

STATISTIQUES HYDROLOGIQUES EN CRUE : DE LA BANQUE HYDRO A L’HydroPortail

Flood statistics : from Banque HYDRO to HydroPortail

Auteurs : : AUDOUY Jean-Nicolas^{1*}, PITSCH Stéphanie², RENARD Benjamin³, CHALEON Carine⁴

*** auteur correspondant**

¹Service Central d’Hydrométéorologie et d’Appui à la Prévision des Inondations - Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires – 42 avenue Gaspard Coriolis 31057 Toulouse cedex 1, France, e-mail : jean-nicolas.audouy@developpement-durable.gouv.fr

²Service Central d’Hydrométéorologie et d’Appui à la Prévision des Inondations - Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires – 42 avenue Gaspard Coriolis 31057 Toulouse cedex 1, France, e-mail : stephanie.pitsch@developpement-durable.gouv.fr

³INRAE, RECOVER, Aix-Marseille Université – 3275 Route de Cézanne 13182 AIX EN PROVENCE CEDEX 5, e-mail : benjamin.renard@inrae.fr

⁴Direction Régionale et Interdépartementale de l’Environnement de l’Aménagement et des Transports d’Île de France - Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires - 21 Rue Miollis 75732 Paris Cedex 15, e-mail : carine.chaleon@developpement-durable.gouv.fr

Résumé : La connaissance des caractéristiques et statistiques des crues, en particulier concernant le débit de pointe, revêt une importance capitale pour la gestion des inondations, que ce soit avant que la crue survienne, dans le cadre de la prévention et de la préparation à la gestion de la crise, ou après la crue (caractérisation de l’événement, traitement des demandes de reconnaissance en état de catastrophe naturelle...).

L’ancienne Banque Hydro mettait déjà à disposition sur Internet depuis le début des années 2000 ce type de données, calculées d’après les chroniques de débit produites par les services de l’Etat (unités d’hydrométrie) et certains producteurs de données hydrométriques dits externes (collectivités et opérateurs tels qu’Electricité de France ou la Compagnie Nationale du Rhône).

Le développement de l’HydroPortail et son avènement en remplacement de la Banque Hydro le 25 janvier 2022 ont constitué l’occasion d’enrichir les informations et fonctionnalités offertes aux utilisateurs, concernant le calcul et l’accès aux débits statistiques, et en particulier aux débits statistiques de crue via un module spécifique intégré à la plate-forme.

Mots-clefs : HydroPortail, débits statistiques de crue, périodes de retour

Abstract : The estimation of statistics describing floods in general and their peak discharge in particular is very important for flood management. The latter includes actions taken before the event to prevent and prepare for the crisis as well as afterwards to determine the event's characteristics and decide whether a territory should be declared in a state of « natural disaster » (which will enable better compensations).

The former French « Banque Hydro » platform already provided such statistics since the beginning of the 2000s. These values were calculated using discharge series produced by the national services (hydrometric teams) and other entities called « hydrometric external producers » (local authorities or companies like « Electricité de France » or the « Compagnie Nationale du Rhône »).

The development of the HydroPortail platform in replacement of the former Banque Hydro (since 2022 January 25th) provided an opportunity to enrich information and functionalities offered to users in terms of calculation and access to discharge statistics, especially flood-related ones. This was achieved by developing a dedicated plug-in now integrated into the platform.

Keywords: HydroPortail, flood statistics, return periods

1. LES DEBITS STATISTIQUES DE CRUE, UNE DONNEE CAPITALE PRE- ET POST-EVENEMENT

Les statistiques hydrologiques participent pleinement de la connaissance des cours d'eau et de l'estimation des valeurs que peuvent prendre leurs débits. C'est particulièrement vrai s'agissant des crues dans les domaines de la prévention du risque inondation, de la préparation à la gestion de crise et aussi post-événement. On se focalise sur les statistiques en débit qui, contrairement à celles que l'on pourrait calculer sur des hauteurs, sont les seules représentatives et physiquement conservatives pour un cours d'eau ou un tronçon suffisamment long.

Pour ce qui est de la prévention du risque inondation ou la gestion de crise, les études comprennent systématiquement un volet hydrologique avec une partie statistique où l'on se demande : quelle est la période de retour des crues historiques les plus fortes ? Quelle serait une crue de référence ? Quels seraient les débits pour des crues plus rares ou intermédiaires entre les crues fréquentes bien connues et les crues de référence du secteur ?

Par exemple, le débit instantané maximal de crue de période de retour 100 ans est capital pour déterminer le débit de référence d'un Plan de Prévention des Risques d'Inondation et les cartographies de l'aléa associé puis du risque (croisement aléa-enjeux). Le PPRI contrôle l'adaptation de l'urbanisme au risque ; il est également utilisé pour élaborer les Plans Communaux de Sauvegarde (PCS) des collectivités concernées. La directive Inondation a étendu l'étude du risque à un aléa “extrême” (de l'ordre d'une période de retour de 1000 ans) permettant de vérifier la résilience d'un territoire à une catastrophe dont on estime qu'il serait trop coûteux de se protéger.

