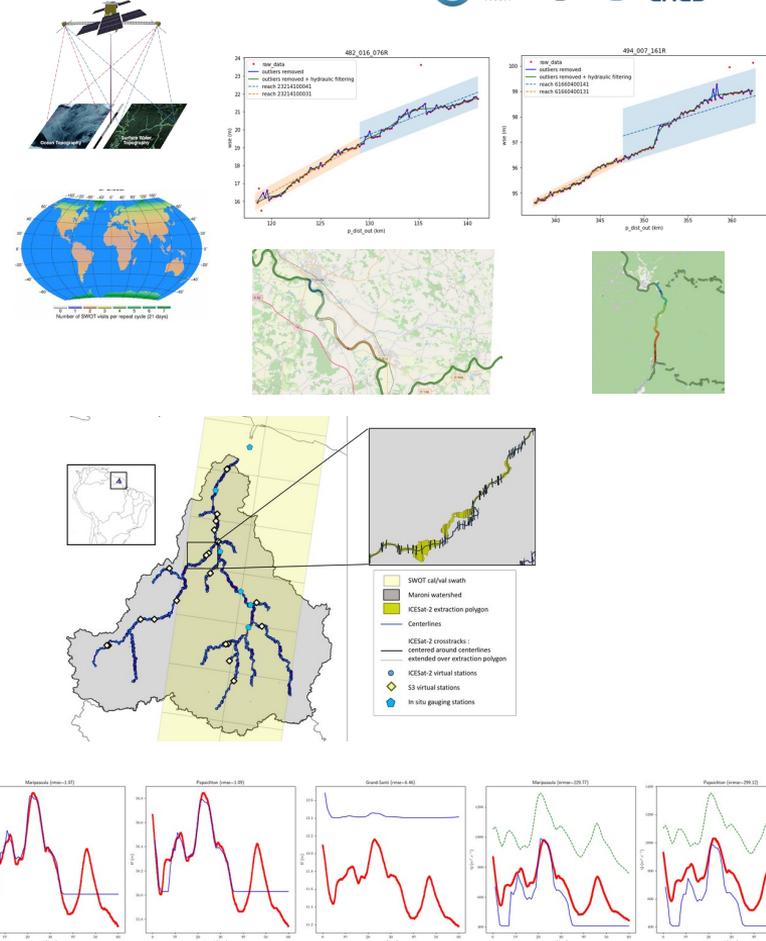


Towards enhanced regionalization of hydrologic-hydraulic river network models with assimilation of multi-source data and SWOT hydraulic visibility

Larnier K., Garambois P.-A., Pujol L. Monnier J., Emery C., Ledauphin T., Yesou H., Calmant S.



- **Context:** worldwide hydraulic visibility of rivers surfaces variabilities with SWOT (flow lines and controls signatures, flood propagation)
- **Outline:**
 - Differentiable spatialized hydrological - hydraulic modeling at basin scale, aiming to (i) transfer hydrological fluxes and states consistently, while (ii) performing spatialized info feedback from heterogeneous data to ungauged reaches/basins.
 - Model building and DA from multi-source data – spatially dense water surface (WS) elevation and width (dynamic), sparse but constraining discharge data.
 - Variational data assimilation (VDA) of multi-mission altimetry - Optimization of spatially distributed model parameters (bathymetry-friction, inflows ~ high dimension)
 - Preparing use of SWOT 1 day orbit data on the Maroni River (French Guyana)
- **Conclusions and perspectives :**
 - VDA applied over full river network hydraulic modeling with heterogeneous data; extension to floodplain observations possible.
 - Ongoing study of inference capabilities (with SWOT data too) - effective bathymetry-friction, discharge; expectable accuracy and space-time resolution?
 - Ongoing coupling with SMASH distributed model and differentiation of the full chain, enabling hybrid regionalization with algorithm from Huynh et al. (2023), testing information feedback (cf. Pujol et al. 2022, Garambois et al. 2023 SHF talk) to spatially learnable hydrological solvers (Huynh et al. In prep).

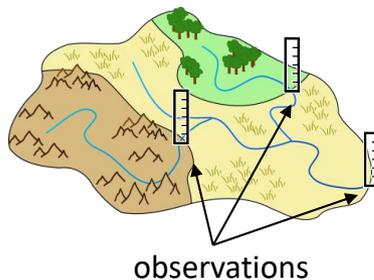


Peut-on améliorer les prévisions d'un modèle hydrologique opérationnel par assimilation des observations de débit aux stations de jaugeage intérieures ?

