Evolution de l'outil de prévision des étiages PREMHYCE – Année 2018, Rapport de synthèse, 21 p

François Tilmant, Pierre Nicolle

▶ **To cite this version:**

François Tilmant, Pierre Nicolle. Evolution de l'outil de prévision des étiages PREMHYCE – Année 2018, Rapport de synthèse, 21 p. IRSTEA UR HYCAR. 2019. hal-03180684

HAL Id: hal-03180684
https://hal.inrae.fr/hal-03180684

Submitted on 25 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Programme 2016/2018 – Action n° 29 PREMHYCE

Evolution de l'outil de prévision des étiages PREMHYCE

Rapport final

François TILMANT et Pierre NICOLLE
Irstea, Antony

Contributeurs : François BESSON (Météo-France), Pierre ETCHEVERS (Météo-France), Didier FRANCOIS (Univ. Lorraine), Matthieu LE LAY (EDF-DTG), Charles PERRIN (Irstea), Dominique THIERY (BRGM), Béatrice VINCENDON (Météo-France)

Février 2019

AUTEURS

François TILMANT, Ingénieur de recherche (Irstea), françois.tilmant@irstea.fr
Pierre NICOLLE, Ingénieur d'études (Irstea), pierre.nicolle@irstea.fr

CONTRIBUTEURS

François BESSON, Météo-France, francois.besson@meteo.fr
Pierre ETCHEVERS, Météo-France, pierre.etchevers@meteo.fr
Didier FRANCOIS, Univ. Lorraine, didier.francois@univ-lorraine.fr
Matthieu LE LAY, EDF-DTG, matthieu.le-lay@edf.fr
Charles PERRIN, Irstea, charles.perrin@irstea.fr
Dominique THIERY, BRGM, d.thiery@brgm.fr
Béatrice VINCENDON, Météo-France, beatrice.vincendon@meteo.fr

CORRESPONDANTS

AFB : Claire MAGAND, Chargée de mission (AFB), claire.magand@afbiodiversite.fr
MTES-DEB : Elise JACOB, elise.jacob@developpement-durable.gouv.fr

Droits d'usage : Accès libre
Niveau géographique : National
Couverture géographique : France métropolitaine, La Réunion, Guyane
Niveau de lecture : Professionnels, Experts

- **RESUME**

Dans de nombreux pays, les rivières constituent les principales sources d'approvisionnement en eau. Un certain nombre d'usages sont concernées (eau potable, irrigation, énergie hydroélectrique…), qui peuvent être fortement affectées par les pénuries d'eau. Par conséquent, il est nécessaire d'anticiper rapidement les périodes d'étiage afin d'améliorer la gestion de l'eau. Ceci est renforcé par la perspective d'avoir des étiages estivaux plus sévères dans le contexte du changement climatique. Plusieurs instituts français (Irstea, BRGM, Météo-France, EDF et Université de Lorraine) ont collaboré au cours des dernières années pour développer un outil opérationnel de prévision des faibles débits, appelé PREMHYCE. Il a été testé en temps réel sur 70 bassins versants en France métropolitaine en 2017 et sur 48 supplémentaires en 2018. PREMHYCE comprend cinq modèles hydrologiques calés sur des stations jaugées et assimilant les dernières observations de débit. Les prévisions d'étiages peuvent être émises jusqu'à un horizon de 90 jours, sur la base d'une prévision d'ensemble de débit (Extended Streamflow Prediction) utilisant des données climatiques historiques comme ensembles de scénarios d'entrée futurs. Ces données climatiques (précipitations, évapotranspiration potentielle et température) sont fournies quotidiennement par la réanalyse SAFRAN de Météo-France sur la période 1958-2017, qui inclut un large éventail de conditions en termes de climat. L'outil fournit des sorties numériques et graphiques, y compris les gammes prévues pour les étiages, ainsi que la probabilité d'être inférieur aux seuils d'alerte de bas débit fournis par les utilisateurs.

Ce rapport présente l'évolution de l'outil de prévision opérationnelle du flux de flux réalisée en 2018.

- **MOTS CLES (THEMATIQUE ET GEOGRAPHIQUE)**

Etiage ; Modèle hydrologique ; Prévision ; Débit ; France

- ## ÉVOLUTION DE L'OUTIL DE PREVISION DES ETIAGES PREMHYCE

- ## ABSTRACT

In many countries, rivers are the primary supply of water. A number of uses are concerned (drinking water, irrigation, hydropower…) and they can be strongly affected by water shortages. Therefore, there is a need for the early anticipation of low-flow periods to improve water management. This is strengthened by the perspective of having more severe summer low flows in the context of climate change. Several French institutions (Irstea, BRGM, Météo-France, EDF and Lorraine University) have been collaborating over the last years to develop an operational tool for low-flow forecasting, called PREMHYCE. It was tested in real time on 70 catchments in continental France in 2017, and on 48 additional catchments in 2018. PREMHYCE includes five hydrological models which are calibrated on gauged catchments and which assimilate flow observations. Low-flow forecasts can be issued up to 90 days ahead, based on ensemble streamflow prediction (ESP) using historical climatic data as ensembles of future input scenarios. These climatic data (precipitation, potential evapotranspiration and temperature) are provided by Météo-France with the daily gridded SAFRAN reanalysis over the 1958-2017 period, which includes a wide range of conditions. The tool provides numerical and graphical outputs, including the forecasted ranges of low flows, and the probability to be under low-flow warning thresholds provided by users.

This report presents the evolution of the operational streamflow forecasting tool that have been realized in 2018.

- ## KEY WORDS (THEMATIC AND GEOGRAPHICAL AREA)

Low-flows; Hydrological models; Forecasting; Streamflow; France

- **SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE**

Les étiages revêtent des enjeux environnementaux et socio-économiques très importants, et les perspectives d'évolution des pressions sur la ressource et des conditions climatiques rendent cruciale la mise au point d'outils performants pour l'estimation et l'anticipation des étiages. Dans ce contexte, le projet PREMHYCE (PRévision des Etiages par des Modèles Hydrologiques : Comparaison et Evaluation) a eu pour objectif d'évaluer les performances de modèles hydrologiques de simulation et de prévision des étiages sur un ensemble de bassins versants français. Cette première phase a abouti au développement d'un outil opérationnel pour la prévision des étiages, à destination des utilisateurs opérationnel (services déconcentrés). Le projet est mené en collaboration avec les scientifiques partenaires du BRGM, d'EDF, de Météo France et de l'Université de Lorraine.

Cet outil intègre les cinq modèles hydrologiques utilisés dans la première phase du projet (les modèles Gardenia du BRGM, GR6J d'Irstea, Isba-Modcou de Météo-France, Mordor d'EDF-DTG et Presages de l'Université de Metz). Il permet le calage des paramètres des modèles hydrologiques (sauf SIM) dans un premier temps, et permet de fournir quotidiennement des prévisions d'ensemble de débit d'étiages jusqu'à 90 jours, en rejouant les scénarios climatiques de précipitation, évapotranspiration et température historiques en entrée des modèles. Ces informations sont fournies via l'historique de la réanalyse SAFRAN (1958-2017) mise à disposition par Météo-France. Les dernières données observées de débit jusqu'à l'instant de prévision peuvent être fournies par les utilisateurs pour améliorer les prévisions de débits issues des modèles.

En 2018, l'outil a permis de calibrer les différents modèles sur 118 bassins versants en France métropolitaine et de fournir quotidiennement des prévisions de débits à horizon 90 jours.

