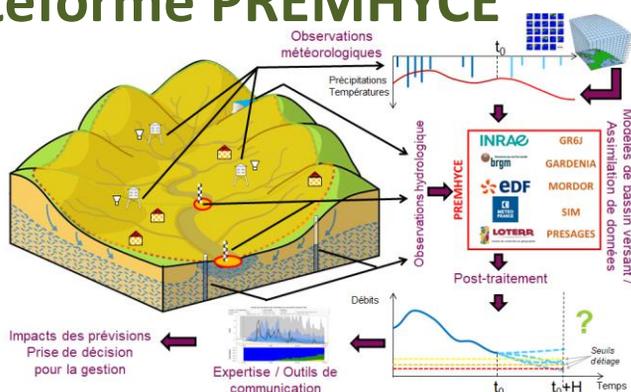


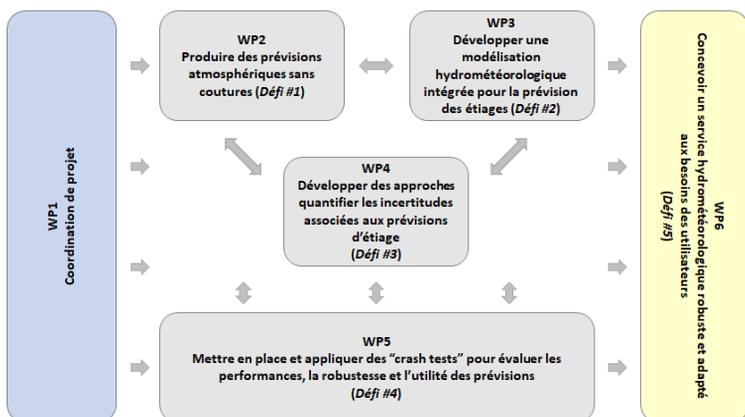
Vers une chaîne intégrée pour la prévision hydrométéorologique des étiages et des sécheresses

Le projet CIPRHES, laboratoire de la plateforme PREMHYCE

Lancé en 2021 grâce à un financement de l'Agence nationale de la recherche (ANR), le projet de recherche CIPRHES s'est positionné comme un « laboratoire de recherche » de la plateforme opérationnelle de prévision des étiages et des sécheresses PREMHYCE. Il vise à en améliorer les performances d'anticipation et à proposer une interface répondant aux besoins des utilisateurs.



Chaîne de prévision intégrée PREMHYCE



Structure générale du projet CIPRHES en groupes de travail (WP)

Le projet regroupe cinq partenaires scientifiques (INRAE, le BRGM, EDF, Météo-France et l'Université de Lorraine) et reçoit le soutien de l'Office français de la biodiversité (OFB) et de la Direction de l'eau et de la biodiversité (DEB). Les travaux du projet ont été structurés en six groupes de travail (WP), et ont permis de progresser sur différents compartiments de la chaîne de prévision.

4^e Assemblée générale du projet CIPRHES Toulouse, 18-19 mars 2025

L'Assemblée générale (AG) de fin de quatrième année du projet CIPRHES s'est déroulée les 18 et 19 mars au Centre international de conférences de la Météopole de Toulouse, avec un accueil par Météo-France. Une trentaine de personnes y a participé, sur place ou en visioconférence. Cette AG a permis de faire le point sur l'avancement des travaux scientifiques du projet, avec une douzaine de présentations sur la modélisation, l'assimilation de données, la quantification des incertitudes ou encore les évolutions de la plateforme. Une visite des centres opérationnels de prévision de Météo-France et du Service central Vigicrues a pu être organisée. La dernière partie de l'AG a été consacrée à des ateliers pour dessiner les priorités d'action pour les derniers mois du projet.



