



**HAL**  
open science

**Réseau bayésien de la sécheresse en Cévennes :  
Prototype d'un Decision Support System pour le suivi  
de la ressource en eau des bassins versants  
méditerranéens**

H. Di Costanzo, Philippe Martin

► **To cite this version:**

H. Di Costanzo, Philippe Martin. Réseau bayésien de la sécheresse en Cévennes : Prototype d'un Decision Support System pour le suivi de la ressource en eau des bassins versants méditerranéens. Theoquant, Feb 2022, Besançon, France. hal-03779445

**HAL Id: hal-03779445**

**<https://hal.science/hal-03779445v1>**

Submitted on 16 Sep 2022

**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.

# Réseau bayésien de la sécheresse en Cévennes :

Prototype d'un Decision Support System pour le suivi de la ressource en eau des bassins versants méditerranéens

DI COSTANZO Hadrien, MARTIN Philippe

hadrien.di-costanzo@univ-avignon.fr / philippe.martin@univ-avignon.fr  
Avignon Université, UMR ESPACE 7300 CNRS  
74 rue Louis Pasteur, F-84029 Avignon Cedex 1



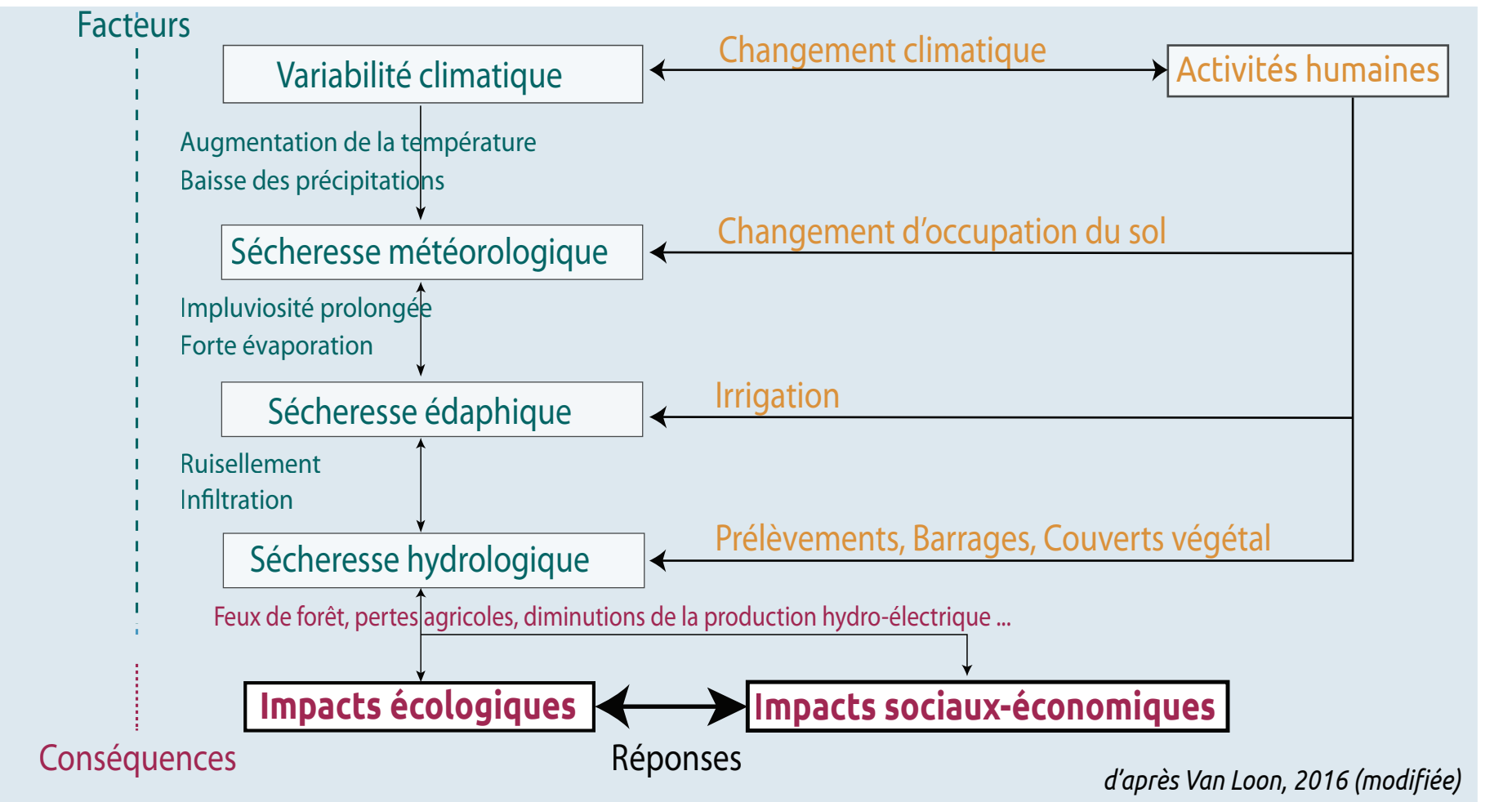
## Problématiques scientifiques

### Contexte

- Observations d'une **augmentation de l'aridité** (P/ETP) en secteur méditerranéen
- Une probable **accentuation** de cette tendance au cours du **XXI<sup>e</sup> siècle** (Milano *et al.*, 2013)
- Des **besoins en eau qui augmentent** (augmentation de la population et attractivité touristique)
- La **sécheresse** : perçue comme un **manque d'eau** pouvant **impacter** les activités **sociales** et les **écosystèmes**