Paul Royer-Gaspard, François Bourgin, Charles Perrin, et al.



En principe, spatialiser un modèle hydrologique améliore ses performances



semi-distribuer un modèle opérationnel ?

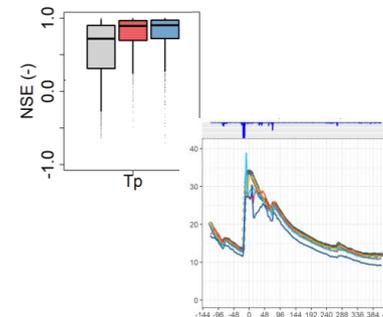


Méthodologie

- Structure de GRPS (très simple)
- Base de données (très fournie)
- Évaluation (exigeante)

Résultats

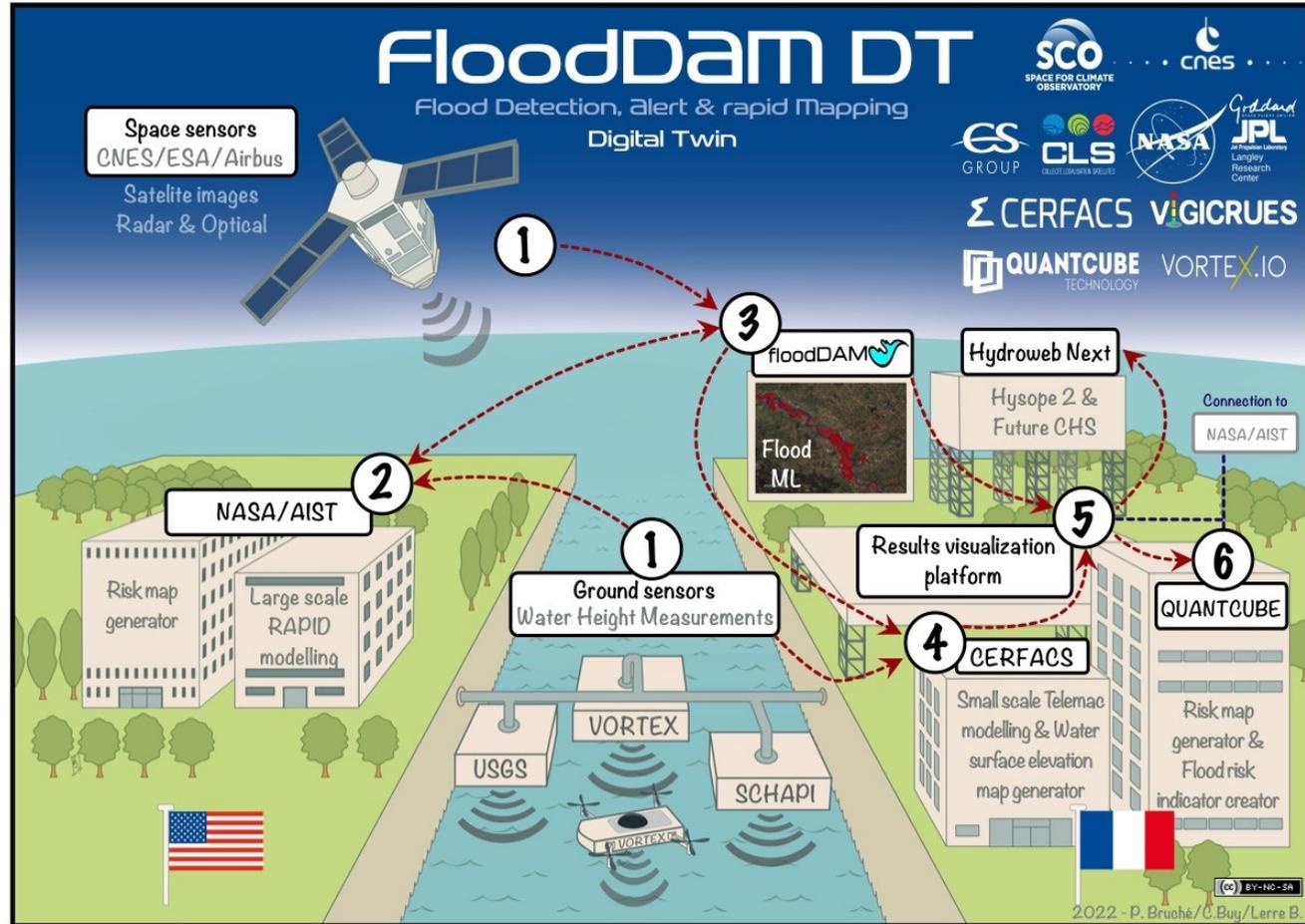
Pas si simple...
...mais prometteur !





