

## PLACE DE L’HUMAIN DANS LE SERVICE PUBLIC VIGICRUES ? ANALYSE AU SPC GAD À PARTIR D’UN EXERCICE GRANDEUR NATURE

*The place of the human element in the flood forecasting public service ?  
Analysis based on a life-size forecasting exercise*

**Auteurs :** PERRIN Romane<sup>1</sup>, PIOTTE Olivier<sup>1</sup>, LACAZE Yan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Service Risques Naturels et Hydrauliques, DREAL Nouvelle Aquitaine, 2 rue Jules Ferry, 33000 Bordeaux, e-mail: romane.perrin@developpement-durable.gouv.fr, olivier.piotte@developpement-durable.gouv.fr, yan.lacaze@developpement-durable.gouv.fr

**Résumé :** Afin de mettre en conditions ses prévisionnistes avant la saison la plus à risque pour les crues, le SPC GAD a réalisé un exercice de crue pour plusieurs équipes simulant une journée d’astreinte en H24 les 18 et 20 octobre 2022. De cet exercice, qui a plongé l’ensemble des équipes dans les mêmes conditions de travail avec le même jeu de données accessible, s’est posée la question de la capacité du SPC à proposer un service homogène, quelle que soit l’équipe mise en astreinte. En effet, si globalement les réponses aux stimuli sont cohérentes, la comparaison des productions a mis en évidence des différences sur certains secteurs. Ces différences ne pouvant pas être expliquées par les données et les outils (identiques entre les équipes), il a alors été supposé que cela pouvait être lié au facteur humain. Les analyses réalisées au sein de cette étude ont confirmé cette hypothèse. Pour bien fonctionner, une équipe semble avoir besoin de 2 qualités : des compétences techniques individuelles propres à ses membres et une capacité de travail en collectif. De plus, l’étude montre que cet aspect humain s’exprime davantage sur des secteurs où le chemin pour réaliser de la prévision est composé de plusieurs étapes. Les productions semblent davantage homogènes sur les secteurs où peu d’étapes sont nécessaires. L’amélioration continue est un moteur pour l’activité des services de gestion de crise tels que le SPC. Cet exercice constitue en soi un retour d’expérience et l’ensemble de ces constats sont des sources de travail à approfondir.

**Mots-clefs :** prévision des crues, exercice, prévisionniste humain, compétences individuelles, compétences collectives

**Abstract :** In order to prepare its forecasters for the rainy season, the SPC GAD carried out a flood exercise simulating real-time on-call day on October 18 and 20, 2022. This exercise, which put all teams under the same working conditions, with the same data set available, raised the question of the SPC's ability to offer a consistent service, whatever the team on call. Indeed, a comparison revealed differences in certain sectors. As these differences could not be explained by data and tools (identical between teams), it was assumed that they might be linked to the human factor. The analyses carried out in this study confirmed this hypothesis. To function well, a team seems to need 2 qualities: individual technical skills specific to its members and the ability to work as a team. Moreover, the study shows that this human aspect is more pronounced in sectors where the path to forecasting is made up of several stages. Production seems more homogeneous in sectors where few steps are required. All these findings are sources of further work to improve the production performance of the SPC GAD.

**Keywords:** flood forecasting, exercise, human forecaster, personal skills, collective skills

## INTRODUCTION

Le territoire de compétences du Service de Prévision des crues Gironde Adour Dordogne (SPC GAD) s'étend sur les bassins versants (BV) de la Dordogne, de l'Adour, de la Nivelle ainsi que sur le secteur de la Garonne et de son estuaire sur le département de la Gironde. Le SPC réalise la prévision des crues mise à disposition sur le site Vigicrues sur 27 tronçons, touchant 11 départements, et correspondant aux secteurs de cours d'eau à plus forts enjeux de ce territoire. L'ensemble du territoire surveillé est accessible sur le site Vigicrues à l'adresse suivante : <https://www.vigicrues.gouv.fr/>.

Pour assurer ses missions, le SPC GAD met en astreinte programmée 3 prévisionnistes sur 7 jours, du mardi au mardi. Pour cela, il se base sur un vivier théorique de 23 personnes : 10 travaillent au sein du pôle ouvrages hydrauliques de la DREAL Nouvelle Aquitaine et 13 contribuent directement à l'amélioration continue de l'activité du SPC. L'ensemble de ces agents sont prévisionnistes sur 15 % de leur temps de travail. Un panel d'outils important est mis à leur disposition pour réaliser les prévisions. Aussi, afin d'entretenir leur pratique, hors période de crue, et dans un contexte où les outils sont en constante évolution, un exercice de simulation a été organisé.

C'est dans le but de mettre les agents dans des conditions semblables à celles d'une journée réelle de gestion de crue que l'exercice grandeur nature a été réalisé les 18 et 20 octobre 2022. Celui-ci avait notamment pour objectifs de faire appréhender les questions d'organisation et de gestion du temps face à différentes sollicitations. Il était attendu des prévisionnistes de produire des bulletins de vigilance crues, avec choix des couleurs de vigilance pour les 27 tronçons surveillés par le SPC, ainsi que des prévisions chiffrées avec incertitudes (quantiles cibles 10, 50, 90) sur les points de prévision des tronçons concernés par une vigilance. Les équipes devaient également assurer les tâches organisationnelles prévues (communication vers les interlocuteurs du SPC, remplissage de check-list et mains courante, etc.). Cet exercice a concerné 4 équipes de 3 ou 4 prévisionnistes, chacune disposant exactement des mêmes outils et données. Celles-ci ont été nommées respectivement 18-1, 18-2, 20-1 et 20-2.



*Figure 1. Salle de travail et production en cours de l'équipe 18-1, 18 octobre 2022, SPC GAD*

Rapidement après la tenue de cet exercice, une première analyse des productions a été réalisée. Celle-ci portait principalement sur le choix des couleurs de vigilance, ainsi que sur les prévisions chiffrées sur certaines stations emblématiques des bassins. Alors que l'ensemble des prévisionnistes disposaient du même environnement de travail et des mêmes données hydro-météorologiques, les différences qui ont été constatées entre les équipes ont incité le SPC GAD à approfondir l'analyse des prévisions produites pendant l'exercice afin de comprendre ces différences et de mettre en évidence la part de l'humain dans le métier de prévisionniste.

# 1. ANALYSE COMPARÉE DE LA ROBUSTESSE DU SPC GAD EN CONDITIONS NORMALES D’ACTIVITÉ ET EN CONDITIONS DE CRISE FICTIVE

## 1.1 Organisation du SPC GAD pour répondre à ses objectifs

L’objectif du SPC GAD est d’apporter l’ensemble des informations nécessaires à la mise en vigilance des acteurs et à la protection des biens et des personnes en cas de risque de crue avéré sur son territoire de compétences. Dans le cadre de ce travail, il est donc intéressant de questionner la robustesse du service, dans les conditions normales d’activité, qui correspond selon Daupras (2015) à la capacité du service à répondre à son objectif. Pour mesurer cette robustesse, nous allons repartir de la lecture faite par Daupras (2015) qui propose d’identifier les sources de vulnérabilités auxquelles le service est confronté et les capacités à faire face qu’il mobilise pour maintenir la réalisation de son objectif. Dans le cas du SPC GAD, cette analyse est exposée dans le tableau ci-dessous :

