

Utilisation de l'IA pour la prévision des crues

Mathieu Bottero (SPC LACI), Delphine Destaing (SPC SACN), Laurent Diéval (SPC GAD), Nathalie Gaffet (SPC BN), Jonathan Gounet (SPC BN), Thomas Grandjean (DREAL HdF SIDDEE), Renaud Marty (SPC LACI), Marie Morin (SPC SACN) 

Contexte et enjeux : le réseau Vigicrues

Missions principales

- Évaluation des hauteurs et des débits des cours d'eau pour les prochaines 24h,
- Système de vigilance par code couleur (identique à Météo France),
- Publication de bulletins de situation avec prévisions et incertitudes.

Surveillance qui s'appuie sur le réseau territorial des SPC  , services de prévision des crues.

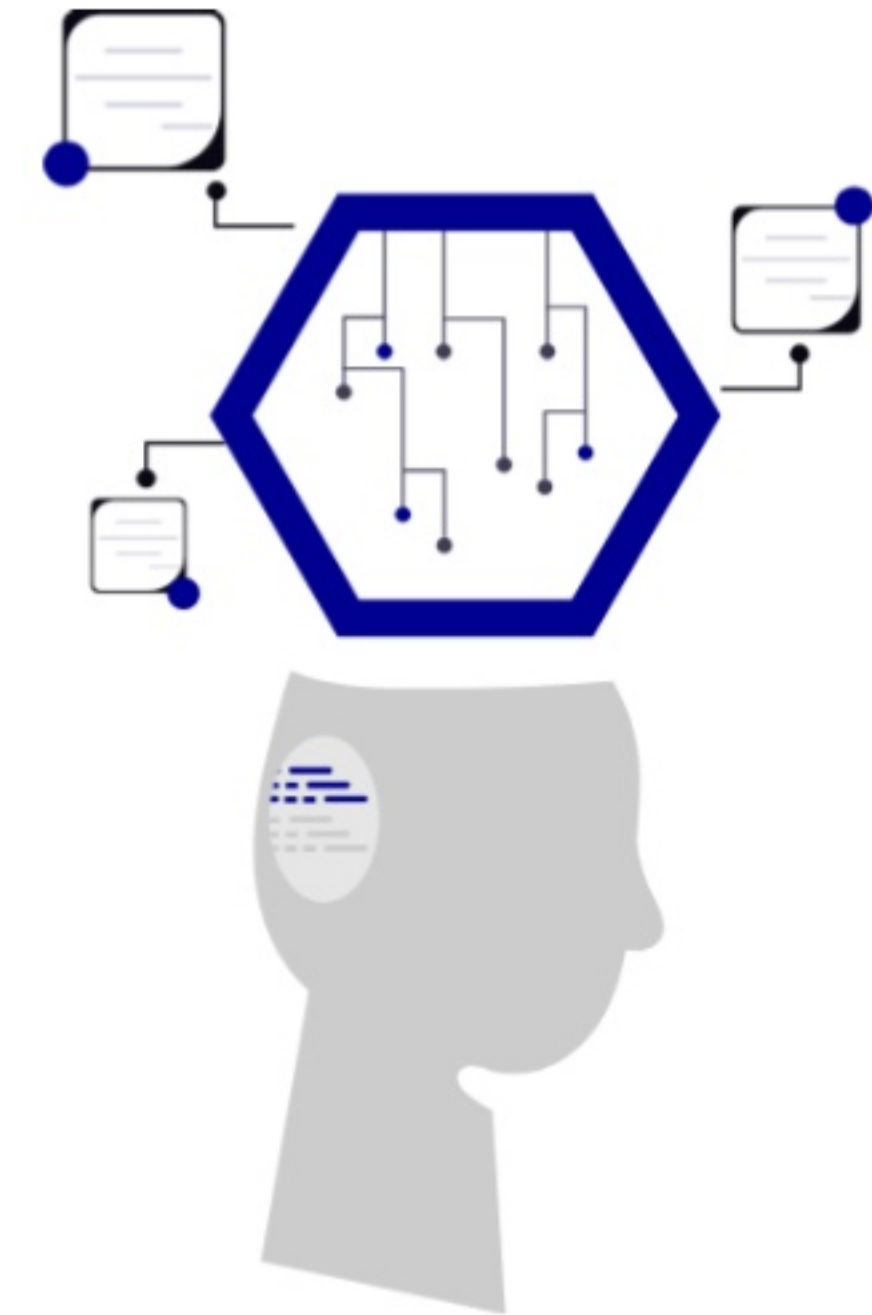
Outils actuels

- Mesure hydrométrique,
- Modélisation hydrologique et hydraulique 1D et 2D,
- Relations linéaires, abaques, modèles d'apprentissage.

