

## **HYDRODEMO: Evaluation de l'aléa torrentiel**

Hydrologie et transport solide des petits bassins versants de montagne des Alpes du Nord



Juliette BLANCHET, François COLLEONI, Guillaume EVIN, Catherine FOUCHIER, Caroline LE BOUTEILLER, Alexandre MAS, Maxime MOREL, Loïc ORILLARD, Guillaume PITON, Alix REVERDY

### Partenaires



Avec le soutien de



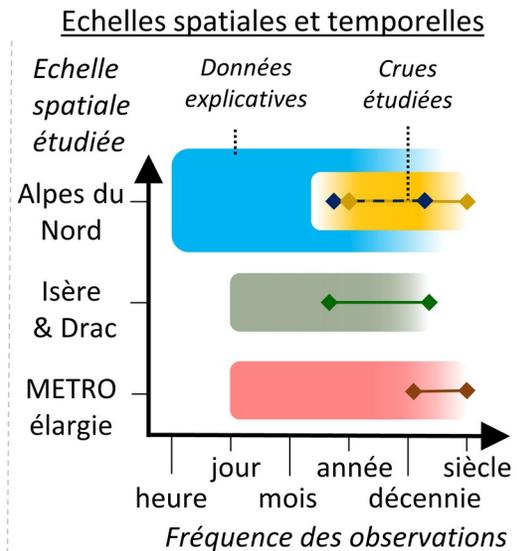
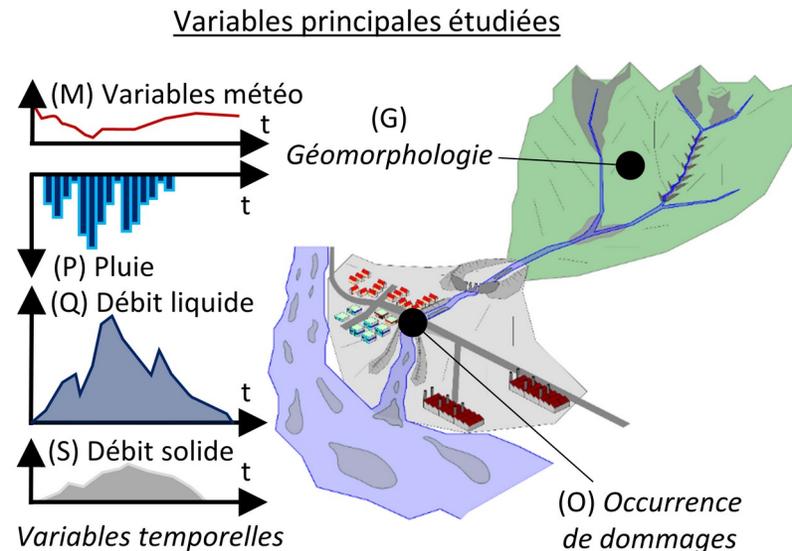
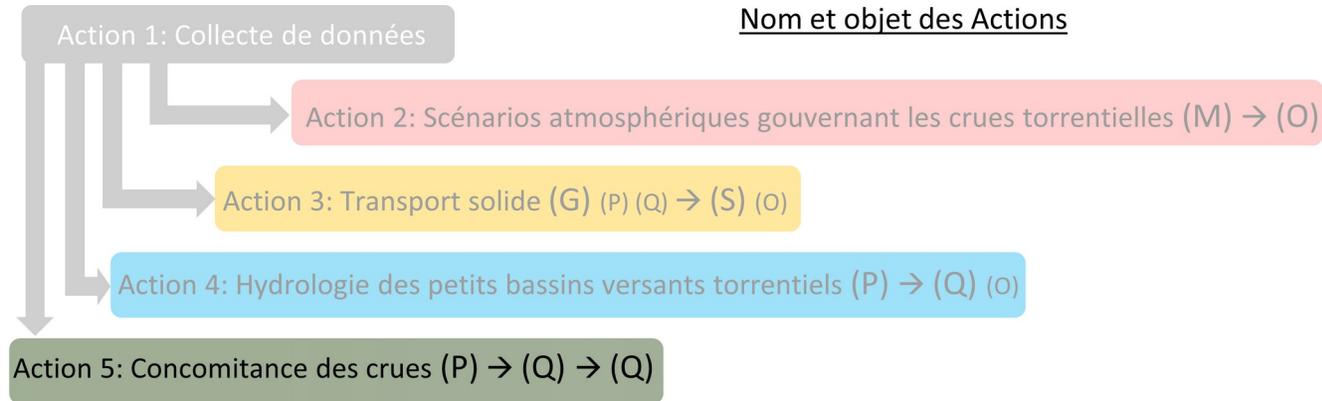
Organisation