| Source de vulnérabilité |   | Capacités à faire face  |
|-------------------------|---|---|
| 1                       | <b>Renouvellement fréquent du personnel</b> : En moyenne, entre 3 et 5 nouveaux prévisionnistes par an. La transmission des savoirs est donc un enjeu important.  | Participation aux formations initiales nationales qui abordent l’ensemble des notions théoriques indispensables à tout prévisionniste (météorologie, climatologie, hydrologie, hydraulique, aspects réglementaires, rédaction, etc).  |
|                         |   | Mise en place d’une formation initiale locale, dispensée par les membres du SPC GAD. L’objectif de cette formation est de faire découvrir le territoire de compétences du SPC et ses spécificités liées aux crues (influence de la neige, influence maritime, présence de zones karstiques, présence de barrages, etc). |
|                         |   | Présence d’un vivier important de prévisionnistes expérimentés au sein du SPC (7 sur 23 ont plus de 8 ans d’expérience).  |
|                         |   | Des trinômes d’astreinte programmée équilibré en termes d’expériences.  |
| 2                       | <b>Un territoire de compétence très grand</b> :<br>– Diversités de crues rencontrées au SPC qui nécessitent une formation importante ;<br>– Nombre important d’interlocuteurs en crise (Préfecture, RDI, SIDPC, etc). Il est difficile pour le prévisionniste de les connaître individuellement, alors que les relations humaines sont importantes pour renforcer la robustesse organisationnelle ;<br>– Travail en événement de crue qui peut être conséquent si l’ensemble des tronçons sont impactés.  | Participation aux formations nationales et locales (cf. source de vulnérabilité 1).   |
|                         |   | Des trinômes d’astreinte programmée équilibré en termes d’expériences.  |
|                         |   | Des outils de prévisions standards, nombreux et souvent doublés à chaque station.   |
|                         |   | Un vivier de prévisionnistes important de 23 personnes.   |
|                         |   | Une mobilisation des prévisionnistes en astreinte d’urgence possible en cas de gros événements.   |
| 3                       | <b>Des changements de pratique réguliers</b> :<br>– En interne, les outils évoluent régulièrement, pour gagner en performance, notamment grâce aux données récupérées avec les crues vécues ;<br>– Au niveau national, le dispositif de vigilance crues évolue au fil des années afin d’avoir une réponse apportée aux utilisateurs de plus en plus adaptée.  | Une salle de crise et du matériel adapté à la gestion de crise (cf. Figure 1) et localisation des locaux qui permet d’avoir plusieurs moyens de transport pour arriver au SPC.  |
|                         |   | Des prévisionnistes plutôt disponibles, la plupart à proximité, avec un tiers des effectifs sans contraintes personnelles fortes.   |
|                         |   | Mise en place d’une formation continue visant à améliorer constamment les connaissances du prévisionniste sur son territoire de compétences.  |
| 4                       | <b>Un manque de moyens humains pour assurer les activités de fond</b> : les changements sont réguliers et nécessitent de la ressource pour être faits dans de bonnes conditions. Or, le nombre d’ETP attribué à chaque SPC ne tient pas compte de la fréquence d’événements vécus par ce SPC, et donc du temps qu’il ne peut pas passer à assurer ses activités de fond. Le SPC GAD étant l’un des SPC de France le plus souvent exposé aux inondations, il peut arriver que de nombreuses semaines par an soient dédiées uniquement à la prévision opérationnelle (+ retour d’expérience...) | Des profils de prévisionnistes aux compétences variées, avec un nombre de catégorie A « technique » important   |
|                         |   | Formalisation de l’organisation interne : mise en place de check-list ; procédure qualité, etc.   |
|                         |   | Des profils de prévisionnistes aux compétences variées, avec un nombre de catégorie A « technique » important   |
|                         |   | Une moyenne d’âge « adaptée » à une gestion de la fatigue   |

|   |   |   |
|---|---|---|
| 5 | Un dispositif Vigicrues sensible aux pannes de réseau (électrique, communication, etc)  | Une infrastructure globalement robuste :<br>– Mise en place de doubles capteurs (IP et radio ou double IP) sur quasiment toutes les stations du SPC ;<br>– Mise en place de 3 groupes électrogènes pour secourir en cas de coupure de courant et une prise de relai possible par les serveurs de Pau. |
|   |   | Un mode secours existant sur l'ensemble des outils mis à disposition du prévisionniste.   |
|   |   | Mise en place d'une astreinte hydrométrique programmée sur les 3 antennes qui gèrent les stations et possibilité de déclencher des astreintes d'urgence au besoin.  |
|   |   | Possibilité de déclencher une astreinte informatique d'urgence.   |
| 6 | La gestion de la fatigue et du stress : Le SPC GAD est l'un des SPC les plus régulièrement confrontés à la crue de France, avec des épisodes qui peuvent toucher l'ensemble des BV sur plusieurs jours, entraînant régulièrement des passages en H24. | Un réseau métier global (SPC/SCHAPI) qui permet d'assurer la mise en ligne des productions.   |
|   |   | Formalisation de l'organisation interne (cf. source de vulnérabilité 3).  |
|   |   | Une mobilisation des prévisionnistes en astreinte d'urgence possible en cas de gros événements.   |
|   |   | Déclenchement possible d'une astreinte informatique d'urgence.  |
| 7 | Une communication inter-personnelle non homogène (ex : habitude de travail à distance prise par les prévisionnistes, en lien avec le Covid-19, qui ne facilite pas le travail en équipe).   | Une moyenne d'âge « adaptée » à une gestion de la fatigue.  |
|   |   | Réalisation de retours d'expérience en interne après chaque événement pour identifier d'éventuels problèmes de communication et réfléchir à des moyens de les éviter.   |
|   |   | Mise en place de module spécifique sur la communication en formation continue.  |
|   |   | Formalisation de l'organisation interne (cf. source de vulnérabilité 3)   |

Tableau 1. Sources de vulnérabilités et des capacités à faire face identifiées au SPC GAD

## 1.2 Différences entre conditions réelles et celles de l'exercice

Le SPC GAD arrive donc à surmonter chaque source de vulnérabilité identifiée via des capacités à faire face qu'il a développées au fil des années. Seul le manque de moyens humains pour assurer les activités de fond semble être plus difficile à gérer mais cela n'impacte pas la gestion de crise à court terme. Globalement, le fonctionnement du SPC GAD peut être qualifié de robuste. Il serait donc intéressant de creuser cette robustesse à une échelle encore plus fine : celle du prévisionniste et de son trinôme de travail. Ceci nous est permis grâce à l'exercice grandeur nature organisé en octobre 2022.

Dans le cadre de celui-ci, les 4 équipes (18-1, 18-2, 20-1 et 20-2) ont été mises dans les mêmes conditions de travail et ont eu accès au même jeu de données. Leur composition était relativement homogène (1 prévisionniste expérimenté, 1 prévisionniste débutant et des profils de compétences équilibrées par équipe). Le mode de travail était légèrement dégradé – par rapport aux conditions normales d'activité – avec quelques outils absents ou modifiés, et des données mises à jour moins régulièrement qu'usuellement. Ce mode de travail pourrait ressembler à celui rencontré en cas de dysfonctionnement de réseau. Les 4 équipes présentent des productions différentes à l'issue du même exercice de crise simulé. Nous faisons de fait l'hypothèse du rôle majeur du facteur humain pour expliquer ces différences

## 2. ANALYSE DES PRÉVISIONS RÉALISÉES PAR LES ÉQUIPES ET DES OUTILS MIS A DISPOSITION

### 2.1 Analyse des prévisions

Nous avons tout d'abord analysé les qualités intrinsèques des prévisions. Ce travail a été fait exclusivement sur les hauteurs (et non en débit) car les prévisions en débit sont indisponibles sur un

certain nombre de points de prévision (estuaires + stations non jaugées). Le travail a été réalisé sur les maximums de crue (prévus et observés), à partir des prévisions faites pour le bulletin de 16h le jour de l'exercice. Ont été calculés les indicateurs suivants :

- **Fiabilité** : fréquence de présence du maximum observé dans l'intervalle de prévision, traduisant l'adéquation des intervalles de prévision avec la réalité – critère que l'on cherche à approcher de la valeur cible (80%) ;
- **Précision** : erreur moyenne absolue relative<sup>1</sup>, traduisant la proximité de la prévision avec la réalité – critère que l'on cherche à minimiser ;
- **Finesse** : largeur relative entre les tendances basse et haute des prévisions, traduisant l'ampleur des incertitudes dans la prévision – critère que l'on cherche à minimiser.

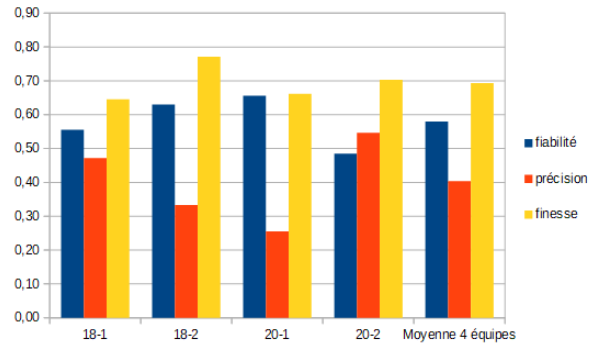


Figure 2. Fiabilité, précision et finesse moyennes des prévisions produites par les 4 équipes

| classement des équipes | 18-1 | 18-2 | 20-1 | 20-2 |
|------------------------|------|------|------|------|
| fiabilité              | 3    | 2    | 1    | 4    |
| précision              | 3    | 2    | 1    | 4    |
| finesse                | 1    | 4    | 2    | 3    |
| somme                  | 7    | 8    | 4    | 11   |
| classement final       | 2    | 3    | 1    | 4    |

Figure 3. Classement des 4 équipes au regard des 3 critères retenus

Au regard des 3 qualités analysées, une équipe (20-1) ressort comme nettement plus performante que les autres. Elle est en effet la plus fiable, la plus précise et la deuxième plus fine. À l'inverse, l'équipe 20-2 ressort nettement comme étant la moins performante : elle est la moins fiable, la moins précise et troisième sur quatre pour la finesse.

Au-delà des qualités des prévisions produites par chaque équipe, il est intéressant d'analyser la dispersion de ces prévisions entre équipes, afin d'évaluer dans quelle mesure les prévisions des 4 équipes sont proches (dispersion faible – ce à quoi on s'attendrait étant donné que toutes les équipes ont travaillé sur les mêmes données) ou au contraire disparates (dispersion élevée).