- **SOMMAIRE**

1. Introduction 8
2. Evolutions du prototype opérationnel PREMHYCE en 2018 8
2.1. Intégration des modèles hydrologiques de prévision des étiages 8
2.1.1. Gardenia 8
2.1.2. IrMo et Mordor SD 8
2.1.3. Presages 9
2.2. Calage des modèles hydrologiques 9
2.3. Travaux sur les sorties 11
2.3.1. Ajout d'une année particulière 11
2.3.2. Calcul des quantiles de débits prévus 11
2.4. Intégration du module neige CemaNeige aux modèles Presages et Mordor 11
3. Bassins tests et données utilisés 13
3.1. Base de données 2018 13
3.2. Mise à jour de la base de données 14
3.2.1. Forçage climatique 14
3.2.2. Débits et assimilation 14
4. Prévisions sur l'étiage 2018 14
4.1. Contexte 14
4.2. Caractérisation des précipitations 15
4.3. Caractérisation des débits 15
4.4. Prévisions en rejeu sur la période mars-octobre 2018 16
5. Avancée de l'implémentation de PREMHYCE à la Réunion et en Guyane . 17
6. Groupe utilisateurs PREMHYCE 18
7. Perspectives 18
7.1. Développement opérationnels 18
7.1.1. Développement d'un outil « local » pour les utilisateurs 19
7.1.2. Interface web « conviviale » 19
7.1.3. Connexion à l'application Hub'Eau 19
7.1.4. Combinaison multi-modèles 19
7.1.5. Prise en compte des prévisions du centre européen de prévision ... 19
7.2. Diffusion et communication 19
8. Conclusion 19
9. Table des illustrations 21
10. Remerciements 22

- **ÉVOLUTION DE L'OUTIL DE PREVISION DES ETIAGES PREMHYCE**

1. Introduction

Dans de nombreux pays, les rivières sont la principale source d'approvisionnement en eau. Par exemple en France, 73 % des 38 km3 prélevés provenaient des rivières en 2013. L'approvisionnement en eau potable, l'irrigation, la navigation, la production énergétique (hydroélectricité et refroidissement de centrales) sont largement tributaires des ressources en eau de surface et peuvent être fortement affectés par des pénuries d'eau dans les rivières, et ce d'autant plus que la réglementation accorde une importance croissante au maintien de la qualité écologique des cours d'eau, imposant notamment le maintien de débits minimaux.

L'anticipation précoce des périodes d'étiage est donc nécessaire pour améliorer la gestion de l'eau et prendre des mesures adaptées pour atténuer les impacts socio- économiques et écologiques des pénuries d'eau. Les sécheresses extrêmes, qui ont eu lieu en Europe de l'Ouest en 1921, 1949, 1976 et plus récemment en 2003, soulignent la nécessité de systèmes d'anticipation performants. En outre, la perspective d'étiages plus marqués dans un contexte de changement climatique souligne la nécessité d'outils de gestion appropriés pour les faibles débits. Malgré cela, les outils opérationnels de prévision des étiages sont encore très limités dans de nombreux bassins et beaucoup moins développés que ceux dédiés à la prévision des crues.

L'ONEMA et la Direction de l'eau et de la biodiversité du MEDDE ont lancé en 2011 une étude d'évaluation des modèles de prévision d'étiages sur des bassins versants français (projet PREMHYCE, PRévision des Etiages par des Modèles Hydrologiques : Comparaison et Evaluation), piloté par Irstea. Cette étude comparative a eu pour but d'évaluer les forces et faiblesses de cinq modèles de prévision d'étiage existants (les modèles Gardenia du BRGM, GR6J d'Irstea, Isba-Modcou de Météo-France, Mordor d'EDF-DTG et Presages de l'Université de Lorraine), en particulier pour évaluer la faisabilité de produits opérationnels.

A l'issue des travaux scientifiques achevés, les partenaires du projet ont décidé en de développer un outil opérationnel pour la prévision des débits dans les rivières pendant les périodes d'étiages à destination des services opérationnels, permettant d'exploiter les modèles testés en temps réel. Un premier prototype a été développé et mis en place en 2017 avec le modèle hydrologique GR6J sur environ 70 bassins versants en France métropolitaine, en partenariat avec des acteurs opérationnels (DREAL, DDT, CACG...).

Ce rapport vise à présenter l'évolution de l'outil et les travaux réalisés autour de celui-ci en 2018, ainsi que les perspectives de développement futures.

2. Evolutions du prototype opérationnel PREMHYCE en 2018

2.1. Intégration des modèles hydrologiques de prévision des étiages

Lors de l'exercice 2017, l'outil PREMHYCE permettait de réaliser des prévisions de débit avec le seul modèle hydrologique GR6J(Irstea). Les quatres modèles hydrologiques utilisés lors de la phase de recherche du projet PREMHYCE ont pu être intégrés en 2018 au sein de l'outil.

2.1.1. Gardenia

Le modèle Gardenia du BRGM a été intégré à la plateforme PREMHYCE en début d'exercice 2018. Il est compilé dans une librairie qui est appelée lors la prévision journalière.

Le calage du modèle nécessitant une expertise quant à la sélection de modules à prendre en compte et à la critique des forçages en entrée du modèle, il a été confié au BRGM. Un fichier paramètre pour les 118 bassins retenus pour cet exercice.

2.1.2. IrMo et Mordor SD

Dans un premier temps, une version simplifiée du modèle Mordor, disponible à IRSTEA (et que nous appellerons IrMo dans la suite du rapport), a été implémentée. Le calage a été réalisé à l'aide de la méthode de calage pas-à-pas développée au sein d'IRSTEA et utilisée pour le calage du modèle GR6J. Les bassins ont été calés sur la période la plus longue possible en fonction des données de forçage climatique et de débits disponibles. La fonction objectif retenue pour le calage est le critère KGE calculé sur le logarithme des débits.

Le modèle Mordor SD (pour Mordor Semi-Distribué) est un modèle conceptuel semi-distribué à réservoirs, étagé en bandes d'altitudes. À partir de données de pluies et températures journalières, il fait évoluer schématiquement l'état d'un certain nombre de stocks (stock de neige, réservoir superficiel, etc ...) qui

interagissent et alimentent la rivière à l'exutoire du bassin. Le modèle cherche à représenter la dynamique des processus lents, moyens et rapides que l'on retrouve sur un bassin versant (dynamique de nappe, ruissellement, écoulements superficiels, accumulation et fonte de la neige de la glace, évapotranspiration, infiltration).

Il a été mis à disposition par EDF sous la forme d'une librairie en fin d'année 2018 et n'a donc pas été utilisé pour l'exercice 2018. Le calage est réalisé par EDF qui possède une expertise nécessaire pour cette opération. Pour l'instant, seuls les jeux de paramètres de 5 bassins versants sont disponibles.

2.1.3. Presages

Le modèle Presages de l'Université de Lorraine a été intégré à la plateforme PREMHYCE pour l'exercice 2018. Comme pour la version IRSTEA du modèle Mordor, le modèle a été calé à l'aide de la méthode de calage pas-à-pas sur les 118 bassins de la base de données retenue avec pour fonction objectif, le KGE sur le logarithme des débits.

