



# FYRE Hydro : une réanalyse hydrologique de 142 ans sur la France

**Alexandre Devers**<sup>1</sup>, Jean-Philippe Vidal<sup>1</sup>, Claire Lauvernet<sup>1</sup>, et Olivier Vannier<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Irstea, UR RiverLy, Villeurbanne, France

<sup>2</sup>Compagnie Nationale du Rhône (CNR), Lyon, France

Journées de Modélisation des Surfaces Continentales  
2019, Paris, France

## Contexte

Pourquoi étudier le passé ?

Notamment pour :

- L'adaptation à la variabilité climatique passé
- La préparation à des événements extrêmes de référence



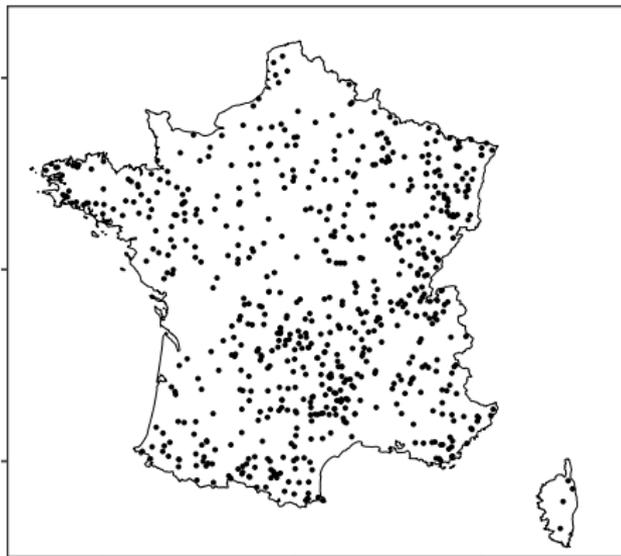
La Seine au pont d'Arcole en 1910 et 2016 (crédit : Julien Knez)

⇒ Besoin de jeux de données locaux et couvrant une longue période

## Contexte

Les données disponibles

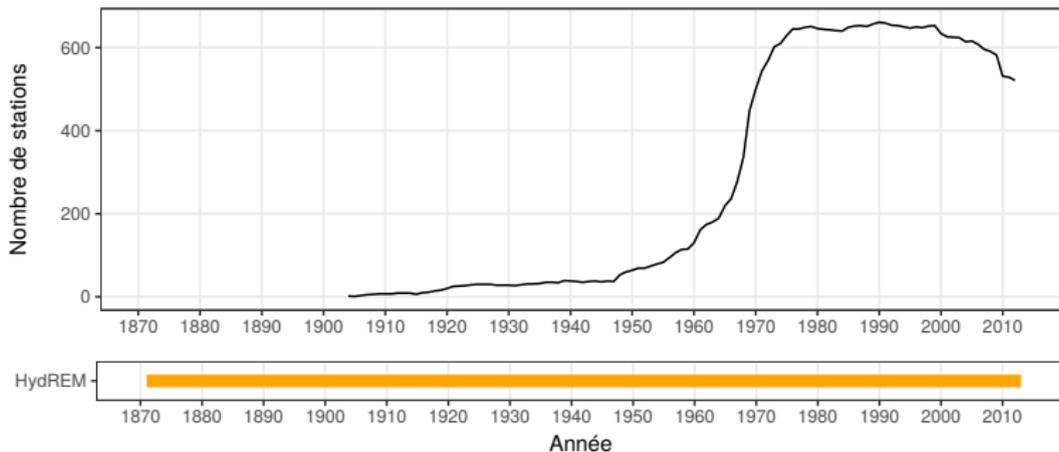
Sur une sélection de 661 bassins versants faiblement anthropisés avec des mesures de bonnes qualités (Catalogne et al., 2014; Giuntoli et al., 2013)