L'enjeu : intégrer l'IA comme compléments aux méthodes existantes.



1. Intelligence artificielle : de quoi parle-t-on ici ?



1. Intelligence artificielle : de quoi parle-t-on ici ?

Augmentation de données

L'augmentation des données s'appuie sur des données préexistantes pour créer de nouveaux échantillons de données qui peuvent améliorer l'optimisation et la généralisation des modèles.

Source: IBM, <https://www.ibm.com/fr-fr/think/topics/data-augmentation>

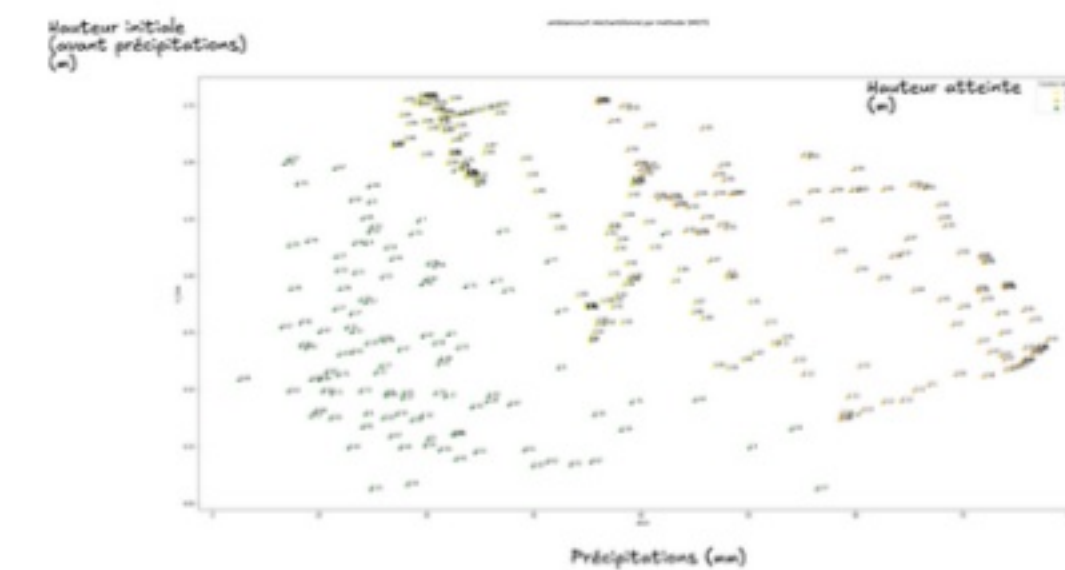
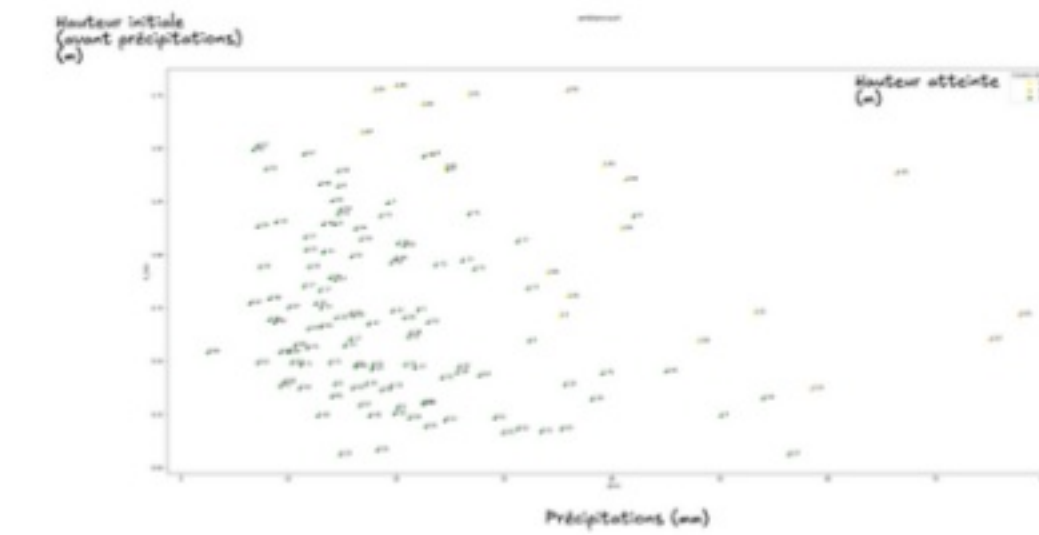


