

## Méthode d'évaluation des débits d'un hydro système en situation de basses eaux : les échelles GraviSec. Première application au Gardon et à la Cèze (Gard, France)

### Method for evaluating the flows of a hydro system in low-water conditions: GraviSec scales. First application to the Gardon and Cèze rivers (Gard, France)

**Martin Philippe,**

Avignon université, UMR ESPACE, 74 rue L. Pasteur, 84000 Avignon ;  
philippe.martin@univ-avignon.fr

#### RÉSUMÉ

Les situations de sécheresse présentent une composante hydrologique concernant des rivières et des sources. Pour ajuster au mieux les instructions restrictives (préfectorales, etc.) et pour que celles-ci soient comprises et acceptées, par la population et les acteurs du territoire, il est nécessaire de disposer d'évaluations objectives qui complètent des approches esthétiques. Dans cette optique nous avons proposé les échelles GraviSec, lors du programme HydroPop (Ag RMC ; ZABR). Deux approches ont été développées. Elles reposent sur les débits enregistrés (Banque Hydro). L'une consiste à identifier au même jour final tous les étiages, quelle que soit leur date. Une évaluation du débit journalier le plus fréquent (hydrogramme « maître » : HM) auquel on devrait s'attendre dans la centaine de jours de basses eaux qui précèdent l'étiage ss, est ensuite réalisée et intégré dans un tableau de correspondance (TC) entre différentes variables dont le débit, la hauteur d'eau, la fréquence, la note et le code couleur. Cette solution est rétroactive (cycle dont l'étiage est connu). Elle permet de contextualiser le niveau de sécheresse. La seconde solution vise à établir une évaluation probabiliste des débits de chaque jour des périodes de basses eaux, mais dont l'étiage n'est pas connu, par contre une date de début est choisie (possiblement mi-avril en climat méditerranéen français). Nous faisons l'hypothèse du caractère gaussien de chaque série journalière. Ceci n'est souvent vrai qu'en pratiquant une anamorphose sur la variable. Cette solution implique de disposer d'un nombre important de cycles, mais l'hydrogramme probabilisé (HP) peut être construit au fur et à mesure de la récession.

#### ABSTRACT

Drought situations have a hydrological component, affecting both rivers and springs. In order to adjust restrictive instructions (prefectoral, etc.) as effectively as possible, and for them to be understood and accepted by the population and local stakeholders, it is necessary to have objective assessments that complement aesthetic approaches. With this in mind, we proposed the GraviSec scales as part of the HydroPop program (Ag RMC; ZABR). Two approaches were then developed. One is based on statistics of recorded flows (Banque Hydro). This involves identifying all low-flow events on the same day, regardless of their date. An assessment is then made of the most frequent daily flow ("master" hydrograph: MH) to be expected in the hundred or so days of low water preceding the low-water period ss, and integrated into a table of correspondence (TC) between different variables, including flow, water level, frequency, rating and colour code. This solution is retroactive (cycle whose low-water level is known). It allows the drought level to be contextualised. The second solution is to establish a probabilistic evaluation of the flows for each day of the low-water period, but for which the low-water level is not known, although a start date is chosen (possibly mid-April in a French Mediterranean climate). We assume that each daily series is Gaussian. This is often only true if we perform an anamorphosis on the variable. This solution requires a larger number of cycles but the probabilized hydrograph (PH) can be built as the recession progresses.

#### MOTS CLÉS

Sécheresse, Méditerranée, modélisation, tarissement, étiage

Drought, Mediterranean, modelling, drying up, low water

---

## 1 INTRODUCTION

La sécheresse est le plus souvent pensée comme une déficience en eau, de gravité croissante depuis une sécheresse atmosphérique jusqu'à une sécheresse limnologique, en passant par une sécheresse pédologique et hydrogéologique. Cette façon de voir ce phénomène infère, mais sans réellement en développer les attendus, que ces phénomènes affectent la sphère anthropique selon une gravité croissante liée à l'ampleur de la baisse des précipitations (y compris sur plusieurs années) et en fonction de la durée de cette baisse lors du cycle observé. Compte tenu de la variabilité spatio-temporelle des niveaux des variables en interaction et de l'imprécision générale des mesures disponibles, quand elles le sont, cette approche ne peut déboucher que sur des bilans de masse à petite échelle (bassins versants de taille conséquente) et sur des durées suffisantes (20, 30 ans ou plus) de façon à « moyenner » les erreurs, les incertitudes, les manques, etc.

Pour une gestion territoriale quasiment au jour le jour, en situation de développement d'une crise lente comme une sécheresse, qui peut se construire sur des années et affecter, lors du pic de la crise, des mois durant, un système hydrologique, ces bilans de masses ne sont pas optimaux. Cette crise est en outre, généralement zonale, mais en affectant plus telle ou telle rivière, tel ou tel territoire de vie, etc. Ce type d'approche permet toutefois de contextualiser ces phénomènes, mais ne permet pas, ou peu, de les gérer.

