

Pilotage Intégré des Crues et des Transferts d'Eau (PICTO) - Un outil de gestion dynamique des retenues destinées à l'alimentation en eau potable sur le territoire de la Vendée

PICTO: Integrated Flood and Water Allocation Management - Tool for Reservoirs dedicated to Drinking Water Supply in Vendée

Stéphane Delichère^{1*}, *Jérôme Bortoli*², *Brigitte Benatier*², *Elodie Philippe*², *Marie Germain*¹, *Xavier Thomas*¹, et *Jules Wijting*¹

¹BRL Ingénierie, 1105 Avenue Pierre Mendès France, 30000 Nîmes, France

²Vendée Eau, 57 Rue Paul Émile Victor, 85000 La Roche-sur-Yon, France

Résumé. Depuis 1961, Vendée Eau organise la production et la distribution de l'eau potable sur la quasi-totalité du département de la Vendée. La production d'eau potable du parc de Vendée Eau est assurée principalement par 13 barrages à usages multiples : alimentation en eau potable, écrêtement des crues, irrigation et soutien d'étiage. La gestion intégrée, coordonnée et optimisée de ces ouvrages est essentielle pour anticiper et gérer au mieux les épisodes hydrologiques extrêmes, crues et sécheresses, et pour garantir la satisfaction des usages de l'eau. Deux enjeux-clés sont à considérer sur le territoire de Vendée Eau : l'augmentation des besoins en eau et donc du risque de pénurie d'une part, l'augmentation de la fréquence des extrêmes hydrologiques et donc des risques d'inondation d'autre part. Face à ces problématiques, Vendée Eau a mandaté BRLi pour développer un outil de gestion dynamique des réservoirs afin d'optimiser la gestion de ces ouvrages en période normale, et plus spécifiquement en situations de crises, crues et sècheresses. Cet outil, basé sur la solution WIMES de BRLi, a été développé en méthode Agile pour répondre aux besoins de Vendée Eau et porte le nom de PICTO pour « Pilotage Intégré des Crues et des Transferts d'Eau ».

Abstract. Since 1961, Vendée Eau is in charge of supplying drinking water throughout almost the entire Vendée department. Drinking water supply in the Vendée Eau territory is mainly ensured by 13 multi-purpose dams: drinking water supply, flood control, irrigation and low-water support.

* Corresponding author: stephane.delichere@brl.fr

Integrated, coordinated and optimized management of these hydraulics structures is crucial to anticipate and better manage extreme hydrological events, floods and droughts, and to guarantee the satisfaction of water uses. Two key issues must be considered: the increase in water needs and therefore the risk of scarcity, and the increase in the frequency of hydrological extremes and therefore the risk of flooding. Facing these issues, Vendée Eau mandated BRLi to develop a dynamic reservoir management tool in order to optimize the management of these reservoirs in current situation, and more specifically in crisis, flood and drought situations. This tool, based on BRLi's WIMES solution, was developed using the Agile method to meet the needs of Vendée Eau and named PICTO for "Integrated Flood and Water Allocation Management".

1 Introduction

1.1 Contexte et zone d'étude

Depuis 1961, Vendée Eau organise la distribution de l'eau potable via plus de 14 700 km de réseaux de canalisations maillés et interconnectés et près de 90 châteaux d'eau et réservoirs au sol, sur 266 communes vendéennes regroupées en 11 Syndicats Intercommunaux d'Alimentation en Eau Potable (SIAEP).

Le périmètre d'étude correspond au territoire de Vendée Eau qui couvre la quasi-totalité du département la Vendée (hormis les communes de Rocheservière et Saint-Philbert-de-Bouaine), élargi à la partie du département des Deux-Sèvres située sur le bassin versant topographique du complexe de Mervent.

