



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY 4.0). La citation comme l'utilisation de tout ou partie du contenu de cet article doit obligatoirement mentionner les auteurs, l'année de publication, le titre, le nom de la revue, le volume, les pages et le DOI.

Les cours d'eau sous leur meilleur ProfHyl

Olivier DELAIGUE¹, Vazken ANDRÉASSIAN¹, Benoît GÉNOT¹, Pierre BRIGODE^{1,2}, Claire MAGAND³

¹ Université Paris-Saclay, INRAE, UR HYCAR, Antony, France.

² Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, OCA, IRD, Géoazur, Sophia-Antipolis, France.

³ Office français de la biodiversité (OFB), Vincennes Cedex, France.

Correspondance : Olivier DELAIGUE, olivier.delaigue@inrae.fr

L'outil de visualisation cartographique ProfHyl propose une représentation originale du débit de référence des cours d'eau sous forme de profils en long, assurant une cohérence amont-aval explicite des valeurs de débit. Les cartes produites sont aisément utilisables, notamment par des utilisateurs non-experts. Les principaux fleuves et rivières de France (une soixantaine) sont aujourd'hui disponibles.

Les modes de représentation du débit des cours d'eau

Les cours d'eau sont des éléments essentiels du paysage, dont les premières représentations cartographiques sont attestées dès le VI^e siècle avant notre ère, avec notamment la tablette babylonienne de Sippar en Mésopotamie, considérée par les historiens comme la première carte au monde. Sur ces premières représentations, il n'y a bien entendu aucune information relative au débit : la rivière n'est présente qu'en tant qu'élément géographique structurant. De nos jours, les cartes hydrologiques ont pour mission d'ajouter aux deux dimensions de l'espace une troisième dimension relative aux flux d'eau. C'est dans l'ouvrage de Margat (1996) sur les ressources en eau que l'on trouve la discussion la plus complète sur les cartes hydrologiques des cours d'eau : « cartographies de l'écoulement constitué dans la structure qui le collecte et où il peut être aménagé et prélevé, donc où il est offert comme ressource. Elles consistent à représenter le réseau hydrographique classé dans toutes ses sections suivant les grandeurs de l'écoulement (moyen ou de fréquence définie, notamment en étiage). » Les géographes avaient pris l'habitude de tracer des profils topographiques des cours d'eau, reliant l'altitude du cours d'eau (en ordonnée) à la distance parcourue depuis la source (en abscisse). Erhard-Cassegrain et Margat (1983) ajoutaient qu'« un complément à la cartographie des réseaux hydrographiques classés par débit est la représentation de profils en long des fleuves ou des principaux cours d'eau d'un bassin ». Ce type de représentation a été utilisé depuis un certain nombre d'années (voir par exemple Lambert, 1995).

L'outil ProfHyl (Génot *et al.*, 2022) met en avant la représentation du profil en long d'un cours d'eau, en l'associant à la carte du cours d'eau : l'information géographique étant enrichie par le profil hydrologique superposé, et les discontinuités du débit liées aux apports des affluents étant clairement visibles, les cartes deviennent plus aisément utilisables par des utilisateurs non-experts, qui peinent généralement à apprécier l'importance des principales confluences, par rapport auxquelles il est pourtant essentiel de se positionner.

Contexte de développement de l'outil de visualisation

ProfHyl a été conçu pour faciliter l'accès à une carte nationale des débits réglementaires (présentant module¹ et QMNA5²) qui avait été produite par INRAE dans le cadre d'un partenariat de long terme avec l'Office français de la biodiversité (Riffard *et al.*, 2012). Diffusée à l'intention des services de l'État sous la forme d'une couche vectorielle, cette carte nationale des débits, librement accessible³, ne peut toutefois pas être manipulée aisément par le grand public, car elle requiert une certaine maîtrise des outils de géomatique.

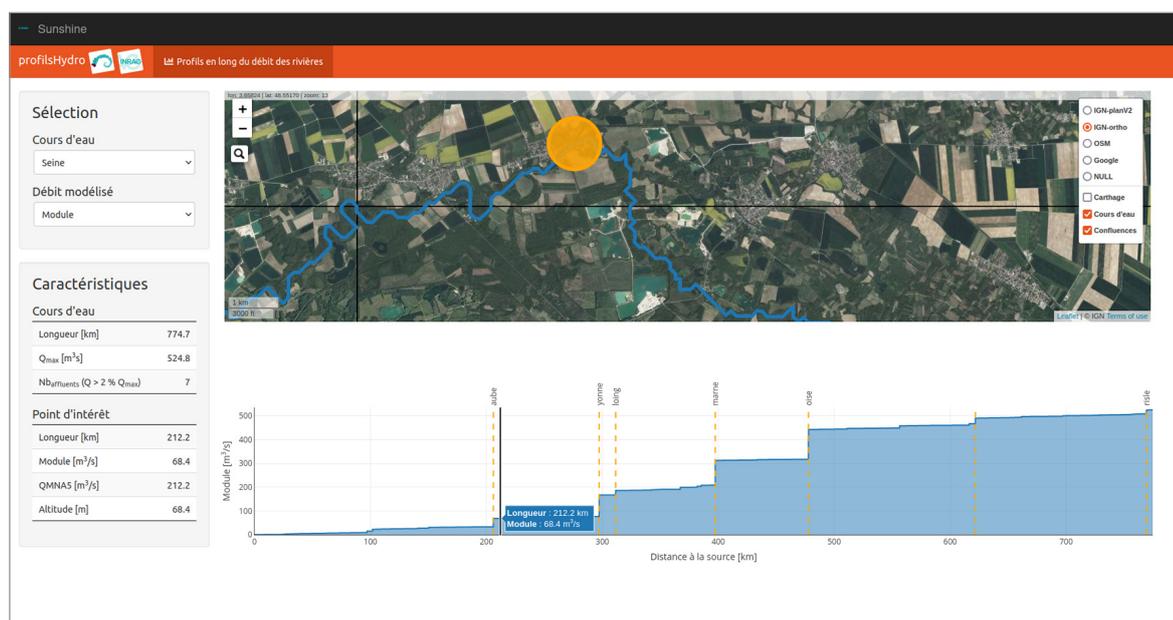
La méthode mise en œuvre utilise un modèle hydrologique régionalisé exploitant les variables climatiques (précipitations et évaporation potentielle) sur une grille régulière, orientée en fonction des directions d'écoulement : la contribution de chaque pixel de la grille est calculée, et les contributions sont cumulées le long du réseau hydrographique. Pour le débit caractéristique d'étiage, un facteur d'échelle spatiale est pris en compte.