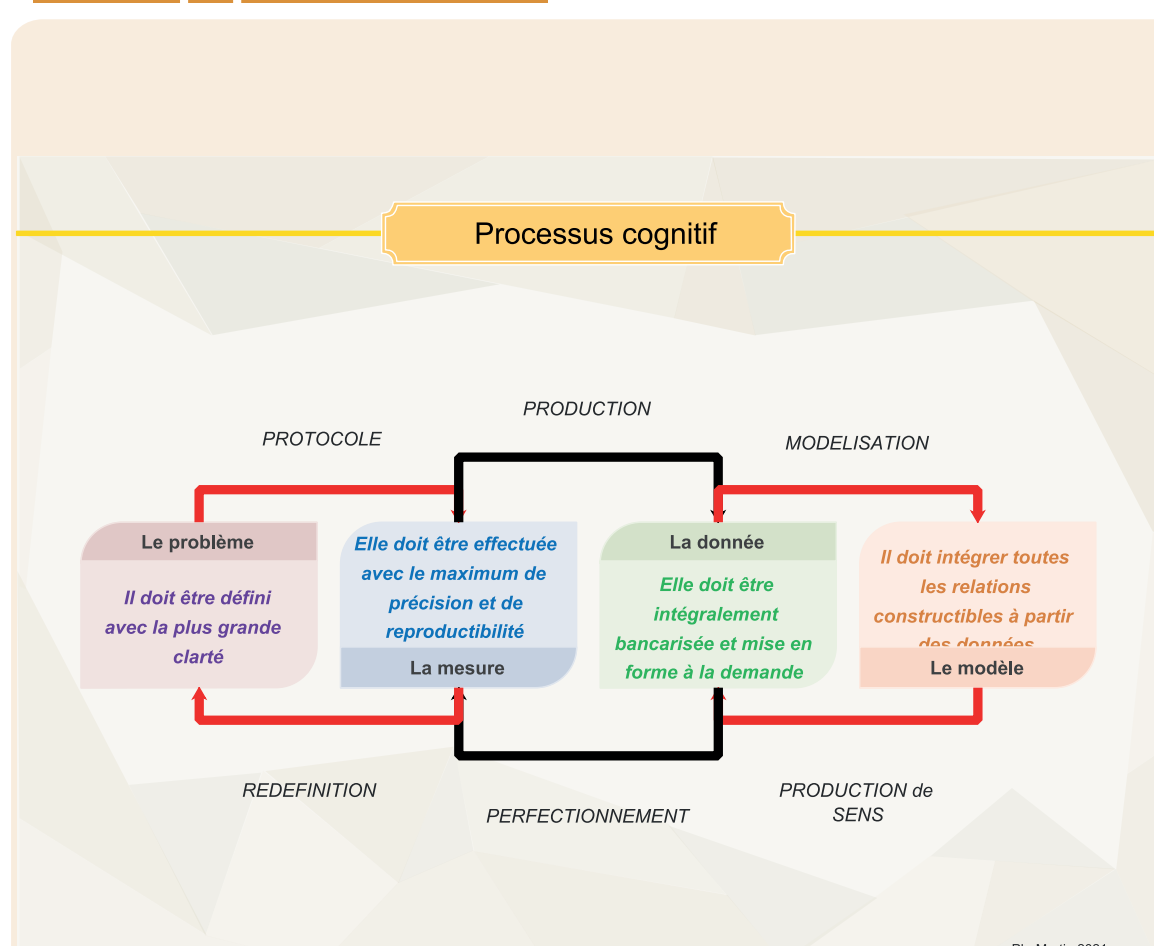
### Incertitudes et système complexe

- La sécheresse touche l'ensemble des réservoirs du cycle hydrologique (atmosphère, sols, cours d'eau, aquifères...)
- Dimension anthropique trop souvent écartée (Charre, 1977)
- Limites** des méthodes de quantification des **bilans de masse** (Kuczera *et al.*, 2010) pour les échelles (spatiales et temporelles) **opérationnelles**
- Incertitudes** sur la **mesure** et les **indicateurs** de la sécheresse