**Pôle Alpin Risques Naturels**

# Action 5: Modélisation hydrologique pour l'analyse des concomitances de crues aux échelles intermédiaires

IGE: Loïc Orillard (IR), Mathieu Dode (stagiaire M2), Supervision Juliette Blanchet

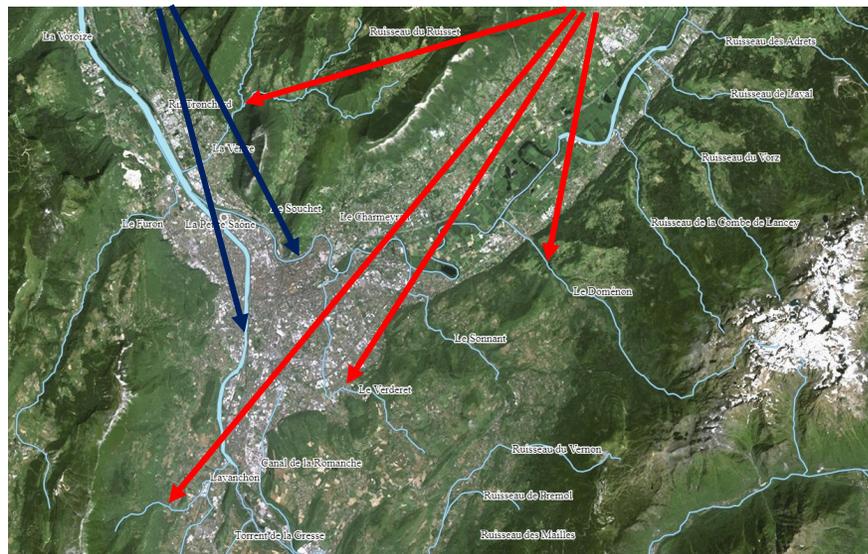


# Les enjeux de la concomitance d'inondations

**Diagnostic**  
**ClimatMétro** (40 itw):  
forts enjeux liés à la  
concomitance  
d'événements torrent-  
torrent ou rivière-torrent

Grandes rivières:  
Isère et Drac

Nombreux affluents  
torrentiels



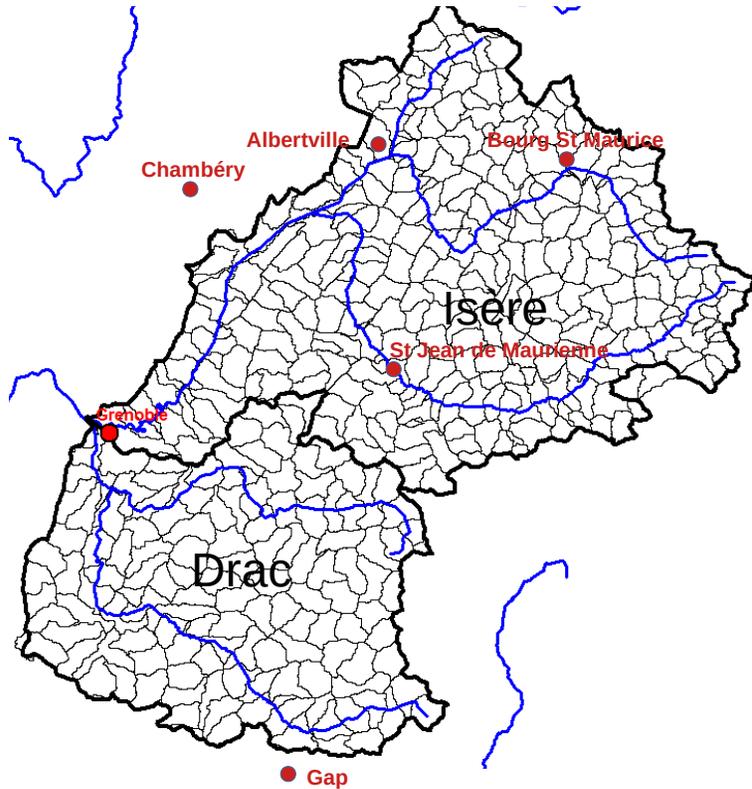
Aperçu du réseau hydrographique de la Métropole. Source: Géoportail