Pour ce faire, ont été calculées la dispersion entre les valeurs centrales des prévisions et la dispersion dans la largeur des intervalles de prévision, par un écart-type. Comme précédemment, il a été choisi de raisonner de manière relative, en normant les valeurs par l'écart entre le maximum observé et la dernière observation disponible.

<sup>1</sup> Afin de permettre une meilleure comparaison entre les stations, il a été décidé pour les critères de précision et de finesse de raisonner de manière relative, en normant chaque valeur par l'écart entre le maximum observé et la dernière observation disponible. De cette manière, à titre d'exemple, une erreur de prévision de 30 cm est moins pénalisante si elle intervient sur une montée de crue de 2 m que pour une montée de seulement 50 cm.



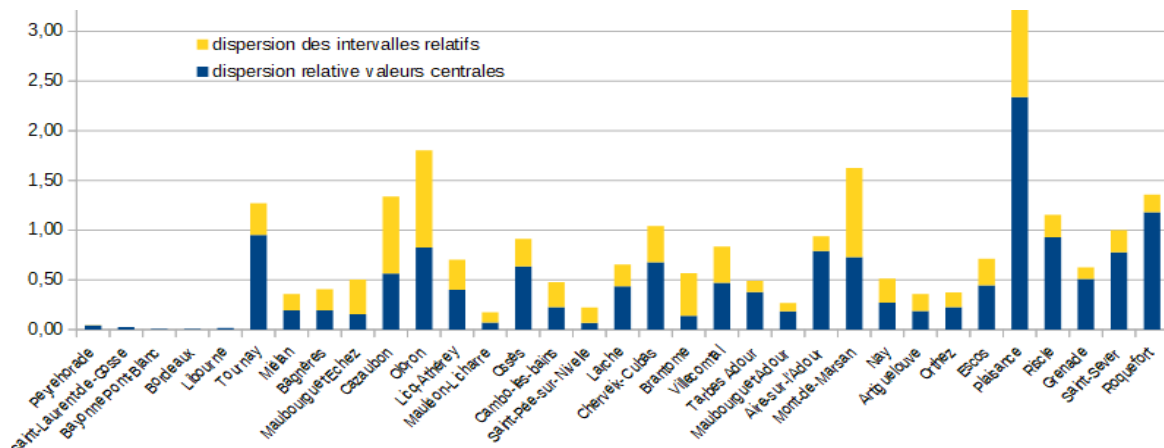


Figure 4. Dispersions relatives des valeurs centrales et de la largeur des intervalles de prévision

La première constatation qui saute aux yeux est que la dispersion est très faible sur les 5 points de prévision en estuaire, qui ont la particularité d'avoir des méthodes de prévision très cadrées, très performantes hors contexte de tempête – ce qui était le cas pour l'exercice – et bénéficiant d'une estimation d'incertitude globale calibrée alors que ce n'était pas le cas – lors de l'exercice – pour toutes les autres stations.

Ensuite, on note des dispersions variables d’une station à une autre. La dispersion est parfois très importante, comme par exemple à Tournay, Cazaubon, Oloron-Sainte-Marie, Mont-de-Marsan ou Plaisance, qui sont plutôt vus comme des points où la prévision n’est pas aisée. Elle est parfois beaucoup plus limitée, sur des points de prévision réputés favorables (par exemple Cambo-les-Bains, Nay ou Artiguelouve, sur lesquels le SPC dispose d’outils et modèles de prévision jugés de bonne qualité) mais aussi sur des points de prévision qui le sont a priori moins (Miélan, Mauléon-Licharre ou Bagnères-de-Bigorre, bassins connaissant des fonctionnements hydrologiques plus complexes, avec des outils et modèles jugés de qualité plus médiocre).

## 2.2 *Corrélation entre les prévisions et la typologie du secteur prévu*

Au vu de l'analyse précédente, nous avons tenté en première intention de corrélér la dispersion des prévisions produites par les différentes équipes avec la typologie du point de prévision<sup>2</sup>.

Nous nous sommes principalement intéressés à la dispersion relative des valeurs centrales de prévision (déjà présentée au 2.1, figure 4). Pour la cotation des points de prévision, nous avons retenu 2 critères, qui nous semblent a priori pouvoir expliquer des écarts de prévision entre équipes :

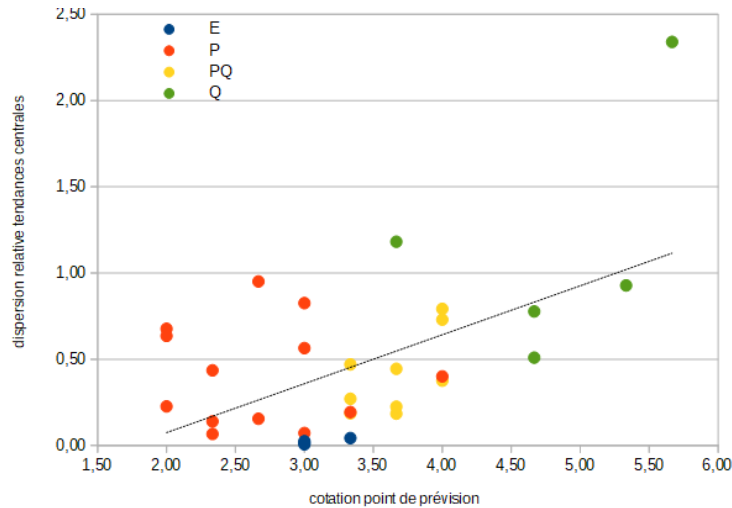
- a) Un critère d'enchaînement de prévisions amont-aval, reflétant le fait que la prévision à un endroit donné dépend des prévisions et des incertitudes plus en amont ; ce critère vaut le nombre d'enchaînements de prévisions nécessaires pour réaliser la prévision, généralement :
- 1 pour une station de tête de bassin à fonctionnement pluie-débit intégral ou prépondérant (noté P)

2 Pour cette analyse, étant donné l'angle d'attaque de l'article (ciblé sur les facteurs humains) nous nous sommes principalement intéressés à la dispersion des prévisions entre les équipes. Les écarts à la réalité, qui renvoient davantage à la qualité des prévisions météorologiques et des outils de prévision hydrologique, n'ont pas fait l'objet de recherches davantage approfondies que l'analyse présentée au 2.1.

- 2 pour une station intermédiaire à fonctionnement combiné pluie-débit et propagation (noté PQ)
- 3 pour une station aval à fonctionnement débit-débit (noté Q)
- 2 pour les stations estuariennes (noté E)

b) Un critère de « travail manuel », estimé à dire d’expert par trois prévisionnistes expérimentés du SPC GAD, quantifiant le degré de travail manuel nécessaire de la part du prévisionniste pour produire une prévision (cela peut correspondre à la nécessité de croiser plusieurs outils, d’aller chercher des informations complémentaires – par exemple des crues analogues, etc.)

Comme évoqué précédemment, le critère de qualité des outils de prévision n’a pas été considéré dans cette cotation, car les équipes disposaient toutes des mêmes outils.



Dans la corrélation de la figure 5, on retrouve le fait que les points de prévision en estuaire (E, en bleu) font l’objet de dispersions très faibles. Pour les autres points, la corrélation est loin d’être limpide mais une tendance générale se dégage et tendrait à pointer un lien entre le niveau de travail manuel requis et la dispersion des prévisions. Toutefois, d’autres facteurs complémentaires entrent probablement en ligne de compte.

Figure 5. Corrélation de la dispersion relative des valeurs centrales prévues avec la cotation des points de prévision

## 2.3 Prévisions humaines vs prévisions de modèles

Afin de mieux identifier ce qui relève du facteur humain, il apparaît utile de comparer les prévisions expertisées produites *in fine* par les équipes avec les prévisions brutes des outils de prévision. Pour des questions d’homogénéité et de capacité à disposer de ces prévisions brutes, cette analyse n’a été pratiquée que sur les 18 points de prévision disposant du modèle GRP (Tangara, 2005), qui était disponible pendant l’exercice.

Les tendances brutes basse, centrale et haute sont issues d’un scénario de pluie reposant sur les cumuls des Bulletins de Prévisions (BP). L’estimation des incertitudes intrinsèques du modèle, que le SPC réalise habituellement avec la méthode Quoi que (Bourgin, 2014) via l’outil Otamin (Viatgé, 2019), n’a pas été intégrée ici, car non disponible dans le cadre de l’exercice. Les critères calculés sont les mêmes que pour l’analyse des prévisions expertisées, à savoir la fiabilité, la précision relative et la finesse relative.