De même, les analyses coûts-bénéfices (ACB) nécessaires aux autorisations (et financements) d'aménagements de protection contre les inondations utilisent ces mêmes statistiques sur une large gamme de périodes de retour (depuis des crues très fréquentes d'ordre annuel ou biennal à des crues rares d'ordre centennal ou largement au-delà).

Plus largement, le dimensionnement de tout aménagement proche d'un cours d'eau doit être effectué en tenant compte d'un niveau de risque acceptable selon l'aménagement (par exemple une période de retour de 50 ans pour une station d'épuration, à 10 000 ans pour le risque de rupture d'un barrage réservoir).

Dans le domaine de la gestion de crise inondation et de manière plus spécifique pour les tronçons de cours d'eau surveillés par l'Etat (Vigicrues), les débits de crue de différentes périodes de retour (2 ans, 10 ans, 50 ans...) font partie des données utilisées pour déterminer les niveaux de vigilance associés aux stations de référence de ces tronçons. La préparation à

la gestion de crise (Etat mais également collectivités) est alors proportionnée à l’ampleur de l’aléa, déterminée en partie via les statistiques de crue. Ces différents aléas permettent également de construire des cartes de zones inondées potentielles correspondant à ces niveaux de crues, et donc d’améliorer la communication en crise, mais également la préparation à la gestion de crise en repérant à l’avance les sites les plus sensibles ou le positionnement préférentiel des moyens de secours.

Enfin, post-événement, outre une amélioration globale des connaissances et de la gestion de crise, la connaissance du positionnement de la crue dans les statistiques permet le traitement des demandes de classement en état de catastrophe naturelle (CATNAT). En effet, les rapports adressés à la commission interministérielle doivent comporter une estimation de la période de retour de la crue, ou tout au moins de pouvoir la positionner par rapport à la crue décennale, valeur utilisée comme référence pour le classement de la ou des commune(s) concernée(s) en état de catastrophe naturelle. Ce travail devant être réalisé par les services de l’Etat (en général les Services de Prévision des Crues – SPC - ou les Unités d’Hydrométrie - UH), souvent avec un délai contraint (CATNAT d’urgence) et/ou sur un territoire assez vaste, la connaissance préalable la plus fiable et documentée possible du débit de la crue décennale sur le maximum de point de mesures permet alors de gagner un temps précieux pour la décision et donc les indemnisations.

Le fait de disposer de débits statistiques de la manière la plus aisée et rapide possible, sur le nombre de cours d’eau le plus large possible et avec le maximum de maîtrise et de connaissance de leur méthode de calcul et de leurs incertitudes est donc capital pour l’ensemble de ces actions en rapport avec les crues.

2. CALCUL ET MISE A DISPOSITION DES DEBITS STATISTIQUES DE CRUE : DE LA BANQUE HYDRO A L’HYDROPORTAIL ET SON MODULE “STATISTIQUES”

2.1 Les statistiques de crue dans la Banque Hydro

Historiquement, la Banque Hydro permettait déjà, depuis 1998 pour les utilisateurs professionnels via son client lourd, puis depuis le début des années 2000 directement sur Internet pour tous les utilisateurs, un accès gratuit aux données et statistiques hydrologiques.

Concernant les crues, plusieurs procédures étaient disponibles :

- La procédure « CRUCAL » permettait d’accéder au détail de l’analyse automatique et de réaliser sa propre analyse des débits maxima instantanés ou journaliers de crue à l’échelle annuelle ou saisonnière;
- La procédure « TOUSQIX », disponible uniquement sur le client lourd, permettait d’avoir une analyse plus détaillée des maxima mensuels et annuels, utile notamment pour étudier plus finement les crues et leur saisonnalité.

Le paramétrage des calculs de la procédure CRUCAL était cependant restreint. Pour la constitution de l’échantillon, l’utilisateur n’avait en effet la main que sur les dates de début et de fin et le paramétrage de la saison hydrologique (mois ou groupes de mois) sur laquelle portait le calcul tandis que pour l’ajustement statistique, la loi de Gumbel était la seule loi

adaptée à ce type de variable à être proposée et utilisée, alors qu’on sait qu’elle n’est pas la plus pertinente sous certains régimes hydrologiques, notamment en zone méditerranéenne. L’échantillon parfois court des débits instantanés maxima était par contre automatiquement étoffé en considérant la chronique généralement plus longue des débits moyens journaliers et en appliquant un rapport de pointe calculé sur les plus forts maxima annuels. Cela présentait cependant l’inconvénient que beaucoup d’utilisateurs, y compris certains professionnels, prenaient ces débits maxima instantanés calculés fictifs pour les vrais maxima instantanés des années concernées, ceux-ci étant pourtant rigoureusement inconnus et de valeur très certainement différente dans la réalité.

