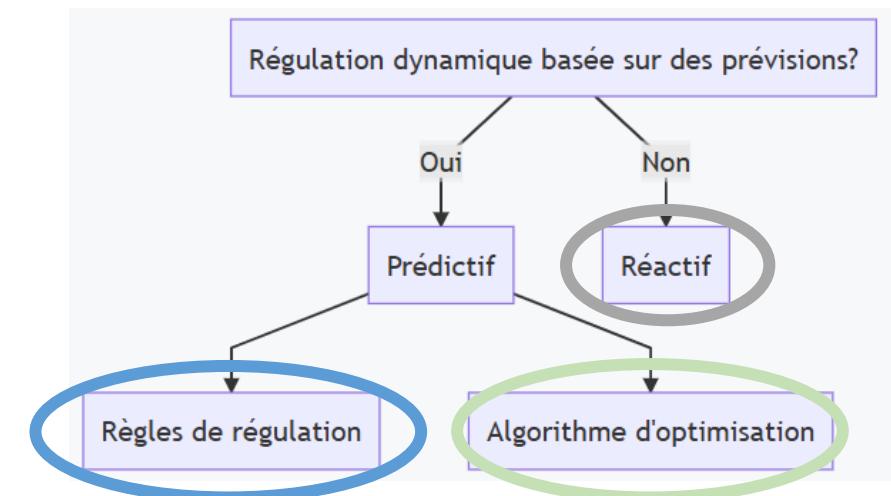
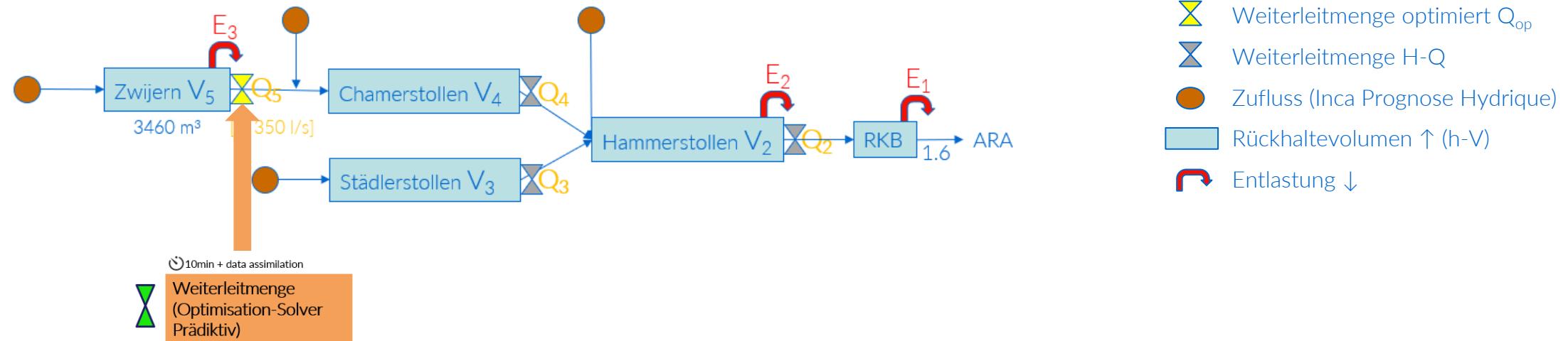
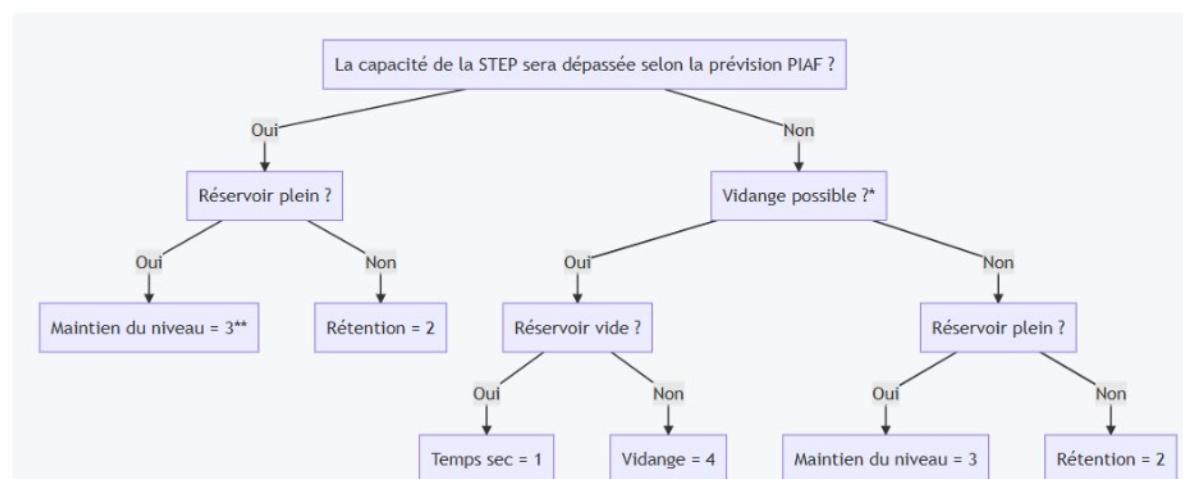