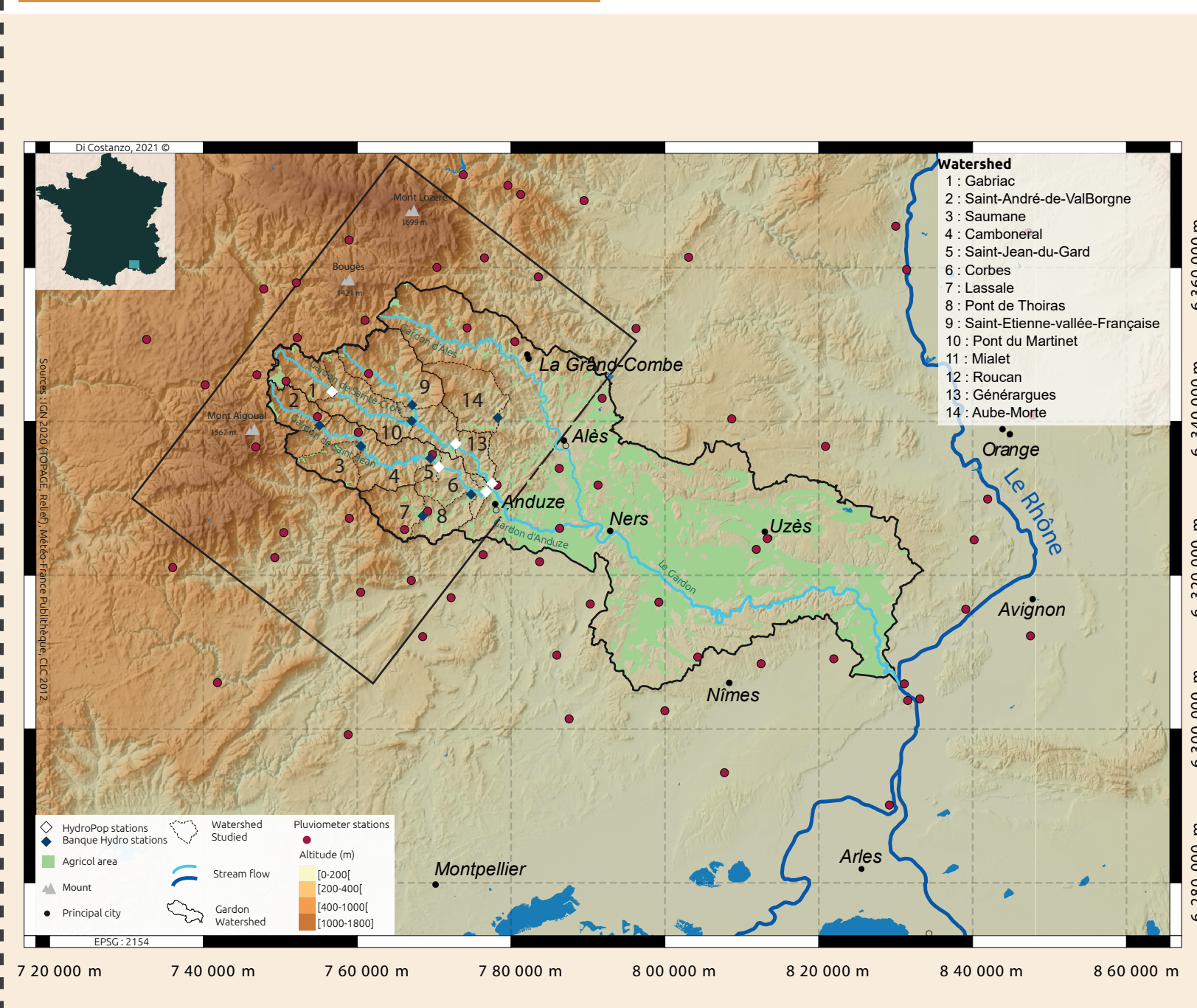
## Données et méthodes

### 1. Approche

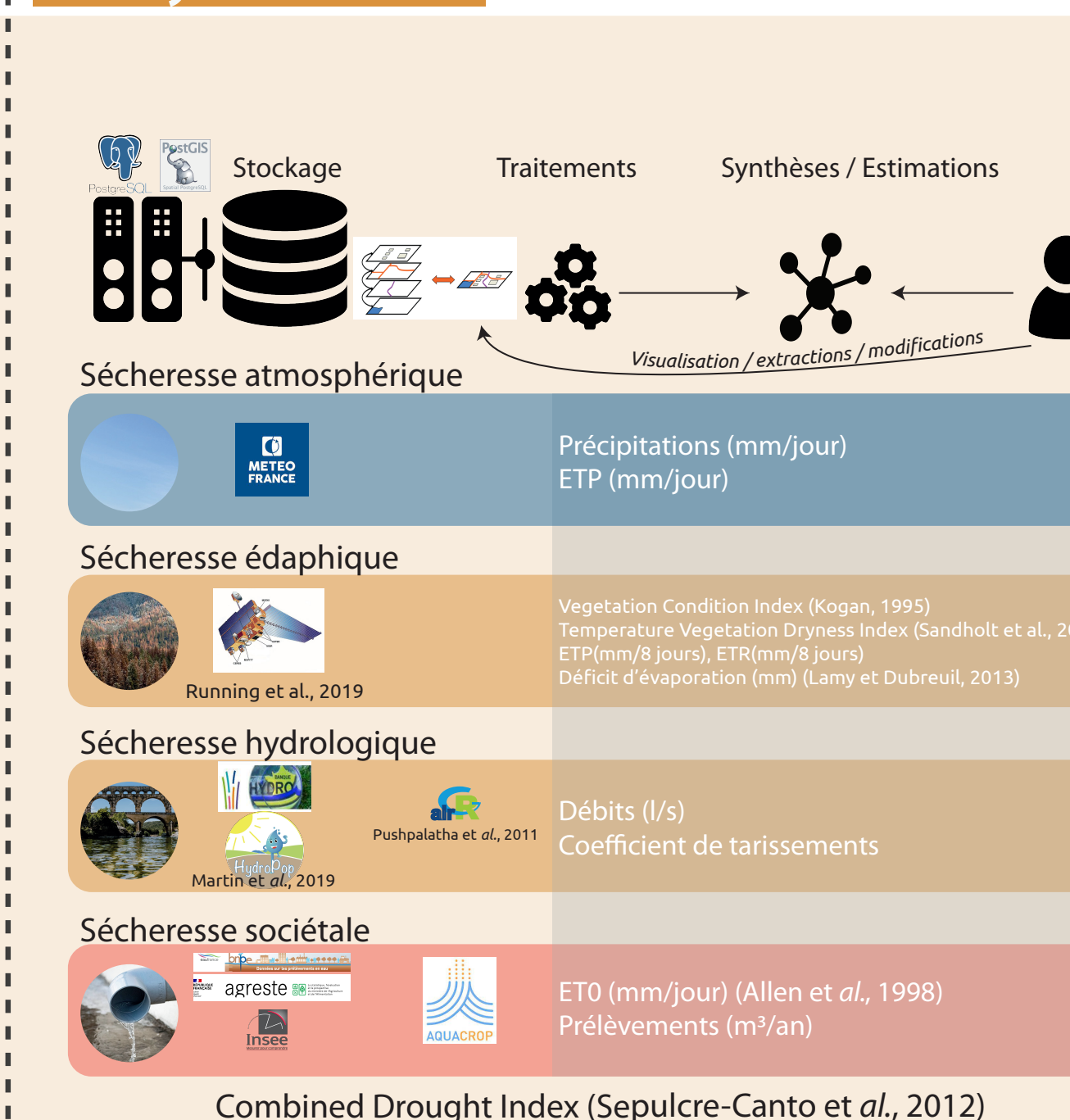


- Méthodologies statistiques et empiriques