2.2. Calage des modèles hydrologiques

L'intégration des modèles hydrologiques a nécessité la calibration des paramètres des modèles hydrologiques. Dans le cas de Gardenia, les paramètres du modèle ont été fournis par le BRGM pour être utilisés directement. Dans le cas des modèles PRESAGES et IrMo, les modèles ont été intégrés à l'outil de calage de PREMHYCE. Les valeurs de paramètres et les performances des modèles ont été évaluées pour s'assurer de la cohérence des outils utilisés individuellement par l'Université de Lorraine et EDF. Si l'intégration du modèle PRESAGES est satisfaisante (Figure 1), la calibration de IrMo est plus mitigée, de par l'ancienneté de la version implémentée et de par la méthode de calibration utilisée. Des travaux complémentaires sont en cours pour intégrer la version semi-distribuée de Mordor, et pour se rapprocher de la méthode de calibration utilisée par EDF.

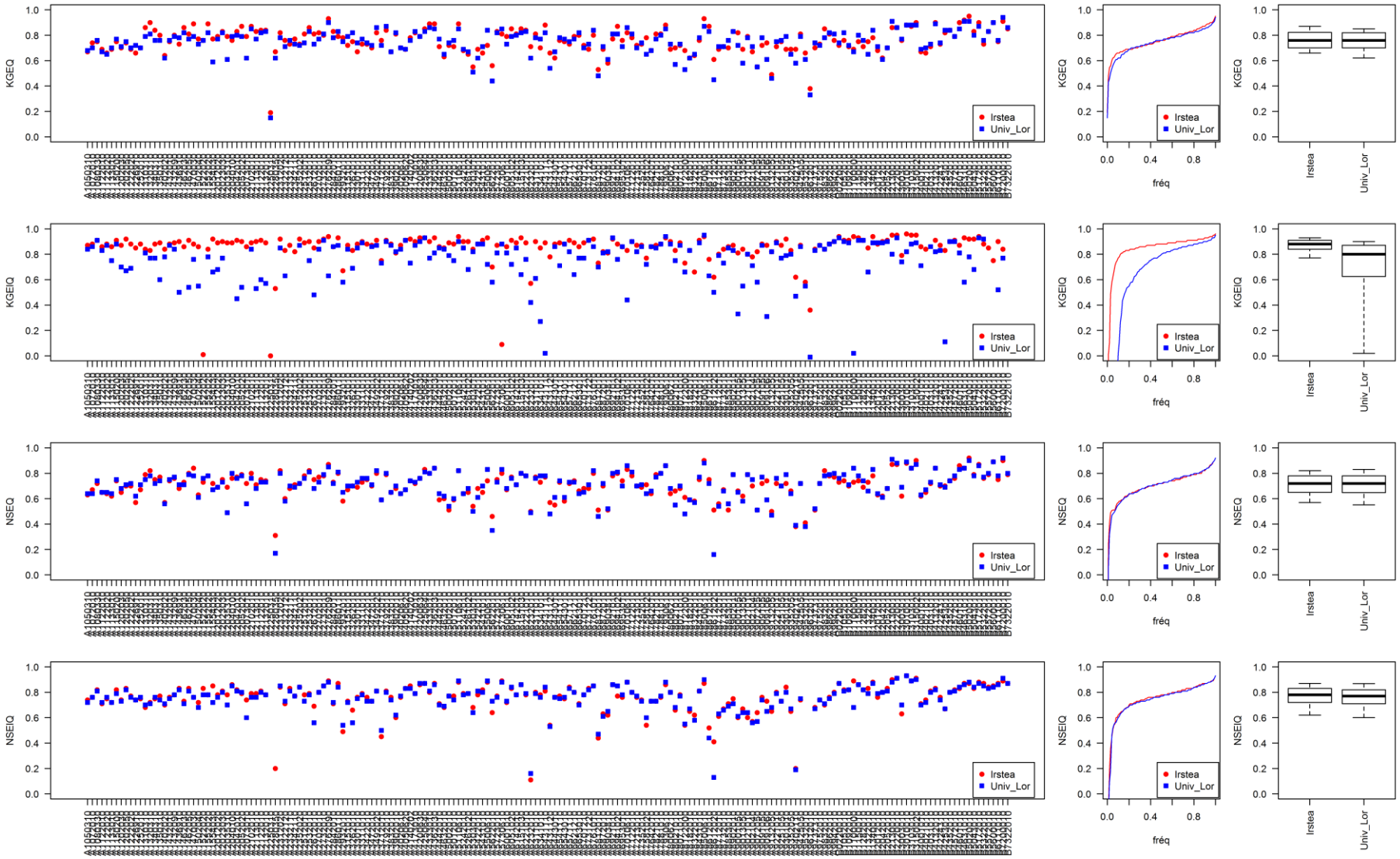

Figure 1 : Performances en KGE et NSE sur les débits et les logarithmes des débits avec le calage réalisé par Irstea (rouge) et par l'Université de Lorraine (bleu)

2.3. Travaux sur les sorties

2.3.1. *Ajout d'une année particulière*

A la demande des utilisateurs, il est désormais possible d'ajouter une année particulière dans les listes de bassins qu'ils déposent. Si l'utilisateur renseigne cette année, le scénario correspond à l'année en question est tracé sur l'hydrogramme de prévision (Figure 2).

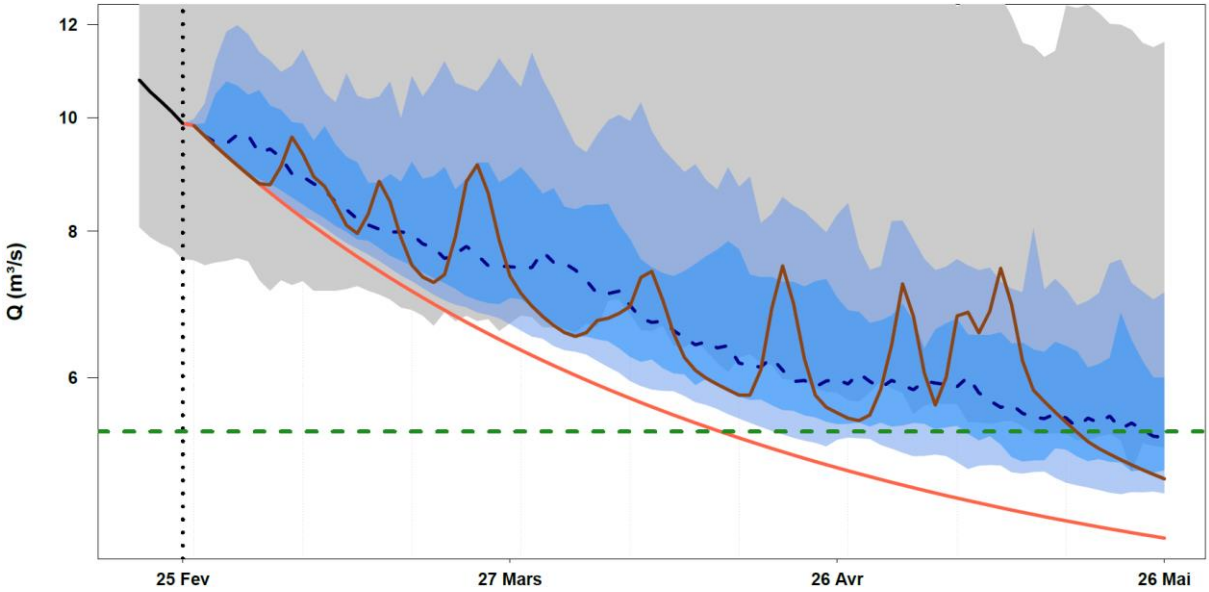

Figure 2 : Exemple de tracé d'une année particulière (en rouge foncé) lors d'une prévision sur le bassin versant de l'Epte à Fourges (H8042010)

2.3.2. *Calcul des quantiles de débits prévus*

Quelques utilisateurs ont émis le souhait de disposer d'informations plus précises sur les sorties de l'outil. Parmi celles-ci, l'accès au calcul des quantiles de la distribution des débits prévus. Ceux-ci ont donc été intégrés aux sorties texte de l'outil comme présenté sur la Figure 3.

