

UN OUTIL DE PILOTAGE DES PRÉVISIONS EXPERTISÉES POUR LE PRÉVISIONNISTE DE CRUES

A management tool for expert flood forecasts

Auteurs : OLLIVIER Dominique^{1*}, HAFKAMP Axèl²

¹²DREAL Nouvelle Aquitaine, cité administrative, rue Jules Ferry, BP55 33090 Bordeaux
Cedex, France

¹e-mail: dominique.ollivier@developpement-durable.gouv.fr

Résumé : Cet article présente une solution géomatique pour le pilotage des prévisions graphiques expertisées. Ce travail a été réalisé pour le service de prévision des crues Gironde Adour Dordogne, avant de susciter l'intérêt d'autres services homologues. La solution proposée est constituée de processus dynamiques interrogeant une base de données spatiale, où sont capitalisées les informations de prévision utiles en gestion de crise. Les prévisionnistes bénéficient de nouveaux services automatiques, matérialisés par des tableaux de bord complétés par une cartographie dynamique. En exploitant l'interopérabilité des outils existants, la solution proposée s'intègre à la chaîne opérationnelle de prévision pour augmenter les fonctionnalités des outils nationaux, sans pour autant les impacter. Dans le prolongement de la supervision des prévisions en temps réel, des services automatiques d'évaluation sont aussi fournis par une application cliente de la base de données, facilitant ainsi les retours d'expérience. Cet article a pour ambition d'illustrer l'apport de la géomatique, lorsqu'elle est déclinée au plus près des métiers : la robustesse et la performance de ses solutions sont ici particulièrement adaptées à la gestion de crise.

Mots-clefs : géomatique, système d'information, base de données, webmapping, interopérabilité, prévision des crues

Abstract : This article presents a geomatic solution for the control of expert graphical forecasts. This work was carried out for the Gironde Adour Dordogne flood forecasting service, before attracting interest from other counterpart services. The proposed solution consists of dynamic processes interrogating a spatial database, where useful forecasting information in crisis management are capitalized. Forecasters benefit from new automatic services, materialized by dashboards complemented by dynamic mapping. By exploiting the interoperability of existing tools, the proposed solution integrates with the forecasting operational chain to increase the functionality of national tools, without impacting them. As an extension of the monitoring of real-time forecasts, automatic evaluation services are also provided by a client application, thus facilitating feedback. This article aims to illustrate the contributions of geomatics, when it is deployed as closely as possible to the business lines: the robustness and performance of its solutions are here particularly suitable for crisis management.

Keywords: geomatics, information system, database, webmapping, interoperability, flood forecasts

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Le Service de Prévision des Crues Gironde – Adour – Dordogne (SPC GAD) assure une mission de vigilance et de prévision des crues sur l’ensemble de ses tronçons réglementaires. Cette mission se matérialise par la publication sur Vigicrues [11], à minima biquotidienne et pour chaque tronçon, d’un niveau de risque de crues (vert, jaune, orange ou rouge) sur les prochaines 24h.

Au-delà du risque de premiers débordements, traduit par la vigilance jaune, des prévisions expertisées sont aussi produites aux stations réglementaires et affichées sur Vigicrues, sous forme textuelle dans le bulletin ou graphiquement (fig. 1) sur les stations sous influence maritime.

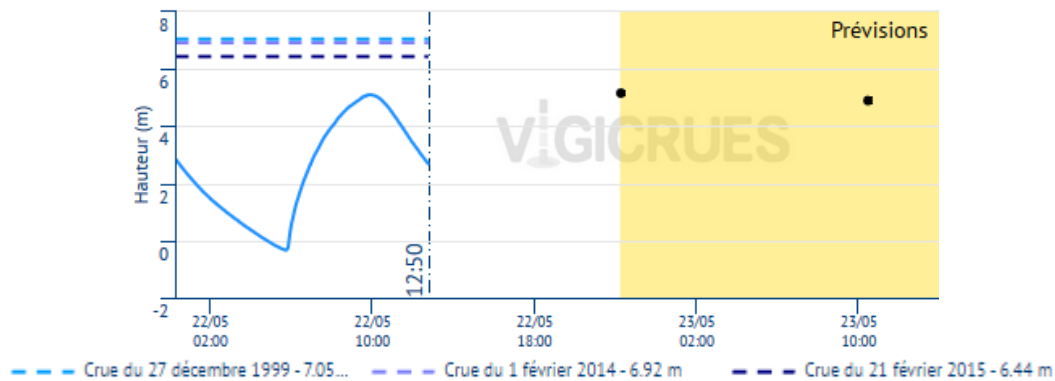


Figure 1: Vigicrues - prévisions graphiques de marées hautes à la station de Bordeaux

Les prévisionnistes du SPC GAD élaborent leurs prévisions graphiques grâce à l’outil national d’Expertise Assistée par Ordinateur (EAO).