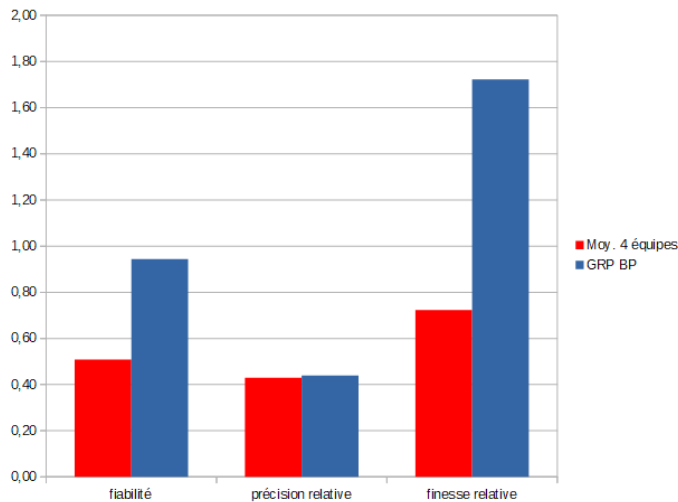


Figure 6. Comparaison de la moyenne des prévisions des 4 équipes avec les prévisions brutes des modèles GRP

L’analyse montre tout d’abord que l’utilisation brute des modèles GRP avec les prévisions de pluie conduit à des intervalles de prévisions beaucoup plus larges (valeurs plus fortes sur le critère de finesse) que les prévisions expertisées, et conséquemment à une fiabilité également plus importante (mais trop importante : 94% pour une cible de 80%) ; les prévisions brutes sont sur-dispersives et les intervalles trop larges. Concernant la précision, les prévisions brutes et les prévisions expertisées sont très proches, ce qui peut être le signe, sur les stations considérées, que le scénario central de la prévision de pluie est considéré de manière privilégiée par les prévisionnistes.

La fiabilité atteinte par les prévisionnistes (en moyenne 51 % sur les 4 équipes) est inférieure à la cible de 80%, et l’apport du prévisionniste se traduit ici très nettement par une expertise sur les scénarios météo, permettant d’affiner les intervalles de prévision, avec parfois certains biais liés à des perceptions individuelles que nous inspectons plus loin (surconfiance notamment). En conditions réelles, l’intégration dans l’expertise de l’incertitude de modélisation pré-calculée telle qu’elle est pratiquée pour l’affichage graphique des prévisions (Ollivier D. 2023) devrait permettre de s’approcher de l’optimum fiabilité/finesse.

### 3. ANALYSE APPROFONDIE DU FONCTIONNEMENT DU COLLECTIF

Sur la partie précédente, une analyse des secteurs de prévisions et de leurs outils a été réalisée, démontrant l’influence du travail manuel dans la dispersion des résultats de prévisions des équipes. L’aspect humain a été écarté de cette première analyse. Nous allons essayer de montrer en quoi il peut avoir de l’importance dans le fonctionnement d’une équipe et dans les productions qu’elle réalise.



### **3.1 Une équipe performante grâce aux compétences, expériences et savoir-faire individuels ?**

Composée de nombreux modèles hydro-météorologiques et outils, la chaîne de prévision du SPC GAD est plus ou moins complexe en fonction des secteurs et nécessite une intervention humaine pour être validée et publiée. L'importance de cette intervention varie en fonction des bassins, comme cela a été démontré dans la partie précédente. Il est de plus supposé qu'elle peut être influencée par le profil du prévisionniste qui la réalise. Pour le savoir, nous avons analysé les données détenues par le SPC GAD dans le cadre de son suivi annuel d'activité (calendriers d'astreinte, historiques des bulletins produits, nombre de jours en vigilance, nombre et dates des fausses alarmes<sup>3</sup>, nombre et dates des alarmes manquées<sup>4</sup>). Des critères ont été élaborés pour chaque prévisionniste, représentant à notre sens les traits à analyser pour estimer le niveau d'un prévisionniste :

- L'expérience sur des gammes de crue fréquente au travers du nombre de jours de vigilance vécus au SPC GAD en tant que prévisionniste en astreinte programmée (AP). Ce critère représente la capacité du prévisionniste à exercer son rôle en conditions normales d'activité ;
- L'expérience en crue généralisée, c'est-à-dire le nombre de jours vécus comme prévisionniste en AP lorsqu'une majorité de tronçons du bassin versant de la Dordogne, de l'Adour ou des deux bassins est en vigilance jaune ou plus. Ce critère représente la capacité du prévisionniste à traiter une charge de travail importante, à s'organiser et gérer son stress ;
- Le nombre de fausses alertes enregistrées par rapport au nombre de crues vécues. Cette donnée représente un biais dans la production du prévisionniste, à avoir tendance à réaliser des prévisions plus pessimistes que la réalité observée ;
- Le nombre d'alarmes manquées enregistrées par rapport au nombre de crues vécues. Cette donnée représente un biais dans la production du prévisionniste à avoir tendance à réaliser des prévisions plus optimistes que la réalité observée<sup>5</sup> ;
- La curiosité technique et la capacité d'innovation sur la méthode de production, estimées à dire d'expert par le chef du SPC qui supervise l'action globale du SPC, réalise l'ensemble des entretiens professionnels et le suivi de compétences de chaque prévisionniste. Ce critère représente la capacité du prévisionniste à s'améliorer et à s'adapter en toutes circonstances ;
- La capacité de remise en question, réalisée à dire d'expert par le chef du SPC.

Grâce à cette analyse individuelle<sup>6</sup>, nous avons pu déterminer par équipe un indice de capacité à faire face, qui reprend ces critères au travers d'un système de bonus/malus attribués en fonction des membres qui les composent. Cet indice est étalonné à partir d'une équipe fictive jugée « parfaite », dénommée « Max », à laquelle nous avons attribué le nombre maximum de points. L'analyse est détaillée dans le tableau ci-dessous.

3 Fausse alarme = Mise en vigilance d'un cours d'eau par le SPC dont les hauteurs d'eau n'atteindront jamais la couleur de vigilance attendue

4 Alarme manquée = Observation d'une hauteur d'eau correspondant à une couleur de vigilance qui n'a pas été mise par anticipation par le SPC

5 Les fausses alarmes ou alarmes manquées liées à des évolutions de données météorologiques ont été retirées de l'analyse, car c'est un facteur extérieur non anticipable par le prévisionniste

6 Détaillée en annexe 1

Tableau 2. Analyse des profils composants les équipes de l'exercice

|                   | Critères   | 18-1        | 18-2        | 20-1        | 20-2        | Max       |
|-------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| Bonus (+ 1 point) | Au moins un membre de l'équipe a plus de 100 jours d'expérience dans les crues au SPC GAD en AP  |             | 1           | 1           | 1           | 1         |
|                   | Au moins un membre de l'équipe a plus de 30 jours vécus en crue sur les 3 dernières années au SPC GAD en AP  | 1           |             | 1           | 1           | 1         |
|                   | Au moins un membre de l'équipe a plus de 10 jours en crue généralisée au SPC GAD en AP   |             | 1           | 1           | 1           | 1         |
|                   | Au moins un membre de l'équipe est un prévisionniste expérimenté avec une proportion de fausses alarmes et alarmes manquées vécues estimée faible <sup>7</sup> par rapport au nombre total de jours vécus en vigilance |             | 1           | 1           | 1           | 1         |
|                   | Au moins un membre de l'équipe est un prévisionniste débutant avec une proportion de fausses alarmes et alarmes manquées vécues estimée faible par rapport au nombre total de jours vécus en vigilance                 | 1           |             | 1           |             | 1         |
| Malus (-1 point)  | Au moins un membre de l'équipe est un prévisionniste avec une proportion de fausses alarmes en jaune estimée forte <sup>8</sup> par rapport à son nombre de jours en vigilance jaune vécus                             | -1          | -1          | -1          | -1          |           |
|                   | Au moins un membre de l'équipe est un prévisionniste avec une proportion de fausses alarmes en orange estimée forte <sup>9</sup> par rapport à son nombre de jours en vigilance orange vécus                           | -1          | -1          | -1          | -1          |           |
|                   | Au moins un membre de l'équipe est un prévisionniste expérimenté avec une proportion de fausses alarmes et alertes manquées vécues estimée forte <sup>10</sup>   |             | -1          |             |             |           |
|                   | Capacité individuelle (moyennée à l'échelle de l'équipe) à s'adapter et à innover sur la méthode (évaluée entre 1 et 4)  | 2,5         | 2           | 4           | 2           | 4         |
|                   | Capacité individuelle (moyennée à l'échelle de l'équipe) à se remettre en question (évaluée entre 1 et 4)  | 3           | 2,5         | 3,5         | 2           | 4         |
|                   | <b>Total</b>   | <b>5,5</b>  | <b>4,5</b>  | <b>10,5</b> | <b>6</b>    | <b>13</b> |
|                   | <b>Indice des capacités à faire face de l'équipe</b>   | <b>0,42</b> | <b>0,35</b> | <b>0,81</b> | <b>0,46</b> | <b>1</b>  |

Les résultats montrent que l'équipe 20-1 se distingue et semble plus « armée » pour gérer l'exercice. Cette équipe a effectivement fait une bonne performance puisqu'elle est la plus fiable, la plus précise et la deuxième plus fine (cf. partie II). Les qualités individuelles de ses membres pourraient donc expliquer ces résultats. Toutefois, ce seul critère ne paraît pas suffisant, car l'équipe 20-2 est ressortie comme la moins performante sur les prévisions chiffrées alors qu'elle n'a pas l'indice de capacité à faire face le plus bas. Cela signifie que d'autres facteurs interviennent dans les performances d'une équipe.

