

	Alexandre Devers (2016 – 2019)
	Vers une réanalyse hydrométéorologique à l'échelle de la France sur les 140 dernières années par assimilation de données dans des reconstructions ensemblistes
	Encadrants : J.-P. Vidal (Irstea RiverLy HyBV), C. Lauvernet (Irstea RiverLy PolIDiff) et O.Vannier (CNR)
	Ecole Doctorale: ED105, Terre-Univers-Environnement, Université de Grenoble Alpes

L'objectif de la thèse est la combinaison optimale de deux jeux données météorologiques d'origines différentes couvrant l'ensemble du XX^e siècle (des observations et des reconstructions se basant sur une réanalyse atmosphérique) en prenant en compte leurs incertitudes respectives.

La méthodologie mise en place fait largement appel aux méthodes d'assimilation, présentant un cadre adapté à ce type de travaux. L'amélioration des forçages météorologiques a permis d'obtenir des reconstructions de débits cohérentes sur 140 ans.

Les reconstructions hydrométéorologiques obtenues présentent l'avantage d'une couverture spatiale et temporelle plus étendue que des simples observations et une incertitude réduite en comparaison des reconstructions utilisant uniquement l'information des réanalyses atmosphériques.

Les réanalyses atmosphériques globales étendues couvrant la période 1871-2012 ont récemment été mises à disposition de la communauté scientifique. Ces informations météorologiques de grande échelle ont été régionalisées sur la France grâce à la méthode de descente d'échelle SCOPE pour produire SCOPE Climate (Caillouet et al., 2019). Ces reconstructions sont cependant entachées de larges incertitudes, notamment car elles ne prennent pas en compte les observations aux sols disponibles, telles que les précipitations et les températures.

La thèse présentée vise à réduire et quantifier ces incertitudes en incorporant des observations météorologiques historiques indépendantes grâce à des techniques d'assimilation de données. Ce type de méthodes est classiquement utilisé en prévision météorologique ou océanique, mais c'est une approche particulièrement novatrice pour la reconstruction hydrométéorologique. Elle s'appuie sur des développements récents qui visent à contraindre des sorties de modèles climatiques globaux par des proxys très espacés en temps et espace, en utilisant des méthodes d'assimilation offline (Bhend et al., 2012).

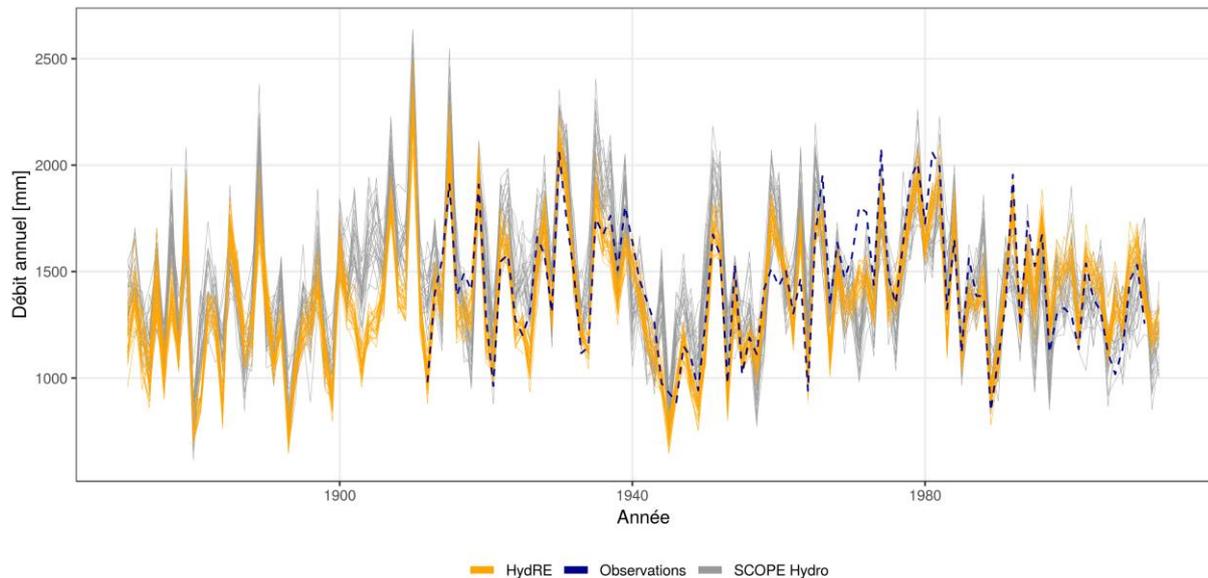
FYRE Climate (French hYdrometeorological REanalysis) une réanalyse climatique journalière a été créé à l'aide d'un filtre de Kalman d'ensemble (Evensen, 2003) permettant de combiner les observations météorologiques in situ et les reconstructions SCOPE Climate ainsi que leurs erreurs associées (Devers et al., 2018). Le schéma d'assimilation développé prend notamment en compte : (1) l'implémentation d'une localisation adaptée permettant de ne pas assimiler des observations trop lointaines, (2) une transformation de la variable précipitation pour obtenir une variable pseudo-gaussienne plus adaptée au méthode de filtrage. FYRE Climate a permis d'obtenir des chroniques climatiques couvrant la période 1871-2012 sur des mailles de 8 x 8 km.