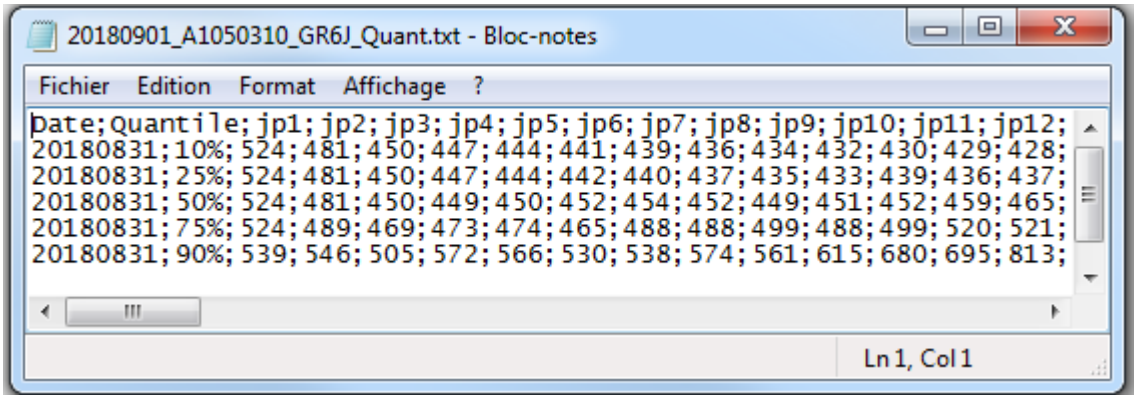

Figure 3 : Exemple de sortie de fichier texte des quantiles de débit prévus.

2.4. Intégration du module neige CemaNeige aux modèles Presages et Mordor

Sur certains bassins de la base de données, la composante neige est très importante et le débit est fortement influencé par les fluctuations du manteau neigeux (accumulation ou fonte). Les modèles Presages et Mordor (version IRSTEA) ne prennent pas en compte cette composante conduisant à de mauvaises simulations et prévisions. Il a donc été décidé d'intégrer le module CemaNeige du modèle GR6J dans ces deux modèles. Il s'agit d'un module de prise en compte de la neige à deux paramètres, développé pour la modélisation hydrologique. Il a été mis au point dans les travaux de thèse de Valéry (2010). Il permet de simuler l'évolution du couvert neigeux sur un bassin versant, et d'en estimer la fonte. Le module a été testé avec plusieurs modèles hydrologiques globaux fonctionnant en simulation, dont le modèle GR4J, et avec le modèle de prévision GRP fonctionnant au pas de temps journalier (Nicolle, 2010).

Le fonctionnement de CemaNeige sur un pas de temps est le suivant :

- Dans un premier temps, une discrétisation du bassin en cinq zones altitudinales d'égales surfaces est réalisée. Cela permet de tenir compte des gradients orographiques et permet une évolution différenciée du manteau neigeux en fonction de l'altitude.

- Ensuite, les données d'entrée sont extrapolées à chaque bande d'altitude notée *z*. Le module neige n'utilise comme données d'entrée que les précipitations et la température. Une transformation de la précipitation de bassin est effectuée, selon une formule faisant intervenir un facteur de correction altitudinal constant. Les températures moyennes du bassin sont également extrapolées en s'appuyant sur un gradient altitudinal qui peut varier selon le jour *j* considéré.

- Le module neige procède ensuite à la différenciation des précipitations liquides et solides, suivant l'altitude médiane du bassin versant considéré pour chaque bande d'altitude.

- Dans chaque bande d'altitude, la neige est stockée au sein d'un réservoir conceptuel qui représente le manteau neigeux de la bande d'altitude. Ce réservoir est alimenté uniquement par la fraction solide des précipitations. Le manteau neigeux présente un état thermique qui permet de retarder le déclenchement de la fonte.

- Une fonction de transfert permet de calculer la lame de fonte écoulée, issue du stock de neige, qui va être intégrée au modèle hydrologique, en plus de la fraction liquide des précipitations. Le module commence par calculer une lame de fonte potentielle (quantité maximale de neige susceptible de fondre) selon la méthode degrés-jour, à partir de l'état thermique du manteau et de la température. La fonte effective (la quantité réelle de neige qui fond) dépend de plusieurs facteurs : la fonte potentielle calculée précédemment, la surface enneigée et la vitesse de fonte minimum quand le stock est très faible. La quantité de neige fondue est ensuite soustraite au réservoir de neige pour l'actualiser.

- Enfin, la lame d'eau transmise au modèle hydrologique comprend la fraction liquide déterminée précédemment, à laquelle est ajoutée la lame de fonte.

CemaNeige a deux paramètres libres à caler :

- *CTG*, le coefficient de pondération (adimensionnel) de l'état thermique du manteau, compris entre 0 et 1,
- *Kf,* le facteur degré-jour (en $mm.°C^{-1}$), généralement compris entre 2 et 6 $mm.°C^{-1}$.

Dans un premier temps, les paramètres du module neige sont fixés à des valeurs médianes (CTG = 0.39, Kf = 2.5 $mm.°C^{-1}$).

3. Bassins tests et données utilisés

3.1. Base de données 2018

En 2018, huit organismes opérationnels ont participé aux tests de l'outil. Ces organismes ont fourni la liste de bassins versants sur lesquels ils souhaitaient disposer de prévisions d'étiages. La base de données est constituée de 118 bassins, dont un commun à la DDT Loire et la DREAL Pays de la Loire (Tableau 1).

Tableau 1 : Liste des opérationnels ayant pris part à l'exercice 2018

Opérationnel	Nombre de BV	Surfaces (km²) Min-max
CACG	9	10 – 620
DDT Loire	9	130 – 4800
DREAL Alsace	19	30 – 1700
DREAL Centre	6	160 – 830
DREAL Normandie	20	50 – 5900
DREAL Nouvelle Aquitaine	2	2460 – 2480
DREAL Occitanie	9	20 – 920
DREAL Pays de la Loire	44	60 - 110000

La sélection des bassins a été réalisée par les services opérationnels. Les modèles hydrologiques ne prenant pas en compte l'influence anthropique (prélèvements, hydro-électricité, …), il a été demandé de choisir des bassins versants pour lesquels l'influence est limitée. Les régimes hydrologiques du jeu de bassins sont variés (nival, pluvial). La Figure 2 présente la distribution spatiale des stations retenues pour l'exercice 2018.