- Reposant sur des **relations causales** vérifiées ou supposées

### 2. Secteur d'étude



### 3. HydroSec



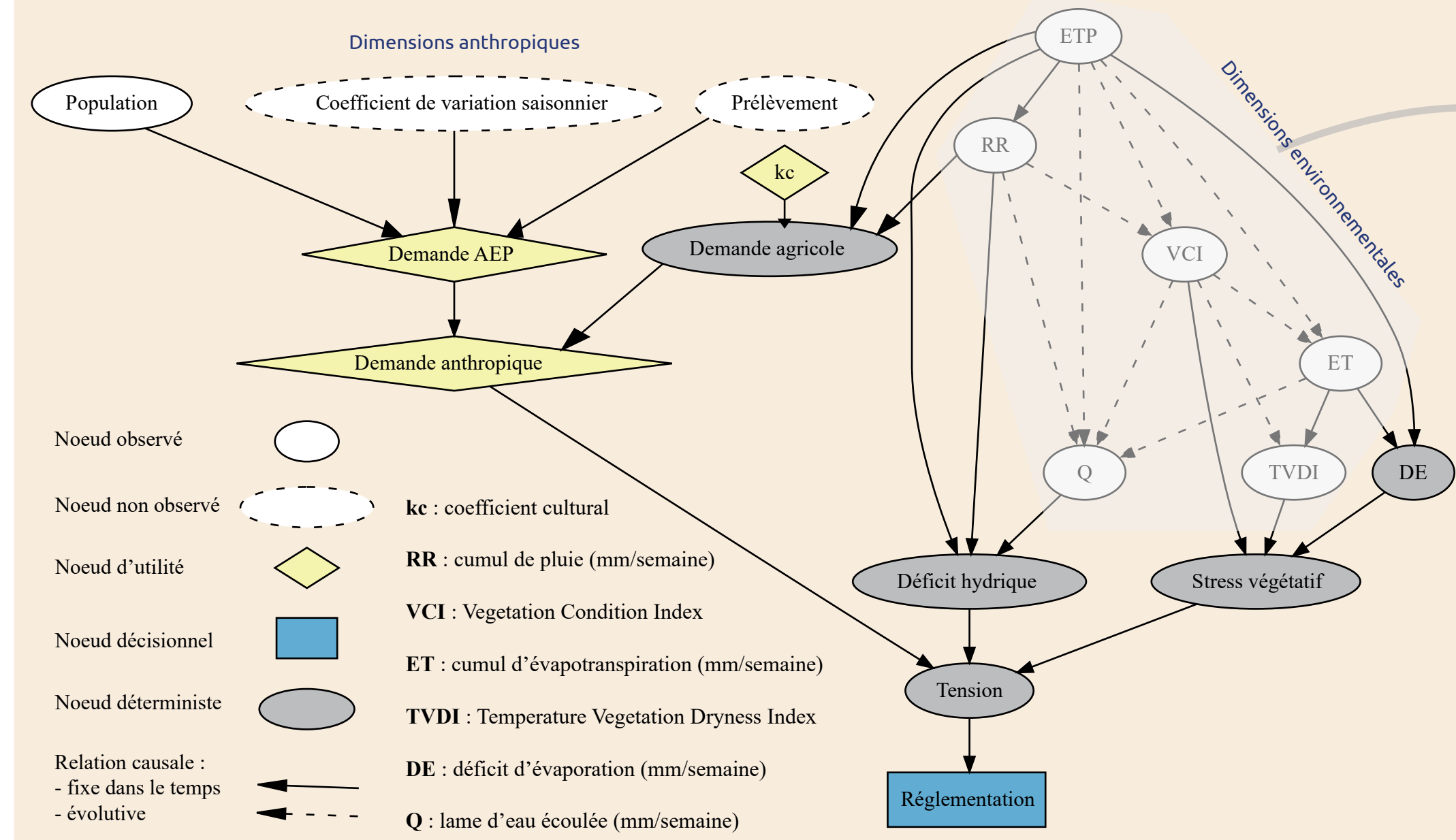
### 4. Réseau Bayésien (RB)