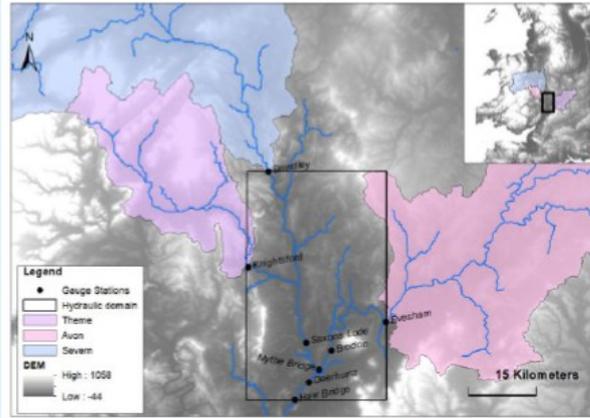
The SCO-FLOODDAM project: towards a digital twin for flood detection, prediction and flood risk assessments

- SCO FloodDAM project labelled in 2020
- Digital twin FloodDAM-DT with IDEAS (Integrated Digital Earth Analysis System) in progress until June 2024
- **Objective:** develop alert systems and flood risk maps on local and global scales using space technologies.
- **Partners:**

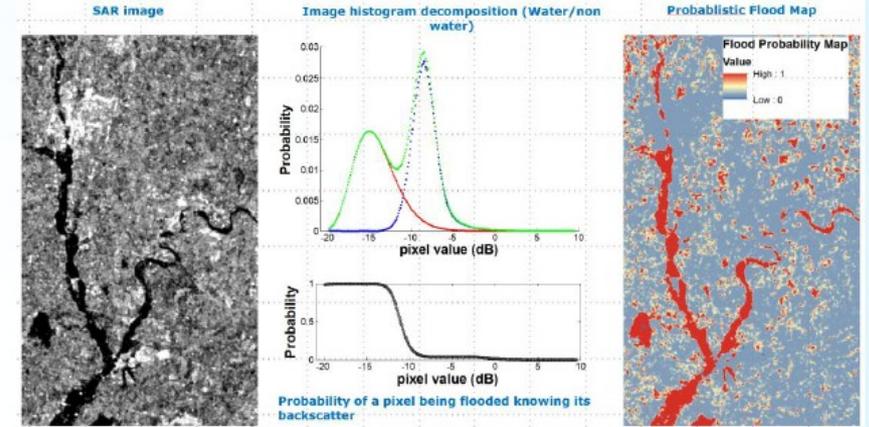


AMELIORATION DE LA PREVISION DES INONDATIONS PAR L'ASSIMILATION DE CARTES D'ETENDUES D'INONDATIONS PROBABILISTES SATELLITAIRES

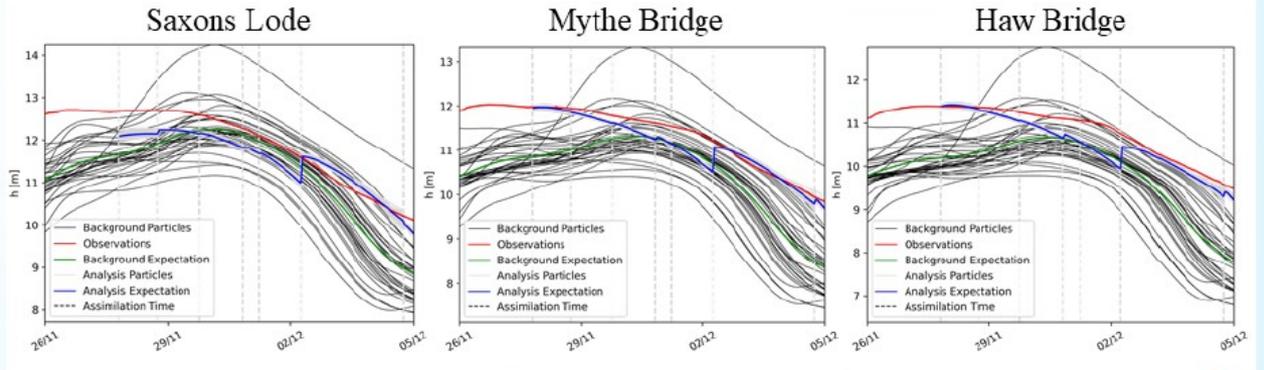
DI MAURO Concetta, HOSTACHE Renaud, PELICH Ramona, CHINI Marco, MATGEN Patrick



