

Les Analogues, une approche statistique adaptée pour la prévision opérationnelle des crues et étendue à l’ensemble de la France

Analog sorting of meteorological patterns, a statistical approach adapted to operational flood forecast and extended to the whole of France

Auteurs : MARTY Renaud^{1*}, GAUTHERON Alain², EDOUARD Simon², HORTON Pascal³, OBLED Charles⁴

* *auteur correspondant*

¹ DREAL Centre-Val de Loire, 5 avenue Buffon, CS 96407, 45065 Orléans, France, renaud.marty@developpement-durable.gouv.fr

² DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, 17 boulevard Joseph Vallier, 38030 Grenoble Cedex 2, France, alain.gautheron@developpement-durable.gouv.fr, simon.edouard@developpement-durable.gouv.fr

³ Terranum, rue de l’Industrie 35b, 1030 Bussigny, Suisse, pascal.horton@terranum.ch

⁴ Université Grenoble-Alpes – Institut des Géosciences de l’Environnement, CS 40700, 38058 Grenoble Cedex 9, charles.obled@univ-grenoble-alpes.fr

Choix du thème/session : Prévision des crues et des inondations

Mots clefs : Adaptation statistique, prévision probabiliste de précipitations, prévision hydrologique opérationnelle

La méthode des Analogues est une approche assez simple d'adaptation statistique de prévision numérique du temps [1, 2]. Elle repose sur le constat que la grandeur ‘précipitation’ est l’une des plus difficiles à prévoir, et sur l’hypothèse que celle-ci peut être expliquée en partie par des grandeurs dynamiques ou physiques (ex : géopotentiel, humidité). Elle propose des prévisions probabilistes de précipitations en confrontant une situation synoptique prévue (cible) à une archive de situations candidates déduite des observations passées, et en retenant les plus similaires selon un critère d’analogie. A partir des dates associées à ces situations analogues, les valeurs de précipitations correspondantes permettent de proposer une distribution empirique des valeurs possibles. Elle offre donc aussi la possibilité au prévisionniste de se référer à des situations passées historiques proches de celle qui est prévue par la prévision numérique du temps.

Cette approche d’adaptation statistique est testée (dès les années 1970...) puis intégrée dans les systèmes opérationnels d’organisations produisant des prévisions hydrologiques probabilistes : producteurs d’hydro-électricité (EDF, CNR, HydroQuébec...), services de prévisions des crues en France, en Suisse... Cette approche a bénéficié d’une part de l’apparition de fichiers de champs météorologiques réanalysés, avec des résolutions spatiales et temporelles de plus en plus fines, et d’autre part de l’accroissement des puissances de calcul qui ont permis des optimisations conséquentes de cette méthode d’exploration des données. En France, aujourd’hui, les services de prévision des crues (SPC) Alpes-du-Nord (AN) et Loire-Allier-Cher-Indre (LACI) disposent d’outils produisant des prévisions de précipitations selon la méthode des Analogues aux pas de temps journaliers et infra-journaliers. La qualité des prévisions émises et leur caractère probabiliste conduisent le réseau Vigicrues à étendre la méthode à l’ensemble du territoire et à recommander un seul outil opérationnel.

Le choix de l’outil opérationnel s’est porté sur la suite logiciel AtmoSwing [3] en raison de :

- sa capacité à manipuler les données (réanalyses et prévisions météorologiques) des configurations déjà implémentées dans les SPC AN et LACI et également de nouvelles sources de données (réanalyses ERA5, prévision météorologique du CEPMMT, de Météo-France) ;
- l’implémentation facilitée des configurations actuelles ;
- la présence de sous-modules dédiés à l’optimisation de la méthode, à la production et à la visualisation des prévisions ;
- l’utilisation possible à un pas de temps-infra-journalier ;
- son cadre de développement open-source.

L’intégration de cet outil s’accompagne de développements ajoutant des fonctionnalités existantes dans les anciens outils (affichage des champs météorologiques, définition d’une valeur déterministe à partir d’une prévision probabiliste), conçues pour faciliter l’usage au sein des systèmes opérationnels du réseau Vigicrues (formats d’exports, échange par SFTP) et valider son utilisation d’un pas de temps infra-journalier.