- Le **réseau bayésien** (Pearl, 2008) est un **modèle statistique multivarié** caractérisé par une composante qualitative, le **diagramme acyclique** (DA) et une composante quantitative définissant les **distributions conditionnelles** entre chaque **variable**  $p(x_i|pa(x_i))$
- Le calcul des distributions conjointes repose sur le **théorème de Bayes** :  
 $P(A|B) = [P(B|A)*P(A)]/P(B)$
- Avec  $P(A)$  et  $P(B)$  les probabilités observées des noeuds indépendants  $A$  et  $B$  ;  $P(B|A)$  la probabilité conditionnelle de  $B$  sachant  $A$  ;  $P(A|B)$  la probabilité de  $A$  sachant  $B$ .

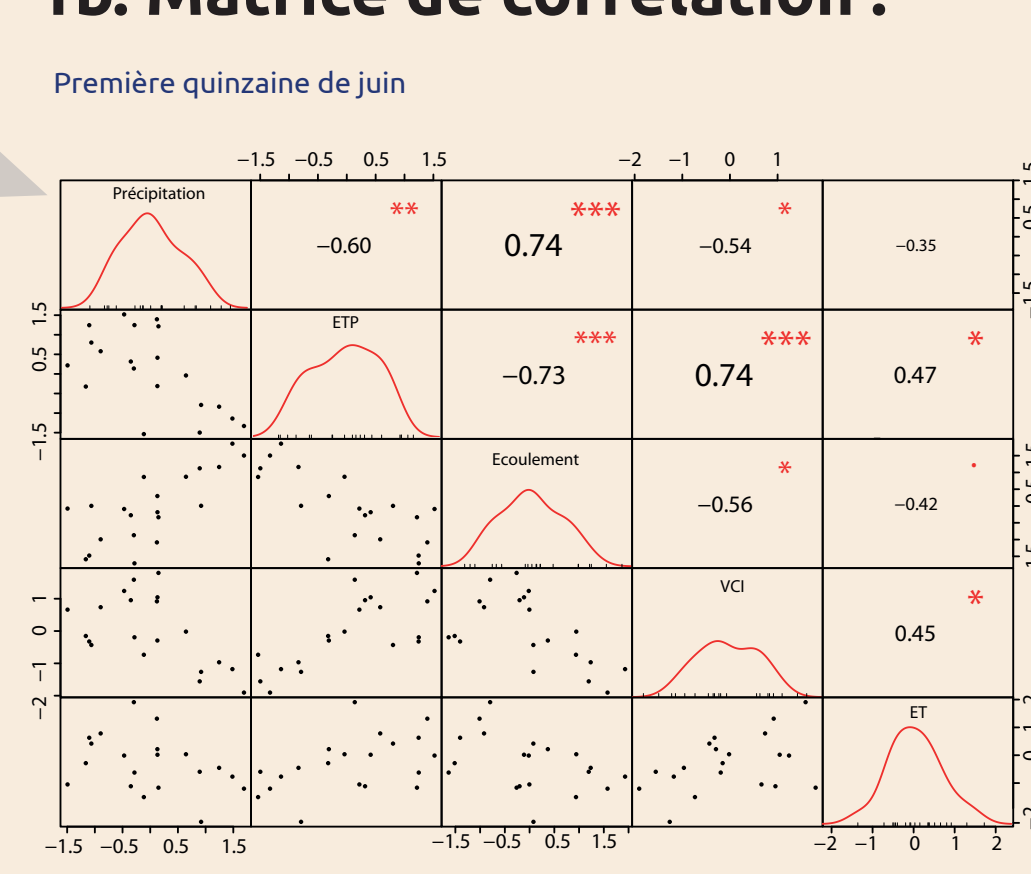
## Résultats

### 1. RB de la sécheresse

#### 1a. Diagramme acyclique (work in progress)



#### 1b. Matrice de corrélation :



. RB **décisionnel** (noeuds d'utilités, déterministes et décisionnels)

. **Cas gaussien** (2a)