Nous proposons une méthode d'assimilation d'étendues inondées satellitaires probabilistes dans un système de prévision des inondations



Nous évaluons le système de prévision et l'apport de l'assimilation de données à l'aide de 3 événements d'inondation : Juillet 2007, novembre 2012, Février 2020



Quelle intelligence artificielle pour battre l'expertise du prévisionniste ?

Exemple des outils combinés dédiés à la prévision des niveaux d'eau sur l'estuaire de la Gironde.

Laurent DIEVAL et Vanessya LABORIE



Outils actuels des prévisionnistes

Les prévisionnistes disposent :

- du modèle Gironde : Télémac 2D avec les forgeages de Météo-France,
- des prédictions du SHOM,
- des lois empiriques de calage : tableur de prévision,
- des expériences passées.

Modèles d'apprentissage

Objectifs :

- Exploiter les données des marégraphes,
- Définir des lois entre les marégraphes en fonction des conditions météorologiques et des marées,
- Disposer d'un ou de modèles pour les prévisionnistes.

Utilisation de méthode d'apprentissage (réseau de neurones ou intelligence artificielle)

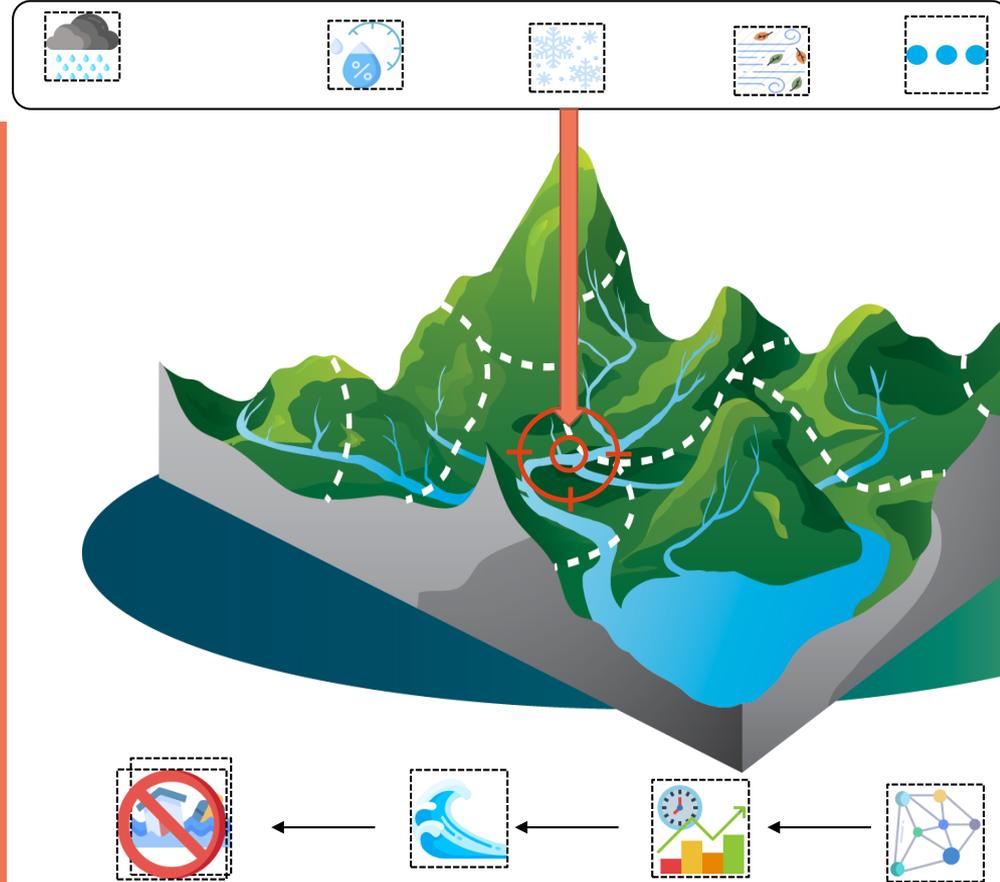
Les résultats du projet Inundatio

Peut-on s'appuyer sur les avancées en numérique et en intelligence artificielle pour créer une chaîne de prévision automatique, temps réel, des crues rapides ?