Augmentation de données

SPC Bassins du Nord

Augmentation de données pour compenser la sur-représentation des épisodes de crues faibles face aux crues rares.

Cas d'usage appliqué à la réalisation d'abaques hauteur/pluie (algorithme SMOTE, Synthetic Minority Oversampling Technique)



1. Intelligence artificielle : de quoi parle-t-on ici ?

Régression

La régression permet de comprendre la relation entre les variables dépendantes et indépendantes. Dans les problèmes de régression, la sortie est une valeur continue, et les modèles tentent de prédire la sortie cible. Les tâches de régression comprennent les projections du chiffre d'affaires ou la planification financière.

Source: IBM, <https://www.ibm.com/fr-fr/think/topics/supervised-learning#1509394340>



Régression

SPC Bassins du Nord

Une expérience de plus de 20 ans dans la prévision des crues par réseaux de neurones

Evolution technologique

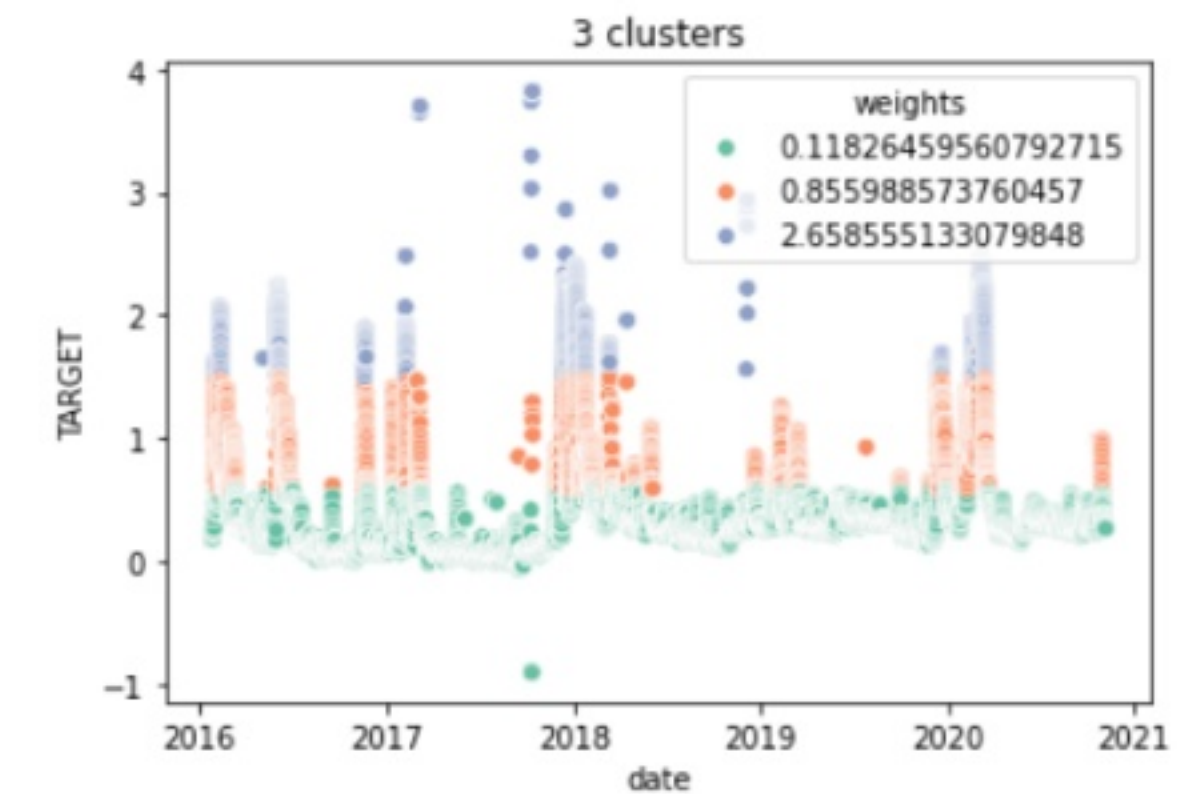
- Années 2000 : premiers réseaux de neurones simples,
- Aujourd'hui : perceptrons multicouches (MLP).

