

ACTUALISATION DE L'HYDROLOGIE DES CRUES DU RHÔNE

DÉCEMBRE 2018

La carte d'identité du Rhône

Le Rhône, qui prend sa source en Suisse, s'écoule ensuite sur 517 km depuis la frontière franco-Suisse en aval du lac Léman, jusqu'à la mer Méditerranée. Avec plus de 95 500 km² drainés, son bassin englobe par sa taille une grande diversité de reliefs et d'influences climatiques.

Quatre grands types de crues

Les crues océaniques

D'octobre à mars, sous influence des dépressions océaniques, elles touchent principalement les bassins de la Saône, du Rhône alpestre et supérieur, et éventuellement celui de l'Isère. Les crues sont lentes et longues (février 1990).

Les crues cévenoles

De septembre à novembre, elles se forment par remontée de l'air méditerranéen qui stagne et s'auto-alimente le long du rebord oriental du Massif Central, avec un caractère extrêmement violent et intense (novembre 1996, septembre 2002).

Les crues méditerranéennes

Généralement plus tardives que les crues cévenoles, elles peuvent concerner autant les Alpes du sud que le couloir Rhodanien ou les Cévennes. Les plus extensives remontent jusqu'à la Saône ou l'Ain (novembre 1994, décembre 2003).

Les crues généralisées

Elles concernent l'ensemble du bassin par combinaison d'épisodes océaniques et méditerranéens (octobre 1840, mai 1856, janvier 1994).

Cinq grandes entités géographiques

Le Rhône Alpestre, du glacier du Rhône au lac Léman

Entièrement en Suisse, son régime est glacio-nival. Les crues sont laminées par le lac Léman.

Le Rhône Supérieur, du lac Léman jusqu'à la Saône

L'Arve, le Fier et le Guiers sont principalement sous influences alpine et préalpine. Les apports de l'Ain basculent le fleuve vers un régime pluvial.

Le Rhône Moyen, de la Saône à l'Isère

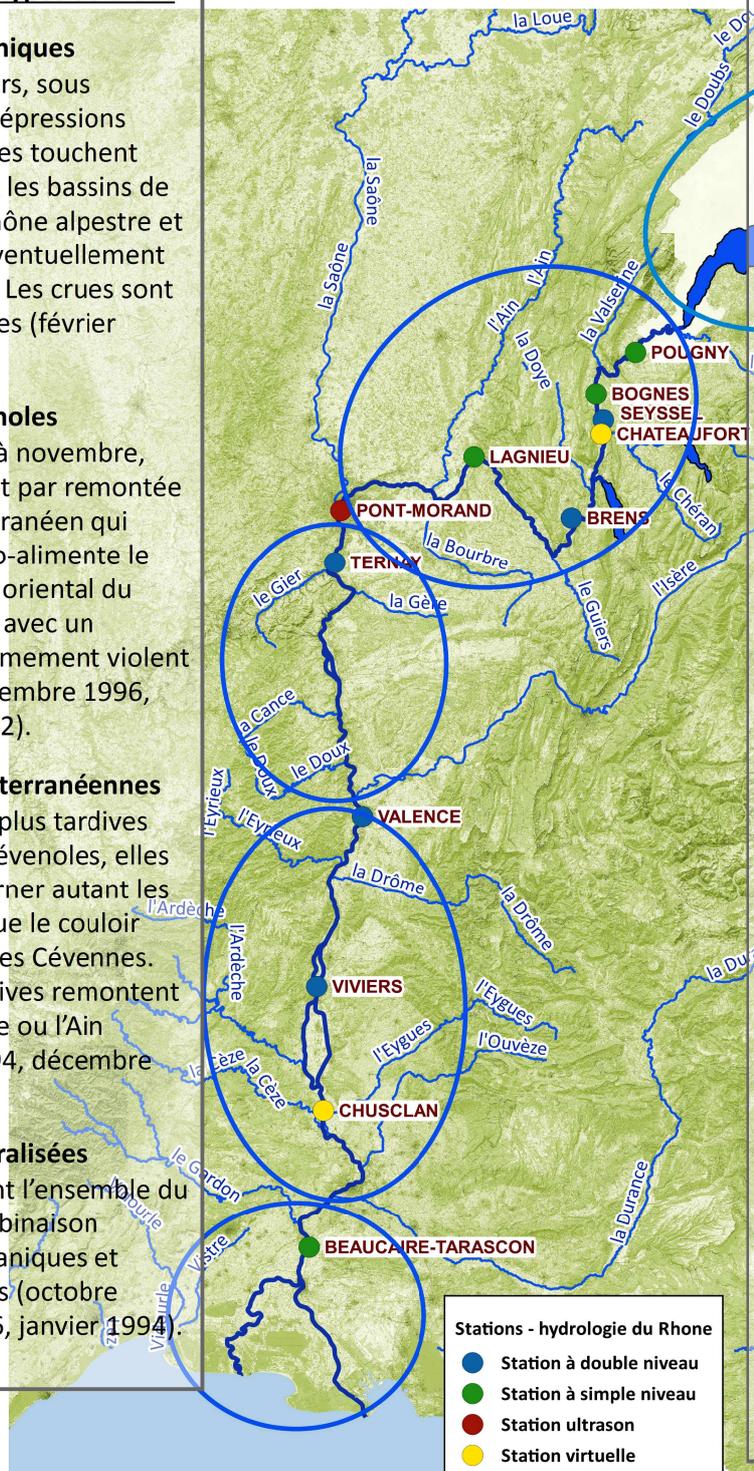
La Saône a un régime pluvial marqué par des crues lentes et puissantes. L'Isère, affluent de régime nivo-pluvial, contribue à la variabilité des débits du Rhône.