Sur chacune des stations réglementaires, le prévisionniste confronte les différents scénarii produits par les modèles puis construit une série de points de prévision, constitués chacun de trois tendances : basse, centrale et haute (fig. 2). Chaque série expertisée est enfin commentée avant d’être publiée sur Vigicrues.

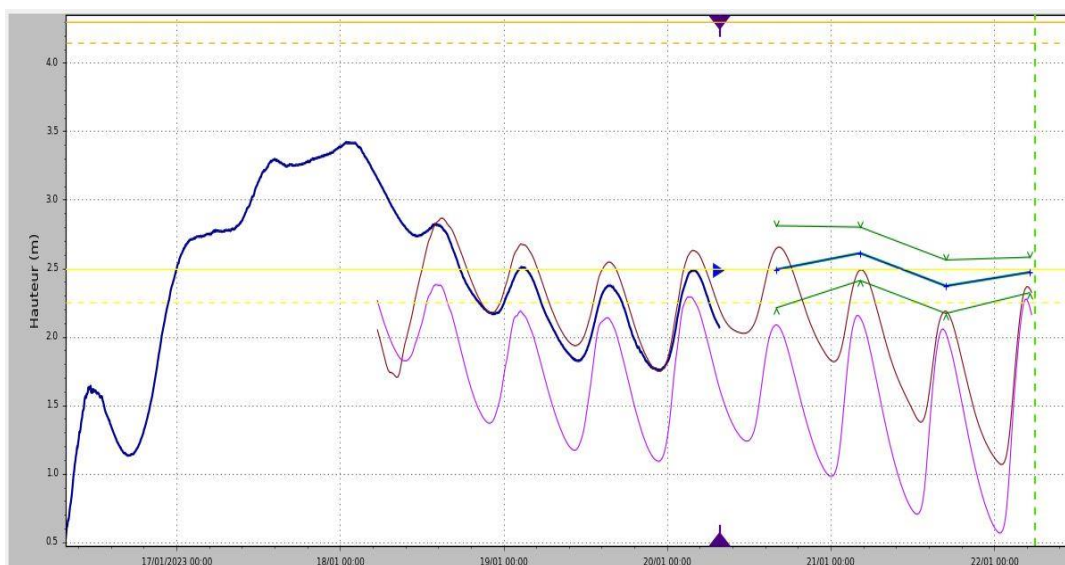


Figure 2 : prévisions graphiques expertisées de marées hautes (en bleu et vert) à la station de Bayonne [Pont-blanc], confrontées aux résultats des modèles bruts continus Mascaret (en violet) et Télémac (en marron) sur l'outil EAO

En parallèle, le prévisionniste surveille en temps réel la situation hydrométéorologique sur le superviseur national (fig. 3).

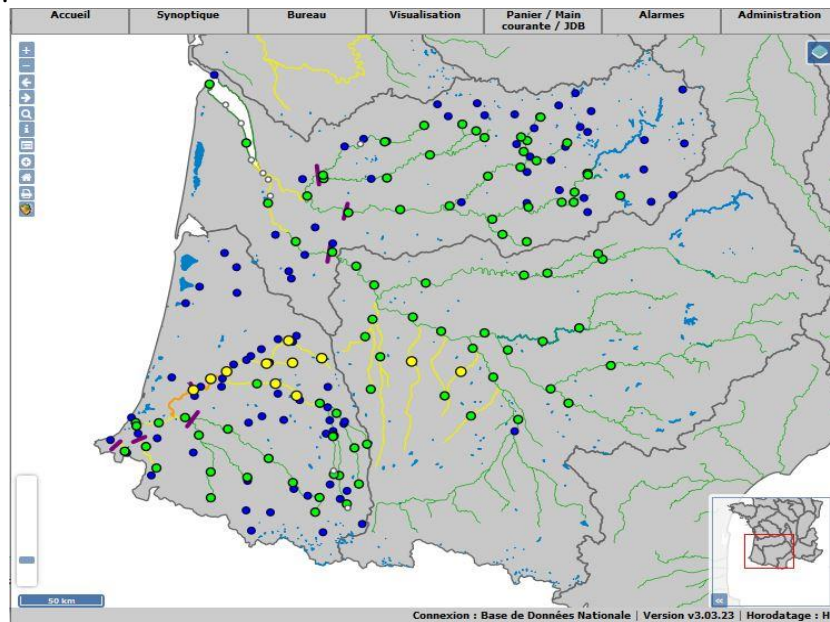


Figure 3: carte du superviseur national

Sur la carte dynamique du superviseur national, se colorent en temps réel, d’une part, les tronçons réglementaires selon l’évolution des niveaux de vigilance de la carte Vigicrues (vert, jaune, orange ou rouge) et d’autre part, les stations réglementaires selon les franchissements de niveaux de vigilance des hauteurs d’eau collectées.