Infrastructure développée

- Package Python interne partagé entre 4 SPC (projet inscrit à la feuille de route ministérielle Numérique & IA ),
- Interface avec l'écosystème métier (évaluation, rejeu de crues, production),
- Evolution vers interface web pour simplifier l'usage.

Nota 1 : tâche de régression, mais métriques de classification.

Nota 2 : pas d'augmentation des données, mais une pondération des crues en fonction de leur rareté (via une étape de clusterisation).



Régression

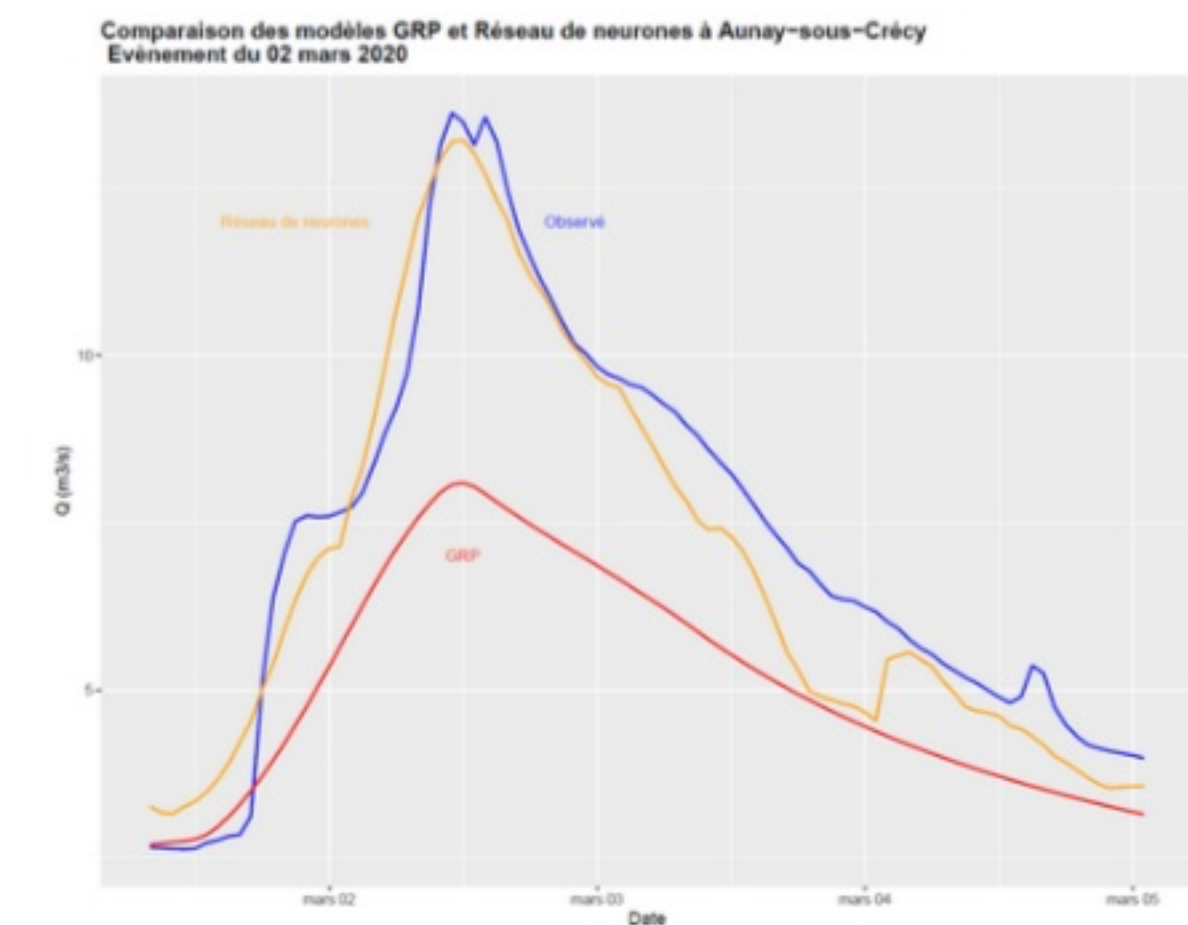
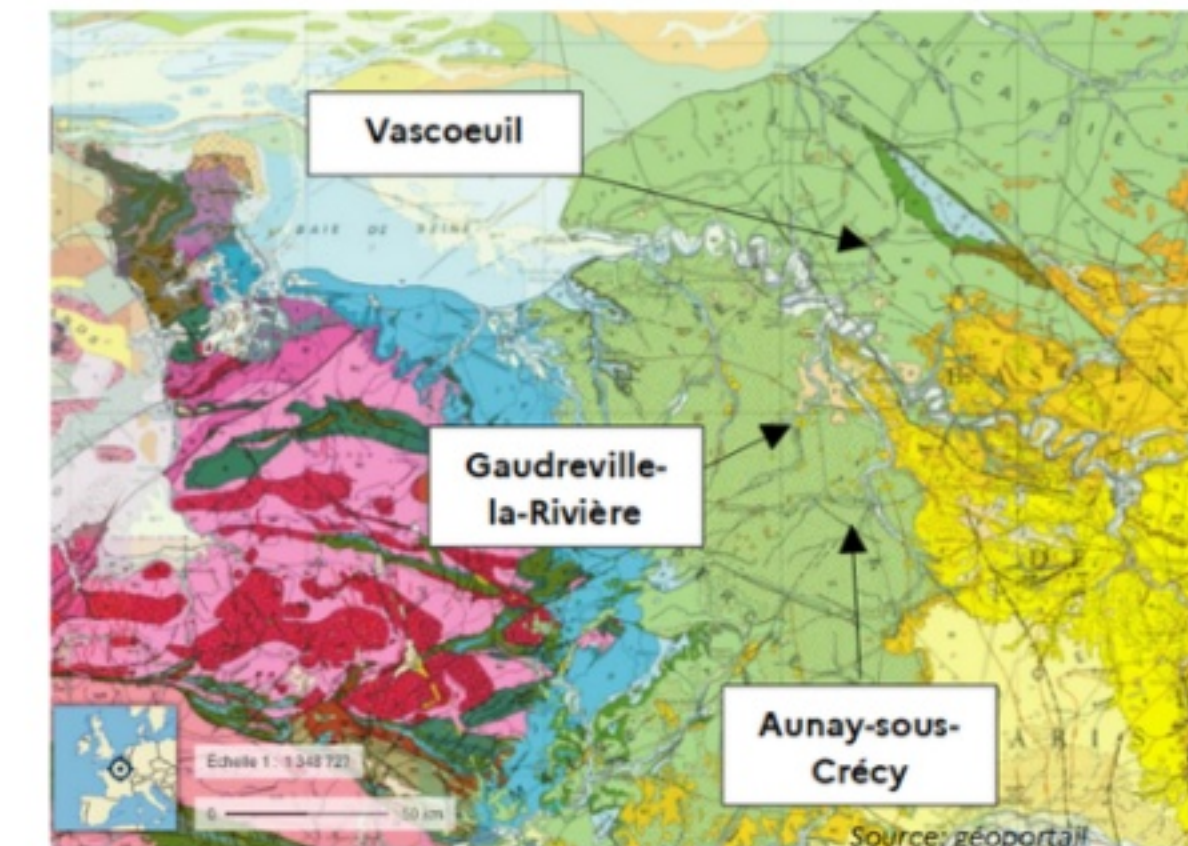
SPC Seine aval-Côtiers normands