Les valeurs issues de la procédure CRUCAL étaient toutefois déjà accompagnées d’un intervalle de confiance (à 95% par défaut) et cette procédure comportait une fonctionnalité d’estimation interactive de la période de retour d’un débit donné et du débit associé à une période de retour donnée.

Les paramètres, quantiles et intervalles de confiance issus de la procédure CRUCAL automatique sur les débits maxima journaliers et annuels étaient enfin repris dans la fiche de synthèse de chaque station.

2.2 Le nouveau module statistique de l’HydroPortail : caractéristiques générales

Depuis le 25 janvier 2022, l’HydroPortail a remplacé définitivement la Banque Hydro via la même adresse Internet (<https://www.hydro.eaufrance.fr>), ce qui a marqué l’aboutissement de l’opération HYDRO3. Parmi les nombreux travaux liés à cette opération et au développement de l’HydroPortail et comme déjà évoqué par Dufeu et al. [1] en 2022, le calcul des statistiques hydrologiques a fait l’objet d’un groupe de travail associant des agents du réseau Vigicrues et des spécialistes de l’hydrologie statistique d’INRAE entre 2016 et 2021. Leur but était de refondre, moderniser et étendre les possibilités de calcul des statistiques hydrologiques. Ce travail a abouti à la création du module « statistiques » de l’HydroPortail.

Ce module statistique comprend :

- Un cœur de calcul statistique codé en R, disponible également sous la forme du package séparé HydroPortailStats installable directement depuis R, ouvert et libre d’utilisation [2], pour permettre des calculs statistiques hors ligne à l’identique de l’HydroPortail (utile dans le cadre d’études hydrologiques plus poussées ou en masse) ;
- Une interface totalement repensée, avec une présentation qui permet de mettre en exergue et paramétrer de manière plus souple et rigoureuse les différentes étapes d’un calcul statistiques (choix des données pour la constitution d’un échantillon, statistiques descriptives de l’échantillon, choix de la loi statistique et résultat du calcul, cf. Figure 1 ci-après) suivant 3 grandes catégories hydrologiques : « Toutes eaux », « Basses eaux » et « Hautes eaux ». Pour chacune de ces étapes, les différents résultats, dont l’échantillon lui-même et les résultats de l’ajustement statistique, sont facilement exportables sous forme de fichiers au format image pour les graphes et au format texte

.csv pour les tableaux, qui peuvent donc être réutilisés et remis en forme aisément dans un tableur séparé le cas échéant ;

Accueil / Entités hydrométriques / 5221 / 0001

Site hydrométrique - 5221 0001 : Le Maroni [Le Lawa] à Maripasoula - Statistiques