Schéma du réseau de la STEP à Cham (Zug)



- Weiterleitmenge optimiert Q_{op}
- Weiterleitmenge H-Q
- Zufluss (Inca Prognose Hydrique)
- Rückhaltevolumen ↑ (h-V)
- Entlastung ↓

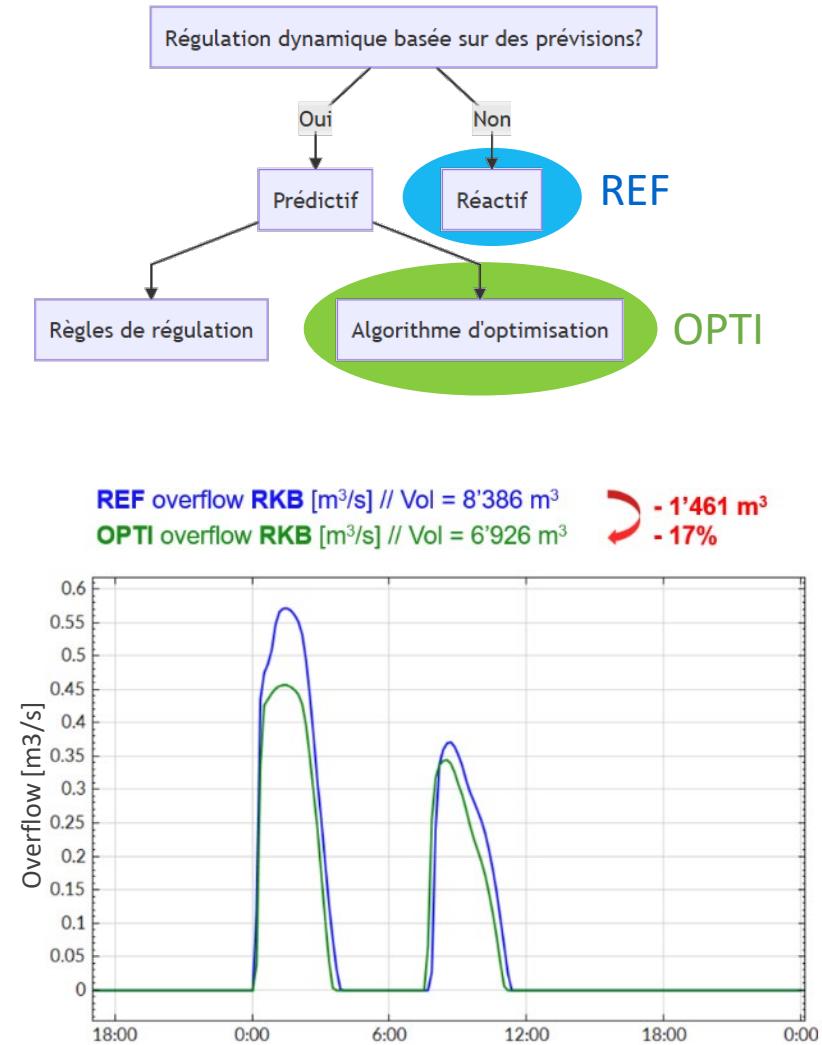
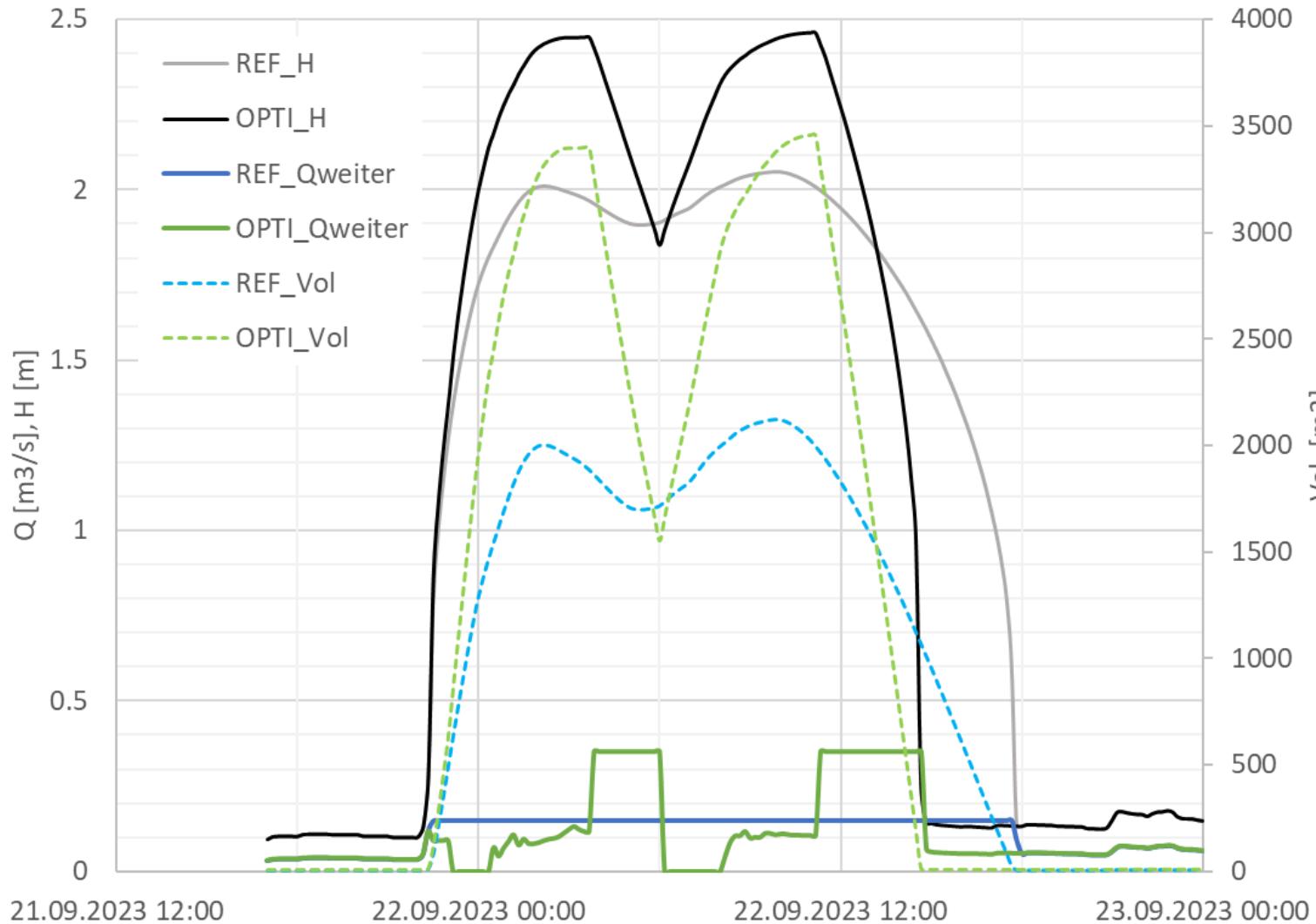
Arbre de décision



Algorithme d'optimisation

Objectif de la régulation optimisée :

- Minimiser les déversements en utilisant les volumes de rétention.
- Vider les réservoirs dès que la STEP a la capacité.





Merci pour votre attention

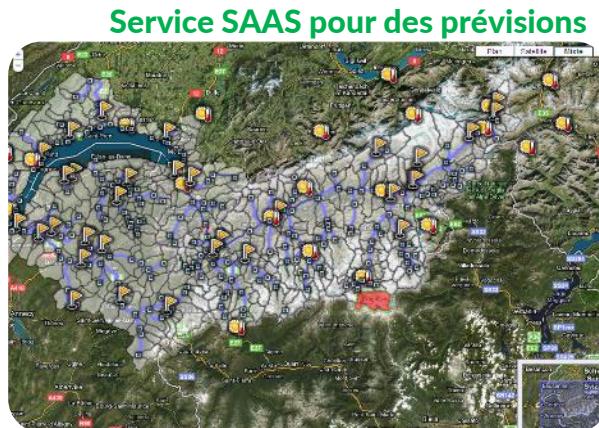




1^{er} système de prévision hydrologique opérationnelle pour des barrages en Suisse



www.swissrivers.ch
La plateforme des prévisions hydro pour toute la Suisse !