Dans l’optique de généralisation de la publication graphique à toutes les stations, une réflexion dans le service a mis en évidence le besoin d’un moyen de pilotage des prévisions publiées ou simplement expertisées, en particulier lors de situations de crues généralisées. En effet, les horizons de publication résultant des expertises peuvent varier dans le temps et selon les stations, ce qui induit des fréquences d’actualisation diverses entre deux bulletins. À cela s’ajoute, à des fins de mise à jour, la nécessité d’une détection en temps réel des écarts éventuels entre observations et prévisions. Enfin, en complément du pilotage en temps réel des prévisions publiées, a aussi émergé le besoin d’analyse des expertises lors des retours d’expérience.

Cet article présente la construction de ce nouvel outil de suivi et d’analyse intégré à la chaîne opérationnelle. Son périmètre concerne :

- les prévisions de hauteurs d’eau expertisées voire publiées sur Vigicrues ;
- le fonctionnement temps réel, considérant les prévisions déjà produites, en particulier celles s’écartant des observations, et les prévisions restant à produire (premières publications et actualisations en cours d’événement) ;
- les informations ayant permis de construire l’expertise : modèles et leurs paramètres d’entrées, commentaires décrivant la méthode d’expertise retenue ;
- l’envoi de mails aux services départementaux de gestion de crise après publication ;
- l’évaluation des prévisions concrétisée par le calcul d’indicateurs de qualité.

Ce nouvel outil doit aussi bien évidemment disposer des qualités nécessaires à son utilisation pour la gestion de crise : performance, disponibilité, robustesse, fiabilité et ergonomie.

2. TRAVAUX MIS EN ŒUVRE

La solution technique retenue exploite différents champs de la géomatique, au sens retenu par Marcel Bergeron [1] comme « discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale par l’intégration des sciences et technologies liées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion ». Le travail repose sur la conception d’une base de données relationnelle avec extension spatiale sur laquelle s’interface un site web ainsi qu’une carte dynamique. Ces deux derniers éléments traitent en continu les données en base pour fournir au prévisionniste une information en temps réel. Pour les retours d’expérience, une autre application client de la base permet la fourniture d’indicateurs qualité.

Au cœur de ce nouvel outil, est conçue une nouvelle structure de données (fig. 4) matérialisée par une base PostgreSQL [8] avec extension spatiale PostGIS [7]. La base de données est alimentée par des scripts en langage Python [9], puisant en permanence dans :

- les fichiers de sortie d’EAO contenant les prévisions expertisées et leurs métadonnées ;
- les fichiers de modèles disponibles au moment de l’expertise avec leurs données d’entrée ;
- les flux Vigicrues référençant en temps réel les couleurs de vigilance des tronçons ;
- les webservices fournissant les hauteurs d’eau observées correspondant aux prévisions.