## Contexte

Les données disponibles

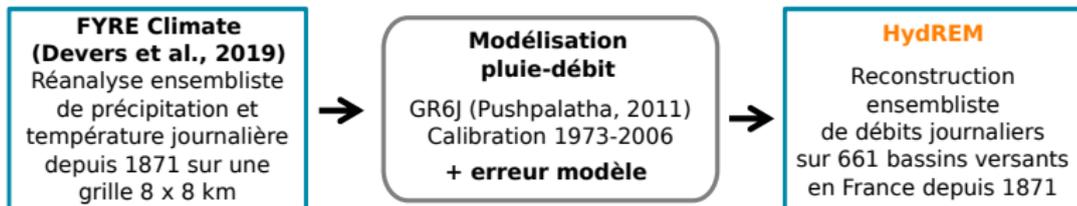
Sur une sélection de 661 bassins versants faiblement anthropisés avec des mesures de bonnes qualités (Catalogne et al., 2014; Giuntoli et al., 2013)



- Observations provenant de la Banque HYDRO
- HydREM : Reconstruction hydrologique sur 661 bassins versants

## Données

HydREM : Hydrological Reconstruction with Error Model

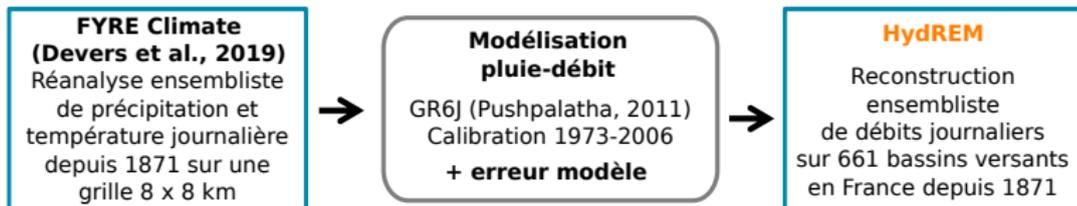


HydREM :

- Ensemble de 25 membres
- Au pas de temps journalier
- Sur de nombreux bassins versants
- Sur une longue période

## Données

HydREM : Hydrological Reconstruction with Error Model



HydREM :

- Ensemble de 25 membres
- Au pas de temps journalier
- Sur de nombreux bassins versants
- Sur une longue période

⇒ Les reconstructions ne prennent pas en compte les observations de débits

# Méthode

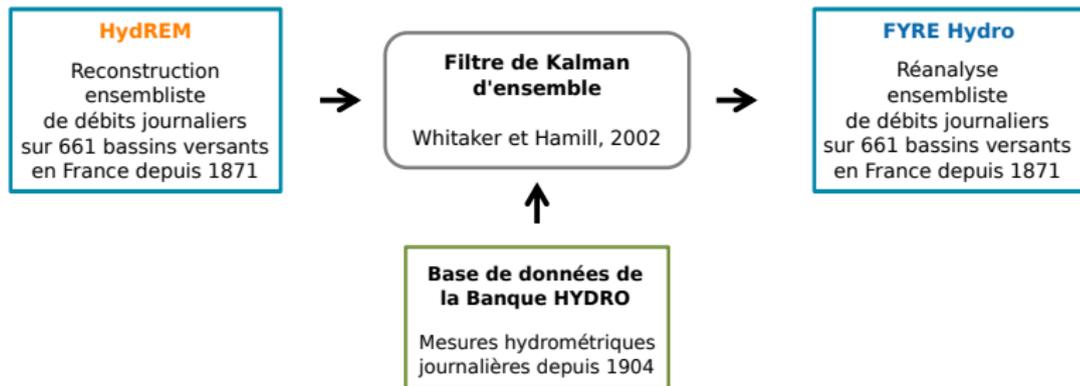
## L'assimilation de données

L'assimilation de données consiste à combiner des observations (Banque Hydro) et l'état d'un modèle (ou ébauche, ici **HydREM**), ainsi que leurs incertitudes respectives, afin d'obtenir l'état analysé ou analyse (**FYRE Hydro**) qui estime au mieux l'état réel du système (Asch et al., 2016).