L’extension de la méthode nécessite l’usage d’une archive unique de précipitations: la réanalyse: SAFRAN [4]. La fenêtre temporelle sur laquelle est déterminé le cumul journalier est adapté aux prévisions expertisées fournies par Météo-France, à savoir 0h TU – 0hTU (au lieu de 6h-6h dans les études précédentes). Par ailleurs, il n’est pas nécessaire de définir une configuration d’analogie en chaque pixel de la modélisation SAFRAN, en raison de la transférabilité spatiale mise en évidence par Chardon *et al.* [5]. Le territoire métropolitain est découpé en 30 zones par des méthodes de clustering jugeant la similarité des chroniques pluviométriques des pixels de la modélisation SAFRAN, en considérant une normalisation préalable des précipitations (racine carrée du rapport à la valeur décennale) et un seuil pour cibler les situations météorologiques pouvant générer des crues [6].

Le calage de la méthode des Analogues sur la France est réalisé par des algorithmes génétiques développés par Horton *et al.* [7] reposant sur les réanalyses météorologiques ERA5. Les prévisions de précipitations produites par la suite logicielle sont ensuite intégrées parmi les outils mis à disposition des prévisionnistes, que ce soit pour l’analyse de la situation hydro-météorologique pouvant conduire à des crues, ou pour alimenter les systèmes numériques des SPC. Des évolutions sont toutefois indispensables pour se conformer aux besoins de la modélisation hydrologique, notamment le pas de temps infra-journalier selon les conseils d’Obled *et al.* [8], et pour construire des scénarios hydrologiques avec cohérence spatio-temporelle (Bellier *et al.*, [9]) à l’issue du traitement statistique des prévisions météorologiques.

1. REFERENCES

- [1] Bontron, Guillaume, Abdelatif Djerboua et Charles Obled. Sélection de situations météorologiques analogues : applications en prévision opérationnelle de précipitations et en évolution climatique. *Houille Blanche-Revue Internationale De L Eau*. 8 (2002), 46-51, <https://doi.org/10.1051/lhb/2002106>
- [2] Marty, Renaud, Isabella Zin, Charles Obled, Guillaume Bontron, et Abdelatif Djerboua. Toward Real-Time Daily PQPF by an Analog Sorting Approach: Application to Flash-Flood Catchments, *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 51, 3 (2012): 505-520, accessed Jan 18, 2023, <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-11-011.1>
- [3] Horton, Pascal : AtmoSwing: Analog Technique Model for Statistical Weather forecastING and downscaling (v2.1.0), *Geoscientific Model Development*, 12, 2915–2940, <https://doi.org/10.5194/gmd-12-2915-2019>, 2019.
- [4] Vidal, Jean-Philippe, Eric Martin, Laurent Franchistéguy, Martin Baillon, M. et Jean-Michel Soubeyroux. (2010), A 50-year high-resolution atmospheric reanalysis over France with the Safran system. *Int. J. Climatol.*, 30: 1627-1644. <https://doi.org/10.1002/joc.2003>
- [5] Chardon, Jeremy, Benoit Hingray, Anne-Catherine Favre, Philemon Autin, Joël Gailhard, Isabella Zin, et Charles Obled. Spatial Similarity and Transferability of Analog Dates for Precipitation Downscaling over France, *Journal of Climate* 27, 13 (2014): 5056-5074, accessed Jan 18, 2023, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00464.1>
- [6] ARTELYS, Dreal Centre-Val de Loire. Classification de séries temporelles de précipitations pour le zonage du territoire français métropolitain (2021), 1-63
- [7] Horton, Pascal, Michel Jaboyedoff et Charles Obled. Using genetic algorithms to optimize the analogue method for precipitation prediction in the Swiss Alps, *Journal of Hydrology*, 556 (2018), 1220-1231, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.04.017>
- [8] Obled, Charles, Isabella Zin, et Benoît Hingray. Choix des pas de temps et d'espace pour des modélisations parcimonieuses en hydrologie des crues, *La Houille Blanche*, 5 (2009), 81-87, <https://doi.org/10.1051/lhb/2009059>

- [9] Bellier, Joseph, Isabella Zin et Guillaume Bontron. Generating coherent ensemble forecasts after hydrological postprocessing: Adaptations of ECC-based methods. *Water Resources Research*, 54 (2018), 5741– 5762. <https://doi.org/10.1029/2018WR022601>