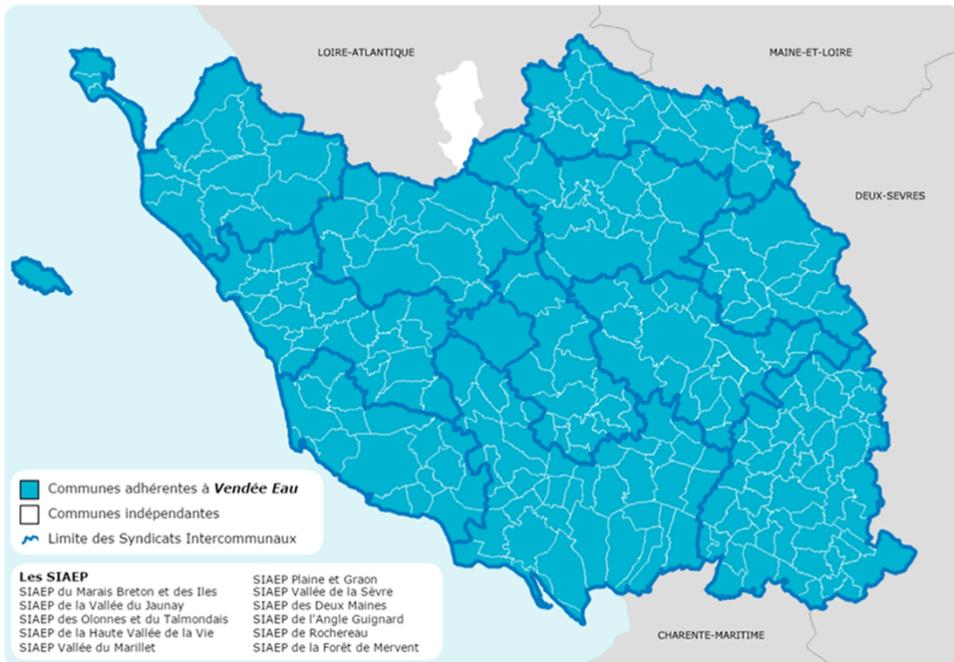


Fig. 1. Territoire de Vendée Eau (source : adapté du site Internet de Vendée Eau).

La production est assurée principalement par 13 barrages à usages multiples : alimentation en eau potable, écrêtement des crues, irrigation et soutien d'étiage.

Tableau 1. Barrages du parc de Vendée Eau (source : Vendée Eau, DREAL des Pays de la Loire).

Barrage	Cours d'eau	Aire du bassin versant (km ²)	Capacité de stockage (10 ⁶ hm ³)	Hauteur d'eau (m)	Année de mise en service
L'Angle-Guignard	Grand Lay	206	1.8	9	1951
La Vouraie	Vouraie	50	5.4	20	1999
Mervent	Vendée	385	8.3	24	1956
Albert	Vendée	185	3	10	1964
Pierre-Brune	Mère	157	3.05	14	1979
Apremont	Vie	275	3.8	8	1964
Sorin-Finfarine	Gué Chatenay	25	1.5	12	1968
Le Graon	Graon	33	3.6	18	1972
Le Jaunay	Jaunay	148	3.7	9	1977
Rochereau	Grand Lay	208	5.1	10	1981
Le Marillet	Marillet	135	7.2	16	1987
La Bultière	Grande Maine	154	5.2	21	1994
Moulin-Papon	Yon	92	4.4	12	1971

1.2 Enjeux et objectifs

Deux enjeux-clés sont à considérés à l'échelle du département de la Vendée : la satisfaction des usages de l'eau dans un contexte d'augmentation des besoins en eau d'une part, et la gestion des événements hydrologiques extrêmes, crues et sécheresses, dans un contexte de changement climatique d'autre part.



Fig. 2. La crue du Lay à Mareuil en février 2014 (crédit photo © Ouest France).



Fig. 3. Le lac de retenue du Jaunay en janvier 2017 (crédit photo © Le Journal du Pays Yonnais).

Face à ces problématiques, la gestion intégrée, coordonnée et optimisée de ces ouvrages est donc essentielle pour la satisfaction des usages de l'eau et pour la protection contre les inondations sur la Vendée.