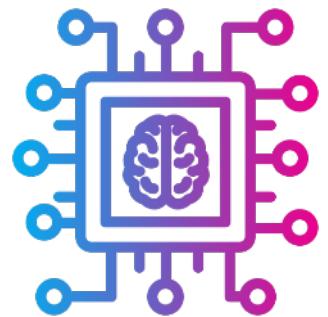
2009



Modélisation des réseaux d'eau usée et suivi temps réel des écoulements, effluents, micropolluants



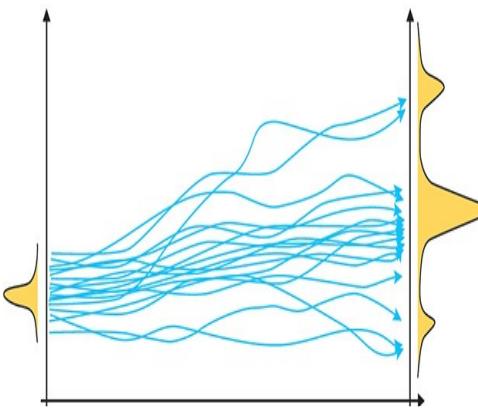
2010



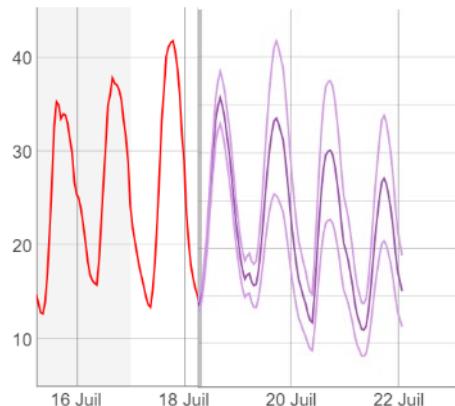
Machine Learning
Implémentation opérationnelle des prévisions avec MLP hybrides avec le logiciel RNF



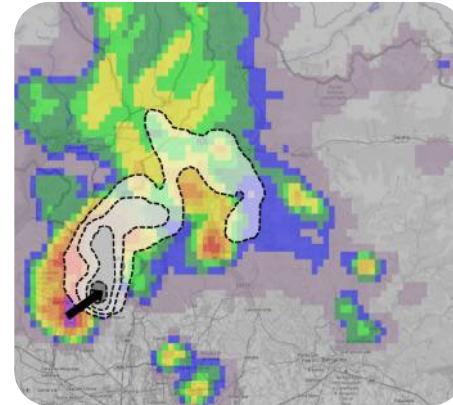
Prévisions ensemblistes cosmo-leps



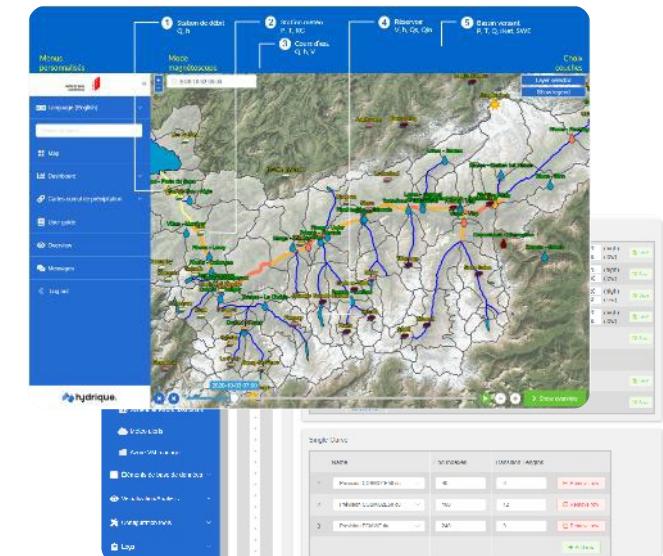
Machine Learning :
Nouvelle plateforme et processus de train avec librairies Python
Opérationnel :
Microsoft ML



Gestion dynamique GPR :
Prévisions radar et pilotage automatisé des ouvrages pour la réduction des rejets à l'environnement