- Des zones géologiques karstiques
- Territoire crayeux et karstiques du bassin parisien,

Modèles GR inadaptés (modèle pluie – débit).

Solution : MLP avec des résultats prometteurs.

Exemple : la Blaise à Aunay-sous-Crécy, l'Andelle à Vascoeil, l'Iton à Gaudreville-la-Rivière.



Régression

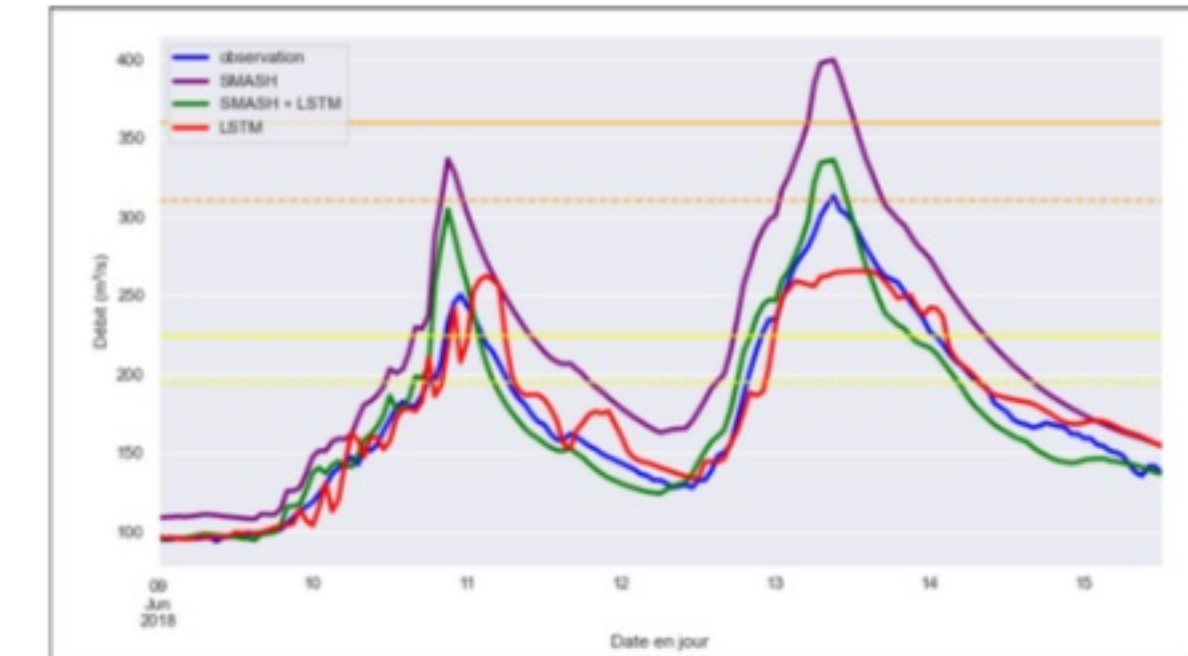
SPC Gironde-Adour-Dordogne

Disposer d'outil de prévisions pour des contextes hydrologiques complexes (manteau neigeux et fonte, crue rapide) car les outils classiques manquent de pertinences : LSTM, couplage SMASH (INRAE) + LSTM.

Valorisation des catalogues de crues (Adour) : LSTM pour recherche d'analogues, prévisions 6h à 24h très prometteuses.

Prévision des pleines mers et basses mers en zones fluvio-maritimes :

- Random Forest : réduction des incertitudes par 2 à 3 par rapport à l'approche des lois de régressions linéaire.



1. Intelligence artificielle : de quoi parle-t-on ici ?

Traitement automatisé du langage naturel

Le traitement automatique du langage naturel (NLP) est un sous-domaine de l'informatique et de l'intelligence artificielle (IA) qui utilise le machine learning pour permettre aux ordinateurs de comprendre et de communiquer en langage humain.

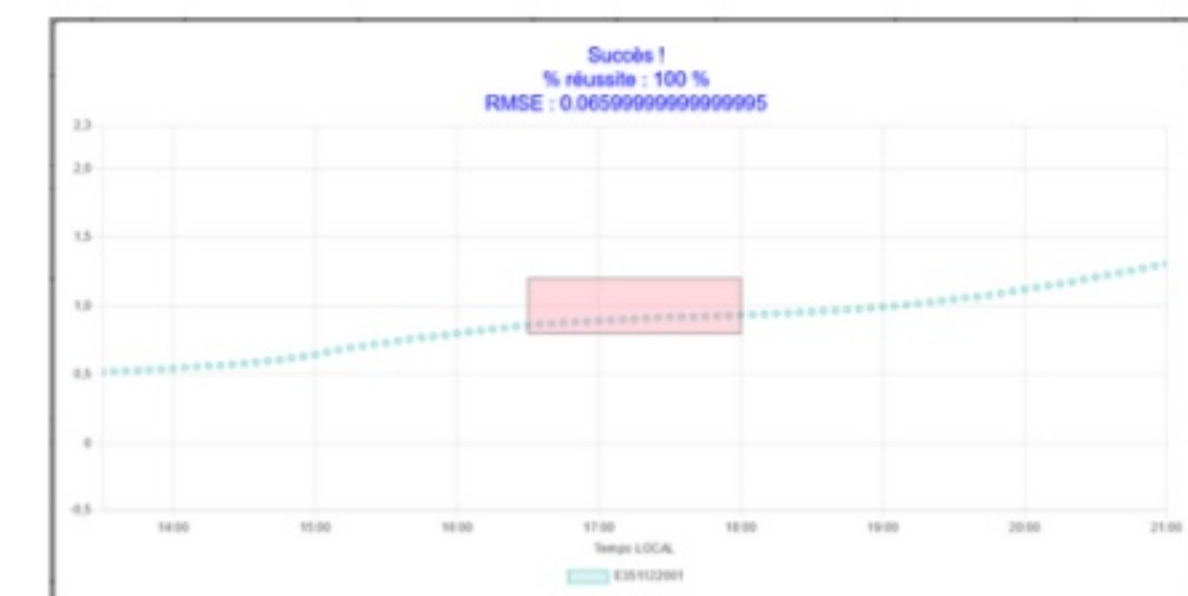
Source: IBM, <https://www.ibm.com/fr-fr/think/topics/natural-language-processing>