1. Le module représente le débit moyen interannuel, calculé de préférence sur une longue période (dans l'idéal, trente ans).

2. Le QMNA5 représente les débits d'étiage. Il correspond au quantile 20 % de la distribution des débits minimum annuels ; ce débit minimum étant lui-même agrégé au pas de temps mensuel.

3. <https://geo.data.gouv.fr/fr/datasets/8bcfa132902a0b35747656cf802f3a8616e0cc92>

Figure 6 – Capture d'écran de l'interface web ProfHyl représentant le tracé et le profil du module de la Seine, après zoom à proximité d'une confluence (à noter le changement de fond de carte réalisé par l'utilisateur).



éléments sont interactifs : lorsque l'utilisateur clique en un endroit du profil, la carte est automatiquement mise à jour, c'est-à-dire qu'on se déplace sur la position d'intérêt. Par ailleurs les curseurs indiquant les positions sur la carte et le profil sont liés. Enfin, lorsque l'utilisateur positionne le curseur sur le profil, une infobulle affiche la distance à la source et le débit d'intérêt. Des traits verticaux jaunes représentent la position des confluences avec les principaux affluents dont le nom est affiché (figure 6).

Conclusion et perspectives

La meilleure évaluation de l'intérêt de l'outil ProfHyl sera obtenue en l'utilisant. Les principaux fleuves et rivières de France sont disponibles (une soixantaine pour

l'instant), et nous projetons de poursuivre le déploiement dans les années à venir en étendant la gamme de rivières concernées.

Il faut signaler que l'estimation du QMNA5 (indicateur de débit d'étiage) est bien plus incertaine que celle du module, et que l'impact des grands barrages réservoirs (qui est majeur pour l'estimation du QMNA5) n'a pas été pris en compte, dans la mesure où la commande initiale de l'OFB se rapportait à une hydrologie « naturelle ». Nous projetons à l'avenir de proposer une couche permettant de surimposer les points présentant les estimations issues des stations de mesure de l'Hydroportail⁶ (et prenant donc en compte les influences réelles) afin de permettre à l'utilisateur d'évaluer l'écart entre les débits réels et le calcul du débit naturel.

6. Pour accéder aux données hydrométriques de la banque nationale des données quantitatives relatives aux eaux de surface : <https://www.hydro.eaufrance.fr/>

RÉFÉRENCES

- Brigode P., Lilas D., Andréassian V., Nicolle P., Le Moine N., Perrin C., Gremminger S., Augéard B., 2019. Une cartographie de l'écoulement des rivières de Corse. *La Houille Blanche*, 105(1), 68-77. <https://doi.org/10.1051/lhb/2019009>.
- Chang W., Cheng J., Allaire J. J., Sievert C., Schloerke B., Xie Y., Allen J., McPherson J., Dipert A., Borges B., 2021. Shiny: Web Application Framework for R. R package version 1.7.1., <https://CRAN.R-project.org/package=shiny>.
- Cheng J., Karambelkar B., Xie Y., 2021. Leaflet: Create Interactive Web Maps with the JavaScript "Leaflet" Library. R package version 2.0.4.1., <https://CRAN.R-project.org/package=leaflet>.
- Erhard-Cassegrain A., Margat J., 1983. Introduction à l'économie générale de l'eau. Masson, Paris, 361 p.
- Génot B., Delaigue O., Andréassian V., Brigode P., 2022. ProfHyl: Mapping of streamflows longitudinal profiles of French rivers. Web Application, <https://sunshine.inrae.fr/app/profilsHydro>.
- IGN, 2006. BD Carthage version 3.0. Descriptif de contenu. 39 p.
- Lambert R., 1995. Géographie du cycle de l'eau. Presses Universitaires du Mirail, Toulouse. 439 p.
- Margat J., 1996. Les ressources en eau. Collection Manuels et Méthodes n° 28, BRGM (Orléans) & FAO (Rome). 148 p.
- Riffard M., Andréassian V., Nicolle P., Peschard J., 2012. Combinaison multi-modèle et cartographie de consensus du débit de référence d'étiage et du débit moyen à l'échelle de la France. IRSTEA-ONEMA. Partenariat 2011. Domaine Hydro-morphologie et altérations physiques des hydrosystèmes continentaux. Action Prédétermination des étiages. 37 p.
- Sievert C., 2020. Interactive Web-Based Data Visualization with R, plotly, and shiny. Chapman and Hall/CRC Florida.