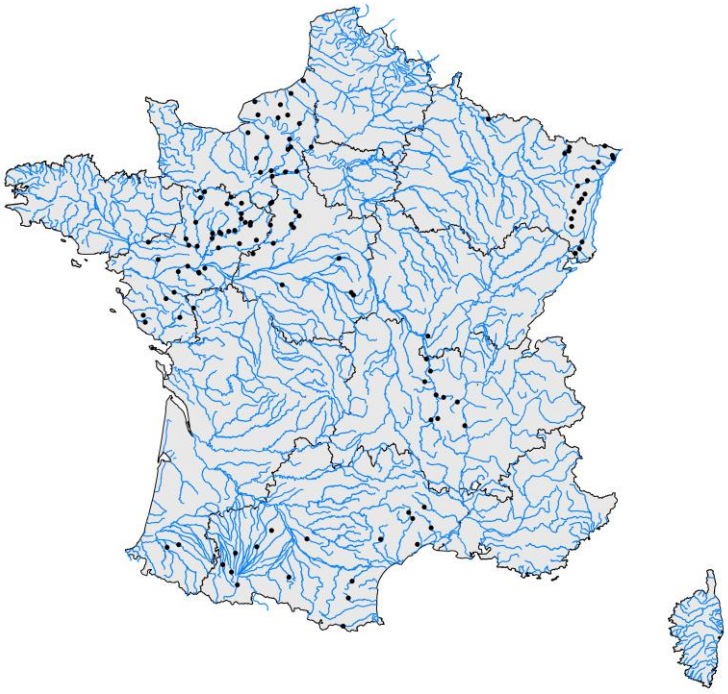

Figure 4 : Emplacement des stations hydrométriques retenues pour l'exercice 2018

3.2. Mise à jour de la base de données

Lors du lancement de la plateforme PREMHYCE, la base de données hydroclimatique est mise à jour à l'aide des fichiers de forçage climatique fournis par Météo France et aux observations de débits déposés par les opérationnels.

3.2.1. Forçage climatique

Chaque jour, Météo France produit 2 fichiers contenant les données de la réanalyse SAFRAN (précipitations liquides et solides, température et évapotranspiration) de la veille.
Un premier fichier est déposé à 6h puis un second fichier corrigé est déposé à 21h.
La plateforme étant lancée à 10h, les fichiers non corrigés sont utilisés.

En fin de mois M+1, la réanalyse climatique mensuelle du mois M est fournie par Météo France.

La base de données est mise à jour de la façon suivante :

1) Chargement de la base de données utilisée pour le calage ;
2) Mise à jour avec les réanalyses mensuelles disponibles ;
3) Si la réanalyse mensuelle d'un mois donné n'est pas disponible, utilisation des fichiers journaliers déposés à 21h ;
4) Si ces fichiers déposés à 21h ne sont pas présents, utilisation des fichiers déposés à 6h.

3.2.2. Débits et assimilation

Les opérationnels ont la possibilité de déposer des données de débit qui seront utilisés pour corriger le modèle. Ces débits sont intégrés à la base de données hydroclimatique.

Afin de corriger les erreurs éventuelles du modèle, une procédure simple d'assimilation de données a été implémentée.

L'erreur sur les débits est calculée comme le rapport entre le débit observé et le débit simulé et on ne conserve que les 7 derniers pas de temps.

On identifie, dans ces 7 derniers pas de temps, le dernier jour pour lequel on a une observation de débit.

Le facteur correctif appliqué aux débits prévus est calculé de la sorte :

$$Fact_{ERR_Q} = \overline{Err_Q}^{e^{-0.02 \times nb_jour}}$$

Où :

$Fact_{ERR_Q}$, est le facteur correctif appliqué aux débits prévus,

$\overline{Err_Q}$, l'erreur moyenne sur les 3 derniers débits observés dans les 7 derniers pas de temps,

nb_jour, le nombre de jour entre la dernière donnée de débit observé et l'échéance de prévision.

4. Prévisions sur l'étiage 2018

4.1. Contexte

L'année 2018 a été marquée par un déficit de précipitations à l'automne conduisant à de nombreux arrêtés sécheresse sur une bonne partie de la France (Figure 5).

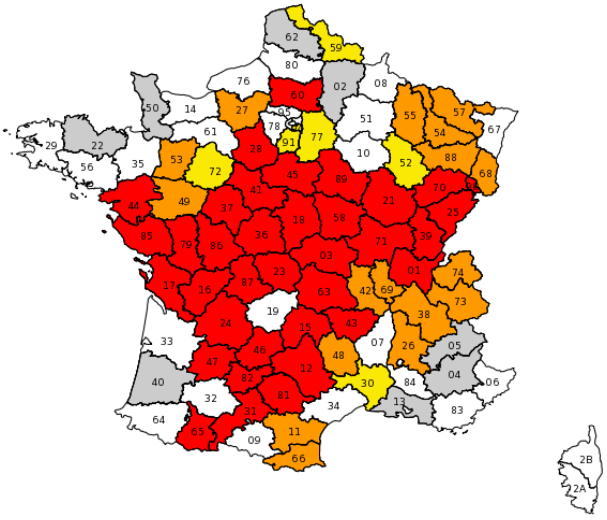

Figure 5 : Arrêtés sécheresse au 17 octobre 2018

Source des données : PROPLUVIA

4.2. Caractérisation des précipitations

Les précipitations de l'année sont comparées aux précipitations historiques moyennes sur une période de référence (1998-2018) à l'aide de l'indice de précipitation standardisé (SPI).

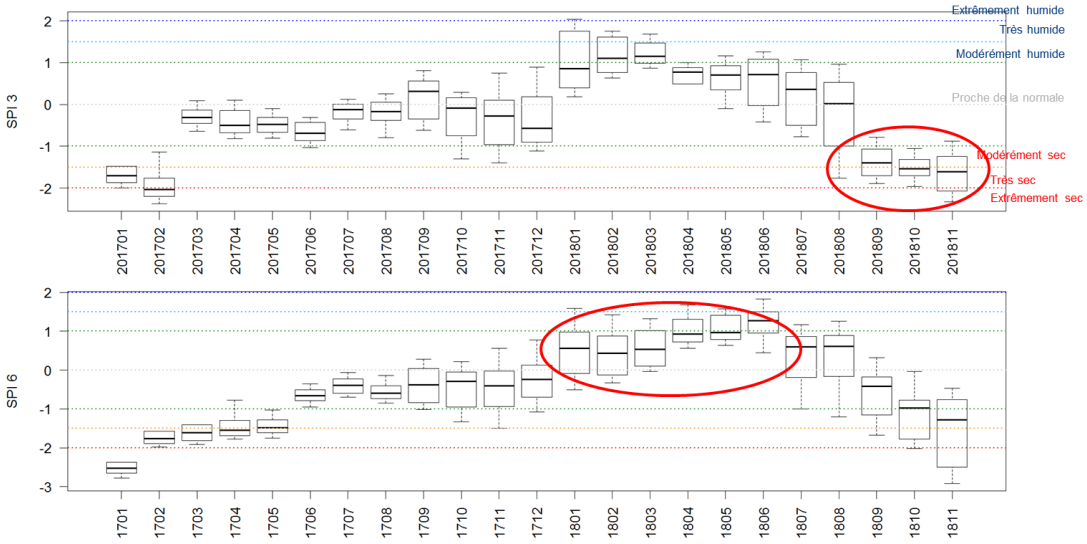

Figure 6 : Distribution de l'indice de précipitation standardisé à 3 et 6 mois pour les 118 bassins étudiés sur la période 01/2017-11/2018

L'année 2018 a été marquée par des premiers mois assez arrosés avec une distribution de l'indice de précipitation standardisé à 6 mois pour les 118 bassins supérieure à la normale. Toutefois, l'été et l'automne 2018 ont été particulièrement secs avec une distribution de l'indice de précipitation standardisé sur 3 mois globalement inférieure à la normale.

