



**HAL**  
open science

## Utilisation d'une base de données de jaugeages à une échelle régionale pour réaliser un référentiel d'étiage

Benjamin Grelier, Hajar El Khalfi, Claire Delus, Gilles Drogue, Sébastien Lebaut, Luc Manceau, Didier Francois

### ► To cite this version:

Benjamin Grelier, Hajar El Khalfi, Claire Delus, Gilles Drogue, Sébastien Lebaut, et al.. Utilisation d'une base de données de jaugeages à une échelle régionale pour réaliser un référentiel d'étiage. Sécheresse et étiages 2022, Société Hydrotechnique de France, Mar 2023, Chatou/Paris, France. pp.126-131. hal-04045081

**HAL Id: hal-04045081**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-04045081>**

Submitted on 24 Mar 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



« Sécheresse & Étiages 2022 » –

Utilisation d'une base de données de jaugeages à grande échelle pour réaliser un référentiel d'étiage, Benjamin Grelier,

Paris, 8&9 Mars 2023

*Nom de l'auteur correspondant : Benjamin Grelier  
Adresse mail de l'auteur correspondant : benjamin.grelier@univ-lorraine.fr*

## **UTILISATION D'UNE BASE DE DONNÉES DE JAUGEAGES À UNE ÉCHELLE RÉGIONALE POUR RÉALISER UN RÉFÉRENTIEL D'ÉTIAGE**

### **USE OF A REGIONAL-SCALE STREAM GAUGE DATABASE TO PRODUCE A LOW-FLOW REFERENCE SYSTEM**

GRELIER Benjamin<sup>1</sup>, EL KHALFI Hajar<sup>1</sup>, DELUS Claire<sup>1</sup>, DROGUE Gilles<sup>1</sup>, LEBAUT Sébastien<sup>1</sup>, MANCEAU Luc<sup>1</sup> & FRANÇOIS Didier<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Lorraine, LOTERR, F-57000 Metz, France, email : [benjamin.grelier@univ-lorraine.fr](mailto:benjamin.grelier@univ-lorraine.fr), [hajar.el-khalfi@uni-lorraine.fr](mailto:hajar.el-khalfi@uni-lorraine.fr), [claire.delus@univ-lorraine.fr](mailto:claire.delus@univ-lorraine.fr), [gilles.drogue@univ-lorraine.fr](mailto:gilles.drogue@univ-lorraine.fr), [sebastien.lebaut@univ-lorraine.fr](mailto:sebastien.lebaut@univ-lorraine.fr), [luc.manceau@univ-lorraine.fr](mailto:luc.manceau@univ-lorraine.fr), [didier.francois@univ-lorraine.fr](mailto:didier.francois@univ-lorraine.fr)

**Choix du thème/session :** Hydrométrie

**Mots clefs :** étiage, jaugeages, base de données

**Orateur :** Benjamin GRELIER - [benjamin.grelier@univ-lorraine.fr](mailto:benjamin.grelier@univ-lorraine.fr)

### **Contexte**

En France, la connaissance des écoulements en période d'étiage est une préoccupation relativement ancienne : en 1860 pour développer l'irrigation et limiter le développement anarchique des prises d'eau, l'état impérial demande aux services des Ponts et Chaussées de dresser un inventaire des cours d'eau non navigables ni flottables et d'estimer le « volume par seconde des eaux ordinaires, des eaux d'étiage et des grandes crues ». On conseille alors aux ingénieurs d'effectuer des jaugeages et de fixer « une fraction des eaux de pluie qui se rend au cours d'eau ». Cette fraction est régionalisée à partir des caractéristiques des bassins versants. Le ministère indique par ailleurs que « Parmi les renseignements [...], l'un des plus intéressants, mais aussi (on doit le reconnaître) l'un des plus difficiles à fournir avec précision, est celui des débits ».

Un siècle plus tard (1975-1978, fig. 1), la Mission Déléguée de Bassin Rhin-Meuse publie les premiers catalogues des débits mensuels d'étiage sur son territoire d'intervention. Ces catalogues rappellent

l'inventaire initié en 1860, mais se limitent au module et aux débits mensuels d'étiage (QMNA) de fréquence 1/2, 1/5 et 1/10. La méthode d'estimation repose sur un réseau hydrométrique encore peu dense et une régionalisation des débits spécifiques. Cette publication est motivée par « des préoccupations croissantes liées aux ressources et à la qualité des eaux de surface ».