## Problèmes de données :

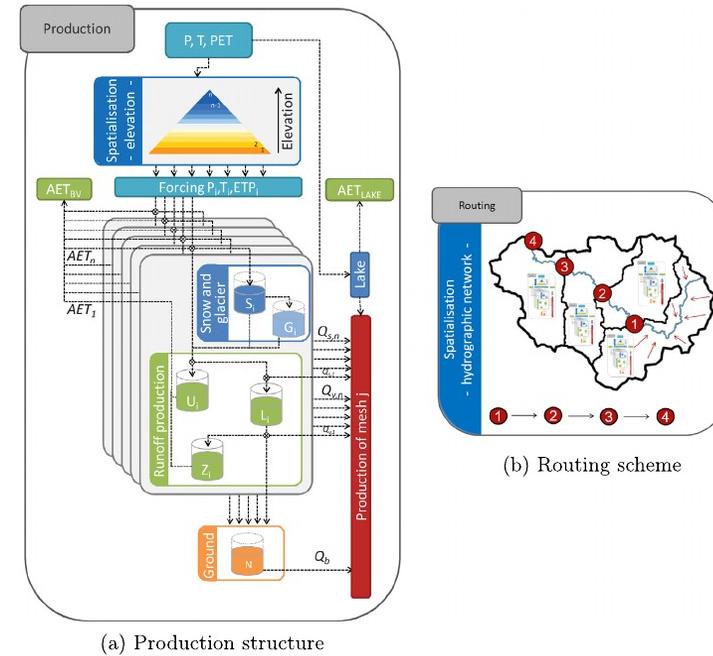
- Mesures de débit influencées pour les grandes rivières → débits naturalisés depuis les années 1985.
- Mesures de débit rares ou de faible profondeur temporelle pour les torrents.

# Modèle hydrologique MORDOR-TS

- Décomposition des BVs en entités élémentaires (20-30km<sup>2</sup>)
- Modèle conceptuel totalement spatialisé



Les bassins versants d'étude : Isère et Drac et les entités élémentaires MORDOR-TS