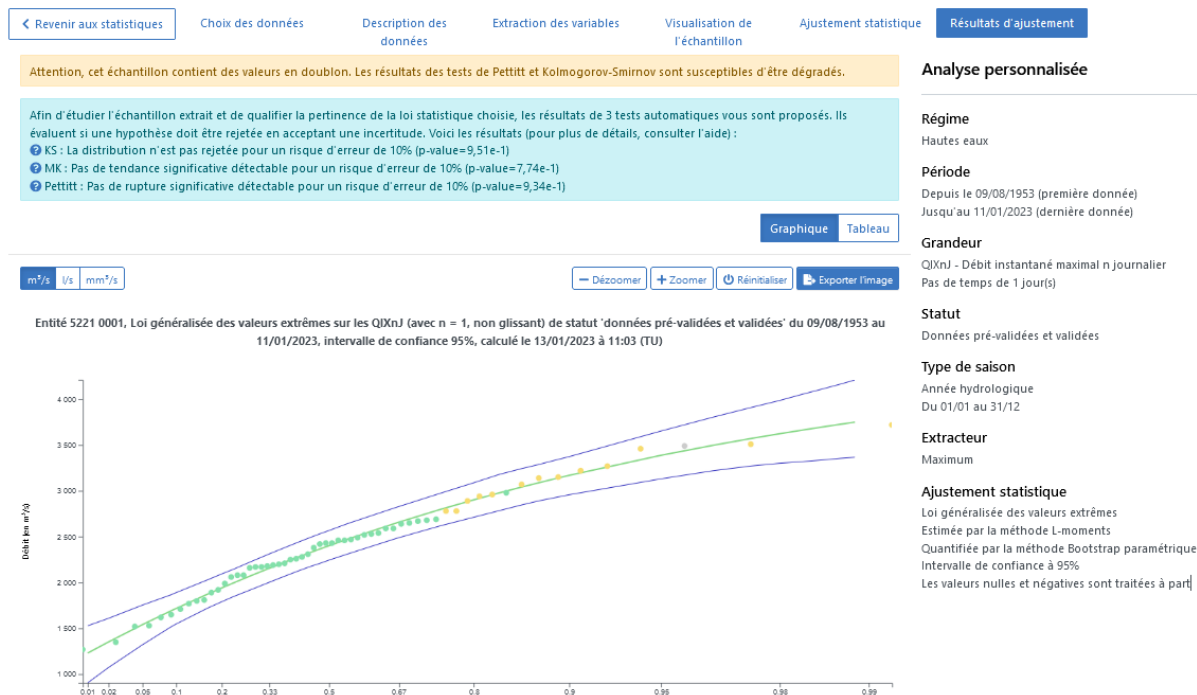


Figure 1: Module statistiques de l'HydroPortail: aperçu d'un ajustement et de ses différentes étapes de calcul

- La capacité pour l'utilisateur et comme dans la Banque Hydro, d'effectuer ses propres calculs, mais avec une gamme plus étendue en ce qui concerne à la fois :
 - (1) Les grandeurs accessibles, avec la possibilité nouvelle notamment de réaliser des statistiques sur des durées ou des quantiles de débit et plus seulement des moyennes ou des extrema (minimum ou maximum) de débit ;
 - (2) Le paramétrage de l'échantillon (possibilité de retirer certaines valeurs) et son analyse synthétique (accessible dans l'onglet visualisation de l'échantillon) ;
 - (3) Les lois statistiques, le choix n'étant plus limité aux seules lois de Gauss, de Galton et de Gumbel proposées par la Banque Hydro mais incluant également, en fonction du régime (basses eaux, toutes eaux ou hautes eaux) et de la grandeur étudiée, d'autres lois adaptées, telles que la loi GEV, plus générale et mieux adaptée notamment à l'hydrologie méditerranéenne, dans le cas des crues ;
- Un cadre méthodologique cohérent et documenté [3], optimisé pour la majorité des entités présentes en base. Par défaut, la méthode des L-Moments (estimation des paramètres) et la technique du Bootstrap paramétrique (quantification des incertitudes) sont utilisées pour toutes les variables et toutes les distributions en raison de leur robustesse et de leur adaptabilité à la quasi-totalité des cas. D'autres méthodes sont néanmoins disponibles en mode "avancé" ;
- La possibilité offerte aux producteurs de données d'enregistrer leurs propres analyses personnalisées et de les rendre ou non accessibles au public ;

- L’inclusion de tests statistiques permettant de juger de la pertinence de la loi choisie et d’alerter l’utilisateur sur l’existence d’éventuelles ruptures ou tendances dans la série de données étudiée pouvant provenir de causes diverses (incertitudes hydrométriques, aménagement(s) sur le cours d’eau ou son bassin versant, premiers effets visibles du changement climatique...) ;
- L’existence d’analyses dites « de référence » pour chaque point de mesure, ayant vocation à être validées par les producteurs de données et mises à disposition de tous.

L’hydrologue pressé comme le producteur néophyte sont en effet confrontés à de nombreux pièges lorsqu’ils cherchent à établir des ajustements statistiques ou à déterminer la période de retour d’un événement. La refonte de l’interface fournit une première boîte à outil et impose à l’utilisateur des temps de réflexion aux étapes clés. Par ailleurs, des supports pédagogiques (aide en ligne, document d’auto formation) sont proposés à l’utilisateur. Tout ceci constitue une avancée et une nouveauté majeures par rapport à la Banque Hydro.

Bien que de manière parfois notablement différente, les fonctionnalités statistiques de l’HydroPortail permettent en outre de retrouver un équivalent pour la quasi-totalité des calculs offerts par les anciennes procédures de la Banque Hydro, même si quelques procédures ou certains calculs tels que l’utilisation du rapport de pointe des crues pour étoffer les échantillons de débits de pointe instantanés de crue en utilisant les débits journaliers ou l’estimation interactive des périodes de retour n’ont pas encore été repris à ce jour. Pour plus de détails, une correspondance est accessible à tous sur le site de l’HydroPortail [4] entre les anciennes procédures de la Banque Hydro et les possibilités d’analyse équivalentes offertes par l’HydroPortail.

2.3 Les statistiques de crue dans l’HydroPortail

Concernant les crues, correspondant à la rubrique “Hautes Eaux” de l’onglet « Statistiques » de chaque site ou station hydrométrique, les deux analyses statistiques concernant les débits maxima annuels de crue instantanés et journaliers sur l’année hydrologique, anciennement disponibles via la procédure « CRUCAL » de la Banque Hydro font partie des analyses statistiques de référence dont un équivalent est repris dans l’HydroPortail au niveau de la fiche de synthèse de chacun des sites et stations hydrométriques.