Pour ce faire, Vendée Eau a mandaté le bureau d'études BRL Ingénierie pour développer un outil de gestion dynamique des retenues utilisées pour l'alimentation en eau potable, afin d'optimiser la gestion des retenues en période normale, et plus spécifiquement en situations de crises - crues et sécheresses – avec pour objectifs de : (i) fiabiliser l'acquisition et l'historisation des données de gestion des ouvrages et de données externes (météorologiques, hydrologiques, etc.), (ii) traiter/analyser/corriger les données acquises et assurer un suivi des éventuelles modifications, (iii) Modéliser les apports aux barrages, (iv) simuler l'état futur des ouvrages selon différentes hypothèses (sur les apports, les prélèvements, etc.) testées par l'utilisateur, (v) en périodes de crues et de sécheresse, faciliter la prise de décision en disposant de scénarios de gestion optimisés des ouvrages, calculés par l'outil, (vi) disposer d'interfaces homme-machine (IHM) de visualisation de l'état passé et présent des ouvrages, (vii) disposer d'IHM propres à des secteurs nécessitant une gestion coordonnée des ouvrages en période de crise, pour faciliter les transferts d'informations entre exploitants et (viii) disposer d'IHM globales sur toute la Vendée permettant de visualiser l'état de tous les ouvrages et leur évolution selon différentes hypothèses, pour faciliter la gestion des ouvrages à l'échelle départementale.

Cet outil a été nommé PICTO pour « Pilotage Intégré des Crues et des Transferts d'Eau ».

2 Solution informatique et méthode de développement

l'application soit modulaire et responsive pour passer facilement d'une utilisation des interfaces homme-machine sur un écran mural à une tablette ou un mobile.

2.2 Méthode de développement Scrum Agile

PICTO a été développé dans un cadre Agile afin de mieux répondre aux attentes de Vendée Eau. Imaginées dans les années 50, ces méthodes ont commencé à émerger dans les années 90. Il s'agit d'un ensemble de pratiques de gestion de projets initialement pensé pour le développement informatique, ayant pour objectif unique la satisfaction client. Pour cela, un dialogue constant avec le client est mis en place afin de réaliser un logiciel entièrement fonctionnel.

L'agilité repose sur trois grands principes : (i) la transparence qui consiste à rendre visible ce que l'on a fait, ce qu'il reste à faire, mais aussi les difficultés rencontrées ; (ii) le feedback qui consiste à impliquer tous les membres de l'équipe et le client chacun étant sur ses missions le plus à même de faire remonter les points bloquants tout comme les leviers de progression ; (iii) enfin, l'amélioration continue qui s'inscrit dans une démarche qualité pour tendre, en permanence, vers un produit fini fonctionnel.

La méthode Agile Scrum a été utilisée par l'équipe informatique pour le développement de PICTO. Cette méthode propose une organisation de développement de produits complexes, qui permet de répondre à des problèmes changeants, de livrer du code de manière productive et créative avec à chaque fois la plus grande valeur possible, en plusieurs cycles de travail relativement courts appelés « sprints » de deux semaines afin d'évaluer régulièrement les progrès liés au projet, de planifier les prochaines étapes de la réalisation de ce projet et surtout de réajuster ou réorienter la direction prise par le projet si besoin est ce qui permet une gestion flexible et adaptative du projet.

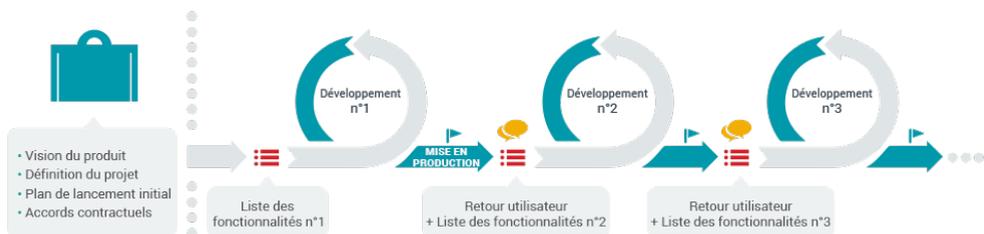


Fig. 5. Diagramme Scrum-Agile (source : Bubble Plan).