Quelle importance de la collecte et de la préparation des données dans l'apprentissage des IA appliquées en hydrologie ?

Quels peuvent être les risques et les limites de ces approches ?

Le projet Interreg Sudoe Inundatio apporte des réponses sur deux cas de test des Pyrénées (Nive, Gave de Pau)





PREVISION DES CRUES SOUDAINES ET DE LEURS IMPACTS : LE PROJET EUROPEEN NEPTUNE SUR LE BASSIN FRANCO-ITALIEN DE LA ROYA



Funded by
the European Union



Breil-Sur-Roya, 04/02/2020 © NICOLAS TUCAT / AFP

- **WP1** : Project Management
- **WP2** : Precipitation predictions 
- **WP3** : Hydrological modelling and forecasting 
- **WP4** : Impact-based predictions 
- **WP5** : End-users evaluation and implementation 

COMPARISON OF AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK WITH A CONCEPTUAL RAINFALL-RUNOFF MODEL FOR STREAMFLOW PREDICTION

Fadil Boodoo, Carole Delenne, Renaud Hostache, Nadia Skifa

A comparison was conducted between :

- a traditional conceptual rainfall-runoff (hydrological) model
- an Artificial Neural Network (ANN) model

for daily streamflow forecasting considering :

- 1) data size
- 2) dataset typology

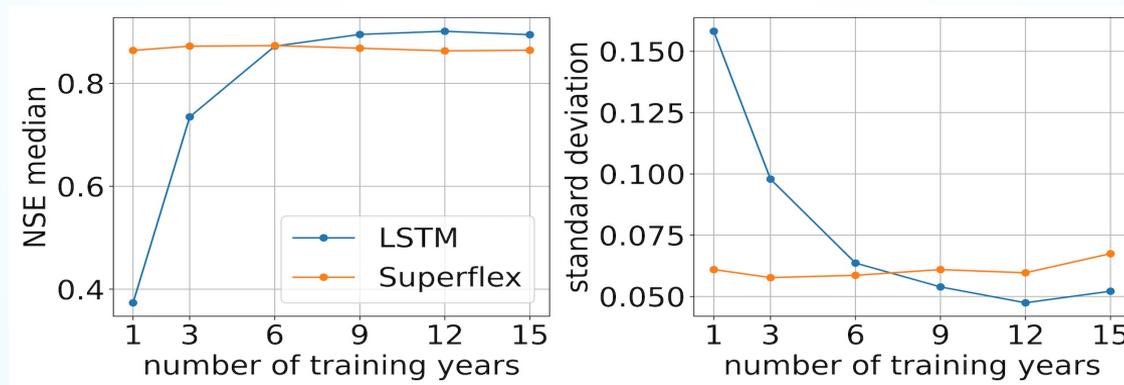
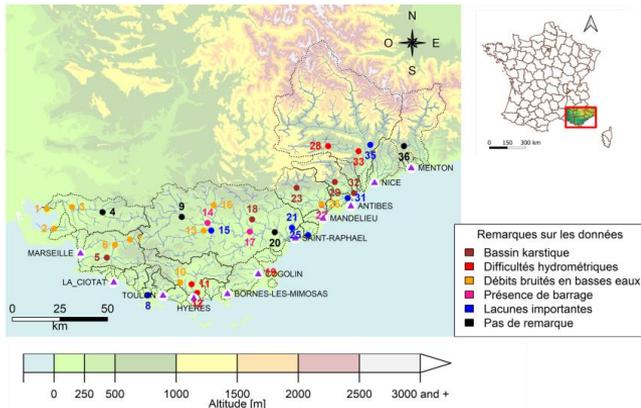


Figure 5 : Comparison between the LSTM and Superflex models across the Median NSE and the standard deviation

Evaluation de GRP et GR5H-RI pour la prévision des crues sur les bassins versants côtiers du sud-est de la France

VIGOUREUX Sarah^{1,2}, BRIGODE Pierre^{1,3}, TILMANT François³, ASTAGNEAU Paul C.³, PERRIN Charles³,
POGGIO Julie², DREYFUS Raphaëlle², LAROCHE Christophe⁴ et TRIC Emmanuel¹