Les activités du projet CIPRHES

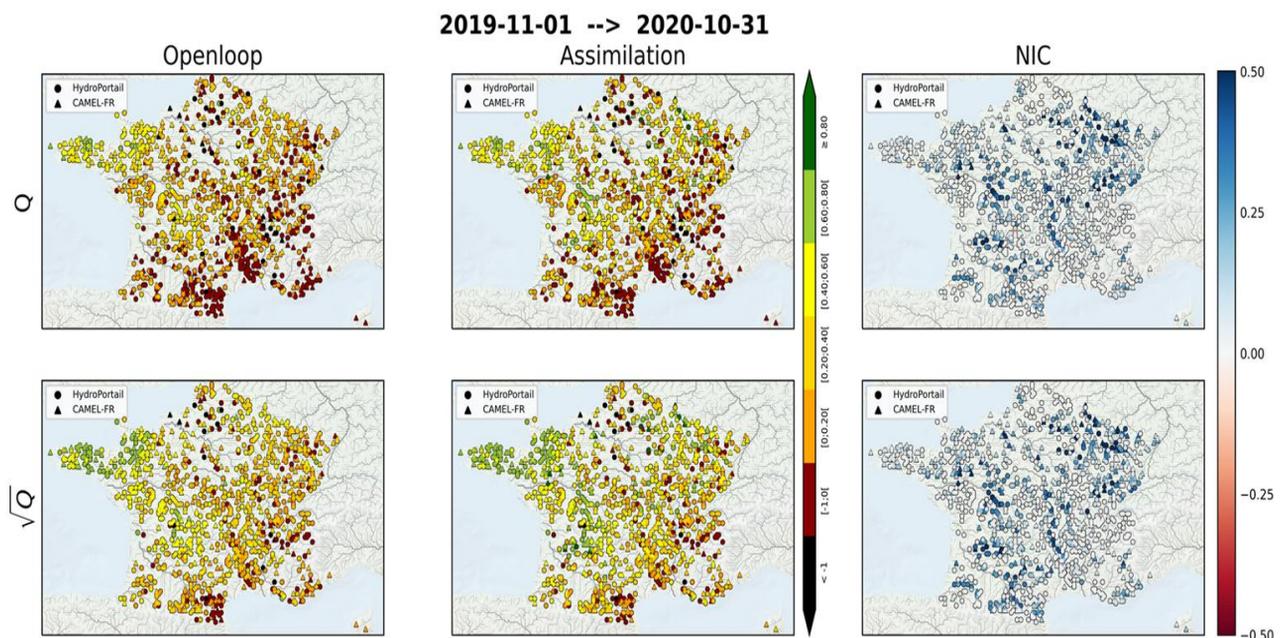
1. Assimilation des observations de débit pour la prévision des étiages (CNRM/Météo-France)

Afin d'améliorer la simulation des débits d'étiage en France métropolitaine au sein de la modélisation développée à Météo-France, les 51 membres de la prévision d'ensemble disponibles dans CIPRHES ont été utilisés pour forcer le modèle de surface ISBA couplé au modèle hydrologique de routage en rivière CTRIP.

Le travail de post-doctorat d'Alexis Jeantet au CNRM/Météo-France a utilisé la base de données hydrologiques CAMELS-FR constituée à INRAE pour corriger les états internes du modèle CTRIP par assimilation de données. Pour cela, un filtre de Kalman d'ensemble a été employé sur la période 01/11/2019 - 31/10/2020. Les résultats ont montré que l'assimilation des données contribue significativement à améliorer les prévisions sur une grande partie des stations (figure ci-dessous).

ISBA-CTRIP correspond à la nouvelle modélisation des surfaces continentales dans le modèle de climat du Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM). Avec une résolution ~ 8 km sur la France, ce système permet de simuler les écoulements en rivière et aquifère pour la prévision des inondations et des étiages. Des développements récents ou en cours portent sur la prise en compte du bilan de masse des lacs et des facteurs anthropiques liés à l'irrigation et aux barrages-réservoirs.

La moyenne annuelle de la persistance, durée d'effet de l'assimilation sur les simulations, est supérieure à 30 jours sur tous les cours d'eau majeurs et diminue avec la surface des bassins versants. Un point d'amélioration future serait d'étendre la base de données à d'autres stations d'HydroPortail et améliorer les performances sur les cours d'eau de petite taille.