Le détail de ces analyses, comme celui des analyses personnalisées que chacun peut réaliser, est particulièrement riche, en particulier en ce qui concerne les caractéristiques d’un échantillon, avec des représentations graphiques de la chronique des crues, de leur saisonnalité, de leur répartition selon des fréquences empiriques. Le graphe le plus à gauche de la Figure 2 ci-après, tirée d’une analyse des débits maxima journaliers annuels (QJ-X) pour l’Isère à Grenoble, permet par exemple d’identifier au premier coup d’œil la double saisonnalité des crues, conjonction ou succession de plusieurs phénomènes : ici la fonte des neiges (mai et juin) et les ruissellements associés aux précipitations liquides, y compris l’hiver sur les parties de ce bassin situées à une altitude peu élevée.

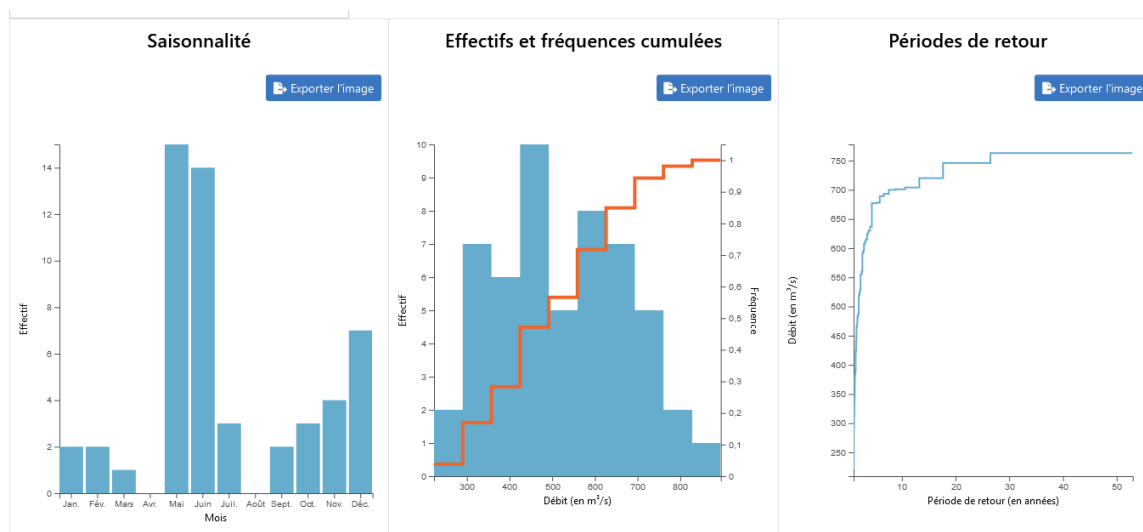


Figure 2 : Echantillon des débits journaliers maxima (QJ-X) de l'Isère à Grenoble : saisonnalité et fréquences empiriques (étape « visualisation de l'échantillon »)

De la même façon, le tableau des maxima instantanés mensuels et interannuels observés (ancienne procédure TOUSQIX) a été repris, en étant largement complété par rapport à l'ancienne Banque Hydro, avec notamment des infos-bulles facilitant le repérage des dates. Cette analyse permet d'identifier très vite l'ensemble des crues importantes d'une année donnée ; ces événements indépendants sont masqués dans les analyses statistiques de référence qui ne retiennent qu'un seul maxima annuel (par défaut l'année hydrologique, souvent définie de septembre à fin août). Ainsi par exemple (Figure 3), dans le cas de la Mauldre à Aulnay, durant la période 1999-2001 particulièrement riche en crues, avec ce tableau on repère très vite les crues de mars 2001 (la 3ème sur 46 années complètes), juillet 2001 (la 5ème), décembre 1999 (la 7ème) qui ne figurent pas dans l'échantillon de l'ajustement hydrologique de référence.

L'HydroPortail facilite également la construction ou du moins le contrôle d'hydrogrammes de crues synthétiques en permettant de réaliser des ajustements sur des durées correspondant au dépassement de débits fixés par l'utilisateur (exemple du nombre de jour annuel où le débit moyen journalier a dépassé 120 m³/s pour le Loing à Episy sur la Figure 4). Il s'agit de durées cumulées sur la saison étudiée (par défaut l'année hydrologique), ce qui nécessite certaines précautions d'emploi. Ces analyses sont particulièrement utiles pour créer des hydrogrammes de projet, les dimensionnements ou Analyses Coûts Bénéfices (ACB) d'aménagements, des cartes de Zones Inondables Potentielles (les ZIP visibles, lorsqu'elles sont disponibles, dans l'onglet « Zone inondable » dans Vigicrues) et utilisées par les gestionnaires de crise sous des formes adaptées.