4.3. Caractérisation des débits

De même que pour les précipitations, nous pouvons comparer les débits de 2018 aux débits historiques moyens sur la période de référence à l'aide de l'indice standardisé des débits (SSI).

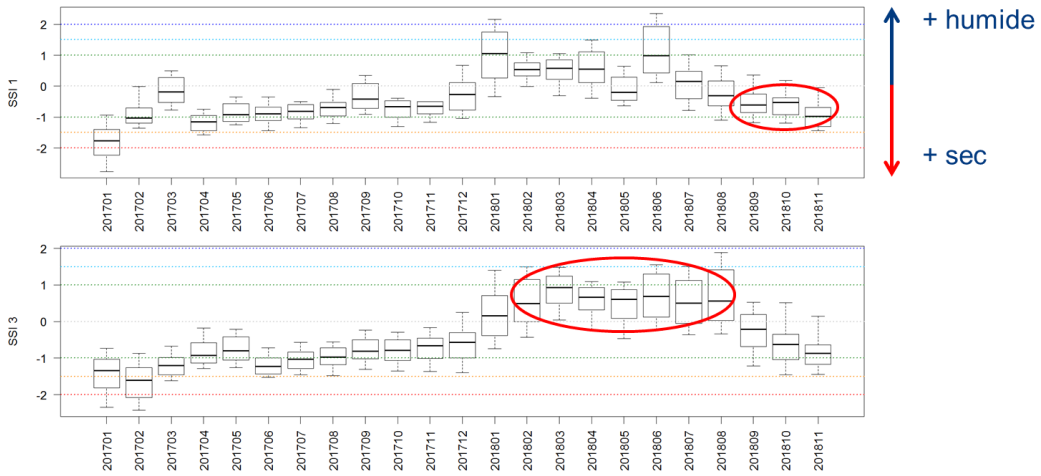

Figure 7 : Distribution de l'indice de débit standardisé à 1 et 3 mois pour les 118 bassins étudiés sur la période 01/2017-11/2018

L'indice SSI confirme les tendances observées sur les précipitations. Le début d'année 2018 est plutôt humide et l'étiage est plus tardif (septembre, octobre, novembre).

4.4. Prévisions en rejeu sur la période mars-octobre 2018

Un rejeu a été effectué à l'aide de la plateforme PREMHYCE sur la période mars – octobre 2018. Les prévisions à échéance 90 jours ont été produites quotidiennement pour les modèles GR6J, Mordor (version IRSTEA), Gardenia et PRESAGES et mensuellement pour le modèle SIM de Météo France.

L'indice de succès critique (CSI), qui est la capacité à franchir un seuil (vigilance), est calculé comme le rapport entre un succès (un évènement prévu est effectivement observé) sur la somme des succès, fausses alertes (un évènement prévu n'est pas observé) et évènements manqués (un évènement non prévu est observé).

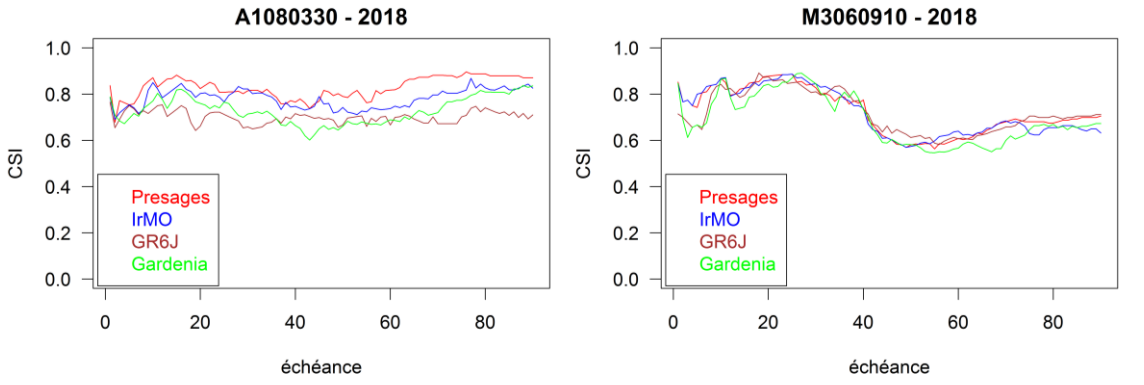

Figure 8 : CSI sur les bassins versants de l'Ill à Didenheim (A1080330) et de la Mayenne à Ambrières-les-Vallées (M3060910)

La Figure 8 met en évidence une bonne détection des sous-passements de seuils avec un CSI compris entre 60 et 90% pour les 2 bassins représentés.

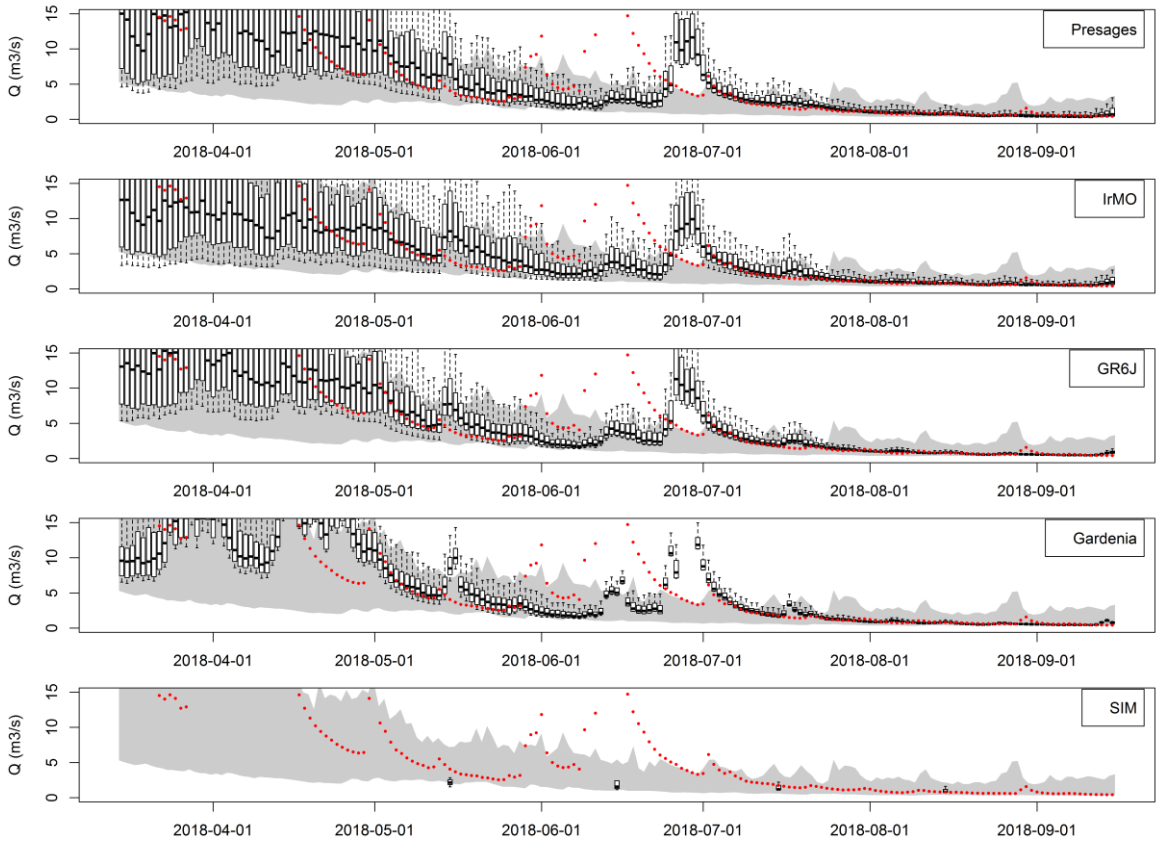

Figure 9 : Débits observés (rouge), historiques (gris) et distribution des prévisions à échéance 15 jours pour les scénarios (noirs) pour la station de la Mayenne à Ambrières-les-Vallées (M3060910)

On observe une bonne représentation globale de l'étiage tardif de 2018 avec des débits simulés proches des observations, ce qui présente un fort intérêt au regard de l'historique des débits plus dispersé.