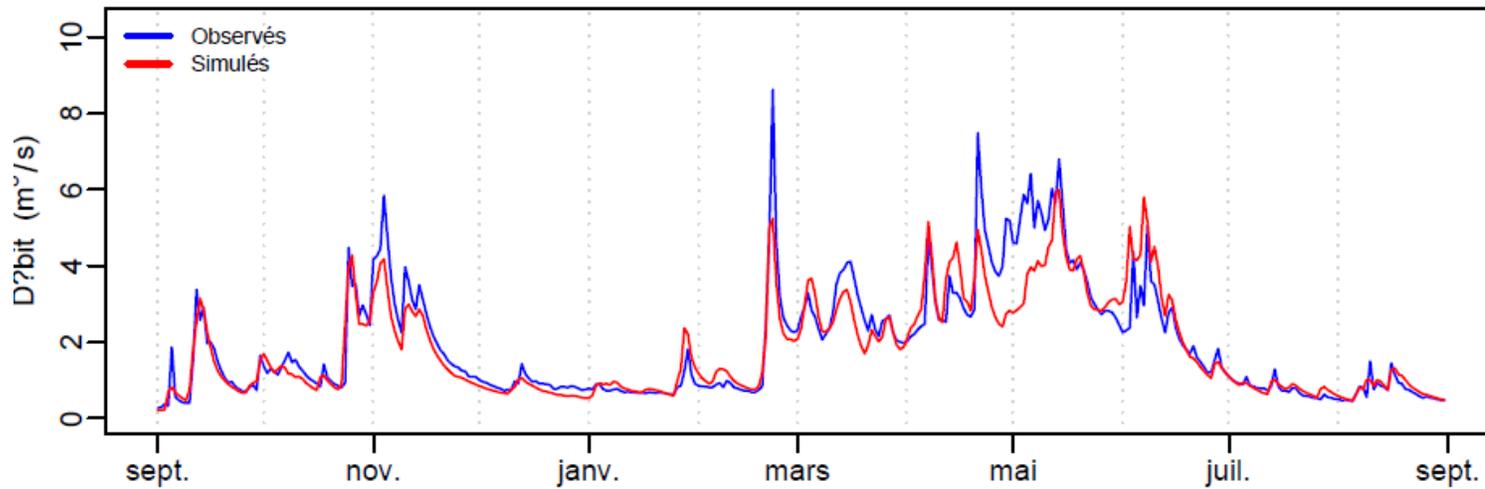
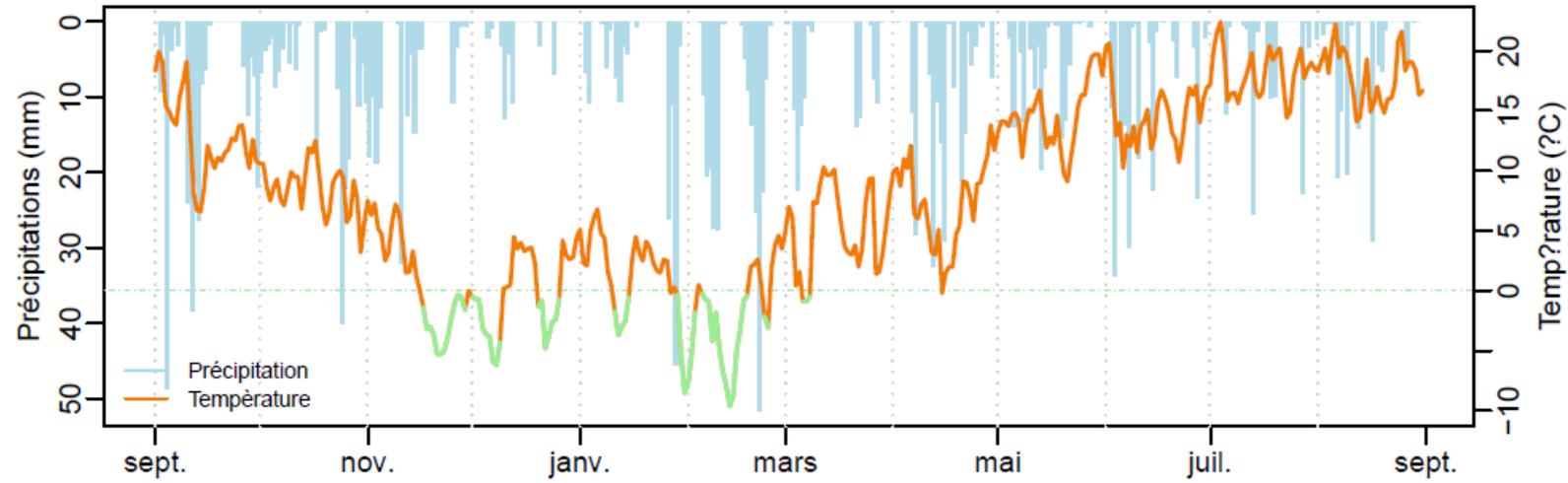


Principe du modèle MORDOR-TS. Source: Rouhier et al. 2017

- En entrée : précipitations et températures journalières
- En sortie : débits Isère et Drac + points de contrainte ; débits produits par chaque entité

# Exemple : Gelon (Belledonne)

Gelon@Rochette (63.87 km<sup>2</sup>) – année 1998–1999



# Les deux approches

2 approches sur les données d'entrée de MORDOR-TS (pas de calage – calé sur SPAZM):



## ENTRÉES « OBSERVÉES »

précipitations SPAZM (COMEPHORE),  
températures SPAZM  
1997-2017  
dépassement du quantile 99  
=> 3 ou 4 par an = hautes eaux

**HAUTES EAUX DU PASSÉ**

## ENTRÉES SIMULÉES

précipitations RAINSIM,  
températures analogues  
100 rubans 1985-2017  
dépassement du quantile 9999  
=> jusqu'à des crues trentennales

**CRUES NON OBSERVÉES  
MAIS STATISTIQUEMENT POSSIBLES**

## Les deux approches

2 approches sur les données d'entrée de MORDOR-TS (pas de calage) :



### ENTRÉES « OBSERVÉES »

précipitations SPAZM (COMEPHORE),  
températures SPAZM  
1997-2017  
dépassement du quantile 99  
=> 3 ou 4 par an = hautes eaux