3 Présentation de l'outil opérationnel développé

3.1 Données d'entrée en temps réel

Les données d'entrée en temps réel qui alimentent l'outil opérationnel PICTO sont principalement les suivantes :

- Les chroniques de hauteur d'eau du plan des retenues et des débits sortants des 13 retenues récupérées via un superviseur TopKapi qui permet de remonter les données des SOFREL « esclaves » de Vendée Eau qui doublonnent les SOFREL « maîtres » des exploitants (SAUR, VEOLIA et SUEZ) par mesure de sécurité ;

- Les chroniques de hauteurs d'eau et de débits de 17 stations hydrométriques des DREAL et SPC situées sur le territoire de la Vendée via l'API de la plateforme nationale Open Data Hubeau mis en place par le BRGM ;
- Les chroniques de hauteurs d'eau de 5 écluses (Boisse, Boule d'Or et Gouffre sur la Vendée, Moricq et Braud sur le Lay) sous la maîtrise d'ouvrages des syndicats des marais ;
- Les chroniques des hauteurs marégraphiques et des coefficients de marée des 3 marégraphes du SHOM (La Rochelle-La Pallice, Les Sables d'Olonne et St-Gilles-Croix-de-Vie) ;
- Les grilles spatialisées d'observations et de prévisions de pluies Météo France (produits ANTILOPE, SYMPO et CEP).

Le modèle de données de PICTO a été conçu de telle manière à agréger l'ensemble de ces séries chronologiques en temps réel.

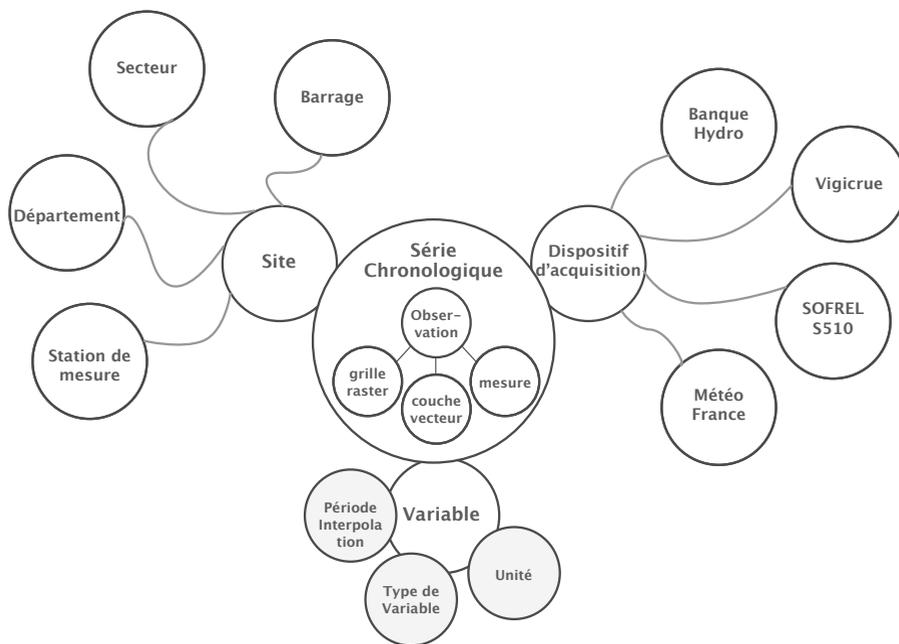


Fig. 6. Classes dérivées d'objet à partir du modèle de données de PICTO (source : BRLi).

PICTO dispose d'un module de correction et validation des données qui permet de gérer les modifications et les corrections des données dans la base de données et d'assurer la traçabilité des opérations effectuées.