Les tendances observées entre les modèles sont similaires.

5. Avancée de l'implémentation de PREMHYCE à la Réunion et en Guyane

En 2018, des contacts ont été pris avec l'Office de l'Eau de la Réunion pour évaluer l'intérêt de la mise en place de l'outil PREMHYCE sur l'île. Compte tenu des difficultés liées à la mesure du débit pour obtenir des chroniques longues de bonne qualité afin de calibrer les paramètres des modèles, il a été décidé dans un premier temps d'implémenter l'outil sur deux bassins versants qui avaient été utilisés dans la première phase du projet, et sur lesquelles des chroniques de débit critiquées étaient déjà disponibles, afin d'évaluer le potentiel du déploiement d'un tel outil à plus large échelle. Ces deux bassins sont présentés sur la Figure 10, il s'agit de La rivière Langevin à Saint Joseph (40010100) et La rivière des Roches à Saint Benoît [Abondance] (40130130)

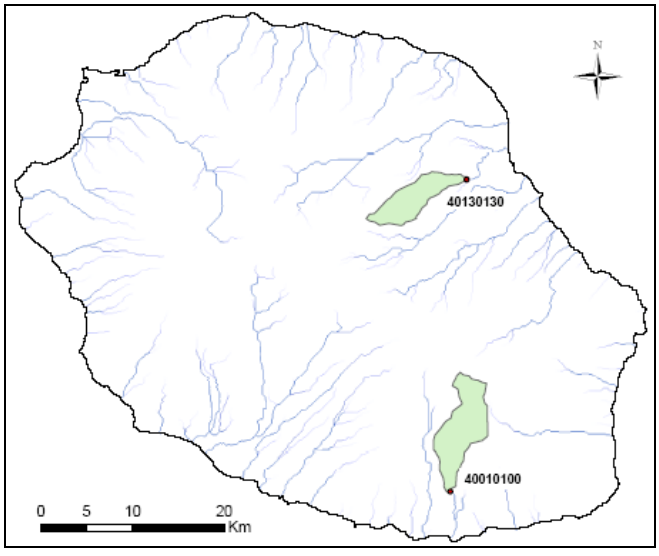

Figure 10 : carte de localisation des deux bassins versant pour l'implémentation opérationnelle de l'outil PREMHYCE

De plus la non disponibilité de la couverture SAFRAN pose des contraintes supplémentaires sur l'alimentation de l'outil en terme de données : alimentation par des postes ponctuels au sol de précipitations, évapotranspiration et température, représentativité des données de ces postes pour les bassins versants concernés, spatialisation de ces données, hétérogénéité temporelle des séries chronologiques pour le calage des modèles et les scénarios prévus, et alimentation en temps réel de l'outil. L'ensemble de ces contraintes doivent être prises en compte et intégrées au sein de l'outil PREMHYCE.

En 2018, les modèles pour lesquels la procédure de calage a été implémentée ont pu être calés sur ces deux bassins à l'aide d'un jeu de données couvrant la période 1983 – 2011. La plateforme PREMHYCE a été adaptée pour prendre en compte les données issues de postes de mesure (précipitations et températures). La signature de la convention entre Météo France, l'AFB, IRSTEA et l'Office de l'Eau de la Réunion doit permettre d'aboutir à la fourniture journalière de données météorologiques utiles au forçage des modèles hydrologiques.

En Guyane, un prototype d'outil de prévision des étiages incluant le modèle GR4J a été mis en place sur les bassins versants du Maroni à Langa Tabiki et de la Comté à Saut Bief en 2017 (travaux menés à la DEAL, avec l'appui d'Irstea). Plusieurs fonctions objectif ont été testées pour caler les paramètres du modèle. Les chroniques de pluie utilisées proviennent du site guyane.irstea.fr, l'ETP est calculée à partir de la formulation de Thornwaite les données de débit de la banque HYDRO, et des données de Marée sont également utilisées pour le bassin de la Comté. Les scénarios de précipitations futurs sont fournis par les bulletins de prévision de Météo-France. L'outil a été automatisé pour la récupération des données et le lancement de prévisions.

6. Groupe utilisateurs PREMHYCE

Le groupe utilisateurs PREMHYCE s'est réuni le 5 décembre 2018. Ce groupe utilisateur a réuni les modélisateurs et les utilisateurs de l'outil afin de :

- Faire un point d'avancement sur le projet PREMHYCE et fournir une analyse des résultats obtenus en 2017 et 2018 ;
- Recueillir des retours d'utilisateurs des résultats de la plateforme ;
- Discuter des pistes d'évolution de l'outil.

Un rappel sur la démarche et le fonctionnement de l'outil puis les résultats obtenus lors des étiages 2017 et 2018 ont été présentés.

Les discussions ont abouti à un questionnement sur la qualité des données de débits utilisées pour la phase d'assimilation. Actuellement, les utilisateurs déposent les données de débit observé qui sont utilisées pour l'assimilation dans la plateforme PREMHYCE. Aucune de la critique n'est faite et l'incertitude sur la donnée peut être très forte. Par ailleurs, la possibilité d'utilisation d'une API (Hub'Eau) de récupération automatique des données sur la banque HYDRO est étudiée et l'information sur la qualité de la donnée n'est pas toujours disponible. L'utilisation de jaugeages, réalisés plus fréquemment pendant les périodes d'étiage sévères, pourrait permettre d'assimiler une donnée de meilleure qualité.

Un intérêt pour des prévisions plus fiables à court terme a été manifesté. L'intégration des données de prévision d'ensemble du centre européen à 10 ou 15 jours est envisagée. Les données de précipitations solides et liquides ainsi que de températures sont disponibles sur la grille SAFRAN. La question de la combinaison de ces prévisions d'ensemble avec les données historiques doit être étudiée. EDF a mis en place une jonction des 2 jeux de données par une méthode de rang.

Certains bassins de la base de données sont particulièrement impactés par la composante neige. L'ajout du module Cemaneige aux modèles MORDOR (version IRSTEA) et PRESAGES permet d'améliorer la modélisation hydrologique de ces bassins versants. L'apport d'une information de prévision à long terme (type saisonnière) pour permettre de ne rejouer que les scénarios historiques cohérents serait apprécié.

L'outil PREMHYCE fournit actuellement une fiche de prévision par modèle. L'approche multi-modèles devrait être implémentée. Toutefois, la méthode de combinaison des modèles hydrologiques doit être étudiée ainsi que les possibilités de l'intégrer au sein de l'outil.