On notera que l'HydroPortail grand public limite volontairement l'affichage des ajustements à 90 ans ou, si la chronique est trop courte, à une période de retour égale à 2,5 fois la taille de l'échantillon. En effet, l'étude de périodes de retour plus grandes nécessite des études hydrologiques plus complètes ou tout au moins une interprétation prudente des résultats. Ainsi, seuls les producteurs de données, via la plate-forme de l'HydroPortail qui leur est dédiée, ont accès à un ajustement prolongé jusqu'à une période de retour égale à 4 fois la taille de l'échantillon. Ils ont donc un accès à la crue centennale dès qu'il y a plus de 25 valeurs dans celui-ci, avec indication d'une zone de plus grande incertitude en grisé pour les périodes de retour supérieures à 2 fois la taille de l'échantillon.

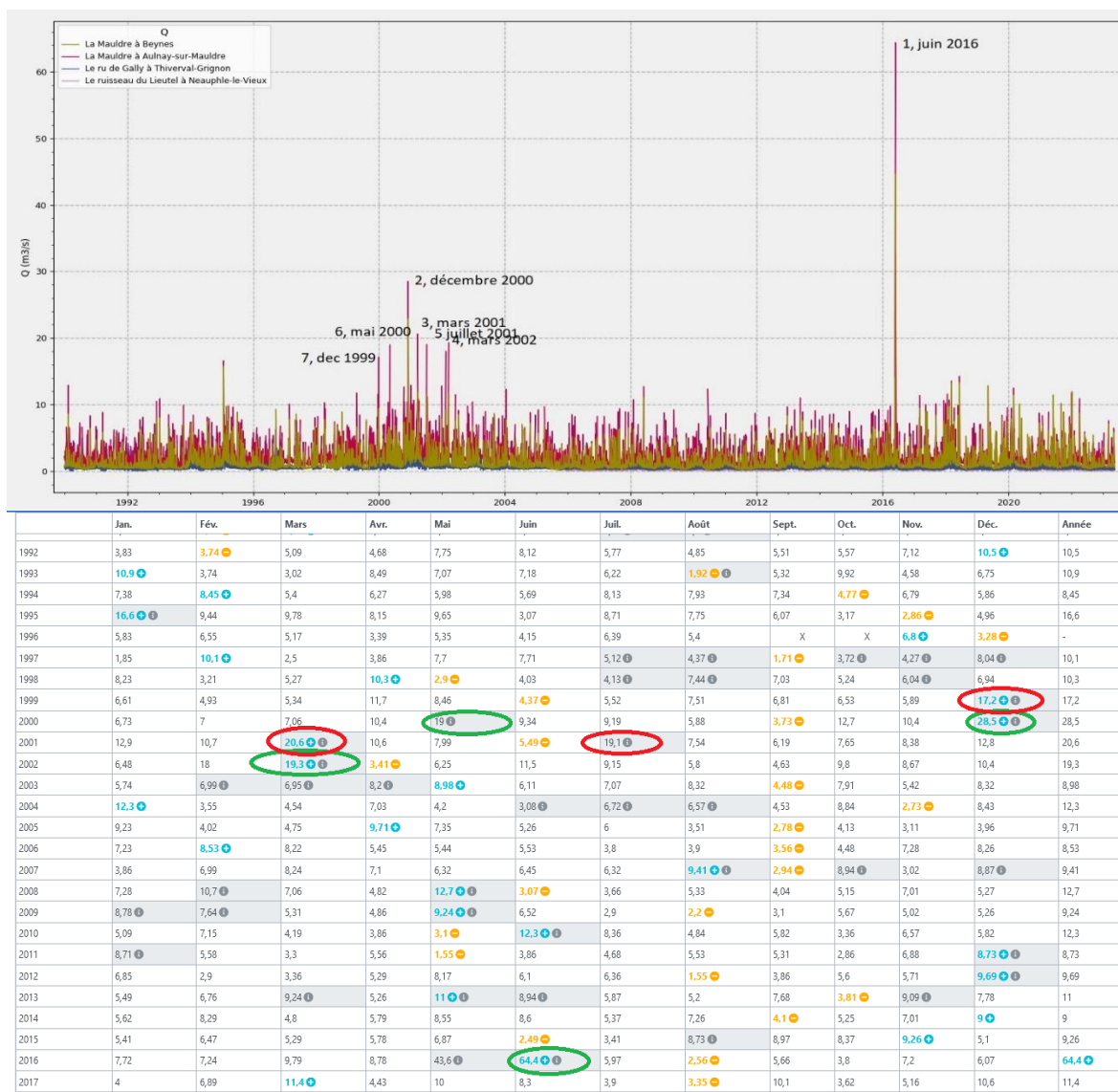


Figure 3: En haut : chronique des débits instantanés (graphe issu du logiciel Octave) ; En bas : extrait du tableau des maxima instantanés annuels de l'HydroPortail (QIXM, en vert les valeurs retenues dans l'échantillon de l'analyse de référence Q-X) de la Mauldre à Aulnay/Mauldre (375km²)