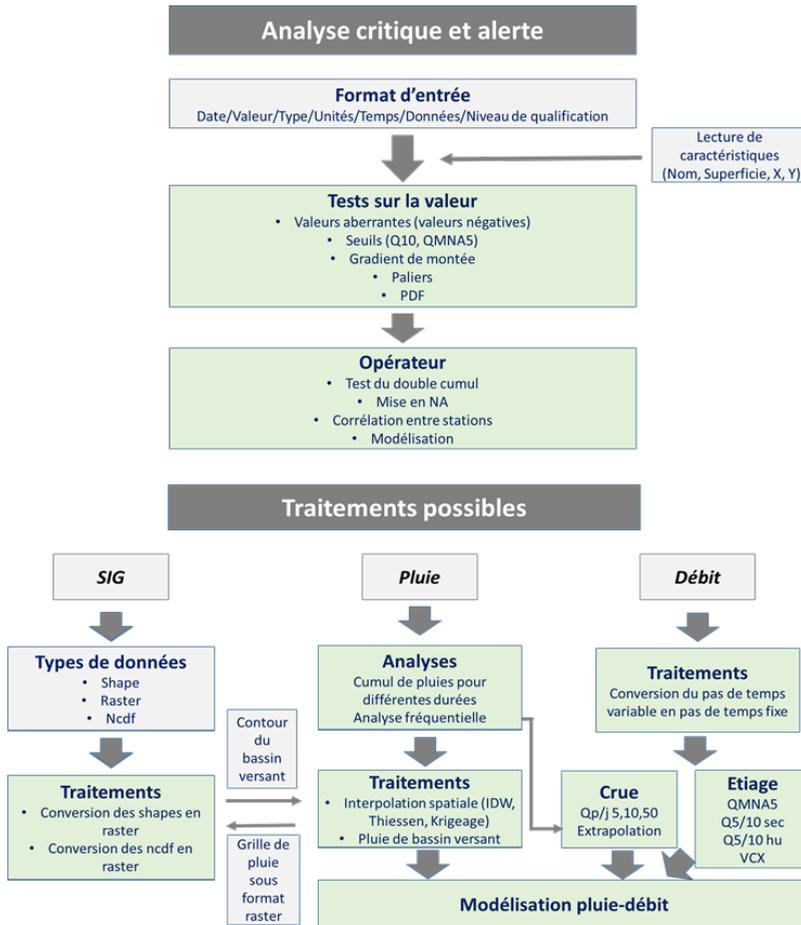


Fig. 7. Chaîne de traitement créée avec la boîte à outils R de PICTO (source : BRLi).

3.2 Interfaces hommes-machines développées

L'outil opérationnel PICTO comporte plusieurs interfaces hommes-machines (IHM) :

- IHM de connexion permettant un accès sécurisé par utilisateur,
- IHM vue générale qui propose un synoptique de mesure,
- IHM de correction et validation des données,
- IHM d'export des données au format .csv et Excel,
- IHM météo avec la visualisation des grilles de pluies observées et prévues Météo France, ainsi que le calcul des antécédents et des prévisions de pluie à 9 jours,
- IHM apports avec les apports aux barrages calculés par utilisation de l'équation bilan de la retenue, par modélisation hydrologique GR et par modèle autorégressif à moyenne mobile ARMA (utilisation en mode dégradé),
- IHM crue qui permet de simuler des scénarios de restitutions différents prenant en compte les consignes de gestion des retenues et les seuils d'alerte sur les débits en amont et en aval, avec une optimisation à un horizon de 3 jours.

Les IHM présentées ci-après ont été conçues fonctionnellement et ergonomiquement en collaboration étroite avec Vendée Eau.

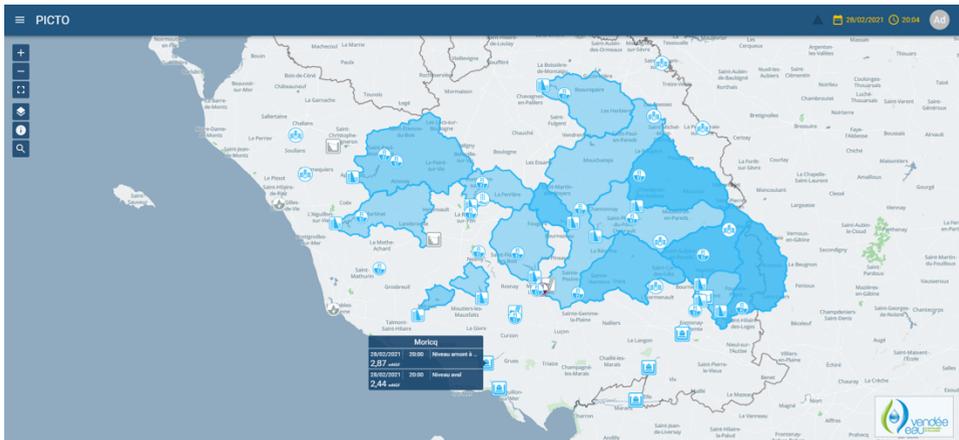


Fig. 8. Capture d’écran de l’IHM vue générale de PICTO (source : BRLi).