SPC Bassins du Nord

- Les horizons de prédictions,
- Les prédictions et leurs unités,
- Les stations.

Ces éléments simplifient la création d'indicateurs de performance sur la qualité des prédictions.

[illegible]

Traitement automatisé du langage naturel : grands modèles de langage (LLM)

SPC Loire-Allier-Cher-Indre

Le traitement automatisé du langage IA générative : automatisation de la rédaction

Système expérimental d'aide au bulletins

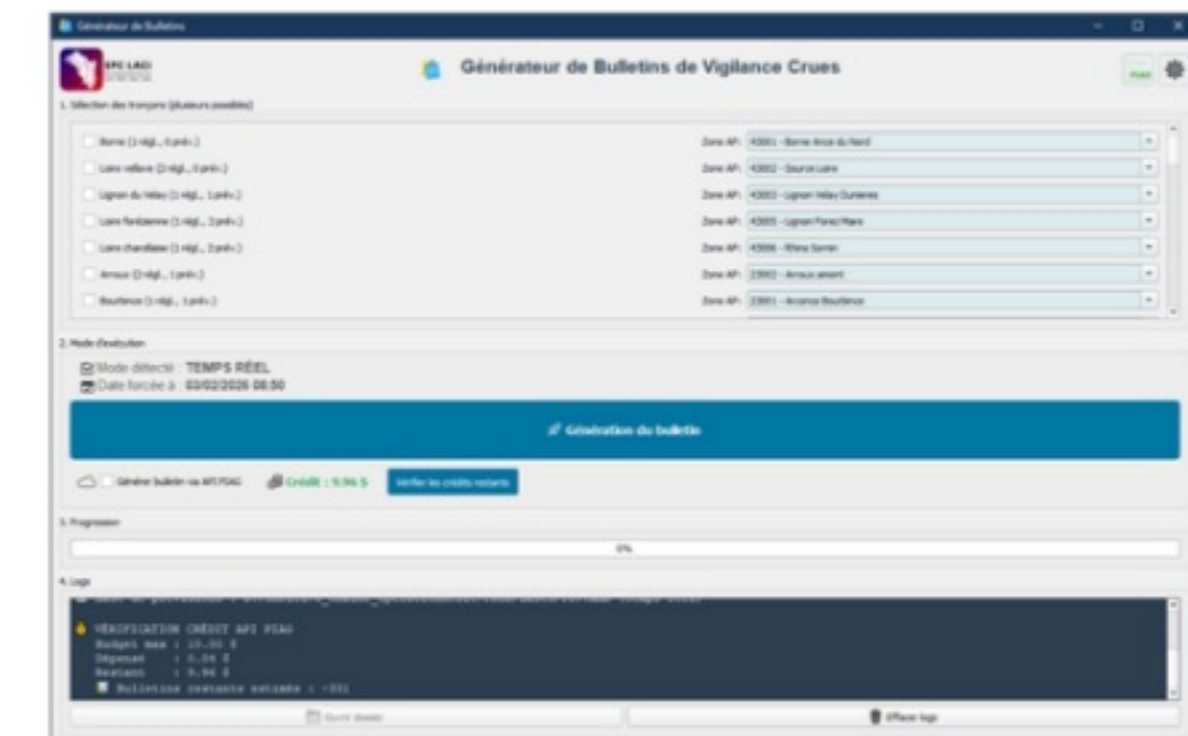
Analyse par algorithme :

- Analyse des bulletins météorologiques,
- Extraction des données hydrométriques,
- Détection des tendances importantes (franchissements, pics de crue, qualification).