Fonto.Core.Web :
Nouvelle plateforme cartoweb pour la publication des prévisions opérationnelles et le pilotage des modèles



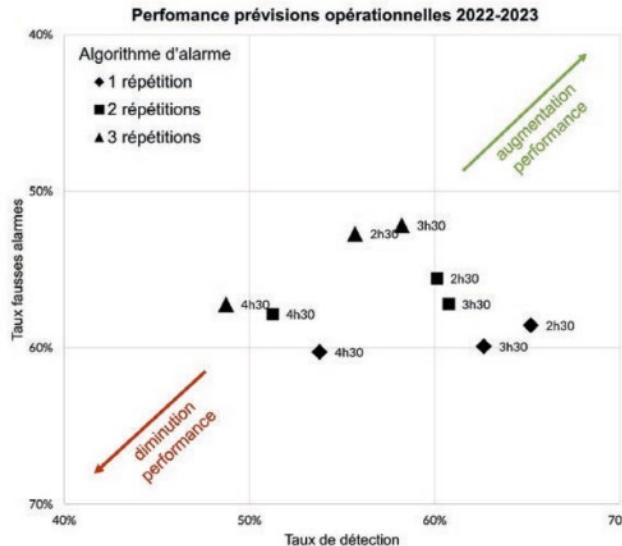


Fig. 4 Taux de détection et taux de fausses alarmes pour 3 horizons de prévision et 3 algorithmes d'alarme. Les horizons de prévision sont indiqués à côté des points.

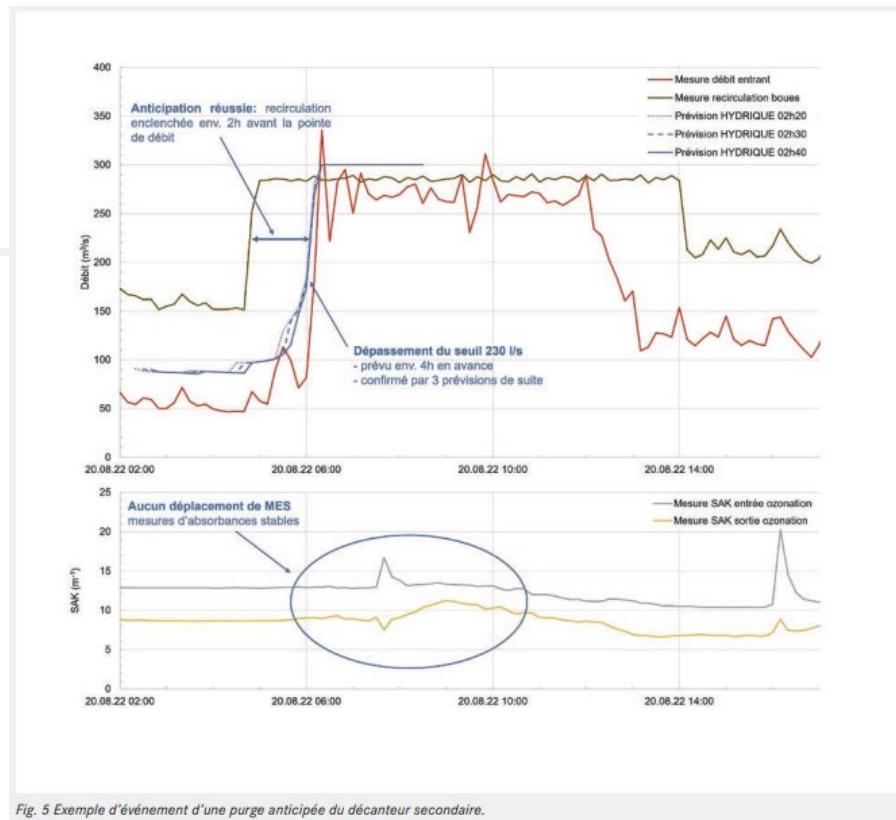
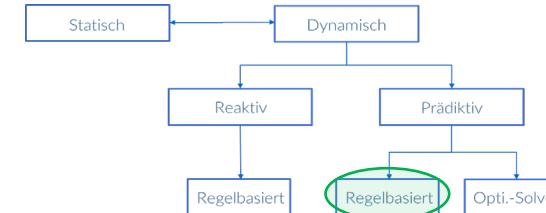


Fig. 5 Exemple d'événement d'une purge anticipée du décanteur secondaire.