⇒ Dans le cadre ensembliste les méthodes les plus utilisées sont les filtres de Kalman utilisant les membres de l'ébauche pour transférer l'information (Evensen, 2009)

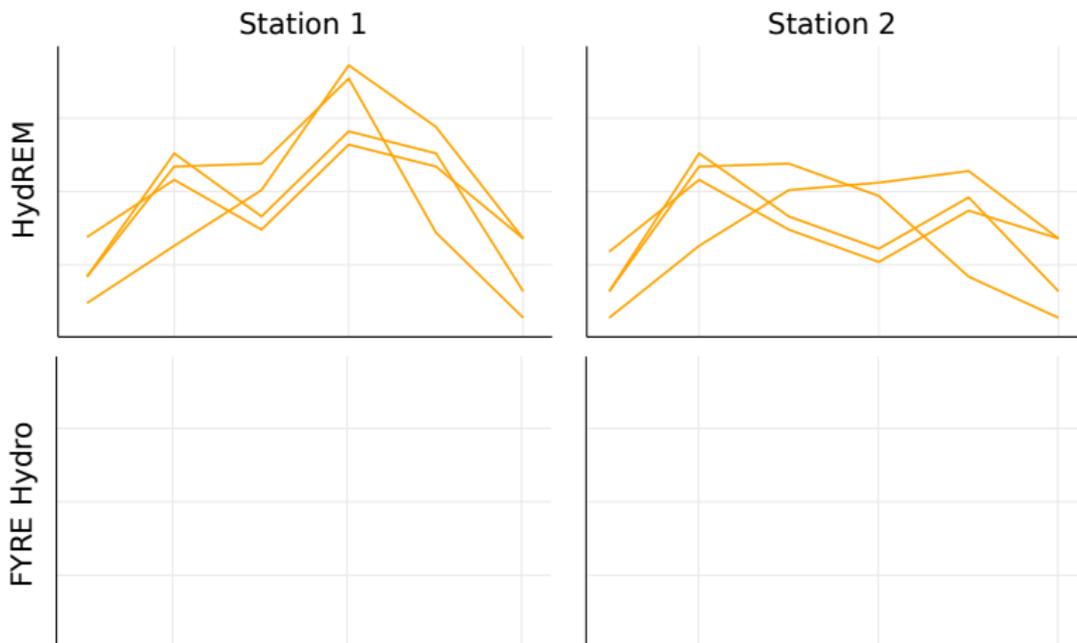
# Méthode

## L'assimilation de données



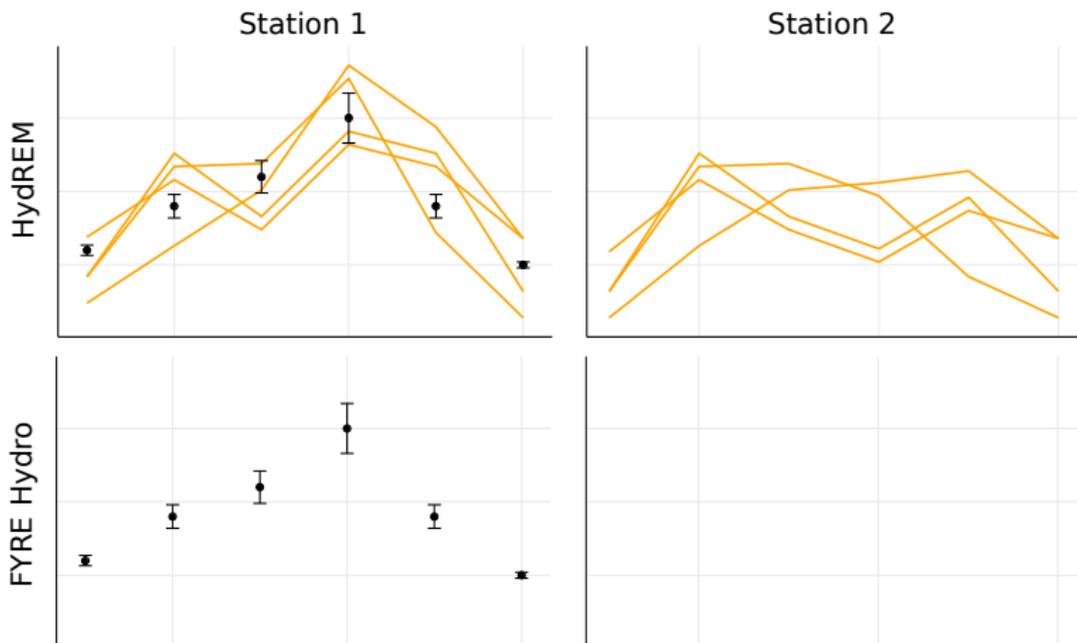
# Méthode

L'assimilation de données *offline*