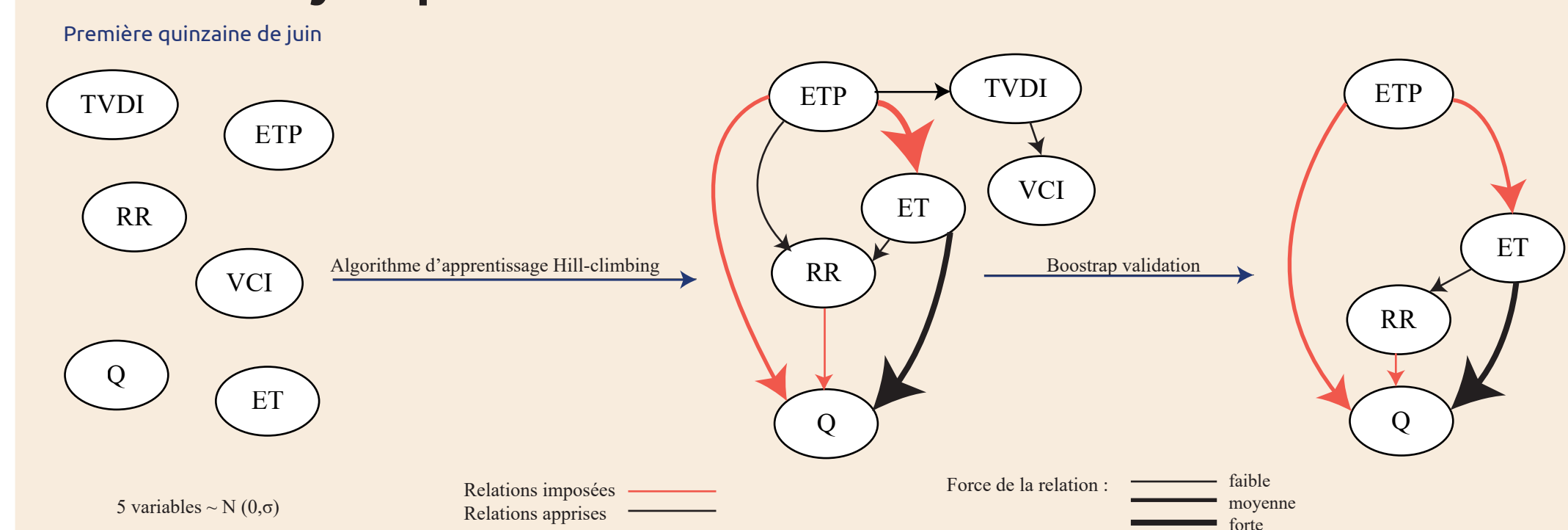
. **Inférence approchée** (algorithme Markov Chain Monte Carlo)

. Relations statistiques observées et non observées (*a priori*)

. Simulation de l'**incertitude**

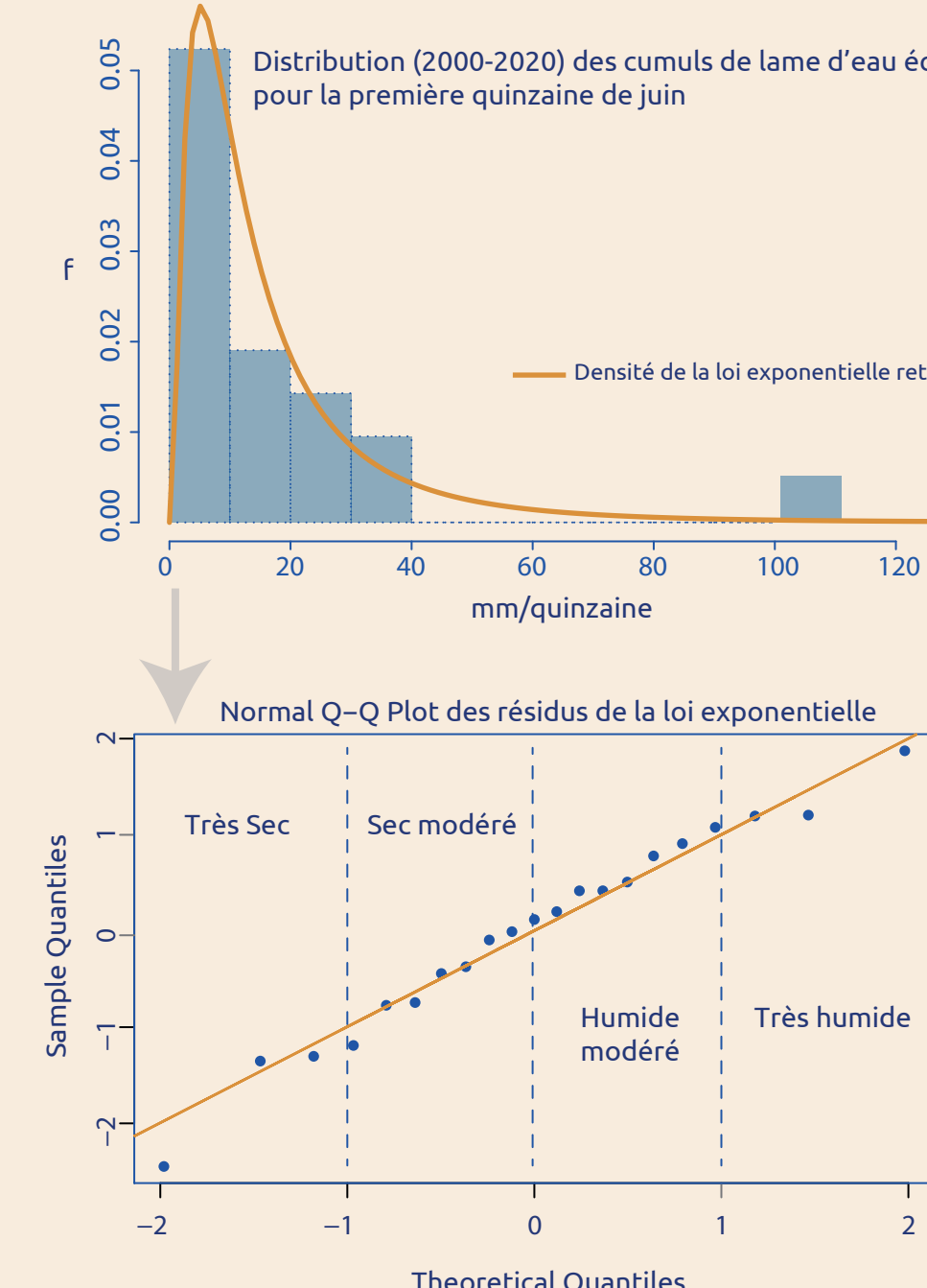
. Etat des aquifères et prélèvements industriels non considérés