Critère de performance (KGE) des simulations ISBA-CTRIP sans assimilation de données (« Openloop », colonnes de gauche) et en assimilant les données des stations de CAMELS-FR (colonnes du milieu). Les colonnes de droite présentent le critère NIC (« Normalized Information Contribution index ») de persistance annuelle.

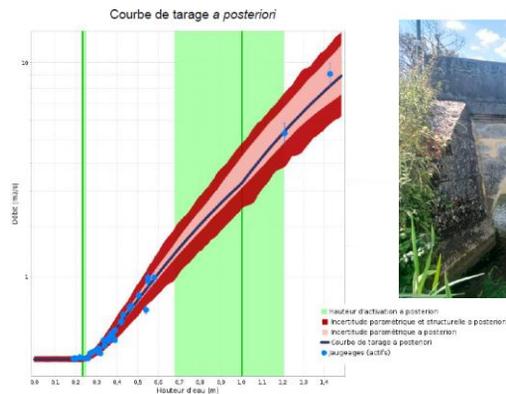
Pour en savoir plus : <https://www.umr-cnrm.fr/spip.php?article1092>

Les activités du projet CIPRHES

2. L'incertitude hydrométrique : mise en œuvre de la méthode BaRatin

De juin à septembre 2024, le laboratoire LOTERR a accueilli Évodie TOKARA, étudiante en Master 2, pour un stage portant sur l'estimation de l'incertitude hydrométrique de certaines stations du bassin de la Meuse par la méthode BaRatin. Malgré les conditions météorologiques des mois de juin et juillet, avec des précipitations abondantes et l'apparition même d'une crue début juillet, ce qui a limité les travaux de terrain nécessaires à la mise en œuvre de la méthode BaRatin, des profils en travers ont pu être réalisés pour deux stations situées sur des affluents de la Meuse : le Mouzon à Circourt et l'Aroffe à Vannes-le-Chatel. Ces données topographiques ont permis d'établir les configurations hydrauliques introduites dans le logiciel BaRatinAGE 3. Celui-ci calcule des courbes de tarage *a priori*, qui sont ensuite confrontées aux couples débits-hauteurs. Par une méthode bayésienne, le logiciel propose : une courbe de tarage *a posteriori* ainsi qu'une plage d'incertitude, et des hydrogrammes, associés également à une incertitude.

À l'issue de ce stage, nous disposons ainsi, pour ces deux stations, de l'information nécessaire pour quantifier l'incertitude des débits en période d'étiage. Des travaux futurs sont ainsi envisagés pour pouvoir prendre cette incertitude en compte dans le calage d'un modèle hydrologique de la plateforme PREMHYCE.



Le Mouzon à Circourt-sur-Mouzon L'Aroffe à Vannes-le-Chatel et sa courbe de tarage a posteriori avec incertitudes

3. Echanges surface-souterrain

Shu-Chen Hsu (INRAE) a démarré sa troisième année de thèse. Ses travaux ont permis de tester plusieurs hypothèses visant l'amélioration du calage du paramètre d'échanges souterrains entre bassins versants du modèle hydrologique semi-distribué GRSD.

Ces travaux ont permis de tester l'hypothèse que le réalisme de l'écoulement interbassin souterrain (variable non mesurable et calculée en fonction des paramètres calés du modèle hydrologique) peut être amélioré en introduisant une contrainte sur l'évaporation réelle lors du calage. Les résultats montrent que pour le cas multi-objectif, où le calage s'appuie sur le débit observé mais également sur l'évaporation réelle, la performance du modèle en termes de simulation du débit à l'exutoire ne décroît pas significativement, tandis qu'une meilleure simulation est atteinte pour la répartition des composantes du bilan hydrique annuel au sein du bassin. La soutenance des travaux de thèse est prévue au deuxième semestre de 2025.