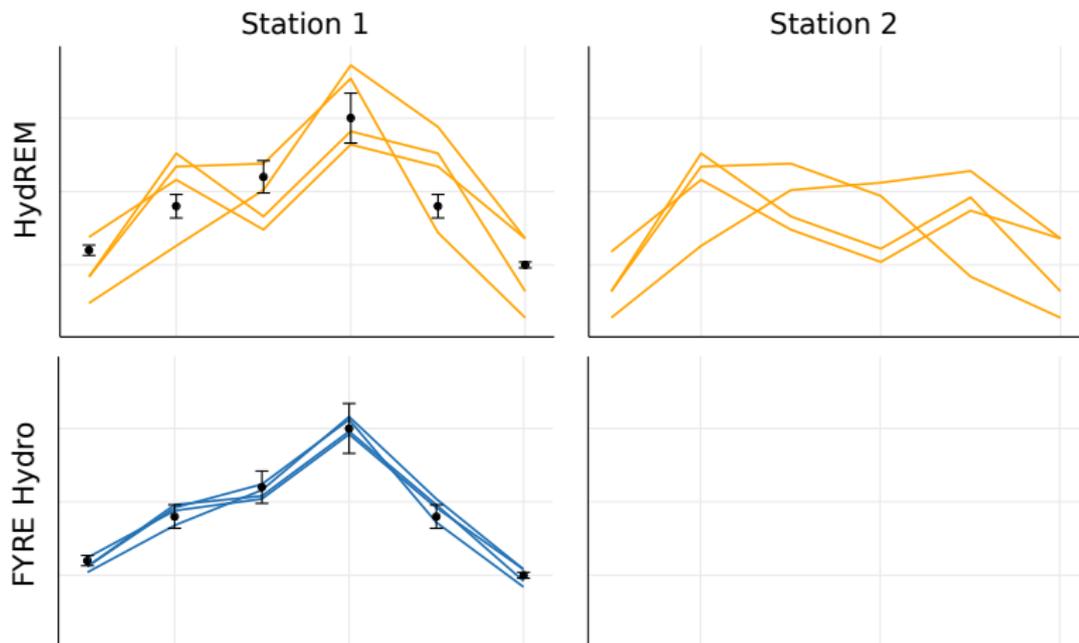
# Méthode

L'assimilation de données *offline*



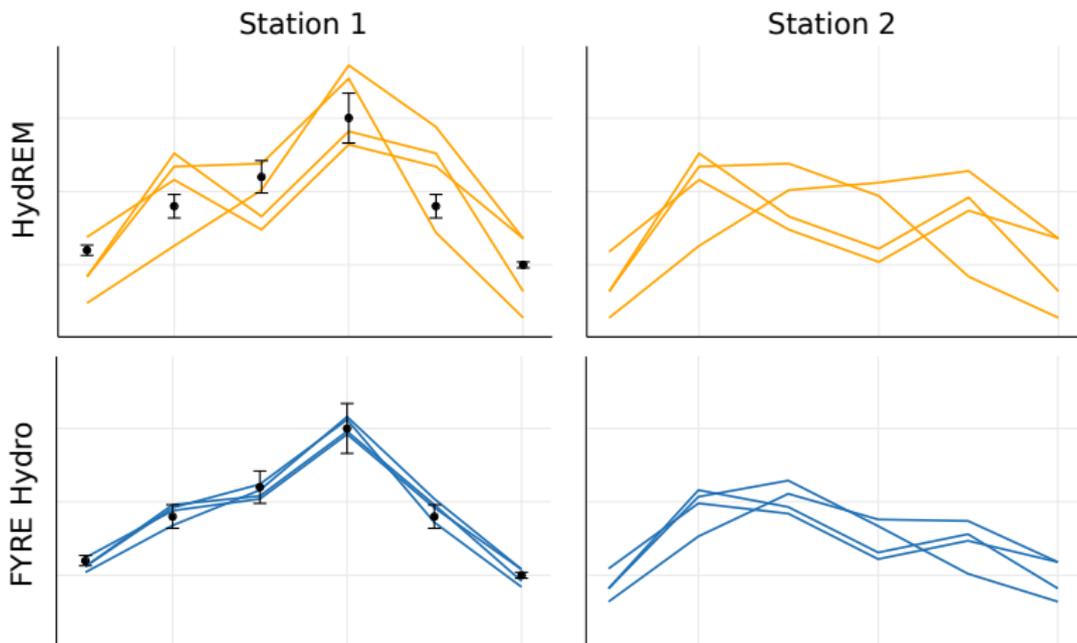
# Méthode

L'assimilation de données *offline*



# Méthode

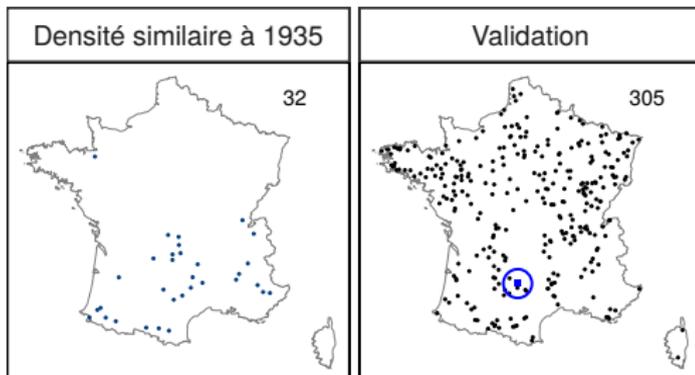
L'assimilation de données *offline*



## Validation de la méthode

Assimilation de données sur la période 2009-2012