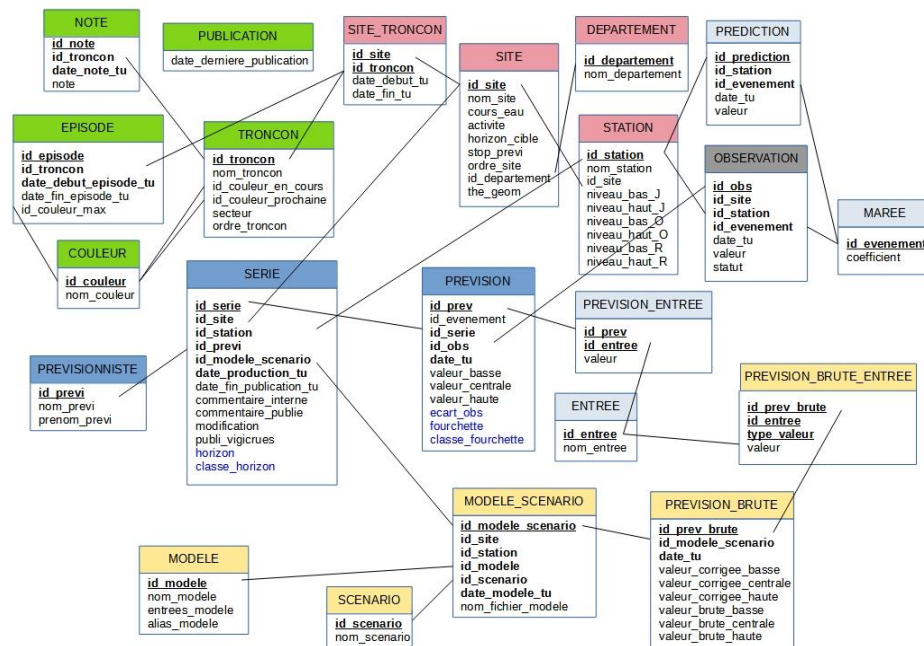


Figure 4: modèle conceptuel de données de la base de données de prévisions expertisées du SPC GAD

La base de données se compose de 22 tables regroupées en 5 thèmes sur la figure 4:

- les tronçons de vigilance et leurs épisodes de crues associés (tables en vert) ;
- les stations, rattachées à leurs sites, eux-mêmes rattachés aux tronçons (tables en violet) ;
- les séries de prévisions expertisées aux stations par les prévisionnistes (tables en bleu foncé) ;
- les prévisions brutes des modèles utilisés et leurs données d’entrée (tables en saumon) ;
- les données d’entrée spécifiques aux prévisions de marées hautes (tables en bleu ciel).

En parallèle de l’alimentation de la base, un script programmé aussi en Python interroge les données en permanence pour envoyer un mail d’information aux services départementaux de gestion de crise concernés par une nouvelle publication.

2.1 Le pilotage temps réel des prévisions

Tableau de bord de pilotage des prévisions expertisées

Un site web dynamique, programmé en PHP [6], exploite les informations de la base de données précitée via des requêtes SQL [10]. Ce tableau de pilotage des expertises (fig. 5) présente en temps réel les couleurs de vigilance actuelles et choisies sur les tronçons pour le prochain bulletin.

Il propose aussi, pour chacune des stations :

- un indicateur d’absence de prévisions publiées (encadré violet) si le tronçon correspondant est de couleur jaune ou plus (pour la vigilance publiée ou celle à venir) ;
- un indicateur d’écart de l’observation dernièrement collectée en dehors de la fourchette de prévisions publiée (encadré rouge) ;
- un indicateur d’horizon restant sur les prévisions encore publiées, par pas de 6h ;
- l’âge des prévisions publiées depuis leur instant de production (en rouge au-delà de 12h) ;
- la prévision médiane maximale publiée, ou simplement expertisée et sa fourchette d’incertitude ;
- les métadonnées associées à la série de prévisions expertisée (modèle et scénario source, commentaire interne du prévisionniste décrivant sa méthode d’expertise).

TABLEAU DE BORD DES PRÉVISIONS EXPERTISÉES									
ADOUR									
Station	Indicateurs			Max prévisions publiées			Max prévisions expertisées		
	Age	6h - 12h - 18h		Date	Basse - Centrale - Haute		Date	Basse - Centrale - Haute	
<input checked="" type="checkbox"/> Publiée	<input type="button" value="A venir"/>	<input type="button" value="Saison"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
<input checked="" type="checkbox"/> Liq-Athérey									
<input checked="" type="checkbox"/> Mauléon-Licharre									
<input checked="" type="checkbox"/> Publiée	<input type="button" value="A venir"/>	<input type="button" value="Bec du Gave"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
<input checked="" type="checkbox"/> Peyrehorade	+24h			21-01 05:20	2.41 2.61 2.8			Tableur Adour maritime	standard
<input checked="" type="checkbox"/> Saint-Laurent-de-Gosse [Urt]	+24h			21-01 04:50	4.48 4.64 4.82			Tableur Adour maritime	standard
<input checked="" type="checkbox"/> Publiée	<input type="button" value="A venir"/>	<input type="button" value="Nive"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
<input checked="" type="checkbox"/> Ossès	4 h			21-01 11:00	4.28 4.38 4.51			GRP Adour	RR3
<input checked="" type="checkbox"/> Cambo-les-Bains	4 h			21-01 17:00	4.18 4.39 4.54			GRP Adour	RR3
<input checked="" type="checkbox"/> Publiée	<input type="button" value="A venir"/>	<input type="button" value="Confluence Adour - Nive"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
<input checked="" type="checkbox"/> Bayonne [Pont Blanc]	23 h			21-01 04:13	4.55 4.6 4.7			Tableur Adour maritime	standard
<input checked="" type="checkbox"/> Bayonne [Lesseps]	23 h			21-01 04:05	4.5 4.57 4.63			Tableur Adour maritime	standard
<input checked="" type="checkbox"/> Publiée	<input type="button" value="A venir"/>	<input type="button" value="Nivelle"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
<input checked="" type="checkbox"/> Saint-Pée-sur-Nivelle [Cherhebruit]	3 h			20-01 21:00	0.9 1.49 2.56			EAO	non défini