C'est pourquoi dans le programme HydroPop (Martin Ph., et al 2019 ; Martin Ph., et al 2022) financé par l'Agence de bassin Rhône Méditerranée Corse, dans le cadre d'un partenariat avec la ZABR et les EPTB Gardons et AB-Cèze, nous avons essayé de définir la sécheresse comme un niveau de tension, au-delà d'un certain seuil, entre la demande anthropique en eau (toutes demandes confondues) et l'offre (toutes offres confondues) que le milieu, la nature est à même de proposer, ici ou là, à l'échelle d'un sous bassin, d'un canton.

En d'autres termes, il n'y a pas de sécheresse dans le Sahara dans la mesure où ce désert n'est guère anthropisé, ne peut être mis en culture (sauf recours à de l'eau fossile) et ne comporte des établissements humains qu'en des lieux très particuliers (oasis, etc.). Cette approche conduit donc à fortement différencier ce qui relève de l'aridité (cf. les indices d'aridité) — du caractère xérique de certains territoires chauds ou froids — de la sécheresse elle-même. Celle-ci n'apparaît donc que si, pour une raison ou une autre, une volonté humaine développe des besoins en eau que la nature ne peut satisfaire en permanence et au niveau souhaité, voire à un prix acceptable. D'une certaine façon, et en étant un peu provocateur, on peut penser qu'il est possible qu'une sécheresse apparaisse en Normandie, territoire vert s'il en est et célèbre par ses gras pâturages, si la demande anthropique devient supérieure à l'offre naturelle. Ceci n'est toutefois pas si anecdotique dans la mesure où, par exemple, la Bretagne, célèbre pour ses crachins et ses influences marines, peut, en raison de ressources en eau limitées (Monts d'Arrée), connaître en été, des tensions non négligeables.

## 2 DESCRIPTION DE LA METHODE

Notre recherche vise donc bien de disposer d'une méthode qui rende compte de situations locales — dans notre cas en climat méditerranéen français qui est sec l'été — de façon contextuelle et quasiment instantanée, du moins calée sur le pas d'acquisition des données. Il s'agit de pouvoir livrer aux autorités, donc aux autorités préfectorales, mais aussi aux acteurs du territoire de l'eau, une information quantifiée crédible sur laquelle ils puissent s'appuyer pour justifier des décisions, des limitations, des interdictions, etc., et, de cette façon, si ce n'est convaincre, à tout le moins, informer les personnes contraintes de modifier leurs pratiques usuelles.

### 2.1 Information et acceptabilité

Il s'agit donc autant d'aider techniquement à la décision que de pouvoir argumenter socialement sur la situation observée et sur les limitations ou interdictions édictées. Il est ainsi postulé, mais la chose devra être testée, qu'une information quantitative, claire, vérifiable, largement diffusée, etc. doit permettre de mieux poser un débat plus sain et plus dépassionné, lors de telles phases de construction d'une telle crise lente, afin d'optimiser les possibles objectifs (sociaux, économiques, environnementaux, etc.). À cette fin nous avons imaginé les échelles dites GraviSec, pour Gravité de la Sécheresse. L'idée de base est de réutiliser les codes couleur généralement utilisés pour les systèmes d'alerte, surtout météorologiques ou hydrologiques. Classiquement, le vert est la couleur d'une situation sans problème et le rouge (ou le noir) est celle d'une situation grave, problématique. Le jaune et l'orange introduisant entre, une échelle de gravité progressive. La seconde idée est d'arriver à une évaluation de la gravité de la sécheresse en l'appuyant sur une information directe, car visible, relevant d'une mesure et acquise en premier dans le processus de construction d'un débit, c'est-à-dire la hauteur d'eau. Celle-ci n'a de sens que localement (section), ce qui nous ramène à l'idée de lieux (source, bord de rivière,

etc.) ; ces lieux faisant lien, c'est-à-dire étant, pour une partie de la population, ici un point de prélèvement d'AEP, là un site touristique ou ailleurs une aire de baignade. Il s'agit donc bien de socialiser une information hydrologique dans le cadre d'une appropriation territoriale temporaire (eau ludique, etc.) et/ou pérenne (pompage agricole, etc.). Pour cela nous avons conçu deux approches qui se complètent.