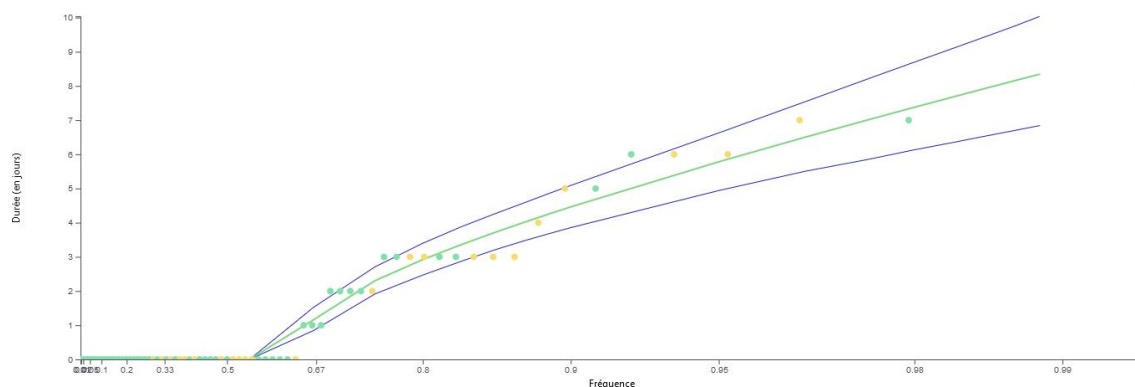


Figure 4: Ajustement selon une loi Pearson III des durées cumulées (nombre de jour) où le débit journalier a dépassé 120 m³/s sur le Loing à Episy (3900 km²)

3. DES FONCTIONNALITÉS CARTOGRAPHIQUES POUR UNE VUE D'ENSEMBLE SUR UN TERRITOIRE

De manière totalement nouvelle par rapport à la Banque Hydro, des fonctionnalités cartographiques sont accessibles via le menu « Cartes Hydrologiques ».

Ces cartes hydrologiques sont de 3 types :

- Des cartes de données qui permettent de visualiser des valeurs de débit à un instant ou sur une période donnée : pour les crues (« hautes eaux »), on peut par exemple visualiser le débit maximal instantané ou Q-X sur une période couvrant plusieurs jours ;
- Des cartes de statistiques permettant de visualiser certains débits statistiques ou caractéristiques particuliers issus des analyses de référence de chaque site ou station : pour les crues, on trouve par exemple les débits maxima annuels de débit moyen journalier et instantané de période de retour T choisie (QJ-X(T) et Q-X(T)) ;
- Des cartes comparatives des données aux statistiques qui permettent de replacer les conditions hydrologiques rencontrées à un moment donné dans le champ des possibles hydrologiques : pour les crues, on peut par exemple comparer (sous la forme d'un ratio) le débit instantané maximum sur la période choisie au maximum annuel des débits instantanés de la période de retour T choisie.

On peut accéder au détail d'un point de mesure en cliquant sur la pastille associée sur la carte et les données affichées sur la carte sont également consultables sous forme de tableau. Ces données sont par ailleurs exportables sous forme de couche géographique au format GeoJson ou de tableau au format texte (.csv), permettant à l'utilisateur de leur appliquer une mise en forme personnalisée via un logiciel de SIG ou un tableur.

Tout cela peut permettre à l'utilisateur de réaliser plus aisément des analyses synthétiques à différentes échelles territoriales et repérer les secteurs les plus réactifs à certains épisodes comme, en Figure 5, les crues de juillet 2021 dans le nord-est de la France survenues durant une période où l'on se situe habituellement plutôt en étiage sur ces stations.