7 Pour les fausses alertes, rapport en jaune inférieur à 0,40 et nul pour le niveau orange. (cf. Annexe 1, figure 9)  
Pour les alertes manquées, rapport en jaune inférieur à 0,20 et nul pour le niveau orange. (cf. Annexe 1, figure 9)

8 Au-dessus de 0,50 (cf. Annexe 1, figure 9)

9 Différent de zéro (cf. Annexe 1, figure 9)

10 Pour les fausses alertes, rapport supérieur à 0,40 et pour les alertes manquées, rapport supérieur à 0,20 (cf. Annexe 1, figure 9)

### 3.2 Une équipe performante grâce à la force collective ?

Nous faisons comme deuxième hypothèse que le fonctionnement du collectif peut apporter beaucoup aux performances d’une équipe. Pour cela, plusieurs critères d’analyse ont été élaborés, évalués de 1 à 4<sup>11</sup>, représentant pour nous les qualités indispensables au bon fonctionnement d’un collectif :

- La capacité individuelle des membres à travailler en équipe, réalisée à dire d’expert par le chef du SPC ;
- Les relations interpersonnelles. Pour cela, les relations par binôme ont été évaluées en attribuant une note en fonction du nombre d’activités en commun vécues par le binôme<sup>12</sup>. La moyenne des notes de chaque binôme a permis de déterminer les points de l’équipe. Les équipes ont été ensuite classées entre elles. Ce critère représente les habitudes d’interaction sociale des membres des équipes, dans un milieu professionnel ou non professionnel ;
- Les habitudes de travail collectives en tant que prévisionniste, représentant l’expérience commune en astreinte. Pour cela, un classement des équipes a été réalisé en fonction du nombre d’astreintes vécues entre les agents ;
- La capacité de remise en question de l’équipe sur sa production, réalisée à dire d’expert par le chef du SPC ;
- Le partage d’information réalisé entre les membres des équipes au cours de l’exercice, issu des fiches observations remplies par les observateurs de l’exercice.

Les résultats moyennés à l’échelle de l’équipe sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3. Analyse de la force collective de chaque équipe

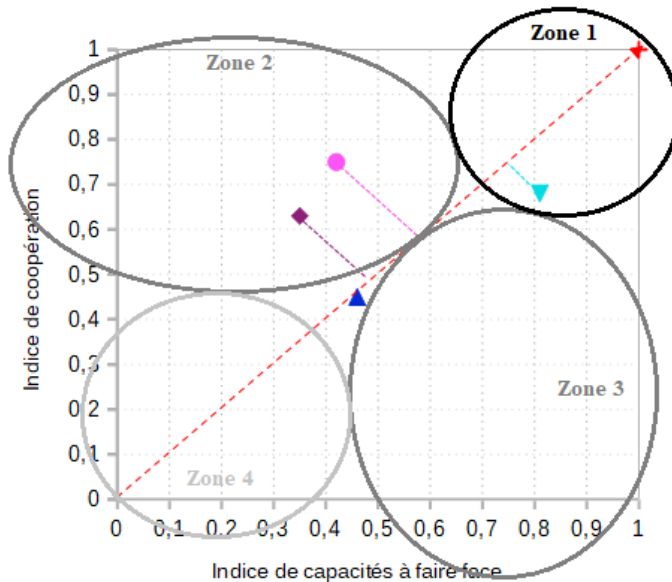
|  | 18-1        | 18-2        | 20-1        | 20-2        | Max       |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| Capacité individuelle à travailler en équipe | 3           | 2,5         | 3,5         | 3           | 4         |
| Relations interpersonnelles                  | 4           | 3           | 2           | 1           | 4         |
| Habitudes de travail collectives             | 1           | 4           | 2           | 3           | 4         |
| Capacité de remise en question de l’équipe   | 4           | 2           | 2           | 1           | 4         |
| Partage d’information de l’équipe            | 3           | 1           | 4           | 1           | 4         |
| <b>Total</b>                                 | <b>15</b>   | <b>12,5</b> | <b>13,5</b> | <b>9</b>    | <b>20</b> |
| <b>Indice de coopération des équipes</b>     | <b>0,75</b> | <b>0,63</b> | <b>0,68</b> | <b>0,45</b> | <b>1</b>  |

Ces résultats nous ont permis de déterminer un indice de coopération des équipes, étalonné au travers de l’équipe fictive « Max ». Celui-ci démarque l’équipe 20-2 qui semble être la moins à l’aise sur le travail en collectif. Ceci pourrait donc expliquer les résultats de cette équipe, qui a été la moins performante sur l’exercice. Toutefois, ce seul critère ne semble pas suffisant puisque les indices de coopération des autres équipes ne témoignent pas de leurs résultats. Un croisement entre l’indice de capacité à faire face et l’indice de coopération pourrait donc être pertinent et permettrait d’évaluer la robustesse des équipes. Cette méthode est inspirée de celle proposée par Daupras (2015) dans son chapitre 7.

<sup>11</sup> 1 étant la moins bonne note et 4 la meilleure. L’ensemble des critères est présenté en Annexe 2.

<sup>12</sup> Cf. Annexe 2

### 3.3 Une équipe performante grâce à un équilibre entre compétences individuelles et force collective ?



En analysant la figure 7, nous pouvons délimiter 4 zones, qui correspondent à des niveaux de robustesse distincts :

- la zone 1 représentant les équipes les plus robustes avec l'ensemble des composantes à un niveau important ;
- la zone 2 représentant les équipes avec un indice de coopération important. Ces équipes sont considérées comme robustes<sup>13</sup> mais peuvent s'améliorer, en travaillant sur leur capacité à faire face ;
- la zone 3 représentant les équipes avec un indice de capacité à faire face important. Ces équipes sont considérées comme robustes mais peuvent s'améliorer en travaillant sur leur indice de coopération ;
- la zone 4 qui représente les équipes jugées non robustes, car elles ont l'ensemble des résultantes à un bas niveau.

Figure 7. Analyse de la robustesse intrinsèque aux équipes en tant que résultante des capacités à faire face liées aux compétences individuelles et au niveau de coopération du collectif.

Cette analyse de la robustesse et les résultats proposés correspondent en tout point aux résultats constatés lors de l'exercice. En effet, l'équipe 20-1 est celle qui a été la plus performante, suivie de l'équipe 18-1 puis des équipes 18-2 et 20-2. Cela nous laisse donc dire que les différences de production constatées entre ces équipes peuvent être expliquées en partie par un aspect humain, qui serait déterminé par 2 composantes : d'une part, une composante liée aux individus et à leurs compétences que nous avons représentée ici par un indice de capacité à faire face, et d'autre part une composante liée au collectif et à son niveau de coopération, que nous avons représentée par un indice de coopération.

## 4. PLACE DE L'HUMAIN DANS LA PRÉVISION DES CRUES, BILAN ET PERSPECTIVES

### 4.1 Bilan sur la robustesse globale du dispositif

Pour mener l'analyse de l'exercice, nous nous sommes basés sur les productions chiffrées réalisées par les équipes, qui sont facilement comparables et qui représentent l'une des informations principales utiles aux gestionnaires de crise. Cette analyse nous a montré qu'il pouvait y avoir des différences entre les équipes, explicables par le nombre d'étapes de travail nécessaires pour réaliser la prévision et par un aspect humain lié aux compétences individuelles et à la capacité de travail en collectif.

<sup>13</sup> Robuste = projection orthogonale du point sur la ligne de la robustesse supérieure à 0,4

Toutefois, la prévision des crues ne se limite pas à de la prévision chiffrée. En effet, pour apporter l'ensemble des informations nécessaires à la mise en vigilance des acteurs et à la protection des biens et des personnes en cas de risque de crue avéré, les prévisionnistes du SPC GAD réalisent des bulletins écrits envoyés aux Préfectures et aux missions Référent Départemental Inondation des DDT, doublés également d'appels téléphoniques en cas de passage ou de levée de vigilance et à tout moment pour apporter des précisions ou compléments aux gestionnaires de crise. Ceci fait partie de la procédure qualité du SPC GAD. Ces deux modes de communication permettent de détailler la situation en cours, de la contextualiser et de l'enrichir au besoin, une fois le travail de prévision réalisé, ainsi que d'informer sur les incertitudes vécues. Ils constituent donc un moyen supplémentaire pour mettre en vigilance les acteurs du territoire sur un phénomène en cours et répondre aux objectifs du SPC. La robustesse du SPC est donc également assurée par cette redondance de modes de communication qui n'ont pas été évalués. On peut retrouver un mode opératoire ludique d'évaluation de ces apports dans le jeu sérieux Consiliari (Piotte, 2023).