Figure 5: Tableau de bord des prévisions expertisées sur le secteur de l'Adour

Malgré la mise en évidence d’une absence de prévisions (encadré violet) sur une station où le tronçon est en jaune ou plus, le prévisionniste peut désactiver l’indicateur concerné (on/off) s’il juge qu’aucun risque de crue n’est prévu à cet endroit, et ce, jusqu’à la fin de l’épisode (indicateur grisé).

En dehors de ces manipulations, a aussi été donnée la possibilité au prévisionniste de renseigner des notes au niveau des tronçons, l’icône associée devenant rouge pour des notes datant de moins de 12h. Cette fonctionnalité permet d’ajouter éventuellement des informations utiles pour les passages de relais en astreinte, sans devoir produire une nouvelle série de prévisions commentée.

La supervision des prévisions via le tableau de bord est finalisée par des liens, portés sur chaque nom de station, vers le graphique correspondant du superviseur national (fig. 6). Ce graphique (dont la forme préexiste aux travaux décrits dans l'article) présente les observations et la dernière série de prévisions expertisée sur la station.

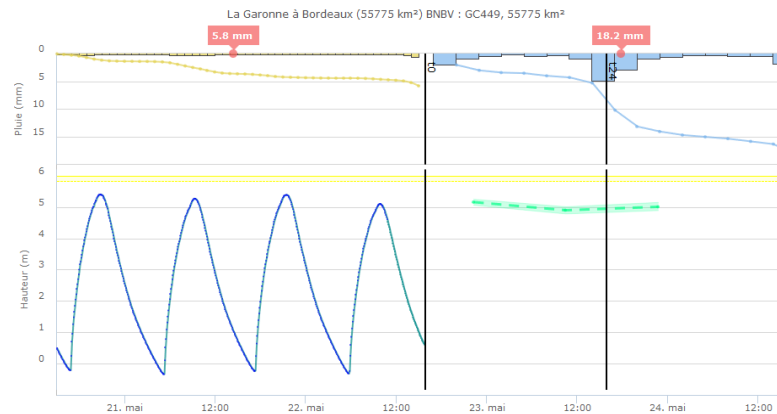


Figure 6: graphique du Superviseur national présentant des prévisions expertisées de marées hautes à Bordeaux

En pratique, pour une navigation plus rapide et plus aisée, deux versions du tableau de bord sont proposées pour couvrir le territoire surveillé du SPC GAD : l'une sur les tronçons du secteur Adour et l'autre sur ceux du secteur Dordogne-Gironde. Cette organisation est aussi celle qui encadre la production des bulletins de vigilance au quotidien, puisque deux bulletins (Adour et Dordogne-Gironde) sont en réalité produits systématiquement.

Cartographie dynamique de suivi en temps réel des prévisions publiées

En complément des deux versions du tableau de bord, une vue cartographique dynamique (fig. 7) met en évidence, de façon plus synthétique, les indicateurs d'absence de prévisions publiées, d'écart aux observations ainsi que les indicateurs de classes d'horizon précédemment décrits.