Principe : Reproduction des densités de stations du passé (1910/1935/1960) + un jeu de validation

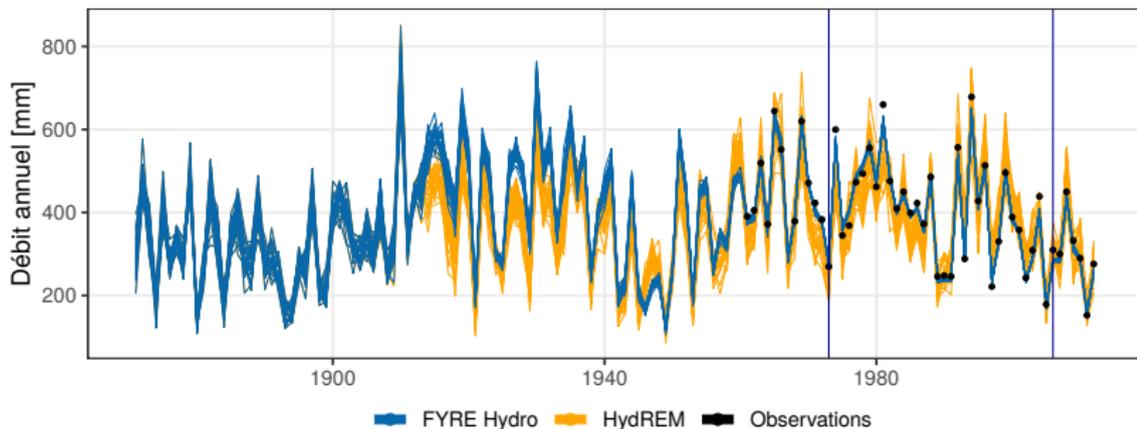


Résultats : Réduction de l'incertitude / Fortement dépendants de la densité

⇒ Permet de valider l'application de la méthode sur la période 1871-2012 et donc la création de FYRE Hydro