Pour en savoir plus : Hsu, S. C., de Lavenne, A., Perrin, C., & Andréassian, V.: Extra constraint on actual evaporation in a semi-distributed conceptual model to improve model physical realism, *Hydrological Sciences Journal*, 1-14. [DOI:10.1080/02626667.2025.2468846](https://doi.org/10.1080/02626667.2025.2468846)

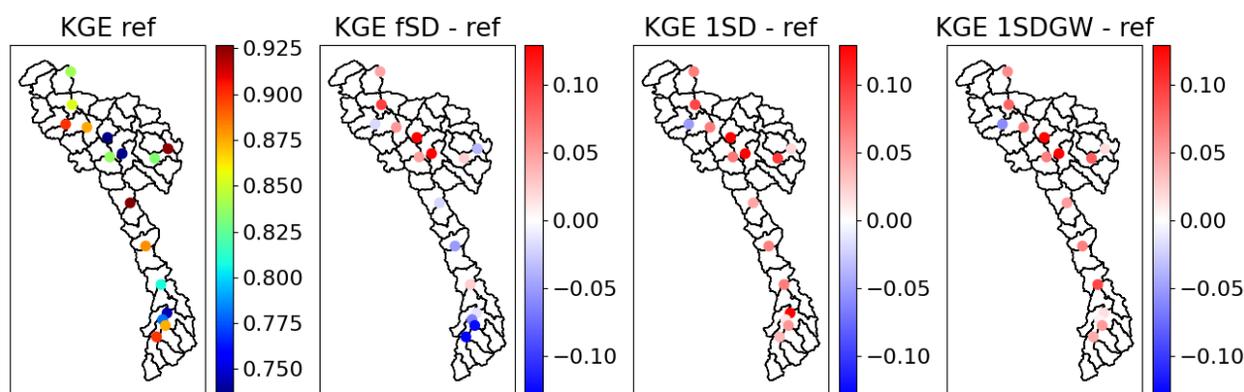
Les activités du projet CIPRHES

4. Nouveau code de calcul Rameau : application à l'assimilation des débits semi-distribués

Dans un souci de modernisation et de pérennisation de ses codes de calculs en hydrologie, le BRGM s'est engagé dans une refonte de ses codes Gardénia (modélisation globale) et Eros (modélisation semi-distribuée). Cette refonte a donné naissance au nouveau code de calcul Rameau. Celui-ci est open source et disponible sous la forme d'un package Python. Rameau a notamment permis le développement d'une méthode d'assimilation de données adaptée à la modélisation semi-distribuée des débits dans l'objectif d'améliorer les prévisions des débits. Cette méthode repose sur l'utilisation du filtre de Kalman d'ensemble (EnKF) dans un modèle hydrologique global adaptée au cas d'un modèle semi-distribué. Pour ce faire, elle prend en compte les temps de retard introduits par les écoulements d'amont en aval ainsi qu'une localisation des matrices de covariance de l'EnKF, tenant compte des dépendances spatiales amont/aval entre sous-bassins. Des tests ont également été effectués pour évaluer l'apport de l'assimilation de données piézométriques sur l'amélioration de la simulation des débits.

La figure ci-dessous montre l'amélioration des scores de KGE obtenus pour la simulation des débits au droit de plusieurs stations hydrométriques d'un modèle semi-distribué sur la Meuse. Les scores sont calculés de 2018 à 2021. Ces graphiques montrent que les adaptations apportées à l'EnKF, notamment la localisation, permettent d'améliorer les scores de KGE sur la quasi-totalité des points de simulation. En revanche l'assimilation des niveaux de nappe ne change quasiment pas les scores obtenus sur les débits.

Les perspectives de ces travaux sont de poursuivre le développement de la méthode d'assimilation et d'estimer son apport en termes de scores de prévisions.



Scores de KGE calculés sur 2018-2021 au droit des stations hydrométriques simulées dans le modèle Meuse pour la simulation sans assimilation « ref » et différences de scores de KGE entre les simulations avec assimilation de débits sans localisation « fSD », avec localisation « 1SD », avec localisation et assimilation de données piézométriques « 1SDGW » et « ref ».