La nouvelle réanalyse couplée à un modèle hydrologique pluie-débit conceptuel a permis de réaliser une reconstruction hydrologique continue depuis 1871 sur plus de 660 bassins versants de France. La confrontation de ces reconstructions (**HydRE**) à celles réalisées sans assimilation de données (SCOPE Hydro, Caillouet et al., 2017) ainsi qu'aux observations de débits a permis d'estimer le gain apporté par le processus d'assimilation au travers du filtre hydrologique (figure ci-dessous). Cette comparaison a mis en avant des différences significatives entre les deux produits à la fois sur les variations multi décennales et des événements extrêmes du passé (sécheresses et crues). Les

reconstructions **HydRE** montrent des caractéristiques plus cohérentes avec les observations de débits indépendantes .

Finalement, les observations hydrométriques disponibles sur le réseau depuis les années 1920 ont également été intégrées dans les reconstructions **HydRE** afin de créer une réanalyse hydrologique, appelée **FYRE Hydro**. Cette réanalyse utilise un filtre de Kalman d'ensemble similaire à celui de la réanalyse climatique **FYRE Climate**. Les jeux de données **FYRE** permettent donc d'étudier la variabilité du climat et de l'hydrologie sur la France depuis la fin du XIX^e siècle.

Evolution des débits annuels du Gave d'Oloron à Oloron-Sainte-Marie (sud-ouest de la France)



Financement :

50% bourse Irstea, 50% CNR (2016-2019)

Références :

Bhend, J., Franke, J., Folini, D., Wild, M., and Brönnimann, S.: An ensemble-based approach to climate reconstructions, *Clim. Past*, 8, 963-976, doi: 10.5194/cp-8-963-2012, 2012

Caillouet, L., Vidal, J.-P., Sauquet, E., Devers, A., and Graff, B.: Ensemble reconstruction of spatio-temporal extreme low-flow events in France since 1871, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 21, 2923-2951, doi:10.5194/hess-21-2923-2017, 2017.

Caillouet, L., Vidal, J.-P., Sauquet, E., Graff, B., and Soubeyroux, J.-M.: SCOPE Climate: a 142-year daily high-resolution ensemble meteorological reconstruction dataset over France, *Earth Syst. Sci. Data Discuss.*, doi:10.5194/essd-2018-79, in review, 2018.

Devers, A., Vidal, J.-P., Lauvernet, C. and Graff, B.: A 140-year high-resolution meteorological reanalysis over France through offline data assimilation in an ensemble of downscaled reconstructions from 20CR, In Keller, J. (Ed.): *International Symposium on Regional Reanalysis – Scientific Program*, p. 8-9, 2018.

Evensen, G. (2003). The Ensemble Kalman Filter: theoretical formulation and practical implementation. *Ocean Dynamics*, 53(4):343--367. doi:10.1007/s10236-003-0036-9.

Publications et communications :

Article

DEVERS, A., VIDAL, J.P., LAUVERNET, C., GRAFF, B., VANNIER, O.- 2019. A framework for high-resolution meteorological surface reanalysis through offline data assimilation in an ensemble of downscaled reconstructions. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*.

Communication scientifique sans actes

DELUS, C., GRELIER, B., FRANCOIS, D., DROGUE, G., VIDAL, J.P., CAILLOUET, L., DEVERS, A., SAUQUET, E., LAUVERNET, C.- 2019. Comparaison de séries climatiques historiques dans les bassins versants de la Meuse et de la Moselle. Bases de données et modèles climatiques. Séminaire de la commission "Changements climatiques et territoires" du CNFG 21/03/2019-22/03/2019, Dijon, FRA. 23 p.

DEVERS, A., VIDAL, J.P., LAUVERNET, C., VANNIER, O.- 2019. Une reconstruction hydrologique ensembliste depuis 1871 sur 662 bassins versants en France. Ateliers de Modélisation de l'Atmosphère 2019 11/03/2019-13/03/2019, Toulouse, FRA. 39 p.

Poster

DEVERS, A., VIDAL, J.P., LAUVERNET, C., VANNIER, O.- 2019. A 140-year ensemble streamflow reconstruction of over 662 catchments in France. European Geosciences Union 2019 07/04/2019-12/04/2019, Vienna, AUT. 1 p.

DEVERS, A., VIDAL, J.P., LAUVERNET, C., GRAFF, B.- 2018. High-resolution precipitation reanalysis over France through offline data assimilation in a downscaled ensemble meteorological reconstruction. EGU General Assembly 2018 08/04/2018-13/04/2018, Vienna, AUT. 1 p.

DEVERS, A., VIDAL, J.P., LAUVERNET, C., GRAFF, B.- 2017. Reanalysis of the 1893 heat wave in France through offline data assimilation in a downscaled ensemble meteorological reconstruction. EGU General Assembly 2017 23/04/2017-28/04/2017, Vienna, AUT. 1 p.

Communication scientifique sans actes

DEVERS, A., VIDAL, J.P., LAUVERNET, C., GRAFF, B.- 2018. A 140-year high-resolution meteorological reanalysis over France through offline data assimilation in an ensemble of downscaled reconstructions. First International Symposium on Regional Reanalysis 17/07/2018-19/07/2018, Bonn, DEU. 28 p.

Communication scientifique sans actes

DEVERS, A., PRINTEMPS, A., VIDAL, J.P., LAUVERNET, C., VANNIER, O.- 2018. Vers une réanalyse hydrologique par assimilation de débits sur plus de 600 bassins versants en France. Colloque National d'Assimilation de données 28/09/2018, Rennes, FRA. 46 p.