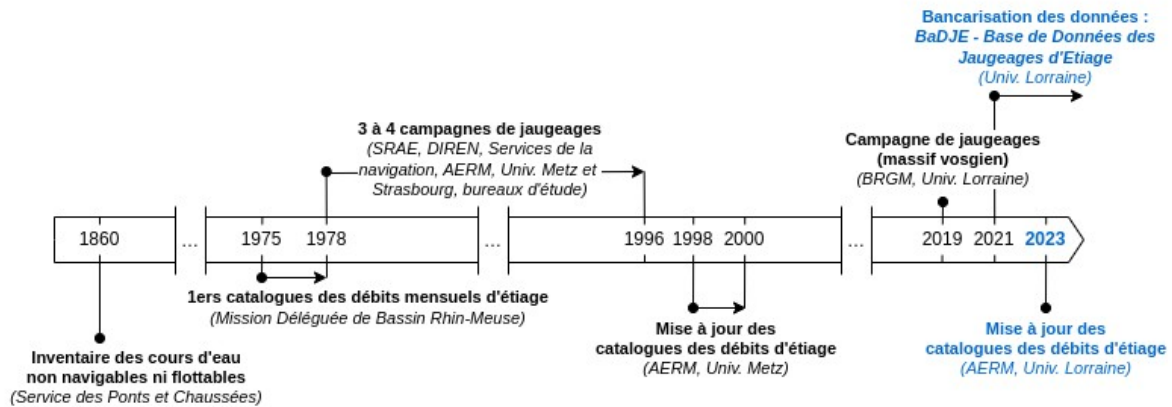


Figure 1 - Frise chronologique des travaux liés à l'élaboration des catalogues des débits d'étiages dans le bassin Rhin-Meuse (partie française).

Il est prévu par la suite de mettre à jour ces premiers catalogues en changeant la période de référence et en proposant des valeurs de débits d'étiage à une échelle plus fine (inférieure ou égale à la zone hydrographique).

### ***Campagnes de mesure***

C'est en partie dans ce cadre, qu'ont été organisées des campagnes de jaugeages en période d'étiage, échelonnées de 1978 à 1996 (fig.1). Les mesures ont été réparties dans le bassin versant afin de connaître au mieux l'évolution des débits le long des cours d'eau principaux et la contribution des affluents. Le choix des points de jaugeage est motivé par l'organisation du réseau hydrographique, du substratum drainé et des influences anthropiques, et aboutit à un point de jaugeage pour environ 10 km<sup>2</sup>. Au final, sur l'ensemble de la période, tous les cours d'eau du bassin Rhin-Meuse (partie française) ont été jaugés à raison de 3 ou 4 campagnes de mesure en période d'étiage.

Initialement, toutes les campagnes n'ont pas été réalisées dans le cadre de la mise à jour des catalogues mais l'ensemble des jaugeages réalisés ont pu être exploités dans cet objectif. Les jaugeages ont été réalisés par les services de l'État (SRAE puis DIREN et les Services de la Navigation), l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, les universités de Metz (CEGUM) et de Strasbourg (CEREG) et des bureaux d'études privés. Pour la quasi-totalité des mesures, les prestataires ont utilisé des perches à intégration « Pirée ». Les Services de la Navigation se sont chargés des gros cours d'eau et ont jaugé avec un saumon à partir d'un pont ou d'un bateau. Les campagnes de mesures ont été déclenchées en situation de basses-eaux (de juin à octobre) et quand les précipitations n'avaient plus d'influence directe sur les écoulements.

### ***Méthode de spatialisation***

Parallèlement, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse a confié une étude à l'université de Metz (CEGUM) afin de pouvoir utiliser toutes ces mesures pour la mise à jour des catalogues. La méthode élaborée alors a accordé une place importante à la critique des données. La réalisation de 3 à 4 campagnes de mesure a

notamment permis d'obtenir 3 à 4 jaugeages pour un même point et ainsi de comparer les campagnes 2 à 2. Des valeurs de débits issues des jaugeages ont parfois dû être corrigées. Les sources d'erreur sont nombreuses, résultant d'un mauvais choix de section, d'une erreur de manipulation, d'une défaillance du matériel, d'une écluse, ... À l'époque très peu de jaugeages ont en effet été dépouillés sur le terrain et les anomalies n'ont pu apparaître qu'après toutes les mesures terminées.