## 2.2 L'hydrogramme « maître »

Il repose sur une statistique des débits enregistrés (Banque Hydro). La méthode consiste à identifier au même jour final tous les étiages, quelle que soit leur date. Une évaluation du débit journalier le plus fréquent (hydrogramme « maître » : HM) auquel on devrait s'attendre dans la centaine de jours de basses eaux qui précèdent l'étiage ss, est ensuite réalisée. Ces débits sont alors mis en regard des hauteurs d'eau données par la courbe de tarage la plus achevée. Cela permet de construire un tableau de correspondance entre différentes variables dont le débit (Q), la hauteur d'eau (H), la fréquence (F), la note (N) et le code couleur (C). Débits et hauteurs d'eau sont alors traduits dans un code couleur : vert, jaune, orange et rouge (le noir étant utilisé pour l'assec ; le bleu, hors échelle, correspondant à une période de moyennes eaux). Ce code couleur est ensuite décliné en 20 notes dont : vert-1, vert-2, etc. ce qui facilite la communication. La faiblesse du débit, et donc son caractère problématique (ou non), s'évalue ainsi de 0/20 = assec à 20/20 = eau abondante en fonction de la distance temporelle à l'étiage. Ces échelles peuvent être numériques (diffusées sur les réseaux) et/ou matériellement réalisées et placées au niveau de stations hydrométriques (à côté des échelles limnimétriques) et/ou de lieux d'usage. C'est une première solution, mais qui n'est que rétroactive (cycles dont l'étiage est connu).

## 2.3 Les distributions de probabilité journalières

La seconde solution vise à établir une évaluation probabiliste des débits de chaque jour de la période de basses eaux, mais dont l'étiage n'est pas connu. Par contre, une date de début est choisie (possiblement mi-avril). Nous faisons l'hypothèse du caractère gaussien de chaque série journalière. Ceci n'est souvent vrai qu'en pratiquant une anamorphose sur la variable, donc des traitements plus lourds, car il faut trouver la bonne solution de transformation du débit journalier. De plus, cette solution peut être plus ou moins valide, selon les jours de la récession de basses eaux. Elle est généralement plus adaptée aux données de fin de récession qu'à celles du début qui présentent des variations plus fortes. Il faudra donc établir des tests tant sur le type d'anamorphose, que sur l'acceptabilité de la solution retenue pour l'ensemble des jours de la récession. Cette solution implique de disposer d'un nombre de cycles important, afin de faire des calculs sur un nombre de jours calendaires suffisants. Cette méthode s'applique donc plus particulièrement à des stations hydrométriques anciennes et de bonne tenue et permet de calculer un hydrogramme probabilisé (HP).

La première solution va donc être décrite en s'appuyant sur le site de Bessèges, sur la Cèze, qui bénéficie depuis plus de 50 ans de mesure (barrage). La seconde sera abordée en utilisant le site de Ners (20 cycles) sur le Gardon. Cette station bénéficie d'un seuil en béton de grande qualité adapté tant aux mesures de bas débits, qu'aux évaluations de très hauts débits de crue. L'information obtenue sera d'autant plus satisfaisante que les chroniques disponibles seront longues. Celles-ci ne sont pas disponibles partout et il faudra faire une analyse de « significativité » : dans quelle mesure ces informations informent sur l'état général d'un bassin versant ? Il faut aussi faire une analyse de « sensibilité » pour savoir s'il y a une typologie de situation et en fonction de cas types, quelle est la longueur minimale de données dont il faut disposer ?

## 3 MISE EN ŒUVRE DES OUTILS

Il n'est guère possible dans le format retenu de développer largement la mise en œuvre des différents outils décrits ci-dessus (HM, TC, HP). Nous nous limiterons donc à quelques remarques essentielles sur les implications de ces outils en nous basant sur deux des plus importantes stations de la Cèze et du Gardon.

### 3.1 L'hydrogramme maître de la Cèze à Bessèges

Il a été calculé sur 50 cycles de 1972 à 2023, seul le cycle (partiellement disponible) n'a pas pu être utilisé (lacune de fin de cycle). La période de fin de cycle retenue dans ce teste est de 100 jours (99 + étiage). L'hydrogramme maître (HM — le plus probable, celui auquel on devrait s'attendre s'il n'y avait pas la variabilité du climat, et de bien d'autres facteurs) en logarithmes décroît d'abord assez vite, puis présente une variation linéique (donc localement une décroissance exponentielle, pour s'achever dans une chute de débits sur quelques jours qui est statistiquement significative et se retrouve expérimentalement dans plusieurs cycles. Tout ceci peut être ajusté par une fonction qui n'arrive toutefois pas à prendre en compte la chute finale du débit que nous n'avons, à ce