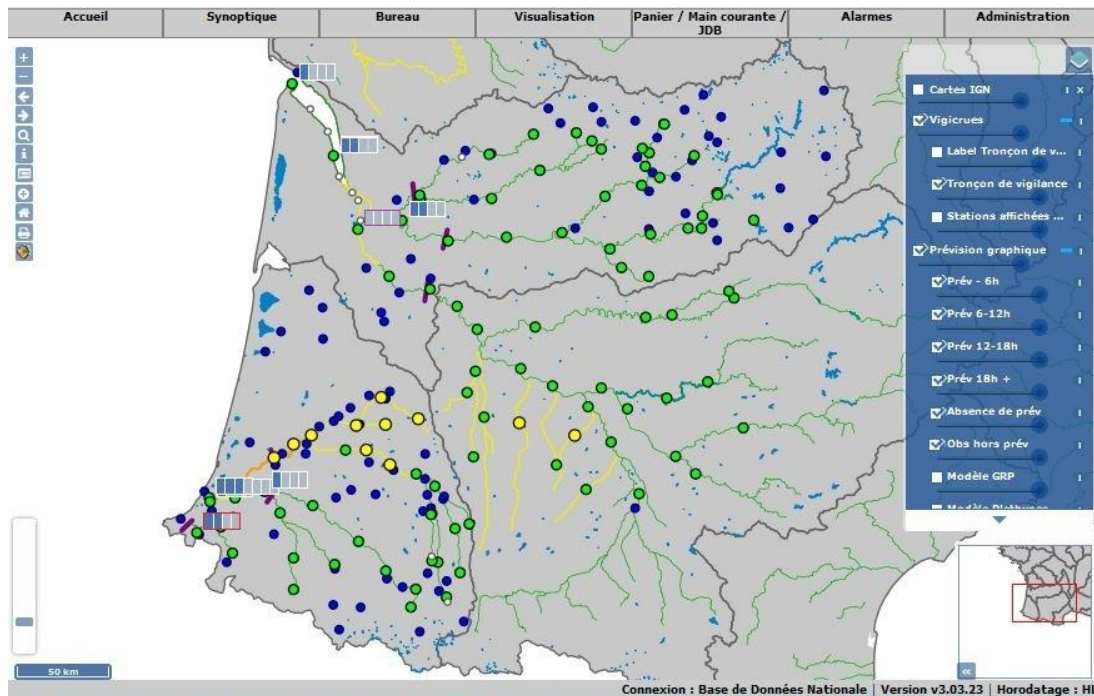


Figure 7: cartographie dynamique du pilotage des prévisions, intégrée au superviseur

Le superviseur national, dont la carte web est générée à partir du logiciel Mapserver [4], autorise l’ajout de nouvelles couches par le biais d’un fichier Mapfile dédié. Grâce à la géométrie des sites intégrée à la base de données spatiale, on ajoute au superviseur cinq nouvelles couches dynamiques, basées sur des requêtes SQL similaires à celles des tableaux de bord, agrémentées de symbologies associées.

L’interopérabilité entre les logiciels Mapserver et PostGIS permet ici l’économie d’un nouvel outil pour le prévisionniste. Aussi, tout comme la technologie web précédente (PostgreSQL, PHP), le recours au webmapping fournit un accès sans installation sur tout poste de travail.

En résumé, tableaux de bord et couches dynamiques ajoutées au superviseur national constituent le nouvel outil de pilotage en temps réel des prévisions graphiques. D’une part, leur caractère dynamique assure une haute disponibilité de l’information et des manipulations réduites au maximum pour le prévisionniste. D’autre part, le contenu des informations et, en particulier les indicateurs évoqués, permettent une analyse rapide et synthétique de l’état des prévisions.

2.2 L’évaluation des prévisions

Pour faciliter les retours d’expérience sur les crues passées, l’analyse de la qualité des prévisions collectées dans la base est prédéfinie par des projets créés dans l’application client Power BI [5] de Microsoft. Plus précisément, après connexion à la base PostgreSQL, deux maquettes graphiques sont construites sur cet outil de data-visualisation : l’une portant sur l’ensemble des prévisions de la base et l’autre sur une période que l’utilisateur est libre de définir. En pratique, la fourniture à la demande de statistiques graphiques se décline alors en 4 indicateurs différents:

- un indicateur de quantité (nombres de séries de prévisions et de points de prévision) ;
- un indicateur de précision (écart quadratique moyen entre observations et prévisions) (fig.8) ;
- un indicateur de fiabilité (pourcentage d’observations dans les fourchettes de prévisions) (fig.9) ;
- un indicateur d’anticipation (nombre de séries de prévisions par classes d’horizons).