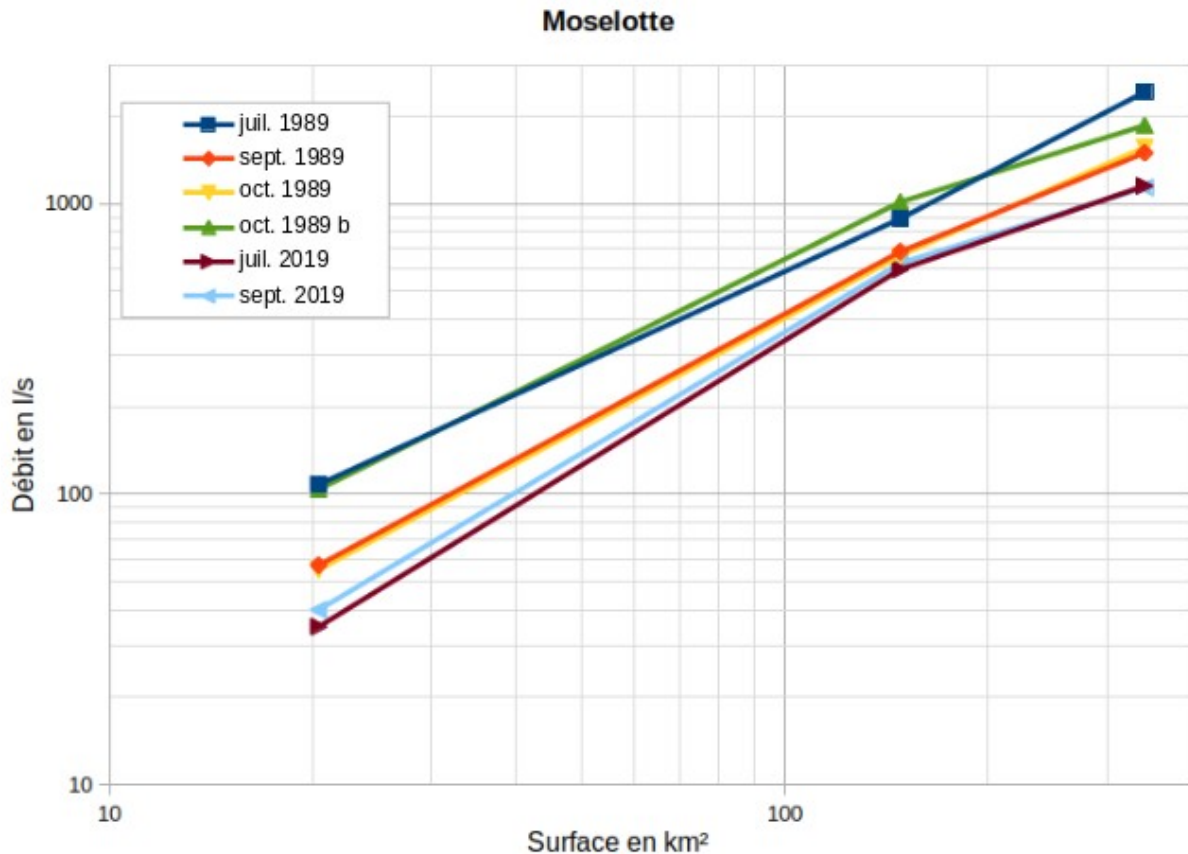


Figure 2 – Profils hydrologiques de la Moselotte (campagnes de 1989 et de 2019)

Pour spatialiser les débits, on réalise des profils hydrologiques : on met en relation les débits et les surfaces de bassin versant pour tous les jaugeages d'une même campagne effectués sur un cours d'eau (Fig. 2). La juxtaposition des profils hydrologiques d'un cours d'eau pour différentes campagnes montre un quasi-parallélisme dans l'évolution des débits en fonction de la surface de bassin versant. Il est donc proposé de mettre en équation les profils hydrologiques selon la formule de Leopold L. B. et Miller J. P. (1956) :

$$Q = h \times A^g$$

où :

- $Q$  est le débit (en volume par seconde),
- $A$  la surface de bassin versant et
- $h$  et  $g$  les paramètres relatifs à chaque tronçon du profil hydrologique :
  - le paramètre  $g$  correspond à l'évolution du rendement des terrains drainés : s'il est supérieur à 1, le débit spécifique augmente, dans le cas contraire il diminue. Du fait du parallélisme des profils,  $g$  varie peu d'une campagne à l'autre.