---

stade, pas essayé d'expliquer (problèmes de prélèvements anthropiques, arrêt des aquifères globalement à « sec », etc.). Cet HM décroît donc de façon très régulière (les crues sont gommées). Il est donc possible de tracer des courbes enveloppe par exemple pour +/- 25 % ou +/- 50 % du débit maître de chaque jour. Sur cet abaque, on peut projeter tous les cycles disponibles, afin de tester des hypothèses : le dernier connu est-il moins abondant que celui de l'HM ? Quels sont les cycles qui sous performant (ou sur performant) l'HM ? Etc. Cette solution permet de contextualiser, pour un bassin ou un sous-bassin, les observations réalisées. Cette contextualisation peut être de nature temporelle ou de nature géographique (tel bassin par rapport à tel autre, etc.). Dans ce cas il faut évidemment utiliser des débits spécifiques. Il semble, mais cela reste à tester, que l'HM soit relativement acceptable lorsqu'il est calculé avec quelques cycles (5 ou 6 ?) et donc qu'il ne change pas radicalement au fur et à mesure que l'on ajoute des données dans le traitement, que l'on acquiert des données.

### 3.2 Le tableau de correspondance pour la station de Bessèges sur la Cèze

Le tableau de correspondant (TC : Q, H, F, N, C) rassemble l'information disponible dans une forme qui peut être développée (ajout des débits calculés par le modèle retenu pour l'HM), ou il peut être ramené à l'essentiel (C, Q), manufacturé et placé en concordance à côté d'une échelle limnimétrique (H), sur un site intéressant. Pour ce TC il ne faut pas chercher à établir une courbe de tarage précise avec les valeurs disponibles. Là n'est pas notre but premier. Que l'erreur que nous faisons sur la hauteur d'eau soit de 1 ou 2 cm par exemple, ce qui pourrait correspondre à quelques centaines de litres en plus ou en moins n'est pas rédhibitoire à ce stade. Si les stations peuvent être perfectionnées pour la mesure des basses eaux qui reste complexe, alors il deviendra possible d'établir des valeurs qui ne seront plus des ordres de grandeur en première analyse. L'idée fondamentale est d'avoir *in situ* une correspondance entre le niveau d'eau que peut lire un usager sur une échelle limnimétrique et une évaluation communicable du débit qui correspond à cette hauteur d'eau.

### 3.3 Les distributions de probabilité journalières de la station de Ners sur le Gardon

Les calculs effectués permettent d'établir un HP dont les courbes enveloppe sont en en écart type (+/- 0,5  $\sigma$ , +/- 1  $\sigma$ , etc.). La valeur journalière de débit est donc évaluée par rapport à cette échelle de « rareté » dans l'humide (+  $x \sigma$ ) et dans le sec (-  $x \sigma$ ). A Ners les débits de 2003 et de 2006 apparaissent proches de -1,5  $\sigma$ . Inversement 2008 est proche de +1,5  $\sigma$ . L'HP ainsi construit s'interprète donc en termes de probabilités et/ou de durées de retour. Il peut être calculé au fur et à mesure du déroulement de la saison sèche. Toutefois, en fonction des durées respectives des basses eaux de fin de chaque cycle, donc de la date d'étiage, la durée de la période de basses eaux sur laquelle un calcul significatif est possible est plus ou moins longue. Il semble de plus que le type d'anamorphose optimal pourrait être dépendant de la forme de l'hydrogramme « maître ».

## 4 EN CONCLUSION

Nous avons donc essayé, dans ce court texte, d'illustrer une solution en deux temps qui caractérise une situation de basses eaux, ce qui permet ensuite de communiquer sur cette situation. L'HM vise à permettre une contextualisation temporelle et géographique. L'HP cherche à caractériser une situation et une évolution observées conjoncturellement (offre naturelle), à un pas de temps court et pour une aire de taille limitée. Le TC synthétise les informations et permet de mieux communiquer. Ces informations devraient ensuite être rapprochées de celles caractérisant la demande anthropique locale (AEP, irrigation, eau ludique, bon état écologique, etc.). De cette comparaison émerge une évaluation de la tension locale sur la disponibilité en eau.

## BIBLIOGRAPHIE

Martin Ph., Aral P-A., Cicille P., Didon-Lescot J-F., Douguédroit A., Sauvagnargues S., 2019, « HydroPop : De l'hydrologie populaire et participative ? », ZABR, Agence de l'eau, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, action B28, rapport final, 152 p. DOI: 10.13140/RG.2.2.10035.58400 <https://www.researchgate.net/publication/339200485>

Martin Ph., Brachet N., Coulon M., Dalle A., Di Costanzo H., 2022, HydroPop-2 : De l'hydrologie populaire et participative ? (2019 – 2020) ; convention entre Avignon université et l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, Action 69 -AC ZABR Convention 2018 2582, Avignon université éditeur, 164 p, 102 figures, programme annexe. DOI: [10.13140/RG.2.2.15138.03528](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15138.03528)