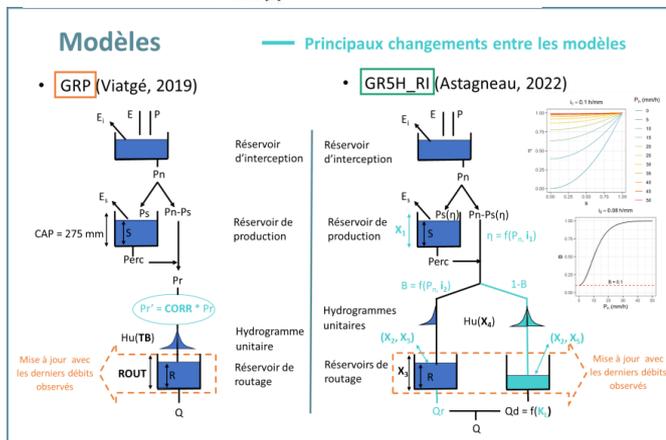


- **Crues dévastatrices** observées ces dernières années souvent causées par des **pluies fortes, très localisées et le ruissellement** ;
- **GRP** parfois limité pour la prévision des crues causées par les premières pluies intenses de début de saison ;
- Nouveau modèle **GR5H-RI** (Astagneau, 2022) dont le comportement dépend de **l'intensité de pluie**.

Objectif : évaluer GRP et GR5H_RI pour la prévision des crues (scénario pluie future connue) sur les cours d'eau côtiers du sud-est de la France.

Méthode :

- Calage-validation croisés ;
- Evaluation événementielle : 768 épisodes ;
- Evaluation à horizons fixes 6 h et 24 h.



PREVISIONS QUANTITATIVES: ANALYSE ET APPORT DE L'EXPERTISE.

APPLICATION AUX STATIONS DE LA LOIRE

NICOLAS Matthieu¹, MARTY Renaud², FAUCARD Yoann²

¹DREAL PAYS DE LA LOIRE, ²DREAL CENTRE VAL DE LOIRE

- **Les prévisions sont-elles fiables ?**

Objectif atteint en quelques années !

- **Les prévisions sont-elles précises ?**

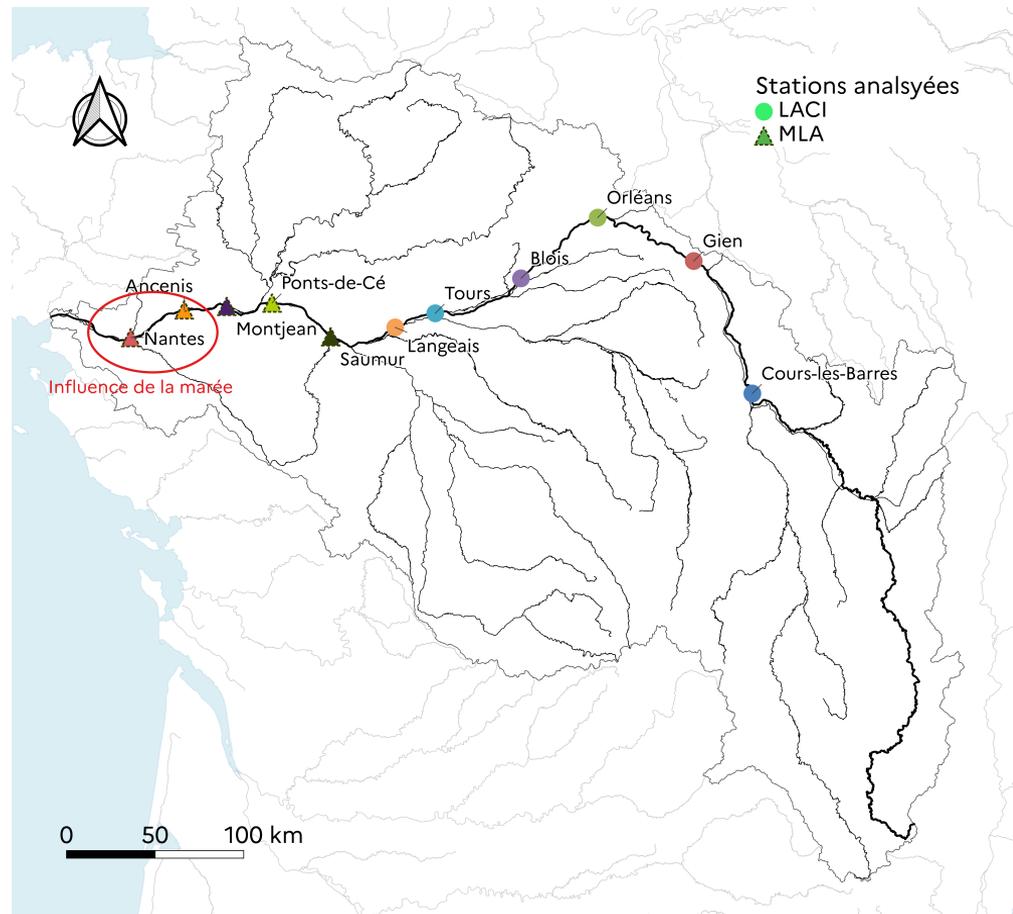
Oui globalement. Un peu moins en estuaire car prévision et analyse plus compliquées