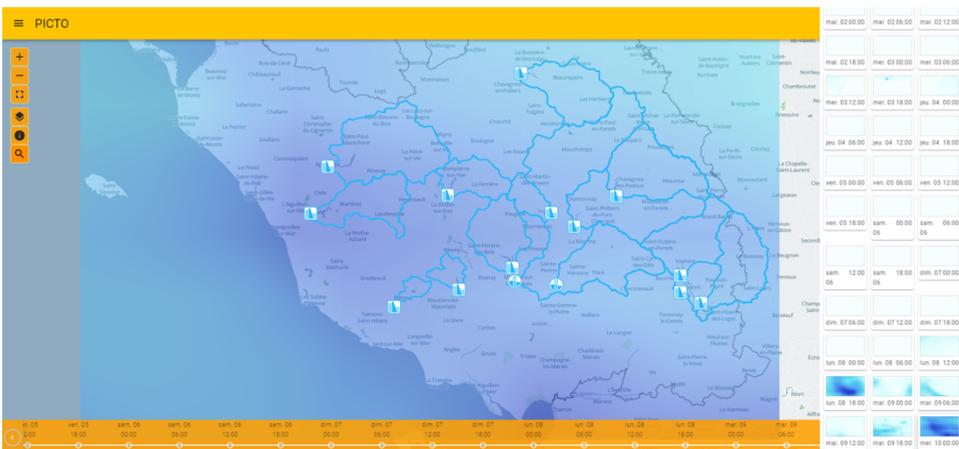


Fig. 9. Capture d’écran de l’IHM météo de PICTO (source : BRLi).

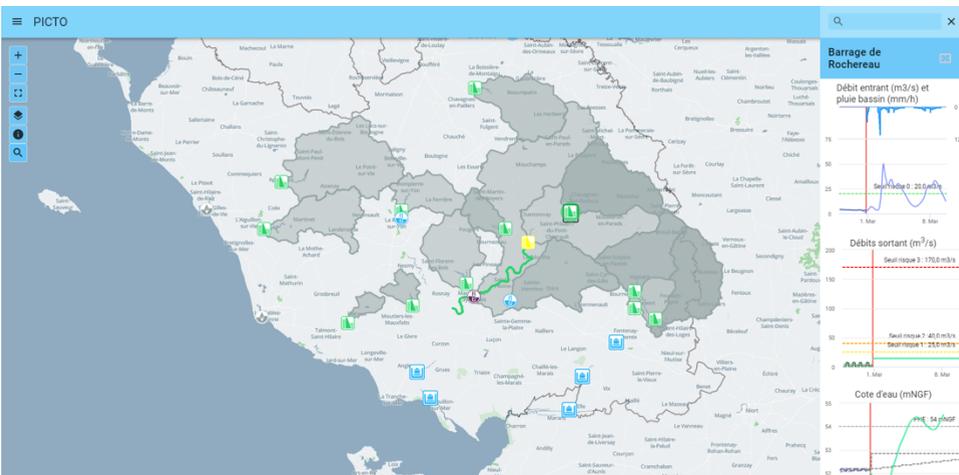


Fig. 10. Capture d’écran de l’IHM apports de PICTO (source : BRLi).

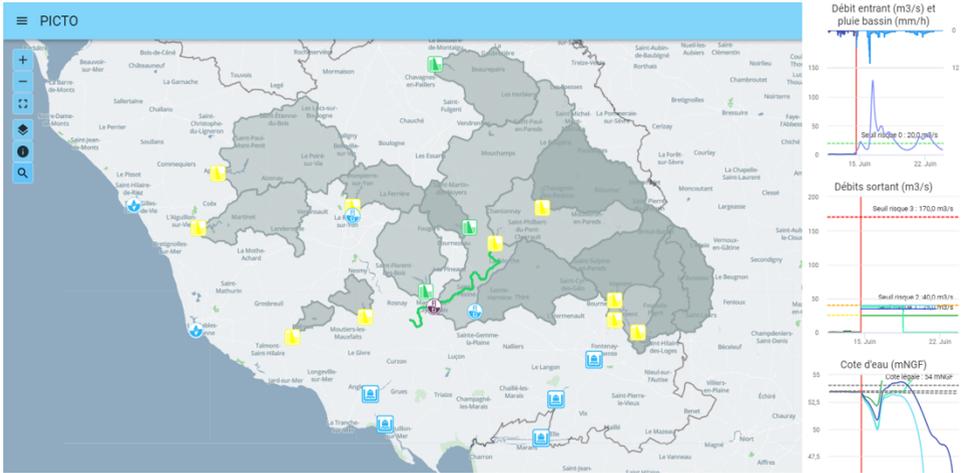


Fig. 11. Capture d’écran de l’IHM crue de PICTO (source : BRLi).