- le paramètre  $h$  rend compte de la situation hydrologique dans laquelle la campagne de mesure a été réalisée.

Le profil hydrologique se résume rarement à une droite car on observe des ruptures que l'on attribue à des modifications dans les conditions d'alimentation du cours d'eau. En étiage, période pendant laquelle l'essentiel de l'écoulement provient des nappes souterraines, l'affleurement d'une couche aquifère ou son absence peut expliquer la présence de ces ruptures. Ainsi la confluence d'un cours d'eau inscrit dans des conditions hydrogéologiques différentes peut également justifier une rupture.

Pour proposer des valeurs de débits mensuels d'étiage fréquents on « cale » les profils hydrologiques sur les valeurs aux stations.

## ***Résultats***

À l'issue des campagnes et de la réalisation des profils hydrologiques d'étiage, les catalogues relatifs à la période 1971-1990 ont été produits et édités à partir de 1998 (fig. 1). Ces catalogues proposent des valeurs de débits mensuels d'étiage fréquentiels (1/2, 1/5 et 1/10) aux stations hydrométriques, aux limites des zones hydrographiques et aux points de rupture des profils, de sorte que l'utilisateur peut, par interpolation, estimer ces débits caractéristiques entre deux points d'un cours d'eau proposés par le catalogue.

L'examen des profils hydrologiques ainsi obtenus permet d'apprécier l'intérêt des mesures de débits ponctuelles pour spatialiser les débits d'étiage et documenter les enjeux suivants :

- Des jaugeages ont été réalisés en amont et en aval des principales influences et ont permis d'estimer des prélèvements réalisés au fil de l'eau et des rejets (exemple de la Moselle amont). Or ces valeurs ne sont pas toujours connues.
- D'autre part l'évolution naturelle des débits d'un cours d'eau d'amont en aval en étiage est parfois très irrégulière. Elle est liée aux caractéristiques hydrogéologiques des terrains drainés. Ainsi dans notre région d'étude, des cours d'eau s'écoulent dans leur partie amont sur des terrains imperméables (argileux) et drainent en aval un substratum perméable (calcaires). Le profil hydrologique qui en résulte décrit une augmentation du débit bien plus rapide dans la partie aval (exemple de l'Esche ou de la Voise).
- Dans les bassins karstiques des arrivées d'eau ou des pertes influencent ponctuellement l'évolution des débits. Des mesures effectuées en amont et en aval de ces phénomènes permettent de quantifier leur impact (exemple de l'Aroffe, de la Meuse amont). Dans les bassins vosgiens, des pertes peuvent apparaître à l'aval de certains cours d'eau dans les cônes de déjection.

## ***Mise à jour des catalogues des débits mensuels d'étiage***

Les mêmes catalogues sont utilisés depuis leur publication. Cependant, les services gestionnaires ou services de la police de l'eau ont signalé un « décalage » entre certaines valeurs du catalogue et les étiages sévères et fréquents de ces dernières années. Pour vérifier ce constat, les tests classiques de stationnarité (Pettitt et Mann Kendall) ont été appliqués aux chroniques de QMNA qui à présent sont relativement longues (1971-2022). Sur 130 stations testées, 41% présentent des séries de QMNA non stationnaires. Elles se situent en grande partie dans le massif vosgien. Une décroissance régulière est apparue au début des années 2000, et l'année 2022 en est, en quelque sorte, le paroxysme. En effet, le QMNA 2022 est la plus faible valeur enregistrée sur la période 1971-2022 pour plus d'un quart des stations étudiées et pour plus de la moitié, il se classe entre le premier et le troisième rang. Cet étiage

est comparable à 1976 mais il survient aussi après trois autres étiages sévères : 2018, 2019 et 2020, ce qui en a augmenté la perception et a provoqué un intérêt particulier pour les questions de la persistance et la récurrence de la sécheresse.