7. Perspectives

7.1. Développement opérationnels

Les développements opérationnels viseront à passer du prototype opérationnel non interfacé à un service hydroclimatique en ligne, ainsi qu'un outil hors ligne pour les cas le nécessitant. Les développements

informatiques comprendront en particulier la mise au point d'une interface dédiée, l'intégration des demandes d'utilisateurs (évolutions fonctionnelles) et les évolutions correctives. L'outil sera conçu de manière à être complètement maitrisable par l'utilisateur, de la phase de calage jusqu'à la phase temps réel.

7.1.1. Développement d'un outil « local » pour les utilisateurs

La fourniture d'un outil local nécessite la possibilité pour l'utilisateur d'avoir accès à certaines fonctionnalités concernant notamment le calage des paramètres des modèles. Les stratégies de calibration selon les modèles et leurs développeurs peuvent différer et la difficulté de prise en main de ces stratégies et des modèles nécessitent une réflexion préalable pour faciliter la mise en place automatique de la procédure de calibration qui permette de reproduire ces différentes stratégies. Cette réflexion est réalisée à travers la réalisation d'un stage de fin d'études.

7.1.2. Interface web « conviviale »

Afin de rendre les sorties de l'interface plus accessible aux utilisateurs, la création d'une interface web est envisagée. Dans un premier temps, la création d'un site permettant à l'utilisateur de sélectionner sur une carte une station d'intérêt et d'ouvrir la fiche résultat de la prévision du jour pour un modèle donné est envisagée. A terme, l'interface pourrait permettre à l'utilisateur d'avoir accès à certaines fonctionnalités de la plateforme comme le calage ou le lancement d'une prévision ou d'un rejeu.

7.1.3. Connexion à l'application Hub'Eau

Les données publiques de l'API « Hub'Eau – Hydrométrie » sont issues de la Plate-forme HYDRO Centrale (PHyC), opérée par le Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations (SCHAPI). Cette Plate-forme stocke les mesures quasi temps-réel provenant d'environ 3000 stations hydrométriques qui constituent le réseau de mesure français, opéré par les Directions Régionales de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DREAL) ou autres producteurs (collectivités, etc.). A terme (2020), la plateforme intégrera également les données « temps différé » en remplaçant la banque hydro.

http://hubeau.eaufrance.fr/page/api-hydrometrie#!/hydrometrie/observations_csv

7.1.4. Combinaison multi-modèles

La combinaison des sorties des modèles sera mise en place pour améliorer la robustesse des prévisions. Cet aspect a été développé dans la phase de recherche du projet PREMHYCE. La mise en place opérationnelle pose des questions techniques à résoudre.

7.1.5. Prise en compte des prévisions du centre européen de prévision

Le Groupe Utilisateur réalisé a fait ressortir le besoin pour certains utilisateurs de disposer de prévisions d'étiage à quelques jours d'échéance. L'intégration des prévisions à court terme (10 jours) du centre européen de prévision devrait permettre d'améliorer la qualité des prévisions de débit sur les premiers jours de prévision. Des questions scientifiques doivent être approfondies concernant la combinaison de l'approche utilisée dans PREMHYCE (rejeu des scénarios historiques de P et ETP) avec ces scénarios à court terme pour étendre l'échéance de prévision.

7.2. Diffusion et communication

L'outil sera diffusé auprès des services intéressés, et les différents utilisateurs doivent être formés à son utilisation et à collecter les retours d'expérience. En plus des réponses aux services opérationnels, un groupe utilisateur sera réuni chaque année (comme en 2018) pour cerner les forces et faiblesses de l'outil et identifier les principaux besoins d'évolution. Une session de formation sur deux jours sera montée et sera inscrite dans le catalogue des formations AFB à une fréquence dépendant des besoins (a priori mensuelle). La rédaction d'un guide utilisateur devrait être réalisée pour accompagner les utilisateurs à la prise en main et à l'utilisation de l'outil et de ses sorties.

8. Conclusion

L'outil PREMHYCE a évolué en 2018 en intégrant l'ensemble des modèles hydrologiques pour la prévision des étiages qui ont été évalués dans la phase de recherche du projet.

La calibration des modèles a été réalisée et évaluée au regard des valeurs de jeux de paramètres et des performances des modèles par rapport à l'utilisation interne de ces modèles qui est faite.

Des prévisions quotidiennes d'étiage à horizon 90 jours ont été réalisées pour la saison d'étiage 2018, et un retour sur les prévisions réalisées en 2017 et 2018 a été réalisée pour évaluer les performances des modèles, leur comportement et les limites de ceux-ci.

Les tests de mise en place de l'outil dans les territoires d'Outre-Mer doivent être finalisés pour fournir des prévisions de débit d'étiage afin d'améliorer la gestion de la ressource en eau dans ces territoires.

La mise en place d'un Groupe Utilisateur a permis de recueillir les retours d'expérience des différents utilisateurs, et de discuter des difficultés de prise en main ou d'utilisation des sorties de l'outil pour l'évolution future de celui-ci.

Les perspectives de l'outil PREMHYCE sont nombreuses pour les développements opérationnels et le déploiement de l'outil, sa diffusion et la formation des utilisateurs.

9. Table des illustrations

Figure 1 : Performances en KGE et NSE sur les débits et les logarithmes des débits avec le calage réalisé par Irstea (rouge) et par l'Université de Lorraine (bleu) 10
Figure 2 : Exemple de tracé d'une année particulière (en rouge foncé) lors d'une prévision sur le bassin versant de l'Epte à Fourges (H8042010) 11
Figure 3 : Exemple de sortie de fichier texte des quantiles de débit prévus. 11
Figure 4 : Emplacement des stations hydrométriques retenues pour l'exercice 2018 13
Figure 5 : Arrêtés sécheresse au 17 octobre 2018 15
Figure 6 : Distribution de l'indice de précipitation standardisé à 3 et 6 mois pour les 118 bassins étudiés sur la période 01/2017-11/2018 15
Figure 7 : Distribution de l'indice de débit standardisé à 1 et 3 mois pour les 118 bassins étudiés sur la période 01/2017-11/2018 16
Figure 8 : CSI sur les bassins versants de l'Ill à Didenheim (A1080330) et de la Mayenne à Ambrières-les-Vallées (M3060910) 16
Figure 9 : Débits observés (rouge), historiques (gris) et distribution des prévisions à échéance 15 jours pour les scénarios (noirs) pour la station de la Mayenne à Ambrières-les-Vallées (M3060910) 17
Figure 10 : carte de localisation des deux bassins versant pour l'implémentation opérationnelle de l'outil PREMHYCE 17

Tableau 1 : Liste des opérationnels ayant pris part à l'exercice 2018 13

10. Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des correspondants dans les services opérationnels et hydrométriques (DREAL, DEAL, Office de l'Eau Réunion, etc.) qui ont participé aux tests de l'outil de prévision et fourni les données de débits nécessaires au bon fonctionnement de l'outil. Ils remercient également Météo-France pour la mise à disposition des données climatiques dans le cadre du projet. Enfin, ils remercient les personnes des services déconcentrés ayant pu suivre le déroulement du projet, et dont les suggestions et retours ont permis d'améliorer la qualité globale des travaux.

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre de conventions établies entre les partenaires scientifiques et l'AFB ou le MTES.

Irstea

1, rue Pierre-Gilles de Gennes
CS 10030
92761 Antony Cedex

01 40 96 61 21

www.irstea.fr

Agence Française pour la Biodiversité

Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar
94300 Vincennes

01 45 14 36 00

www.afbiodiversite.fr