**HAUTES EAUX DU PASSÉ**

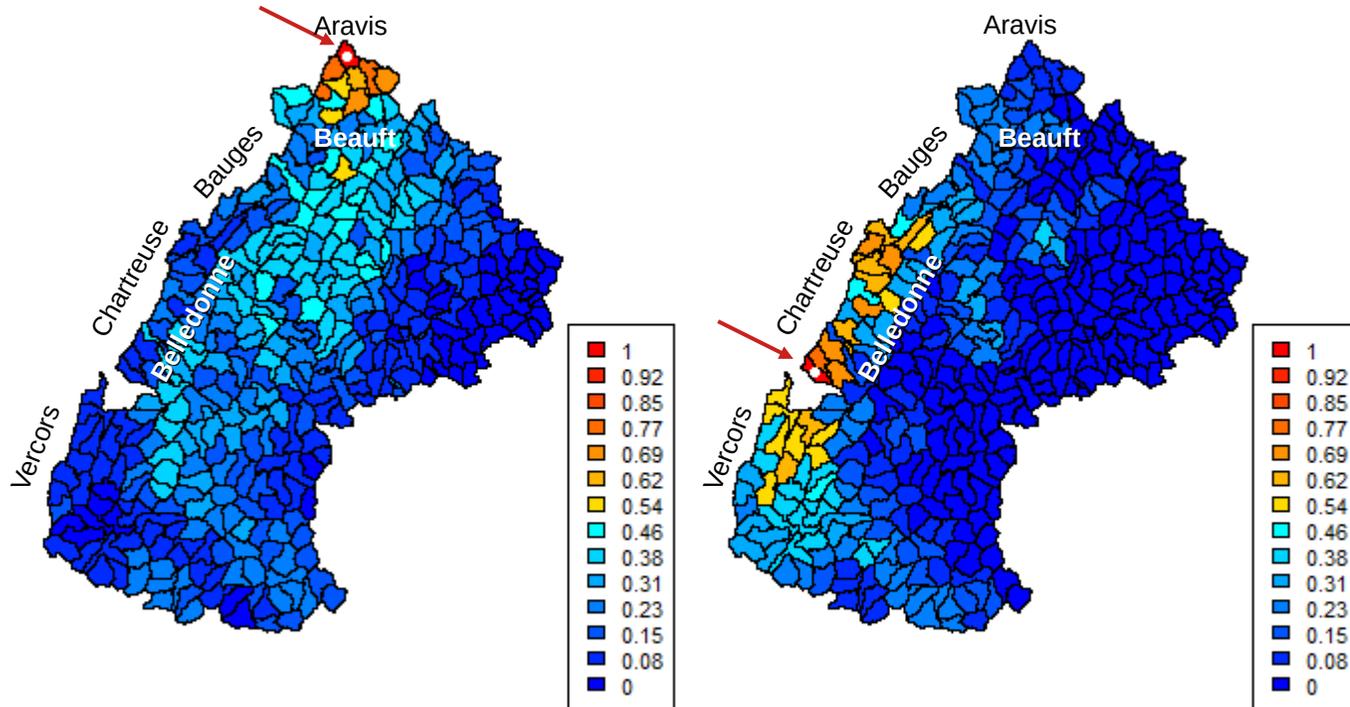
### ENTRÉES SIMULÉES

précipitations RAINSIM,  
températures analogues  
100 rubans 1985-2017  
dépassement du quantile 9999  
=> jusqu'à des crues trentennales