#### 1c. Apprentissage des liens du sous-ensemble descriptif de l'état du stress hydrique environnemental :

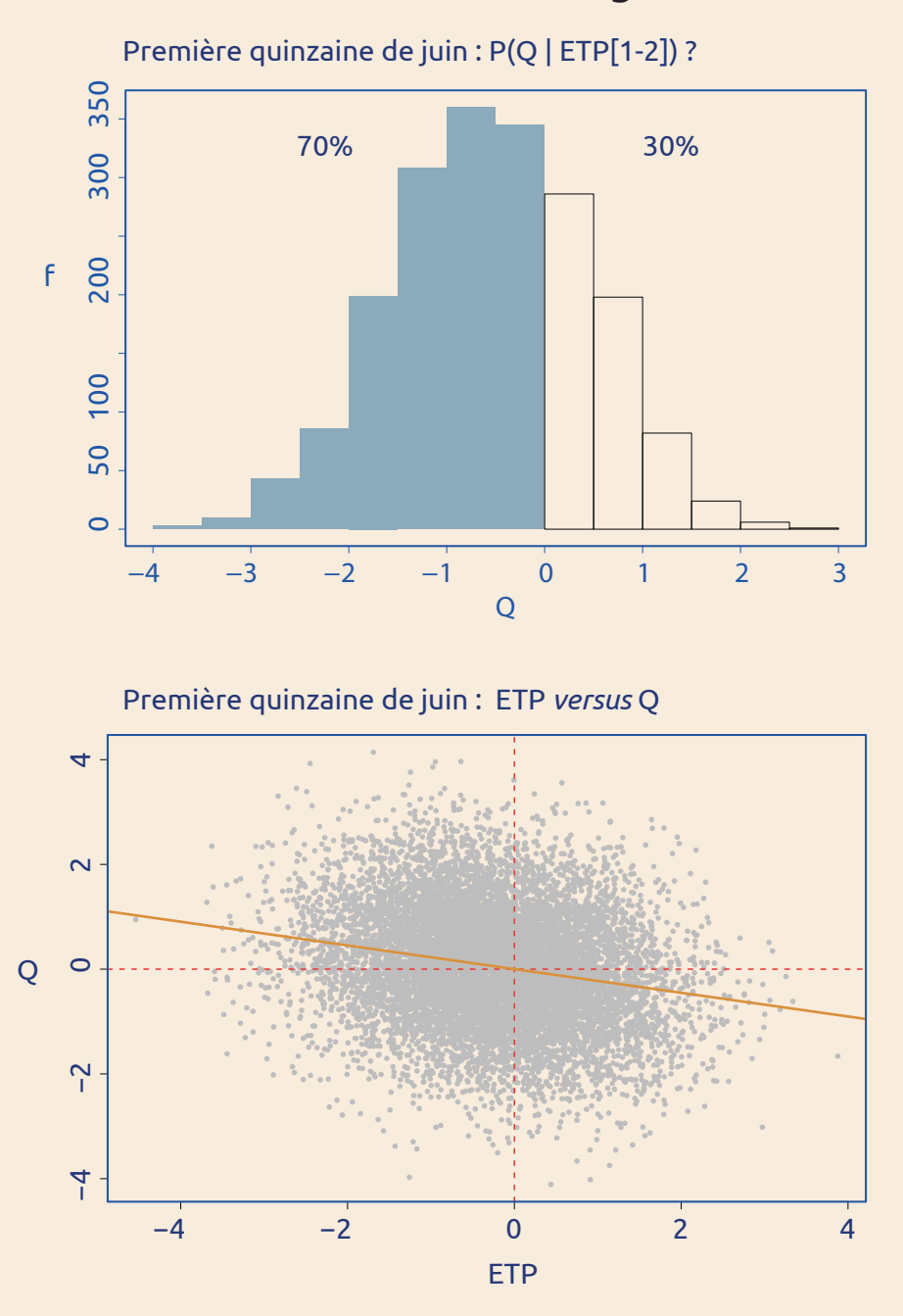


### 2. Suivi de la sécheresse en Cévennes

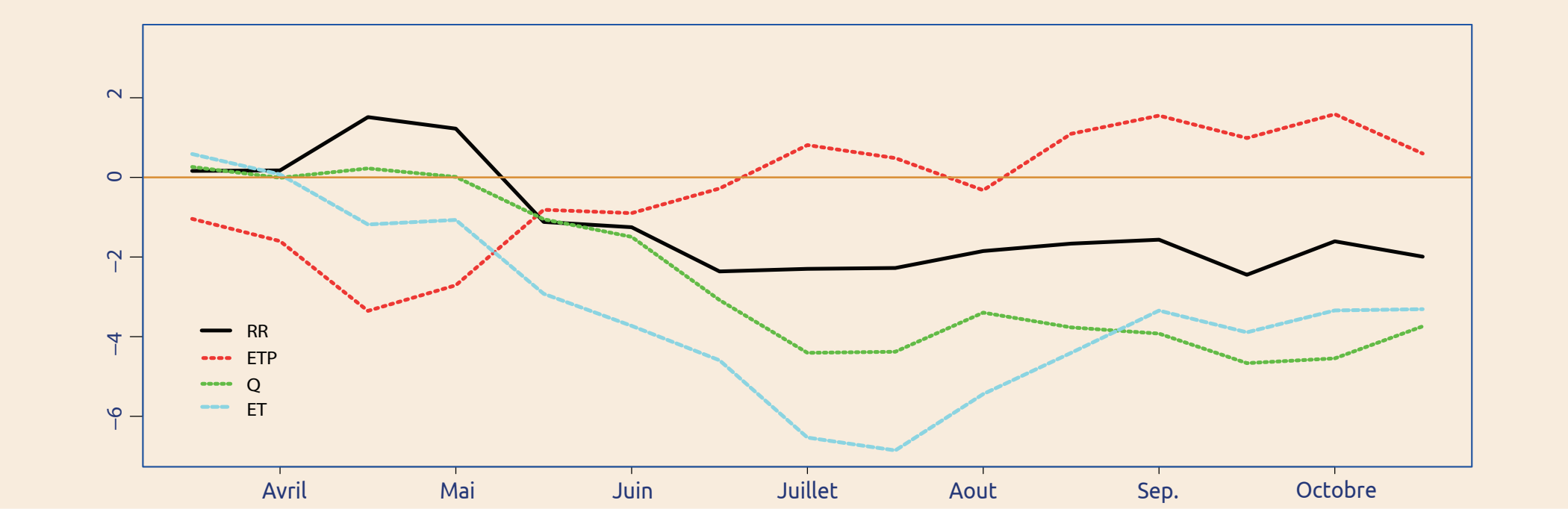
#### 2a. Standardisation des variables



#### 2b. Inférence bayésienne



#### 2c. Indicateurs standardisés de la sécheresse : cumul des valeurs standardisées en 2011



## Conclusion

### Apports des RB

- Construction d'un **indice de sécheresse** adapté pour les bassins expérimentaux cévenols ( $p(x_i|pa(x_i))$ )
- Intégrer l'**incertitude** dans la modélisation
- Suivi de la sécheresse même en cas d'information manquante (**inférence**)

### Limites

- Ne permet pas de prendre en compte les boucles de rétroaction
- Nécessite des données de qualité et en quantités
- Demande une recalibration, voire modification du DA et des relations probabilistes en fonction du secteur d'étude (non universalité de l'approche)

## A suivre...

- Mise en application du réseau pour la branche anthropique du modèle
- Comparaisons des résultats avec les arrêtés sécheresses du secteur
- Effet de la consommation anthropique sur l'incertitude totale
- Scénarios sur l'augmentation de l'aridité ou de la consommation anthropique

## Références

Allen R. G., Pereira, L. S. Smith M., 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome.

Charre J., 1977. A propos de sécheresse. Revue de géographie de Lyon, 52(2), 215-226.

Kogan F. N., 1995. Drought of the Late 1980s in the United States as Derived from NOAA Polar-Orbiting Satellite Data. Bulletin of the American Meteorological Society, 76(5), 655-668.