## **4.2 Perspectives**

Au vu des conclusions de l'analyse de l'exercice, nous proposons de catégoriser et qualifier les piliers de la robustesse du SPC selon 3 axes, qui permettent de cibler les objectifs des différentes actions d'amélioration continue programmées :

- Le volet outillage. L'exercice a mis en évidence que les secteurs où plusieurs étapes étaient nécessaires pour faire la prévision étaient ceux les plus sensibles à des différences dans la production. Il y a donc un enjeu à réduire le nombre d'étapes lorsque cela est possible techniquement ;
- Le volet compétences individuelles. Pour cela, le SPC a déjà mis en place beaucoup d'actions, à travers notamment un important cycle de formations internes, de l'enrichissement continu à rythme mensuel, ainsi qu'un socle documentaire détaillé ;
- Le volet collectif. L'analyse présentée a pointé l'intérêt de considérer le trinôme de prévisionnistes comme une entité à part entière avec un fonctionnement propre. À l'heure actuelle, le SPC GAD a mis en œuvre peu d'actions qui solliciteraient directement le collectif, notamment à l'échelle d'une équipe de prévisionnistes. Les exercices grandeur nature sont des actions de la sorte. Mais il serait intéressant de travailler davantage sur ce sujet et de mettre plus régulièrement les prévisionnistes dans des conditions d'équipe prévisionniste (trinôme) sans nécessairement faire de la prévision. Des actions pour mieux apprendre à se connaître ou à réfléchir et à travailler ensemble sont en cours de réflexion.



## 5. RÉFÉRENCES

- Bourgin, F. (2014). *Comment quantifier l'incertitude prédictive en modélisation hydrologique?* Thèse de doctorat, AgroParisTech/ENGREF, Paris, 208 pp.
- Daupras, F. (2015). *Envisager la Vigilance crues comme système organisationnel : les conditions de sa robustesse en territoires inondés dans le bassin Adour-Garonne (Sud-Ouest de la France).* Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, 534 pp.
- Ollivier D. (2023). *Un outil de pilotage des prévisions expertisées pour le prévisionniste de crues*, SHF
- Piotte O. (2023). *Consiliari : Un jeu sérieux au service des missions RDI*, SHF
- Tangara, M. (2005). *Nouvelle méthode de prévision de crue utilisant un modèle pluie-débit global.* Thèse de Doctorat, Cemagref Antony, EPHE, Paris, 374 pp.
- Viatgé J., Berthet L., Marty R., Bourgin F., Piotte O., Ramos MH., Perrin C. (2019). *Vers une production en temps réel d'intervalles prédictifs associés aux prévisions de crue dans Vigicrues en France*, La Houille Blanche, vol. 105.

## ANNEXE 1 – ANALYSE INDIVIDUELLE DE COMPÉTENCES ET D'EXPÉRIENCE DES PRÉVISIONNISTES, PRÉFIGURANT L'INDICE DE CAPACITÉ À FAIRE FACE

|                         | Nombre de jours d'astreinte programmée en couleur de vigilance en fonction des années |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |     |   |      |     |   | Total |     |   | Total entre 1 <sup>er</sup> janv. 2020 et 31 dec. 2022 |      |      |      | Nombre de jours vécus en crues généralisées (en AP) |      |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |     |     |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |     |       |  |  |
|-------------------------|---|---|---|------|---|---|------|---|---|------|---|---|------|---|---|------|---|---|------|-----|---|------|-----|---|-------|-----|---|--|------|------|------|---|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-----|-----|-----|-------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-----|-------|--|--|
|                         | 1 <sup>er</sup> juil. 2013 – 31 dec. 2013   |   |   | 2014 |   |   | 2015 |   |   | 2016 |   |   | 2017 |   |   | 2018 |   |   | 2019 |     |   | 2020 |     |   |       |     |   |  |      |      |      |   | 2021 |      |       | 2022 |       |      |       |      |       |      |     |     |     |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |     |       |  |  |
| Prévisionnistes         | J   | O | R | J    | O | R | J    | O | R | J    | O | R | J    | O | R | J    | O | R | J    | O   | R | J    | O   | R | J     | O   | R | J  | O    | R    | J    | O   | R    | I    | J     | O    | R     | I    |       |      |       |      |     |     |     |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |     |       |  |  |
| 18-1 - Prévisionniste 1 |   |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   | 2,5  |   |   | 9    | 2,5 |   | 14,5 | 4,5 |   | 1,5   | 2   | 1 | 27,5   | 9    | 1    | 37,5 | 25  | 9    | 1    | 35    |      | 7     |      |       |      |       |      |     |     |     |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |     |       |  |  |
| 18-1 - Prévisionniste 2 |   |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   | 4,5  | 2,5 |   | 12   | 0,5 |   | 8     |     |   | 24,5   | 3    | 0    | 27,5 | 24,5  | 3    | 0    | 27,5  |      |       |      |       |      |       |      |     |     |     |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |     |       |  |  |
| 18-1 - Prévisionniste 3 |   |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   | 1    |   |   | 5    | 1 |   | 9    |     |   | 16,5 |     |   | 16,5  | 8,5 |   | 17,5   | 4,66 | 0,33 | 11,5 |   |      | 77   | 14,16 | 0,33 | 91,49 | 45,5 | 13,16 | 0,33 | 58,99 | 8,5  |     |     |     |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |     |       |  |  |
| 18-1 - Prévisionniste 4 |   |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |     |   |      |     |   |       |     |   | 1,5  |      |      | 1,5  | 0   | 0    | 1,5  | 1,5   | 0    | 0     | 1,5  |       |      |       |      |     |     |     |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |     |       |  |  |
| 18-2 - Prévisionniste 1 | 5,5   |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   | 14   | 4,5 |   | 11   |     |   |       |     |   | 9,6  |      |      | 4,5  |   |      | 17,5 |       |      | 8,5   |      |       | 11,5 |       |      | 11  | 6   |     |       | 93,1 | 10,5 | 0     | 103,6 | 22,5  | 6    | 0     | 28,5  | 12,5  |      |     |       |  |  |
| 18-2 - Prévisionniste 2 |   |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |     |   | 1    |     |   |       |     |   |  | 3,5  |      |      | 9,5   | 1    |      | 16,5  | 2,5  |       | 5,5  |       |      | 9,3   | 3,7  | 0,3 | 2,5 |     |       | 47,8 | 7,2  | 0,3   | 55,3  | 17,3  | 3,7  | 0,3   | 21,3  | 9     |      |     |       |  |  |
| 18-2 - Prévisionniste 3 | 2,5   |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   | 23,5 | 3   |   | 15,5 | 4   |   |       |     |   | 6  |      |      | 6    |   |      | 12,5 | 2     |      | 5,5   | 2,5  |       | 15,5 | 5,5   |      | 3   | 4,5 |     | 0,5   |      | 90,5 | 21,5  | 0     | 112   | 19   | 10    | 0     | 29    | 20,5 |     |       |  |  |
| 18-2 - Prévisionniste 4 |   |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |     |   |      |     |   |       |     |   |  |      |      |      |   |      |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |     |     |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |     |       |  |  |
| 20-1 - Prévisionniste 1 | 7   | 1 |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   | 17,5 | 7   |   | 12   | 2,5 |   | 3,5   |     |   | 4,5  |      |      | 16,5 | 4   |      | 13   |       |      | 12    | 2,5  |       | 18,0 | 5     |      | 4,5 |     |     | 108,5 | 22   | 0    | 130,5 | 34,5  | 7,5   | 0    | 42    | 16,5  |       |      |     |       |  |  |
| 20-1 - Prévisionniste 2 |   |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |     |   |      |     |   |       |     |   |  |      |      |      |   |      |      |       |      |       |      |       | 1    | 2     |      | 10  | 0,5 |     | 7     | 2    | 1    | 18    | 4,5   | 1     | 23,5 | 18    | 4,5   | 1     | 23,5 | 9,5 |       |  |  |
| 20-1 - Prévisionniste 3 |   |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |     |   |      |     |   |       |     |   |  |      |      |      |   |      |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |     | 6,5 |       |      | 6,5  | 0     |       | 6,5   |      |       | 6,5   |       |      |     |       |  |  |
| 20-1 - Prévisionniste 4 |   |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |     |   |      |     |   |       |     |   |  |      |      |      |   |      |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |     |     |       |      | 10,3 |       | 3     | 13,33 | 0    | 0     | 13,33 | 13,33 | 0    | 0   | 13,33 |  |  |
| 20-2 - Prévisionniste 1 | 6   |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   | 14   | 1   |   | 12,5 | 6,5 |   | 11    |     |   | 7  |      |      | 12,5 | 2   |      | 13,5 | 6,5   |      | 14,0  | 4,5  |       | 4,5  |       |      | 3   |     |     | 98    | 20,5 | 0    | 118,5 | 21,5  | 4,5   | 0    | 26    | 13    |       |      |     |       |  |  |
| 20-2 - Prévisionniste 3 |   |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |     |   |      |     |   |       |     |   |  |      |      |      |   |      |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |     |     |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |      |     |       |  |  |
| 20-2 - Prévisionniste 2 | 7   |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   | 14,5 | 2,5 |   | 15,5 |     |   | 3,6   | 1   |   | 5,5  |      |      | 11,5 | 5,5   |      | 20,0 | 2     |      | 16,5  | 8,5  |       | 5    | 5     | 0,04 | 5   | 2   | 1   | 104,1 | 26,5 | 1,04 | 132   | 26,5  | 15,5  | 1,04 | 43,04 | 15,5  |       |      |     |       |  |  |