**CRUES NON OBSERVÉES  
MAIS STATISTIQUEMENT POSSIBLES**

# Coordination des hautes eaux du passé

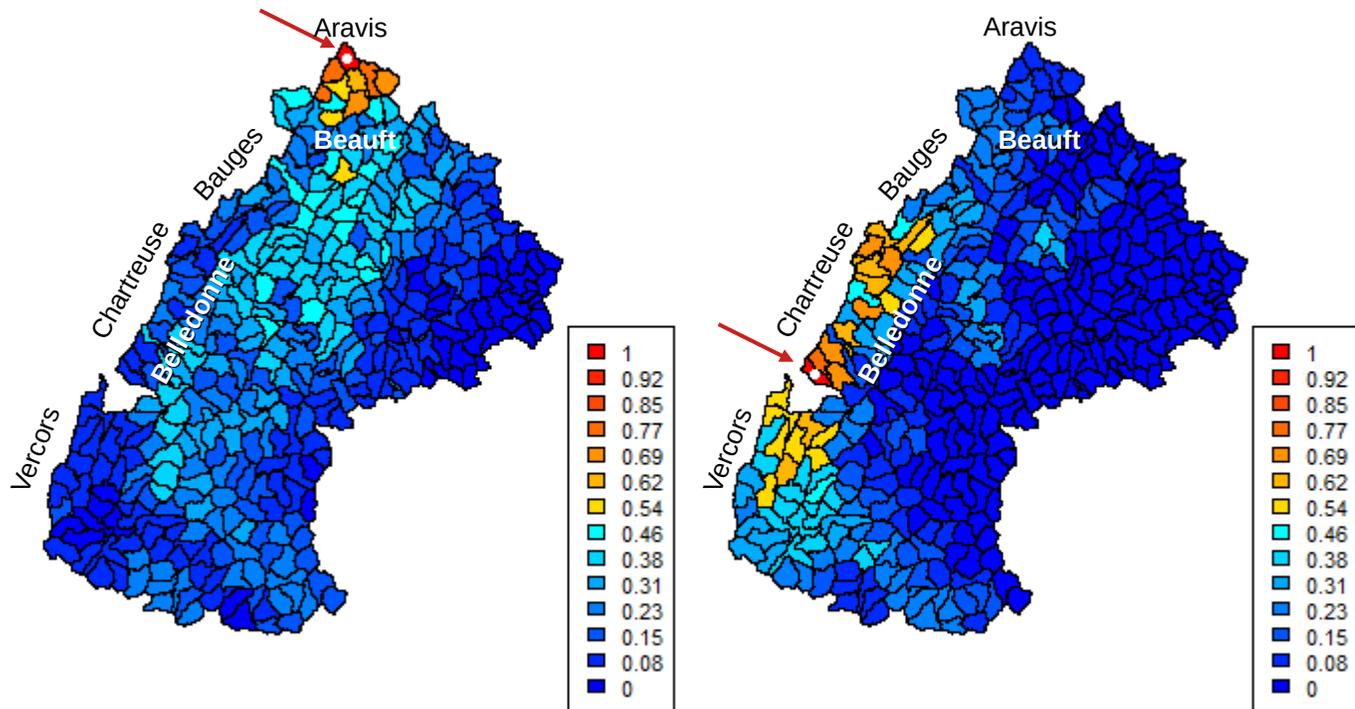
Débit produit, probabilités conditionnelles  $P(E1 > q99 \mid E0 > q99)$



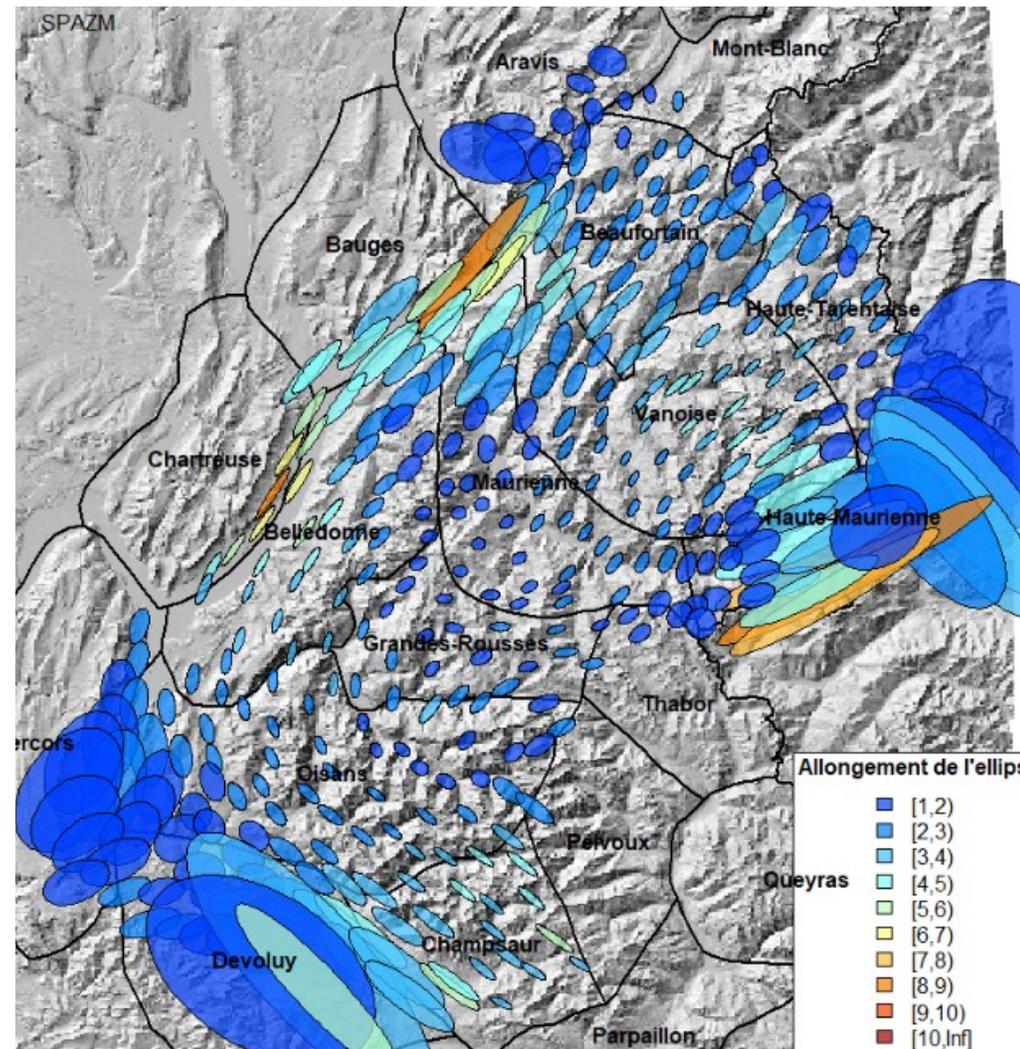
Deux exemples de carte de probabilité conditionnelle (gauche : Aravis, droite : Chartreuse)