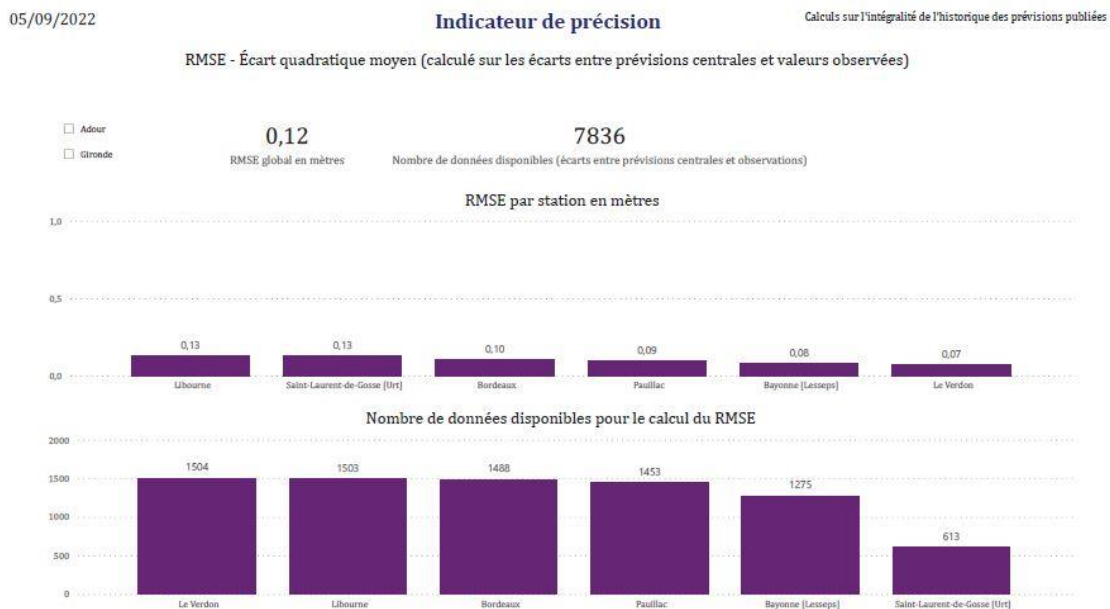


Figure 8: exemple de graphique représentant l'indicateur de précision

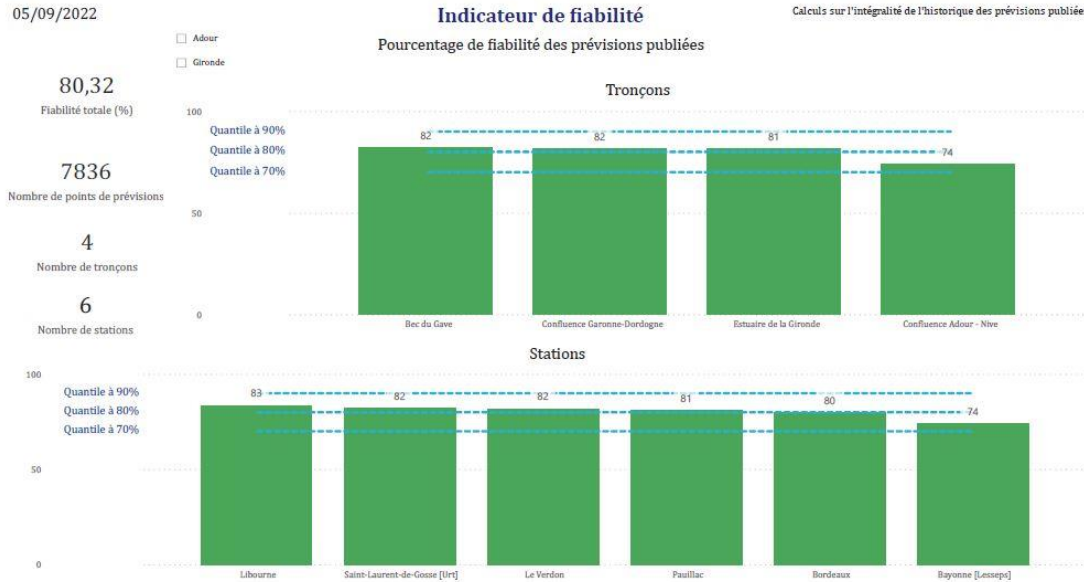


Figure 9: exemple de graphique représentant l'indicateur de fiabilité

3. PROLONGEMENTS

Atouts et prolongements de la solution proposée

La souplesse d'utilisation des logiciels Open Source que sont PostgreSQL/PostGis, Mapserver ou PHP permet ainsi de répondre, non seulement aux besoins de supervision en temps réel, mais aussi aux besoins d'analyse en temps différé. Au cœur de la solution proposée, le système de gestion de base de données assure la disponibilité et la fiabilité de l'information, tandis que l'interopérabilité des autres applications vient proposer des services efficaces et conviviaux (visualisation rapide et synthétique) sous des formes variées (tableaux de synthèse, cartographie, graphiques). Enfin, le format web des nouveaux services proposés en facilite l'accès et l'utilisation, dans des situations variées (expertises de prévision, passages de relais, transmission d'information au cadre d'astreinte, retours d'expérience ...).

En résumé, l'apport de la géomatique dans la problématique traitée réside avant tout dans l'automatisation poussée de services supplémentaires, sans pour autant recréer l'existant, pour un gain de temps et d'efficacité dans l'exercice de la gestion de crise. Cette démarche va dans le sens de Thierry Joliveau [3] pour qui : « La géomatique est, en fait, la constitution progressive d'un champ de pratiques et de savoirs à partir de la prise de conscience progressive que des formes distinctes d'information convergent vers une structure numérique commune. Plus la numérisation des technologies de l'information à référence spatiale avance, plus aisée devient la connexion entre les différentes applications et métiers liés à cette information ».