## Exemple de chronique de FYRE Hydro

L'Aveyron à Villefranche-de-Rouergue

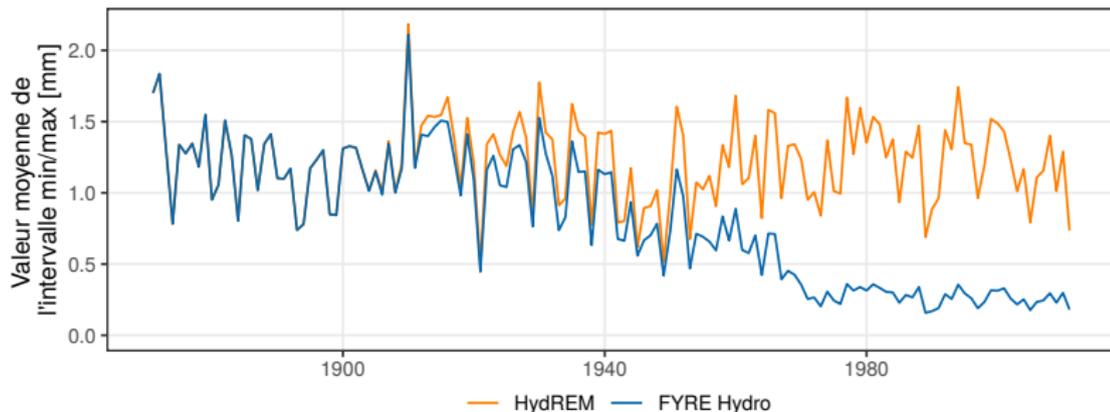


⇒ Correction d'un biais dans HydREM

⇒ Réduction de l'incertitude même quand aucune observation n'est assimilée

# Évolution de l'incertitude

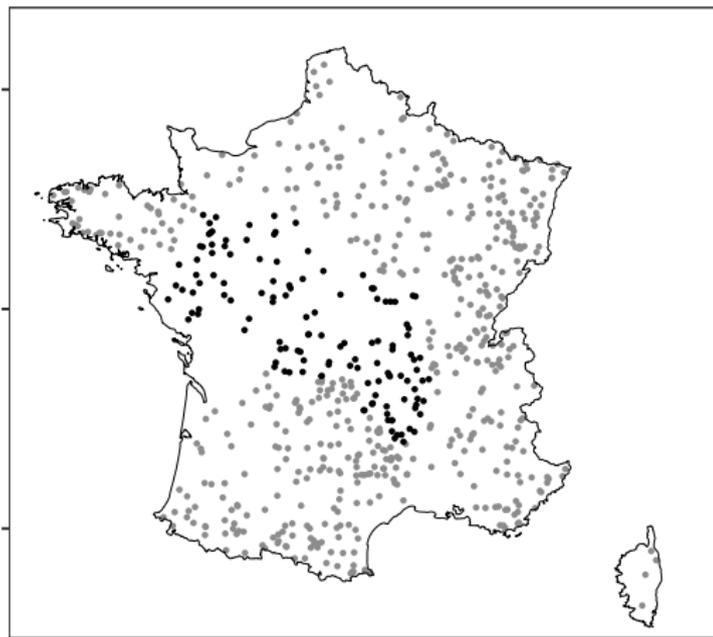
Moyenne de la dispersion de l'ensemble sur les 661 bassins versants



- ⇒ Diminution importante de l'incertitude
- ⇒ Avant 1907 aucun effet
- ⇒ Forte relation avec le nombre d'observations