# Coordination des hautes eaux du passé

Débit produit, probabilités conditionnelles  $P(E1 > q99 \mid E0 > q99)$

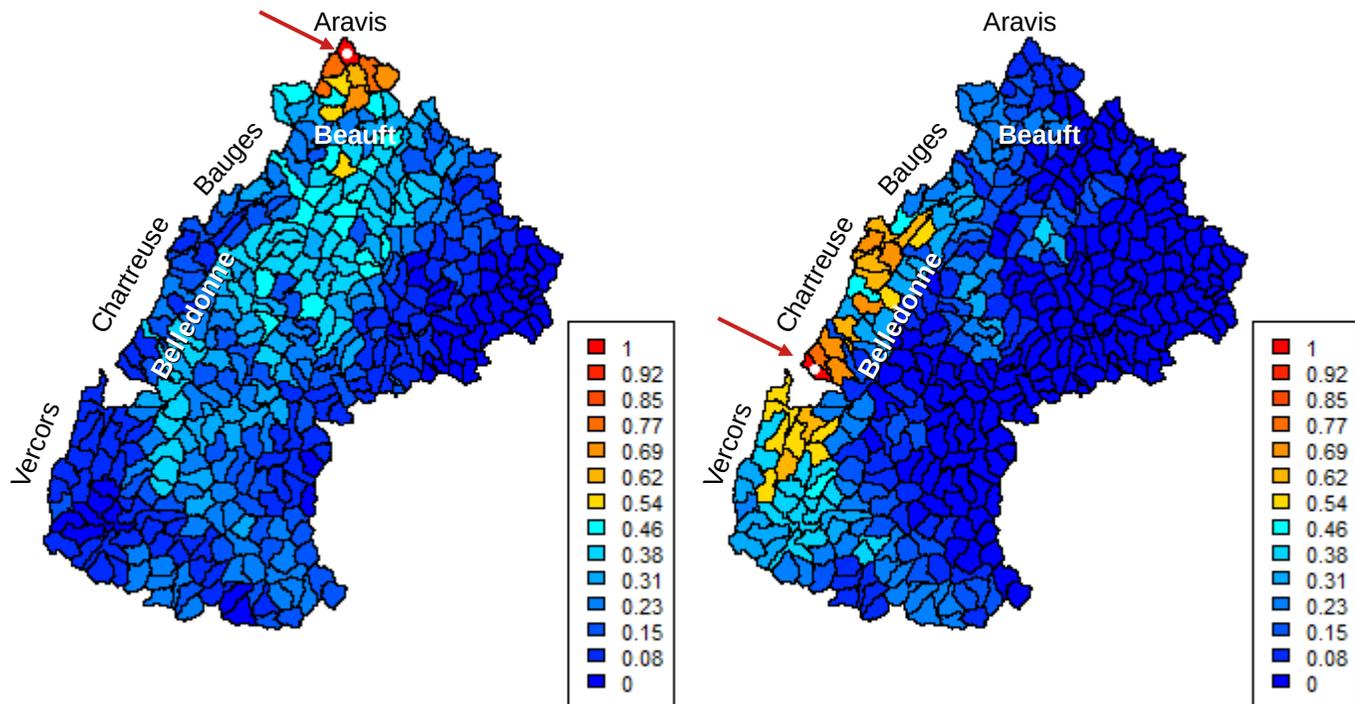


Deux exemples de carte de probabilité conditionnelle (gauche : Aravis, droite : Chartreuse)