- **L'expertise est-elle utile ?**

Oui, elle corrige les biais des modèles et améliore la fiabilité

- **Conclusion**

- prévisions quotidiennes → amélioration de l'expertise
- outil d'expertise peu pratique en estuaire.



ESTIMATION DES INCERTITUDES ASSOCIÉES AUX PRÉVISIONS DE PLUIE EXPERTISÉES ET INTÉGRATION DANS LA CHAÎNE DE PRÉVISION DES CRUES



GENIN Sanda¹, DOURDET Vincent¹, PIOTTE Olivier¹, DANNE Alexandre¹, TILMANT Francois², LACAZE Yan¹

¹DREAL Nouvelle-Aquitaine, Service de Risques Naturelles et Hydrauliques

²INRAE, UR HYCAR

SPC GIRONDE-ADOUR-DORDOGNE									
52601	Dronne Isle aval	AP	26	1	20/40	20/40	50	7/15	3/10
52602	Dronne Isle amont		28	1	15/30	15/30		7/15	3/10
52603	Vezere Correze		33	2	10/20	10/20		Tr/3	1/5
52604	Dordogne amont		27	2	7/15	7/15		Tr/3	Tr/3
52605	Dordogne aval		21	1	10/20	10/20	50	1/5	1/5
52606	Dordogne moyenne Ceou		21	2	7/15	7/15		0	Tr/3
52612	Nive Nivelle		33	0	Tr/3	Tr/3		0	0

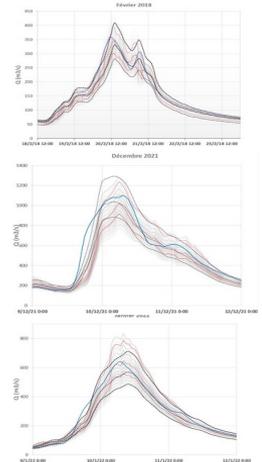
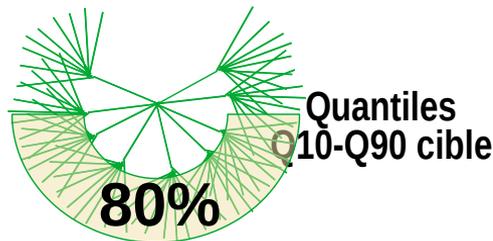
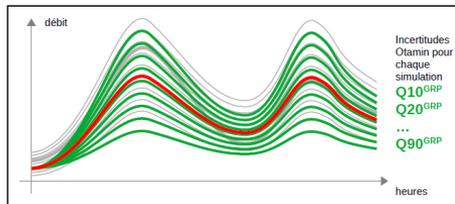
**Estimer l'incertitude météorologique
À partir des prévisions expertisées (non probabilisées)**



La combiner avec l'incertitude de modélisation hydrologique dans la chaîne opérationnelle



Choisir les meilleures combinaisons pour répondre aux objectifs de fiabilité, précision et finesse



GRP et OTAMIN : deux outils pour la prévision de crue opérationnelle et la quantification des incertitudes associées



François TILMANT¹, François BOURGIN¹, Félicien ZUBER², Anne BELLEUDY², Charles PERRIN¹

¹ Université Paris-Saclay, INRAE, UR HYCAR, 1 rue Pierre-Gilles de Gennes, CS 10030, 92761 Antony Cedex (francois.tilmant@inrae.fr)
² SCHAPI, 42 avenue Gaspard-Coriolis, 31057 Toulouse Cedex 1