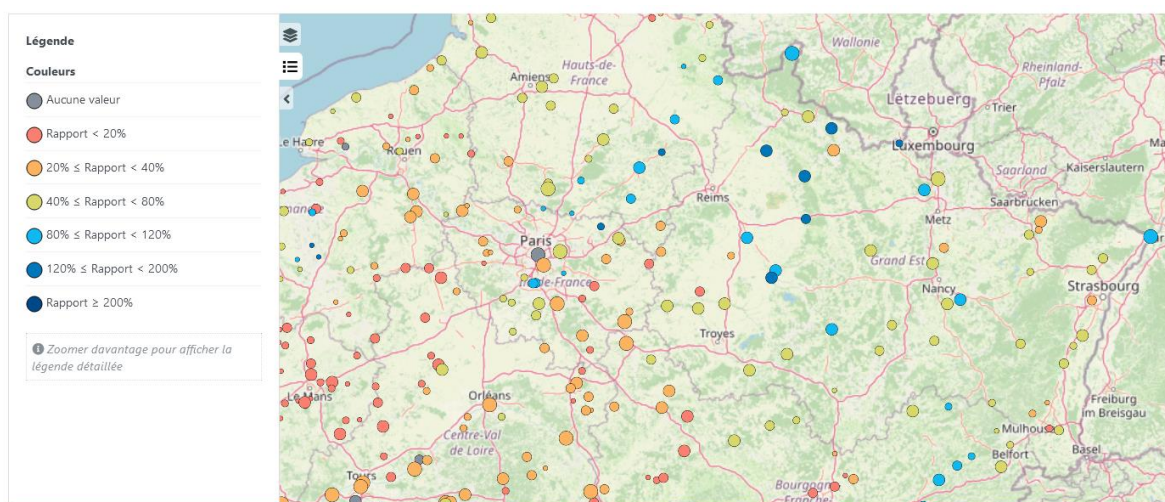


Figure 5: Comparaison des débits instantanés maximaux Q-X mesurés du 10 au 23/07/2021 aux débits instantanés quinquennaux annuels (Q-X(5))

4. PERSPECTIVES

Comme l’ensemble de la plate-forme, les fonctionnalités hydrologiques et statistiques offertes par l’HydroPortail sont amenées à évoluer progressivement et à s’enrichir pour répondre au mieux aux besoins des utilisateurs.

Parmi les évolutions qui pourraient être envisagées à court ou moyen terme, c’est-à-dire dans les prochaines années, on peut notamment citer, pour ce qui intéresse plus particulièrement les crues :

- L’estimation interactive, au sein de chaque analyse statistique, de la période de retour associée à un débit donné et vice versa, qui était disponible dans la Banque Hydro et n’a pas encore été reprise à ce jour ;
- L’ajout d’estimations utilisant un échantillonnage par valeurs supérieures à un seuil (SUP-SEUIL) en complément de l’approche par valeurs maximales annuelles (MAX-AN) actuellement seule utilisée pour les débits de crue : les distributions statistiques adaptées sont d’ores et déjà disponibles dans le cœur de calcul, il reste à implémenter le traitement des chroniques pour extraire les pics SUP-SEUIL ;
- L’ajout d’options supplémentaires permettant un calage plus adapté de la loi GEV : l’ajout de cette distribution est une évolution importante qui était nécessaire dans certaines régions. Cependant, cette distribution à trois paramètres est plus difficile à estimer que la loi de Gumbel qui était majoritairement utilisée jusqu’ici, conduisant à des incertitudes beaucoup plus fortes. Une solution pour remédier à ce problème serait de contraindre le troisième paramètre en fonction notamment de la région hydro-climatique ;
- L’ajout d’un lien direct vers l’outil SHYREG (<https://shyreg.recover.inrae.fr/>), qui donne une estimation des débits statistiques des crues à partir des pluies sur un grand nombre d’exutoires non jaugés et se trouve complémentaire d’HydroPortail pour permettre de comparer les estimations des deux outils sur site jaugé.

De manière générale, de nombreux autres outils pourraient être proposés, mais la question se pose de savoir s’ils devraient être intégrés à l’HydroPortail ou fournis comme des outils externes. Parmi ces outils on peut citer: les techniques permettant d’incorporer des données non exhaustives de type “crues historiques” remontant parfois à plusieurs siècles, l’estimation Bayésienne qui serait utile pour contraindre le troisième paramètre de la GEV comme indiqué ci-dessus via une distribution a priori, des outils pour mieux utiliser les incertitudes estimées dans des problématiques opérationnelles (par exemple arrêté CATNAT basé sur la comparaison entre un débit observé incertain et une estimation incertaine du débit décennal), etc.

5. REFERENCES

- [1] Elodie Dufeu, Frederic Mougin, Anouck Foray, Martine Baillon, Remi Lamblin, Fabrice Hebrard, Carine Chaleon, Sebastien Romon, Laurent Cobos, Philippe Gouin, Jean-Nicolas Audouy, Renaud Martin & Stephanie Poligot-Pitsch (2022) Finalisation de l’opération HYDRO 3 de modernisation du système d’information national des données hydrométriques), LHB, DOI: 10.1080/27678490.2022.2099317



- [2] <https://github.com/benRenard/HydroPortailStats> ou <https://cran.r-project.org/package=HydroPortailStats>
- [3] <https://hal.inrae.fr/hal-02605318> et <https://hal.inrae.fr/hal-02605315>
- [4] <https://hydro.eaufrance.fr/uploads/Publications/ProceduresVsAnalysesStatistiques.pdf>