Le Rhône Inférieur, des affluents cévenols à la Durance

Les affluents cévenols en rive droite (Eyrieux, Ardèche, Cèze et Gardon) et les affluents préalpins provençaux en rive gauche (Drôme, Ouvèze, Aigue) sont caractérisés par des crues violentes et intenses. Enfin la Durance est le dernier des grands affluents du Rhône à l'influence pluvio-nivale.

Le delta du Rhône

Il est caractérisé par la diffluence du fleuve en deux bras, le Grand et le Petit Rhône, avec un delta soumis au double effet des crues fluviales et des tempêtes marines.



Stations - hydrologie du Rhône

- Station à double niveau
- Station à simple niveau
- Station ultrason
- Station virtuelle

La connaissance de l'aléa inondation : étudier le passé pour mieux appréhender l'avenir

Le risque lié aux inondations du Rhône fait l'objet d'études dans le cadre du plan Rhône afin d'en mesurer la gravité potentielle et de définir ainsi des stratégies d'action adaptées.

Les mesures et observations de la communauté scientifique et technique faites depuis le XIX^{ème} siècle sont d'une grande richesse et sont primordiales pour alimenter ces analyses. Parmi celles-ci, les crues historiques majeures constituent des références capitales : novembre 1840, mai 1856, janvier 1910, novembre 1944, février 1957, février 1990, janvier 1994 ou plus récemment décembre 2003.

Les études hydrologiques s'appuient sur ces références du passé, enrichies au fur et à mesure des nouveaux événements, pour évaluer au travers d'outils statistiques l'aléa relatif aux crues à venir. Les résultats dépendent fortement de la richesse et de la qualité de ces données. L'analyse fréquentielle des crues a pour objet d'estimer le débit des crues de probabilités d'occurrence fixées. La probabilité de ces crues caractéristiques est souvent exprimée en termes de périodes de retour (quantiles de crue de périodes de retour 10, 100 et 1000 ans). Il sera alors possible d'affecter une probabilité d'occurrence aux crues historiques et de définir des crues théoriques servant à mesurer les risques ou à dimensionner les projets (crues de projet).

Les étapes clés des études sur le régime du Rhône :

- 1840 : création du Service Spécial du Rhône des Ponts et Chaussées et début des observations quotidiennes du fleuve ;
- 1925 : Maurice Pardé soutient sa thèse sur le régime du Rhône ;
- 1933 : début des aménagements hydro-électriques et premières études de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) ;
- 2000 : Etude Globale sur le Rhône (EGR), avec un cadre unifié d'estimation des crues de référence.

Une nouvelle étude pour actualiser les connaissances

La DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, DREAL de bassin, a engagé en 2017 une démarche d'actualisation de l'hydrologie de l'EGR en s'appuyant, dans une volonté de consensus, sur un comité de suivi réunissant différents partenaires impliqués (SPCs, CNR, SYMADREM). Cette étude, qui a reçu en 2018 le soutien du programme opérationnel interrégional FEDER plan Rhône, a été réalisée par le bureau d'études Hydro-Consultant associé aux scientifiques référents en la matière d'IRSTEA, avec une contribution de CNR pour la fourniture, critique et validation des données. Elle a pour objet d'une part d'intégrer les données de la période récente (et en particulier la crue de décembre 2003), et d'autre part d'affiner la connaissance des crues caractéristiques en révisant le cadre probabiliste de l'étude des crues au regard de l'état de l'art.