Une mise à jour des catalogues semble donc s'imposer, avec pour principaux enjeux :

- la détermination d'une période de référence stationnaire et représentative,
- la validité des profils hydrologiques.

Pour tenter de répondre à la seconde question, notre laboratoire a entamé un travail de collecte et de bancarisation (numérique) de tous les jaugeages d'étiage réalisés pour les catalogues : l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse avait centralisé tous les jaugeages mais une bonne partie n'apparaît que dans les rapports « papier » et leur localisation n'est parfois signalée que sur des cartes « papier ». La base de données a pris le nom de **BaDJE**, acronyme pour **Base de Données des Jaugeages d'Etiage**. Elle regroupe aujourd'hui 2542 points de jaugeage et 7706 jaugeages. Elle doit encore être complétée notamment pour la partie alsacienne et ardennaise. Dans le protocole de bancarisation, la localisation précise des points de mesure est systématiquement redéfinie, afin qu'elle soit cohérente avec la BD TOPAGE ; puis un tracé de bassin versant issu d'un MNT corrigé est attribué à chaque point. L'élaboration de BaDJE remplit plusieurs objectifs :

- la mise à disposition des mesures pour connaître les ordres de grandeur des écoulements en étiage sur les cours d'eau mesurés lors des campagnes,
- l'estimation de débits d'étiage fréquentiels par comparaison avec les débits enregistrés aux stations au moment des mesures (Sauquet et al., 2016),
- la comparaison des mesures actuelles et à venir, et donc des profils hydrologiques, avec celles/ceux des années 1980-1990.

Pour ce dernier volet, on dispose déjà de premiers éléments de réponse avec des campagnes de jaugeages organisées dans les Vosges cristallines pendant l'été 2019 (Fig. 1 et 2). Il apparaît clairement que les débits mesurés en 2019 sont souvent très inférieurs à ceux provenant des campagnes réalisées dans les années 1980 et 1990. L'aspect des profils ne semble pas modifié mais les bassins concernés ont une géologie relativement homogène avec des profils simples (peu de tronçons). Des campagnes de mesure menées sur des bassins plus contrastés paraissent donc nécessaires afin de vérifier la validité des anciens profils hydrologiques pour ce qui concerne le fonctionnement naturel du cours d'eau. Pour les aspects anthropiques, il est clair que les changements sont importants et la prise en compte de nouvelles données devient indispensable. En outre, l'organisation de campagnes de mesure en dehors du réseau hydrométrique lors d'étiages exceptionnels comme celui de 2022 doit être envisagée.

## **Conclusion**

Les campagnes de mesure des débits d'étiage réalisées pour les catalogues représentent un travail très important qui a nécessité beaucoup de temps, de jaugeurs, de matériel et d'investissement financier. Pour la mise à jour des catalogues, on ne peut envisager la reconduction d'un tel travail. On s'oriente donc vers l'organisation de campagnes « simplifiées » avec peu de points, choisis en fonction des ruptures dans les profils hydrologiques. De cette manière, on pourra, le cas échéant, modifier les profils en partant du principe que les points de rupture naturels ne changent pas.

Outre la mise à jour des catalogues, BaDJE va accueillir de nouvelles mesures et ainsi constituer une source de données essentielle pour mesurer l'évolution des étiages dans le bassin Rhin-Meuse.

## ***Références***

François, D., M. Sary, J.-F. Zumstein et J.-C. Auer. Etude méthodologique des débits d'étiage. Rapport, CEGUM, Université de Metz - Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 1994.

Francois D., C. Delus, S. Lebaut et L. Manceau. Ressources en eau souterraine dans les Vosges et vulnérabilité au changement climatique. Campagnes de jaugeages des débits d'étiage 2019. [Rapport de recherche] LOTERR, Université de Lorraine. 2019. (hal-02864671)

Leopold L. B. et R. L. Miller. Ephemeral stream-hydraulic factors and their relation to the drainage network. USGS Professional Paper, n° 282-A, 1956.

Sauquet E., C. Catalogne, J. Plasse, M. Lang. Guide pour l'exploitation des jaugeages en hydrologie - Application à la prédétermination des débits caractéristiques d'étiage. Onema, pp.37, 2016. ([hal-02604844](#))