Figure 8 : Expérience de chaque prévisionniste au travers du nombre de jours de vigilance vécus au SPC GAD en astreinte programmée

|                         | Nombre de fausses alertes reçues depuis 1 <sup>er</sup> janv. 2020 |   |   |   |   |      |   |   |   |   |      |   |    |   |   | Total | Nombre d'alertes manquées reçues depuis 1 <sup>er</sup> janv. 2020 |   |   |   |      |    |   |   |      |   |   |   | Total | Nombre de fausses alertes / Nombre de jours vécus en vigilance |   |   |   |   | Nombre d'alertes manquées / Nombre de jours vécus en vigilance |   |         |         |         |         |         |         |         |      |         |         |         |         |
|-------------------------|--|---|---|---|---|------|---|---|---|---|------|---|----|---|---|-------|--|---|---|---|------|----|---|---|------|---|---|---|-------|--|---|---|---|---|--|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|---------|---------|---------|---------|
|                         | 2020   |   |   |   |   | 2021 |   |   |   |   | 2022 |   |    |   |   |       | 2020   |   |   |   | 2021 |    |   |   | 2022 |   |   |   |       | Nombre de fausses alertes / Nombre de jours vécus en vigilance |   |   |   |   | Nombre d'alertes manquées / Nombre de jours vécus en vigilance |   |         |         |         |         |         |         |         |      |         |         |         |         |
| Prévisionnistes         | J  | J | J | O | R | J    | J | J | O | R | J    | J | J  | O | R | J     | O  | R | T | J | O    | R  | J | O | R    | J | O | R | T     | J  | O | R | T | J | O  | R | T       |         |         |         |         |         |         |      |         |         |         |         |
| 18-1 - Prévisionniste 1 | 8  | 2 | 6 |   |   |      |   |   |   |   | 12   | 2 | 10 |   |   | 2     |  |   | 2 | 2 | 1    | 18 | 2 | 1 | 21   | 1 |   |   |       |  |   | 2 |   |   |  | 3 | 0       | 0       | 3       | 0,72    | 0,22222 | 1       | 0,6     | 0,12 | 0       | 0       | 0       | 0,08571 |
| 18-1 - Prévisionniste 2 |  |   |   |   |   |      |   |   |   |   | 9    | 6 | 3  |   |   | 2     |  |   | 2 |   |      | 5  | 0 | 0 | 5    |   |   |   |       |  |   |   |   | 0 | 0  | 0 | 0       | 0,20408 | 0       | 0       | 0,18182 | 0       | 0       | 0    | 0       | 0       |         |         |
| 18-1 - Prévisionniste 3 | 10   | 1 | 9 | 4 |   |      |   |   |   |   | 5    | 5 | 2  |   |   | 5     | 2  | 3 |   |   |      | 17 | 6 | 0 | 23   | 1 | 1 |   | 2     |  |   |   |   | 3 | 1  | 0 | 4       | 0,37363 | 0,45593 | 0       | 0,3899  | 0,06593 | 0,07599 | 0    | 0       | 0       | 0,06781 |         |
| 18-1 - Prévisionniste 4 |  |   |   |   |   |      |   |   |   |   |      |   |    |   |   | 2     | 1  | 1 |   |   |      | 1  | 0 | 0 | 1    |   |   |   |       |  |   |   |   | 0 | 0  | 0 | 0       | 0,66667 | 0       | 0       | 0,66667 | 0       | 0       | 0    | 0       | 0       | 0       |         |
| 18-2 - Prévisionniste 1 | 1  |   | 1 |   |   |      |   |   |   |   | 9    | 2 | 7  |   |   |       |  |   | 0 |   |      | 8  | 0 | 0 | 8    |   |   |   |       |  |   |   |   | 3 | 0  | 0 | 3       | 0,35556 | 0       | 0       | 0,2807  | 0,13333 | 0       | 0    | 0       | 0,10526 |         |         |
| 18-2 - Prévisionniste 2 | 2  | 2 | 0 |   |   |      |   |   |   |   | 7    | 3 | 4  | 2 |   | 4     |  |   | 8 |   |      | 8  | 2 | 0 | 10   |   |   |   |       |  |   | 1 |   | 5 | 0  | 0 | 5       | 0,46243 | 0,54054 | 0       | 0,46948 | 0,28902 | 0       | 0    | 0       | 0,23474 |         |         |
| 18-2 - Prévisionniste 3 | 7  |   |   | 7 | 1 |      |   |   |   |   | 4    | 1 | 3  |   |   |       |  |   | 0 |   |      | 10 | 1 | 0 | 11   | 3 |   |   |       |  |   | 1 |   | 4 | 0  | 0 | 4       | 0,52632 | 0,1     | 0       | 0,37931 | 0,21053 | 0       | 0    | 0       | 0,13793 |         |         |
| 18-2 - Prévisionniste 4 |  |   |   |   |   |      |   |   |   |   |      |   |    |   |   |       |  |   | 0 | 0 | 0    | 0  | 0 | 0 | 0    |   |   |   |       |  |   |   | 0 | 0 | 0  | 0 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0    |         |         |         |         |
| 20-1 - Prévisionniste 1 | 8  | 4 | 4 |   |   |      |   |   |   |   | 10   | 3 | 7  |   |   | 3     | 2  | 1 |   |   |      | 12 | 0 | 0 | 12   |   |   |   |       |  |   | 2 |   | 2 | 0  | 2 | 0,34783 | 0       | 0       | 0,28571 | 0,05797 | 0       | 0       | 0    | 0,04762 |         |         |         |
| 20-1 - Prévisionniste 2 | 5  |   |   | 5 |   |      |   |   |   |   | 5    | 3 | 2  |   |   | 7     | 4  | 3 | 2 | 1 |      | 10 | 2 | 1 | 13   |   |   |   |       |  |   | 1 |   | 1 | 0  | 0 | 1       | 0,55556 | 0,44444 | 1       | 0,55319 | 0,05556 | 0       | 0    | 0       | 0,04255 |         |         |
| 20-1 - Prévisionniste 3 |  |   |   |   |   |      |   |   |   |   |      |   |    |   |   | 2     | 2  |   |   |   |      | 2  | 0 | 0 | 2    |   |   |   |       |  |   |   |   | 0 | 0  | 0 | 0       | 0,30769 | 0       | 0       | 0,30769 | 0       | 0       | 0    | 0       | 0       |         |         |
| 20-1 - Prévisionniste 4 |  |   |   |   |   |      |   |   |   |   | 7    | 3 | 4  |   |   | 6     | 2  | 4 |   |   |      | 8  | 0 | 0 | 8    |   |   |   |       |  |   | 2 |   | 2 | 0  | 0 | 2       | 0,60015 | 0       | 0       | 0,60015 | 0,15004 | 0       | 0    | 0       | 0,15004 |         |         |
| 20-2 - Prévisionniste 1 | 6  |   |   | 6 |   |      |   |   |   |   | 3    | 1 | 2  |   |   | 4     | 2  | 2 |   |   |      | 10 | 0 | 0 | 10   | 1 |   |   |       |  |   | 2 |   | 3 | 0  | 0 | 3       | 0,46512 | 0       | 0       | 0,38462 | 0,13953 | 0       | 0    | 0       | 0,11538 |         |         |
| 20-2 - Prévisionniste 3 |  |   |   |   |   |      |   |   |   |   |      |   |    |   |   | 0     | 0  | 0 | 0 |   |      | 0  | 0 | 0 | 0    |   |   |   |       |  |   |   | 0 | 0 | 0  | 0 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0    | 0       |         |         |         |
| 20-2 - Prévisionniste 2 | 8  | 1 | 7 | 4 |   |      |   |   |   |   | 4    | 1 | 3  |   |   | 1     | 5  |   | 5 | 2 | 1    | 15 | 6 | 2 | 23   | 1 | 1 |   | 1     |  |   | 1 |   | 3 | 0  | 0 | 4       | 0,56604 | 0,3871  | 1,92308 | 0,53439 | 0,11321 | 0,06452 | 0    | 0       | 0,09294 |         |         |