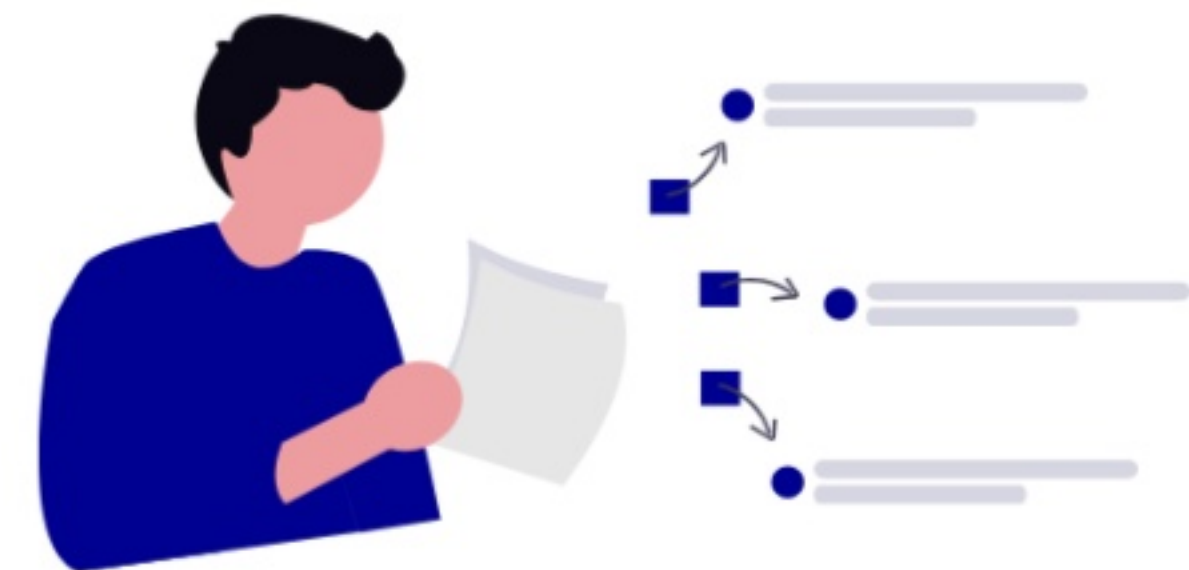
Rédaction d'un prompt enrichi et contraint automatisé :

- Réduction de l'hétérogénéité rédactionnelle,
- Gain de temps lors des mises en vigilance

Libère du temps dans l'expertise des situations complexes, sans remplacer le prévisionniste.



2. Retours d'expériences et perspectives



Défis et limites

Les points de vigilance identifiés

Manque de données extrêmes

- Événements rares ou sous-représentés,
- Risque de biais avec l'augmentation de données synthétiques.

Effet « boîte noire »

- Nécessité de modèles hybrides interprétables,
- Des approches prometteuses :
 - IA avec fonction de coût physique,
 - Remplace d'équations par réseaux de neurones,
 - IA en post-traitement du modèle physique.

Montée en compétence

- Apprentissage progressif dans les SPC,
- Formations continues nécessaires,
- Collaboration avec des laboratoires.



Conclusions et perspectives

Un outil complémentaire prometteur

Intérêts majeurs

- Données rapides et complémentaires aux outils classiques,
- Performance sur secteurs complexes (karst, neige, fluvio-maritime),
- Gains de productivité opérationnelle,
- Renforcement de la réactivité des services.

Perspectives d'avenir

De nouveaux champs d'application

- Hydrométrie (détection du champs des vitesses, courbes de tarage),
- Modélisation hybride interprétable,
- Régionalisation et calage des modèles complexes,
- Cartographie automatique des inondations.

👉 **Enrichir la boîte à outils Vigicrues tout en maintenant l'expertise humaine au cœur du processus décisionnel**



Merci pour votre attention
des commentaires,
des questions,

...

Retrouvez cette présentation en ligne :