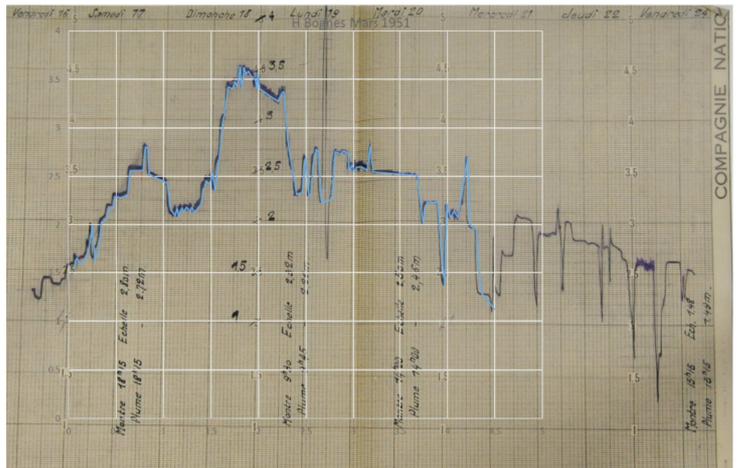
Plus précisément, la méthodologie s'appuyant les recommandations du projet de recherche ExtraFlo (2009-2013) a permis de :

- Valoriser les données nouvellement acquises sur le Rhône et remonter le plus loin possible dans les archives anciennes ;
- Reconstituer de longues séries de données homogènes depuis le XIX^{ème} siècle ;
- Connaître l'incertitude associée aux grandes crues historiques et actuelles ;
- Questionner le mode d'estimation des quantiles de crue et proposer un nouveau modèle probabiliste plus en adéquation avec l'état de l'art sur l'estimation des valeurs extrêmes de crue ;
- Connaître l'incertitude associée aux quantiles de crue afin de mesurer la confiance dans les estimations ;
- Estimer le poids des données anciennes, plus incertaines, dans la connaissance du risque de crue.

Les archives du Rhône, une immense source de connaissance

L'effort de valorisation des données anciennes a bénéficié du formidable patrimoine d'archives constitué sur le Rhône, dans les services de la CNR, les archives départementales du Rhône, de la Drôme, du Gard et de l'Hérault, ainsi que le fonds Pardé et les travaux de l'historien G. Pichard (Université Aix-Marseille).

Entre 24 et 122 années de données supplémentaires ont ainsi été collectées pour chacune des stations du Rhône. Au total, ce sont 472 années de données réparties sur 10 stations de mesure qui ont été ajoutées aux séries déjà exploitées.



Numérisation d'un limnigramme hebdomadaire en Mars 1951 à la station de Bognes.

Une étape clé de l'étude : l'évaluation des incertitudes sur les débits

Quelques notions importantes préalables intervenant dans la méthode :

Les valeurs hydrométriques

Seules les hauteurs d'eau aux stations limnimétriques équipées sont directement mesurées en continu. Les débits transitant au droit de ces stations sont généralement uniquement l'objet de mesures ponctuelles, les jaugeages.

Le débit peut toutefois être obtenu en continu en le déduisant de la hauteur d'eau mesurée grâce à une courbe de tarage propre à chaque station. Cette courbe de tarage, qui représente donc la relation entre la hauteur d'eau et le débit, est construite à partir des jaugeages réalisés sur les crues passées.

Les incertitudes associées

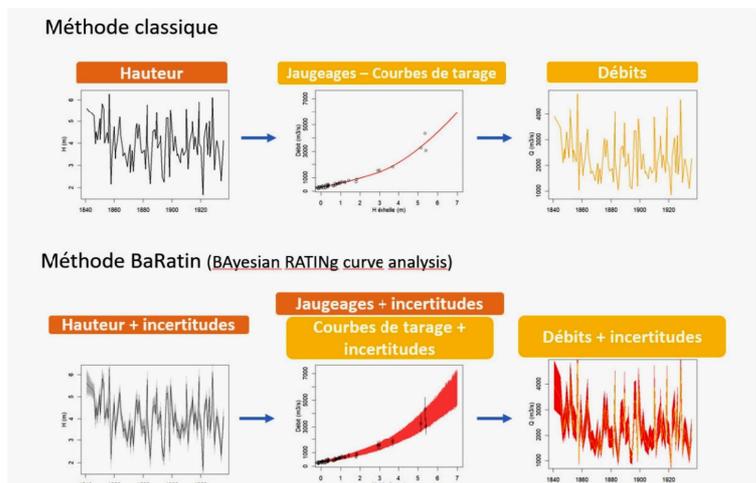
Elles sont réduites sur les mesures de hauteur d'eau, mais elles peuvent être notables sur les mesures de débits qui dépendent fortement des performances des outils de mesure utilisés selon les époques et des conditions de mesure, notamment en situation difficile pendant une crue, ainsi que sur la construction des courbes de tarage qui en découlent.