Il est important de noter que ces IHM ne sont pas tous accessibles à l’ensemble des utilisateurs finaux car ils ont des profils et donc des rôles différents selon leur organisme d’appartenance : Vendée Eau, exploitants ou services de l’État.

	Vendée Eau	Exploitants	Services de l’Etat
Gestion des droits	Modification		
Gestion des données			
Vue générale	Consultation		
Météo			
Apports			
Crue	Modification		Consultation
Retex	Modification	Consultation	
Reporting			

Fig. 12. Profils utilisateurs de PICTO et rôles associés (source : BRLi).

3.3 Premiers retours d’expérience : résultats et limitations

L’outil PICTO a pu être testé sur plusieurs cas d’application concrets. Pour exemple, le graphique ci-après permet d’illustrer l’impact de la gestion coordonnée des barrages de Rochereau, Angle-Guignard et Vouraié sur la hauteur d’eau du Lay au niveau du pont de la RD746 à Mareuil-sur-Lay pour la crue du 3 novembre 2019.



Fig. 13. Profils utilisateurs de PICTO et rôles associés (source : BRLi).

Les simulations des scénarios optimisés de restitution effectuées montrent un abaissement de la ligne d'eau de plus de 70 cm et un retardement de plus de 6 heures du premier pic de crue. Ces premiers cas d'application montrent l'intérêt opérationnel de l'outil de gestion dynamique des retenues PICTO.

Ceci étant, plusieurs limitations sont à prendre en compte pour l'utilisation actuelle de l'outil et des possibles améliorations à l'avenir, à savoir que : (i) en l'état actuel, l'équation bilan de retenue pour le calcul des apports aux barrages est uniquement utilisée à titre indicatif car il n'y a pas de mesure en temps du débit sortant total pour la plupart des barrages (seul le débit sortant contrôlé est mesuré, le débit déversé ne l'est pas), la mise en place de stations hydrométriques en aval des retenues permettrait d'apporter cette information ; et (ii) sur les évènements de fin 2019 et début 2020, les prévisions de pluie à 3 jours ont été significativement supérieures aux observations, ce qui a conduit à une surestimation forte des débits : un travail d'affinage des incertitudes sur les prévisions de pluie est en cours en lien avec Météo France.

4 Conclusions et perspectives

L'outil de gestion dynamique des retenues destinées à l'alimentation en eau potable sur le territoire de la Vendée basé sur la solution WIMES de BRLi, a été développé en méthode Agile pour répondre aux besoins de Vendée Eau et porte le nom de PICTO pour « Pilotage Intégré des Crues et des Transferts d'Eau ».

Le premier volet de cet outil d'aide à la décision qui concerne la gestion coordonnée des barrages en période de crue est opérationnel. Le second volet qui porte sur l'optimisation des transferts d'eau via le réseau d'adduction maillé est en cours de développement.

Références

1. L. Coron, G. Thirel, O. Delaigue, C. Perrin, V. Andréassian, The Suite of Lumped GR Hydrological Models in an R Package, *Environmental Modelling and Software*, **94**, 166–171 (2017)

2. L. Coron, O. Delaigue, G. Thirel, C. Perrin, C. Michel, airGR: Suite of GR Hydrological Models for Precipitation-Runoff Modelling. R package version X.X.X.X
3. C. Perrin, C. Michel, V. Andréassian, Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation, *Journal of Hydrology* 279, 275–289 (2003)
4. J. E. Nash, J. V. Sutcliffe, River flow forecasting through conceptual models, Part ia discussion of principles, *Journal of hydrology*, **10(3)**, 282–290 (1970)
5. T. Mathevet, C. Michel, V. Andréassian, C. Perrin, C, A bounded version of the Nash-Sutcliffe criterion for better model assessment on large sets of basins. IAHS-AISH Publication. **307**, 211-219 (2006)