Pour en savoir plus :

<https://pypi.org/project/rameau/>

<https://www.brgm.fr/fr/resultats-donnees/logiciels>

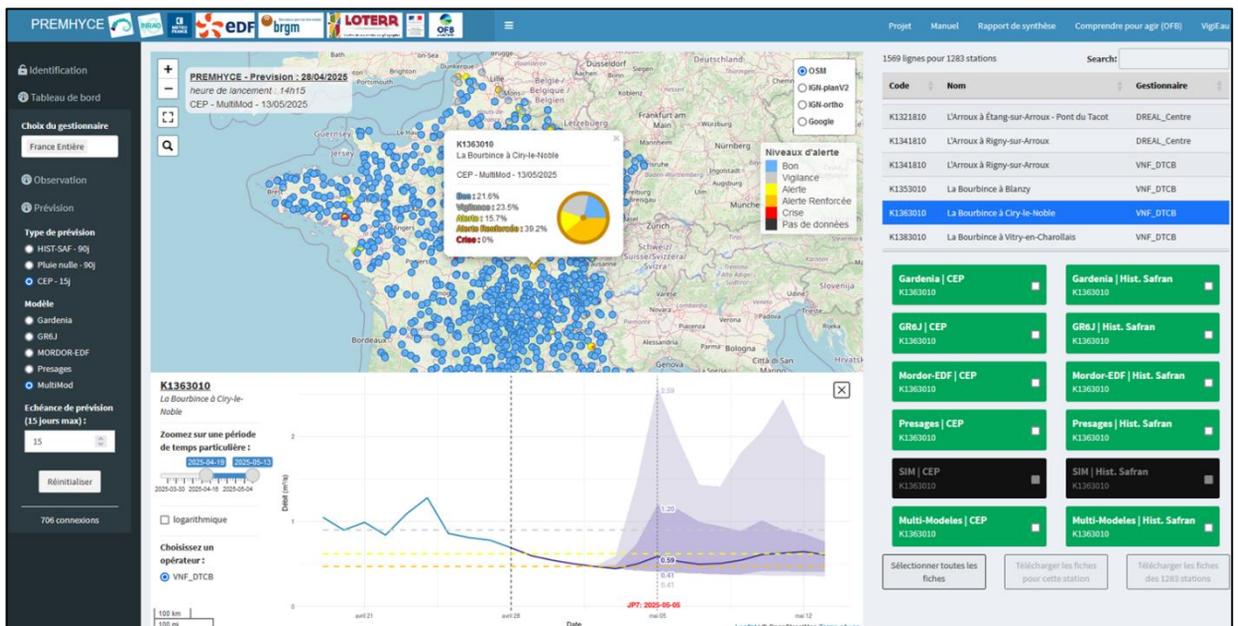
Les activités du projet CIPRHES

5. L'interface web améliorée

Depuis avril 2024, l'interface web de visualisation des prévisions développée dans le cadre de la plateforme PREMHYCE a connu une évolution significative. Cette mise à jour s'inscrit dans le prolongement des besoins et attentes formulés lors de la réunion du groupe des utilisateurs qui s'est tenue en juin 2022. L'objectif de ces améliorations est de proposer un outil plus intuitif, fonctionnel et adapté aux usages opérationnels.

Le 18 décembre 2024, un atelier de travail a été organisé, réunissant une quinzaine d'utilisateurs réguliers de la plateforme PREMHYCE. Cela a permis de tester en avant-première une nouvelle version de l'interface web. Cette version intègre plusieurs fonctionnalités inédites conçues pour simplifier l'accès aux données et optimiser l'expérience utilisateur. Les participants ont pu naviguer librement dans cette interface, explorer ses différentes options et exprimer leurs impressions et suggestions. Les retours recueillis à cette occasion serviront à orienter les ajustements futurs pour répondre au mieux aux besoins concrets des utilisateurs.

La nouvelle version sera testée en opérationnel durant l'année 2025, avant la livraison d'une version finalisée d'ici fin 2025 (fin du projet CIPRHES).