## Variations décennales

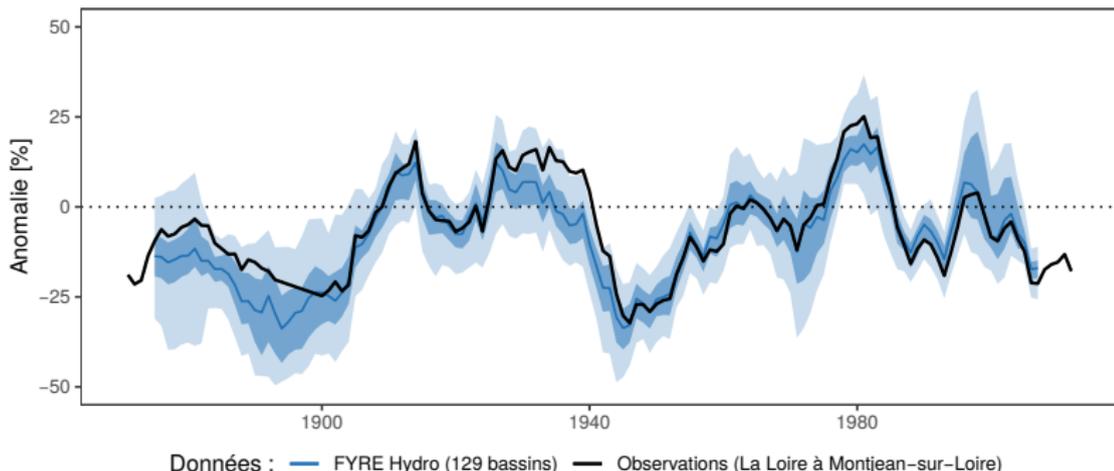
Comparaison des variations dans les observations de la Loire à Montjean-sur-Loire et dans FYRE Hydro sur les bassins présents sur le bassin de la Loire



• Autres (533) • La Loire (129)

## Variations décennales

Comparaison des variations dans les observations de la Loire à Montjean-sur-Loire et dans FYRE Hydro sur les bassins présents sur le bassin de la Loire



Anomalies de débits lissées par une moyenne glissante sur 10 ans en prenant comme référence la période 1970-2010.

⇒ Très bonne reproduction des variations observées dans des données indépendantes

## Conclusion

Sur la réanalyse FYRE Hydro

Jeu de données journalier et ensembliste

Filtres de Kalman d'ensemble adaptés aux réanalyses de débits

Réduction de l'incertitude importante

Correction de certains biais observés dans HydREM

Bonne reproduction des variations décennales

"Simple" reconstruction avant 1907

⇒ Jeu de données adapté à l'étude de l'hydrologie du passé  
(extrêmes ou variations long-terme)

## Des jeux de données disponibles

FYRE Climate (Devers et al., 2019) : Réanalyse composée de 25 membres des précipitations et températures journalières depuis 1871 sur une grille 8 x 8 km

HydREM : Reconstruction composée de 25 membres de débits journaliers sur 661 bassins versants en France depuis 1871, prenant en compte les erreurs sur la calibration, les forçages et le modèle

FYRE Hydro : Réanalyse composée de 25 membres de débits journaliers sur 661 bassins versants en France depuis 1871

Contact : [alexandre.devers@irstea.fr](mailto:alexandre.devers@irstea.fr)

# Bibliographie

- Asch, M., Bocquet, M., and Nodet, M. (2016). *Data assimilation: methods, algorithms, and applications*, volume 11. SIAM.
- Catalogne, C., Sauquet, E., and Lang, M. (2014). Using spot gauging data to estimate the annual minimum monthly flow with a return period of 5 years. *La Houille Blanche - Revue internationale de l'eau*, 4(4):78–87.
- Devers, A., Vidal, J.-P., Lauvernet, C., Graff, B., and 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*, accepté.
- Evensen, G. (2009). *Data assimilation: the ensemble Kalman filter*. Springer Science & Business Media.
- Giuntoli, I., Renard, B., Vidal, J.-P., and Bard, A. (2013). Low flows in France and their relationship to large-scale climate indices. *Journal of Hydrology*, 482:105 – 118.
- Pushpalatha, R., Perrin, C., Le Moine, N., Mathevet, T., and Andréassian, V. (2011). A downward structural sensitivity analysis of hydrological models to improve low-flow simulation. *Journal of Hydrology*, 411:66–76.
- Whitaker, J. S. and Hamill, T. M. (2002). Ensemble data assimilation without perturbed observations. *Monthly Weather Review*, 130(7):1913–1924.

# Bonus

Résultats 2009-2012 sur les 305 bassins versants de validation