La critique des données

Il est indispensable de réévaluer les chroniques de débits qui constituent les séries statistiques à la base de l'hydrologie à l'occasion de chaque cycle d'actualisation. Cela permet notamment d'y ajouter les données issues des mesures les plus récentes.

La méthode BaRatin mise en œuvre offre un cadre formel et rigoureux à l'estimation des incertitudes qui entachent les mesures, les relations et *in fine* le calcul du débit.

Via cette méthode, il a par exemple été possible d'expertiser les données remontant à l'année 1816 pour la série la plus longue à Beaucaire-Tarascon, données comprenant les crues historiques du XIX^{ème} siècle qui sont déterminantes par leur ampleur pour la connaissance du risque.



Estimer la distribution des crues du Rhône avec les incertitudes

L'estimation des quantiles de crues, c'est-à-dire les valeurs de débit de chaque crue caractéristique ou occurrences, se fait classiquement en exploitant un échantillon de valeurs maximales de crue annuelles à une station.

La démarche statistique repose sur le choix d'une distribution et sur l'ajustement des paramètres de cette distribution. L'étude a privilégié une loi généralisée des valeurs extrêmes (GEV), par rapport au cas particulier de la loi de Gumbel, utilisée jusqu'à présent sur le Rhône (EGR). Une approche régionale sur la valeur du paramètre de forme de la loi GEV, à partir des 1444 années-stations reconstituées sur le Rhône, a permis de conforter l'estimation de la distribution des crues extrêmes.

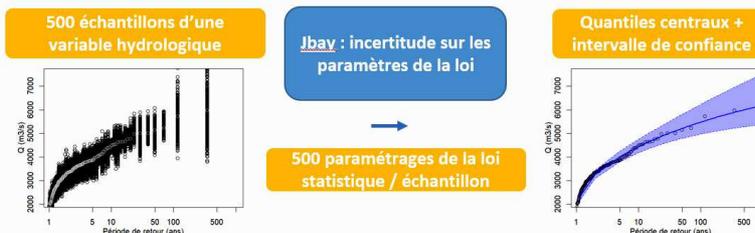
D'autre part, une méthode (dite bayésienne) de propagation des incertitudes développée à Irstea a permis de prendre en compte les incertitudes sur la reconstitution des débits et sur l'ajustement des paramètres pour définir un intervalle de confiance à la distribution des crues.

Cette démarche a montré que l'incorporation des données anciennes du XIX^{ème} siècle, même moins précises que les données récentes, permettait d'affiner l'estimation des crues extrêmes sur le Rhône.

Méthode classique



Méthode Jbay :



L'impact de cette nouvelle approche sur les valeurs d'occurrences calculées jusqu'alors par l'étude globale sur le Rhône est globalement :

- faible sur les valeurs des crues fréquentes (biennale à trentennale)
- plus significatif avec diminution des débits des crues plus rares (cinquantennale à millennale).

À la station de Beaucaire-Tarascon les valeurs restent cependant quasiment stables dans la gamme des occurrences jusqu'à la crue millennale.

Les apports méthodologiques et les options retenus fournissent une assise scientifique et réaliste aux incertitudes représentées par les intervalles de confiance. Ces derniers pourront être exploités pour faire des hypothèses adaptées au domaine d'application dans le choix des crues de projet (valeur médiane, valeur majorée-minorée du fait des incertitudes) et pour étudier la sensibilité des modélisations à l'incertitude hydrologique.

Les hydrogrammes et les scénarios de crue caractéristiques

En complément des quantiles, des hydrogrammes moyens de crues ont été construits, basés sur les crues réelles observées aux stations. Chaque hydrogramme de crue est normé par le débit de pointe, et l'ensemble de ces hydrogrammes permet la construction d'un hydrogramme moyen adimensionnel. On transpose ensuite cette forme moyenne en la multipliant par le quantile résultant de l'analyse statistique.

Les hydrogrammes caractéristiques sont construits pour les principales occurrences de crue (10, 100 et 1000 ans).

Des scénarios de débits de crue en continu sur le linéaire peuvent également être construits passant par les valeurs des occurrences de crues aux stations. Cette construction demande de tenir compte des débits des affluents et des débits dérivés dans les canaux usiniers des aménagements hydroélectriques. Les hypothèses correspondantes sont déterminées en fonction des domaines d'application (détermination de l'aléa, études d'impacts, analyse de vulnérabilité...).