Nouvelle version de l'interface CIPRHES et ses fonctionnalités améliorées (ici graphe dynamique de visualisation des observations et prévisions de débit)

6. Projet d'étudiants du Master REGA

Lors du premier semestre universitaire, quatre étudiants du master Ressources en Eau, Gestion, Aménagement (REGA) de l'Université de Lorraine ont participé à un projet sur la plateforme PREMHYCE. Ils ont mené une analyse critique de l'interface web et ont proposé des pistes d'amélioration. Ils ont ensuite mené des entretiens avec des utilisateurs de la plateforme pour mieux percevoir l'utilisation opérationnelle de l'outil. À partir de ces échanges, ils ont proposé des supports de communication (flyer et vidéo) pour présenter la plateforme. Ils ont présenté leurs résultats lors de l'assemblée générale du projet en mars 2025 à Toulouse.

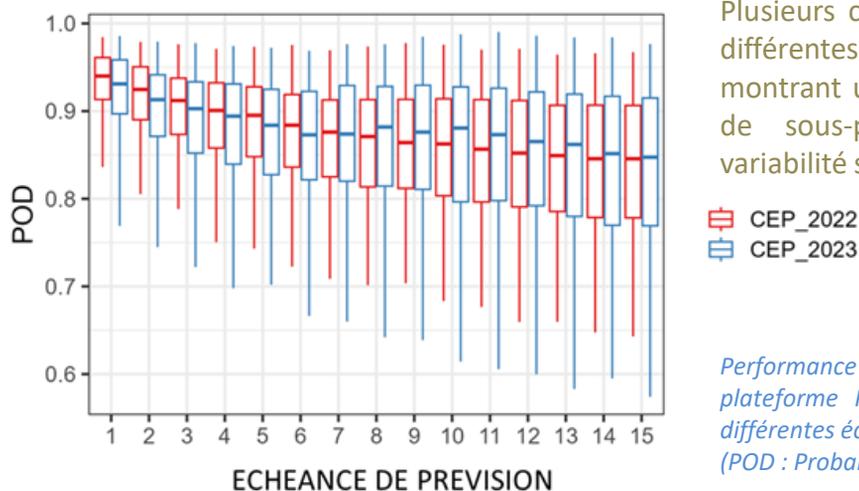
[Vidéo de présentation de l'interface](#)

Zoom sur l'Atelier Utilisateurs PREMHYCE 2024

En 2024, l'atelier avec le Groupe Utilisateurs (GU) de la plateforme PREMHYCE s'est tenu en visio-conférence le 26 juin. Il a réuni une cinquantaine de participants (utilisateurs et membres du consortium de la plateforme PREMHYCE). Les points suivants ont été traités :

- Une rétrospective sur les données climatiques et un bilan des performances de la plateforme en 2023 et 2024 ont été présentés.
- Différents retours d'expérience ont permis d'illustrer l'utilisation opérationnelle de la plateforme.
- Un certain nombre de points ont ensuite été discutés allant de questions pratiques liées à la connexion à la plateforme, à des aspects d'utilisation et d'interprétation des résultats, en passant par des aspects d'évolution.
- La question des incertitudes (leur origine, leur quantification, leur communication) a fait l'objet de plusieurs échanges, montrant la nécessité d'aller plus loin dans la diffusion de connaissance auprès des utilisateurs sur ces aspects, et le besoin d'accompagnement pour la communication des incertitudes pour aider à la prise de décision.

L'analyse des performances de la plateforme PREMHYCE, présenté à l'occasion de l'atelier, s'est reposée sur les prévisions de 384 stations pour la période d'étiage de 2022 et 2023, avec les scénarios de prévision météorologique issus du Centre Européen de Prévisions (CEP), avec échéance maximale de 15 jours.



Performance des prévisions hydrologiques de la plateforme PREMHYCE en 2022 et 2023, pour différentes échéances journalières de prévision (POD : Probabilité de détection)

La qualité des intervalles prédictifs de prévision a été également évaluée sur la période de mai à octobre. Cette évaluation a montré un manque de fiabilité lié à la sous-dispersion de l'ensemble de prévision. Des travaux sont en cours pour améliorer la quantification des incertitudes, ce qui permettra d'améliorer également la fiabilité des prévisions d'ensemble hydrologiques.