À l'avenir, le système proposé gagnera ainsi encore à s'enrichir de nouvelles données, de nouvelles analyses ou de nouvelles fonctionnalités.

Par exemple, sur les tableaux de bord et la cartographie dynamique, il peut être utile d’ajouter un indicateur de contrôle de cohérence entre couleur de vigilance des prévisions et couleur du tronçon associé. On pourra aussi affiner l’indicateur d’écart des observations aux fourchettes de prévisions en distinguant celles qui surévaluent le phénomène de celles qui le sous-évaluent.

Par ailleurs, pour un accès facile et durable au contenu d’expertises anciennes, il peut être intéressant de développer une version des tableaux de bord en temps différé. Cette nouvelle fonctionnalité se nourrira aisément des données capitalisées dans la base de données.

Les possibilités de nouvelles fonctionnalités ou analyses sont aussi nombreuses en data-visualisation, puisqu’il est possible de composer de nouveaux projets ou de nouveaux types de graphiques, que ce soit avec l’application cliente retenue précédemment ou avec un autre logiciel de design de données connecté à notre base.

Enfin, des prolongements plus étendus peuvent aussi être envisagés, basés sur l’extension de la base de prévisions ou même son croisement avec d’autres bases de données thématiques (jaugeages, zones d’inondation potentielles ...), toujours grâce à l’interopérabilité des systèmes.

Avenir et partage du travail réalisé

La solution décrite dans cet article a pour ambition de compléter temporairement les services de la chaîne opérationnelle du Service de prévision des crues Gironde Adour Dordogne. Cette proposition intéresse aussi d’autres services de prévision des crues, dans l’attente d’une évolution des outils nationaux. En effet, cette dernière garantira un service de suivi des prévisions expertisées plus pérenne, dans la mesure où le système présenté ici doit s’accompagner d’une maintenance particulière, mobilisant des compétences en géomatique, pour conserver sa robustesse.

Au-delà des réalisations intégrées à la chaîne opérationnelle du Service de Prévision des Crues Gironde Adour Dordogne, ce travail vient aussi enrichir la réflexion dans la définition actuelle des évolutions du superviseur national puisque le groupe de travail national dédié y fait référence.

Pour terminer, il est important de préciser que l’expérience décrite dans cet article s’est construite au plus près des prévisionnistes et des personnes en charge du bon fonctionnement de la chaîne opérationnelle dans le service de prévision. Ce travail a bénéficié d’échanges nombreux avec les destinataires de ces nouveaux services, depuis le recueil des besoins jusqu’à la mise en opérationnelle. Sans cette proximité avec les métiers et leur compréhension, la géomatique ne saurait offrir un service adapté et efficace. Il reste d’ailleurs encore à mettre ces nouveaux services à l’épreuve de multiples événements de crues, pour consolider le système mis en place et l’ajuster si nécessaire.

Si nous espérons avoir pu illustrer, à travers cette expérience, les bénéfices que peut apporter la géomatique appliquée à l’hydrologie et à la gestion crise, nous rejoignons toujours le questionnement, encore d’actualité, de Jean-Paul Bord [2] : « Comment développer la culture nécessaire à un bon usage des outils techniques au service de l’Homme ? »

4. RÉFÉRENCES

- [1] Bergeron M., 1992. *Vocabulaire de la géomatique*. Cahiers de l’Office de la langue française, Les publications du Québec.
- [2] Bord J.P, 2010. Introduction à la Rencontre « Formation-recherche-entreprise en Languedoc-Roussillon » le 13 janvier 2010
- [3] Joliveau T., 2004. *Géomatique et gestion environnementale du territoire. Recherches sur un usage géographique des SIG*, Mémoire d’Habilitation à Diriger des Recherches.
- [4] Mapserver, OSGeo foundation, <https://mapserver.org/>
- [5] PowerBI, Microsoft, <https://powerbi.microsoft.com/fr-fr/>
- [6] PHP - Hypertext Preprocessor, The PHP Group, <https://www.php.net/>
- [7] PostGIS, PostGIS PSC & OSGeo, <https://postgis.net/>
- [8] PostgreSQL, The PostgreSQL Global Development Group, <https://www.postgresql.org/>
- [9] Python Software Foundation, <https://www.python.org/>
- [10] Oracle, 2023, SQL Language Reference,
<https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/19/sqlrf/>
- [11] Vigicrues, Ministère de la Transition Écologique, <https://www.vigicrues.gouv.fr/>