Kuczera C., Renard B., Thyer M., Kavetski D., 2010. There are no hydrological monsters, just models and observations with large uncertainties! Hydrological Sciences Journal, 55(6), 980-991.

Lamy C., Dubreuil V., 2013. Impact potentiel du changement climatique sur les sécheresses pédologiques en Bretagne au XXI<sup>e</sup> siècle. Climatologie, 10, 107-121.

Martin P., Ayrat P. A., Patricia C., Didon-Lescot J. F., Annick D., Sauvagnargues S., 2019. HydroPop 1 : De l'hydrologie populaire et participative ? (2017-2018). 152 p.

Milano M., Ruelland D., Dezetter A., Fabre J., Ardoin-Bardin S., Servat E., 2013. Journal of Hydrology, 500, 114-126.

Pearl, J., 2008. Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible inference.

Pushpalatha R., Perrin C., Le Moine N., Mathevet T., Andréassian V., 2011. A downward structural sensitivity analysis of hydrological models to improve low-flow simulation. Journal of Hydrology, 411(1-2), 66-76.

Running S. W., Mu Q., Zhao M., Moreno A., 2019. MODIS global terrestrial evapotranspiration (ET) product. 40 p.

Sandholt I., Rasmussen K., Andersen J., 2002. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. Remote Sensing of Environment, 79, 213-224.

Van Loon A. F., Gleeson T., Clark J., Van Dijk A. I. J. M., Stahl K., Hannaford J., Di Baldassarre G., Teuling A. J., Tallaksen L. M., Uijlenhoet R., Hannah D. M., Verbeiren B., Wagener T., Rangafof S., Wanders N., Van Lanen H. A. J., Gleeson T., Clark J., Van Dijk A. I. J. M., Stahl K., Hannaford J., Di Baldassarre G., Teuling A. J., Tallaksen L. M., Uijlenhoet R., Hannah D. M., Sheffield, J., Svoboda, M., Verbeiren B., Wagener T., Rangafof S., Wanders N., Van Lanen H. A. J., 2016. Drought in the Anthropocene. Nature Geoscience 9, 89-91.