Figure 9 : Nombre de fausses alertes et alertes manquées enregistrées par prévisionniste entre le 1er janvier 2020 et le 31 décembre 2022, et rapport avec le nombre de jours vécus en vigilance.

|             | Curiosité technique / capacité à innover sur la méthode | Doute personnel / Remise en question |
|-------------|---|--------------------------------------|
| Prévi 2     | 3   | 4                                    |
| Prévi 1     | 4   | 4                                    |
| Prévi 4     | 2   | 2                                    |
| Prévi 3     | 2   | 2                                    |
| <b>18.1</b> | <b>2,5</b>  | <b>3</b>                             |
|             | 2,75  | 3                                    |

|             | Curiosité technique / capacité à innover sur la méthode | Doute personnel / Remise en question |
|-------------|---|--------------------------------------|
| Prévi 4     | 3   | 3                                    |
| Prévi 2     | 1   | 2                                    |
| Prévi 3     | 1   | 1                                    |
| Prévi 1     | 4   | 3                                    |
| <b>18.2</b> | <b>2</b>  | <b>2,5</b>                           |
|             | 2,25  | 2,25                                 |

|             | Curiosité technique / capacité à innover sur la méthode | Doute personnel / Remise en question |
|-------------|---|--------------------------------------|
| Prévi 3     | 4   | 2                                    |
| Prévi 2     | 4   | 4                                    |
| Prévi 1     | 4   | 3                                    |
| Prévi 4     | 4   | 4                                    |
| <b>20.1</b> | <b>4</b>  | <b>3,5</b>                           |
|             | 4   | 3,25                                 |

|             | Curiosité technique / capacité à innover sur la méthode | Doute personnel / Remise en question |
|-------------|---|--------------------------------------|
| Prévi 3     | 2   | 2                                    |
| Prévi 2     | 2   | 1                                    |
| Prévi 1     | 4   | 4                                    |
| <b>20.2</b> | <b>2</b>  | <b>2</b>                             |
|             | 2,67  | 2,33                                 |

Figure 10: Analyse individuelle de la capacité d'innovation et de la remise en question, réalisée par le chef du SPC GAD.

## ANNEXE 2 – ANALYSE DE CRITÈRES PRÉFIGURANT LA CAPACITÉ DE COOPÉRATION

| Evaluation de la capacité au travail collectif de l'équipe |  |                             |  |  |                |                    |
|--|--|-----------------------------|--|--|----------------|--------------------|
|  | Capacité individuelle à travailler en équipe | Relations interpersonnelles | Habitudes de travail collective en tant que prévisionniste | Remise en question collective/Doute mutuelle | Partage d'info | Score par équipe   |
| Prévi 1  | 4  |                             |  |  |                |                    |
| Prévi 2  | 4  |                             |  |  |                |                    |
| Prévi 3  | 1  |                             |  |  |                |                    |
| Prévi 4  | 2  |                             |  |  |                |                    |
| <b>18.1</b>  | <b>3</b>                                     | <b>4</b>                    | <b>1</b>   | <b>4</b>                                     | <b>3</b>       | <b>15</b>          |
|  | <b>2,75</b>                                  | <b>4</b>                    | <b>1</b>   | <b>4</b>                                     | <b>3</b>       | <b>14,75</b>       |
| Prévi 1  | 4  |                             |  |  |                |                    |
| Prévi 2  | 1  |                             |  |  |                |                    |
| Prévi 3  | 1  |                             |  |  |                |                    |
| Prévi 4  | 4  |                             |  |  |                |                    |
| <b>18.2</b>  | <b>2,5</b>                                   | <b>3</b>                    | <b>4</b>   | <b>2</b>                                     | <b>1</b>       | <b>12,5</b>        |
|  | <b>2,5</b>                                   | <b>3</b>                    | <b>4</b>   | <b>2</b>                                     | <b>1</b>       | <b>12,5</b>        |
| Prévi 1  | 2  |                             |  |  |                |                    |
| Prévi 2  | 4  |                             |  |  |                |                    |
| Prévi 3  | 3  |                             |  |  |                |                    |
| Prévi 4  | 4  |                             |  |  |                |                    |
| <b>20.1</b>  | <b>3,5</b>                                   | <b>2</b>                    | <b>2</b>   | <b>2</b>                                     | <b>4</b>       | <b>13,5</b>        |
|  | <b>3,25</b>                                  | <b>2</b>                    | <b>2</b>   | <b>2</b>                                     | <b>4</b>       | <b>13,25</b>       |
| Prévi 1  | 4  |                             |  |  |                |                    |
| Prévi 2  | 1  |                             |  |  |                |                    |
| Prévi 3  | 3  |                             |  |  |                |                    |
| <b>20.2</b>  | <b>3</b>                                     | <b>1</b>                    | <b>3</b>   | <b>1</b>                                     | <b>1</b>       | <b>9</b>           |
|  | <b>2,67</b>                                  | <b>1</b>                    | <b>3</b>   | <b>1</b>                                     | <b>1</b>       | <b>8,666666667</b> |

Figure 11: Analyses individuelle des capacités à travailler en collectif, et collective de critères semblant indispensables pour qu'un groupe travaille bien ensemble. Ces analyses ont été réalisées par le chef du SPC GAD, qui réalise l'entretien professionnel de tous les agents sur le volet prévision des crues.

| Nombre de fois où les prévisionnistes d'une même équipe ont été d'astreinte ensemble entre 1 <sup>er</sup> janvier 2020 et 18 octobre 2022 |   |   |      |      |      |      |      |  |  |
|--|---|---|------|------|------|------|------|--|--|
| <b>Equipe 18-1</b>   |   |   |      |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 1  | 0 | 2 | 0    | 0    | 0,67 |      |      |  |  |
| Prévi 2  | 0 | 4 | 1    | 1    | 1,67 |      |      |  |  |
| Prévi 3  | 2 | 4 | 0    | 0    | 2,00 |      |      |  |  |
| Prévi 4  | 0 | 1 | 0    |      | 0,33 |      |      |  |  |
|  |   |   |      |      | 1,17 |      | 1,53 |  |  |
| <b>Equipe 20-1</b>   |   |   |      |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 1  | 3 | 3 | 0    | 2    | 1,67 |      |      |  |  |
| Prévi 2  | 3 | 0 | 2    | 1    | 1,67 |      |      |  |  |
| Prévi 3  | 0 | 0 | 0    | 0    | 0,00 |      |      |  |  |
| Prévi 4  | 2 | 2 | 0    |      | 1,33 |      |      |  |  |
|  |   |   |      |      | 1,17 |      | 1,27 |  |  |
| <b>Equipe 18-2</b>   |   |   |      |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 1  | 9 | 2 | 1    | 4,00 |      |      |      |  |  |
| Prévi 2  | 9 | 3 | 0    | 4,00 |      |      |      |  |  |
| Prévi 3  | 2 | 3 | 0    | 1,67 |      |      |      |  |  |
| Prévi 4  | 1 | 0 | 0    | 0,33 |      |      |      |  |  |
|  |   |   |      | 2,50 |      | 3,23 |      |  |  |
| <b>Equipe 20-2</b>   |   |   |      |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 1  | 5 | 5 | 0    | 2,50 |      |      |      |  |  |
| Prévi 2  | 5 | 1 | 3,00 |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 3  | 0 | 1 | 0,50 |      |      |      |      |  |  |
|  |   |   | 2,00 | 2,37 |      |      |      |  |  |
| Relations interpersonnelles entre les membres des équipes  |   |   |      |      |      |      |      |  |  |
| <b>Equipe 18-1</b>   |   |   |      |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 1  | 4 | 1 | 2    |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 2  | 4 | 1 | 1    |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 3  | 1 | 1 | 2    |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 4  | 2 | 1 | 2    |      |      |      |      |  |  |
|  |   |   |      | 1,83 |      |      |      |  |  |
| <b>Equipe 20-1</b>   |   |   |      |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 1  | 1 | 2 | 2    |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 2  | 1 | 1 | 1    |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 3  | 2 | 1 | 2    |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 4  | 2 | 1 | 2    |      |      |      |      |  |  |
|  |   |   |      | 1,5  |      |      |      |  |  |
| <b>Equipe 18-2</b>   |   |   |      |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 1  | 1 | 1 | 2    |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 2  | 1 | 2 | 2    |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 3  | 1 | 2 | 2    |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 4  | 2 | 2 | 2    |      |      |      |      |  |  |
|  |   |   |      | 1,67 |      |      |      |  |  |
| <b>Equipe 20-2</b>   |   |   |      |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 1  | 1 | 2 |      |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 2  | 1 | 1 |      |      |      |      |      |  |  |
| Prévi 3  | 2 | 1 |      |      |      |      |      |  |  |
|  |   |   |      | 1,33 |      |      |      |  |  |

Figure 12 : Détail de l'analyse des relations interpersonnelles entre prévis et des habitudes de travail en prévision des crues