OUTILS

Le logiciel GRP pour la prévision des crues en temps réel

- Prévisions des crues aux stations jaugeées
- Largement utilisé dans le réseau Vigicrues

Le logiciel OTAMIN pour quantifier les incertitudes

- Estimation empirique de l'incertitude prévisionnelle due au modèle hydrologique
- Calcul des intervalles de confiance associés aux prévisions

METHODES

Evolutions en collaboration avec le réseau Vigicrues

- Travaux de recherche
- Retours d'expérience
- Développements conjoints

Pour en savoir plus :

GRP :

- Manuel d'utilisation (Tilmant et al., 2023) : <https://hal.inrae.fr/hal-04257395v1>

Contact : grp@inrae.fr

OTAMIN

- Vers une production en temps réel d'intervalles prédictifs associés aux prévisions de crue dans Vigicrues en France (Viatgé et al., 2019) : <https://doi.org/10.1051/lhb/2019016>

Contact : francois.bourgin@inrae.fr

GRP et OTAMIN : deux outils pour la prévision de crue opérationnelle et la quantification des incertitudes associées

François TILMANT¹, François BOURGIN¹, Félicien ZUBER², Anne BELLEUDY², Charles PERRIN¹
¹ Université Paris-Saclay, INRAE, UR HYCAR, 1 rue Pierre-Gilles de Gennes, CS 10030, 92761 Antony Cedex (francois.tilmant@inrae.fr)
² SCHAPI, 42 avenue Gaspard-Coriolis, 31057 Toulouse Cedex 1

Chaîne opérationnelle de prévision hydrologique

La modélisation hydrologique

- Prévision des crues aux stations jaugeées
- Modèle conceptuel continu
- Procédure d'assimilation intégrée
- Résolution spatiale : globale
- Résolution temporelle : de 5 min à 1 jour
- Entrées : précipitations (et températures), débits pour l'assimilation
- Adapté pour la prévision d'ensemble (jusqu'à 999 scénarios de pluies possibles en entrée)
- Module neige (CemaNeige)
- Largement utilisé par les services opérationnels de prévision des crues (SPC) en France
- Développements en cours :
 - o Modification de structure du modèle pour une meilleure prévision des crues liées à de fortes intensités de pluie (Astagneau, 2022)
 - o Modèle semi-distribué

Infos : <https://webgr.inrae.fr/logiciels/grp>
 Contact : gr@inrae.fr

L'approche de quantification des incertitudes OTAMIN

- Estimation empirique de l'incertitude prévisionnelle due au modèle hydrologique
- Analyse des erreurs du modèle sur des séries historiques
- Traitement statistique par gamme de débit
- Conditionnement par situation hydrologique (par exemple, montée ou descente de crue)
- Détermination d'intervalles de confiance sur les débits prévus en fonction de l'échéance de prévision
- Travaux en cours :
 - o Amélioration de la cohérence temporelle des incertitudes selon l'échéance

Infos : <https://webgr.inrae.fr/logiciels/otamin>
 Contact : francois.bourgin@inrae.fr

Evolution sur un processus collaboratif

Transfert et retours d'expérience : Valorisation des produits de recherche pour des partenaires opérationnels

- Groupes utilisateurs réunis chaque année
- Développement d'outils adaptés aux besoins
- Analyses spécifiques sur des cas d'étude

Développements conjoints : Evolution des outils

- Sur le fond avec des recherches associées
- Sur la forme en termes de fonctionnalités ou d'ergonomie des outils.

L'utilisateur final est un acteur majeur dans l'orientation des développements.

Pour en savoir plus :

- GRP : Manuel d'utilisation (Tilmant et al., 2023) : <https://hal.inrae.fr/hal-04257395v1>
- OTAMIN : Comment quantifier l'incertitude prévisionnelle en modélisation hydrologique ? Travail exploratoire sur un grand échantillon de bassins versants (Bourgin, 2024) : <https://hal.inrae.fr/hal-04500002>

Vers une production en temps réel d'intervalles prédictifs associés aux prévisions de crue dans Vigicrues en France (Viatgé et al., 2019) : <https://doi.org/10.1051/lhb/2019016>

République Française
 Liberté
 Egalité
 Fraternité

INRAE
 VIGICRUES

Conférence SHF « Prévision des crues et des inondations – Avancées, valorisation et perspectives » : 28-30 novembre 2023 – Toulouse
 Catégorie « Général »