Ellipses de concomitance en débit produit

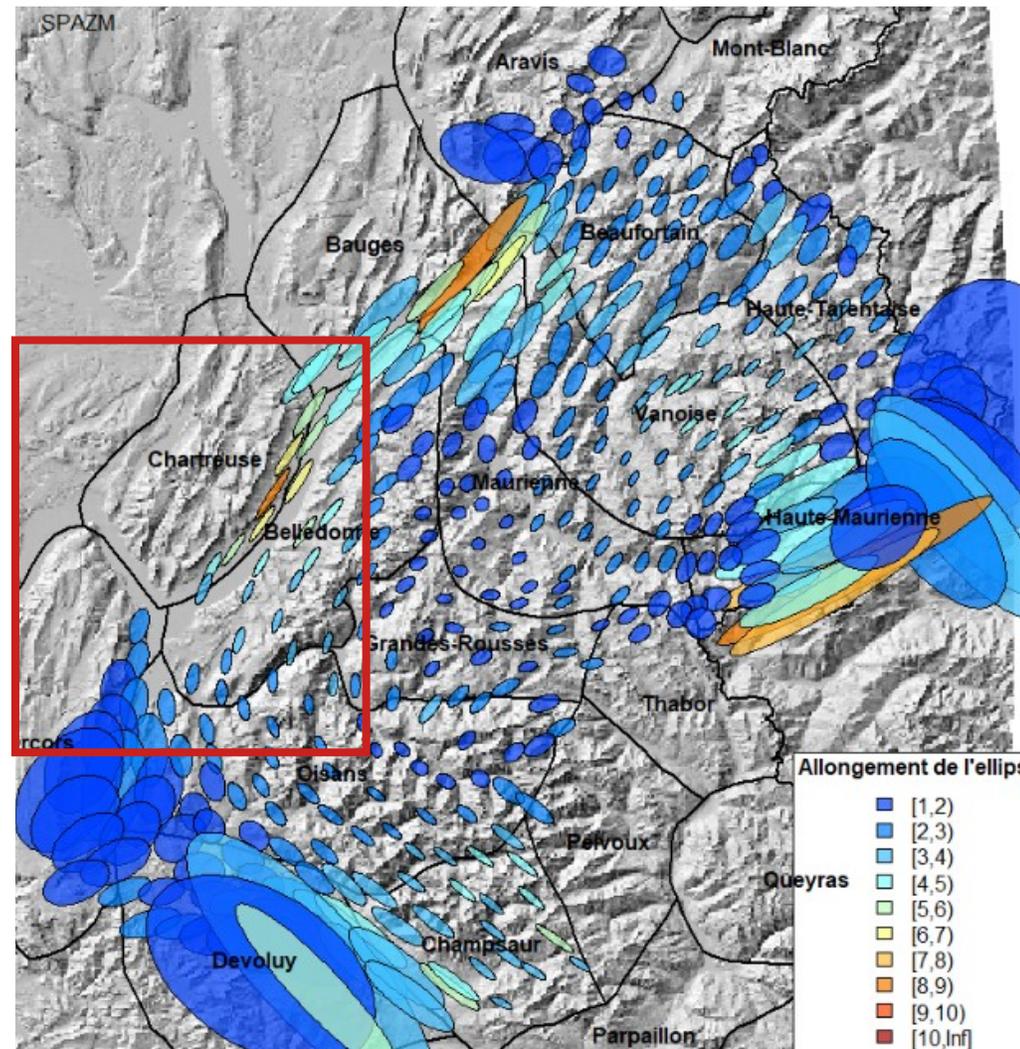
Débit produit, probabilités conditionnelles  $P(E1 > q99 \mid E0 > q99)$



Deux exemples de carte de probabilité conditionnelle (gauche : Aravis, droite : Chartreuse)

### Concomitance pour la région grenobloise :

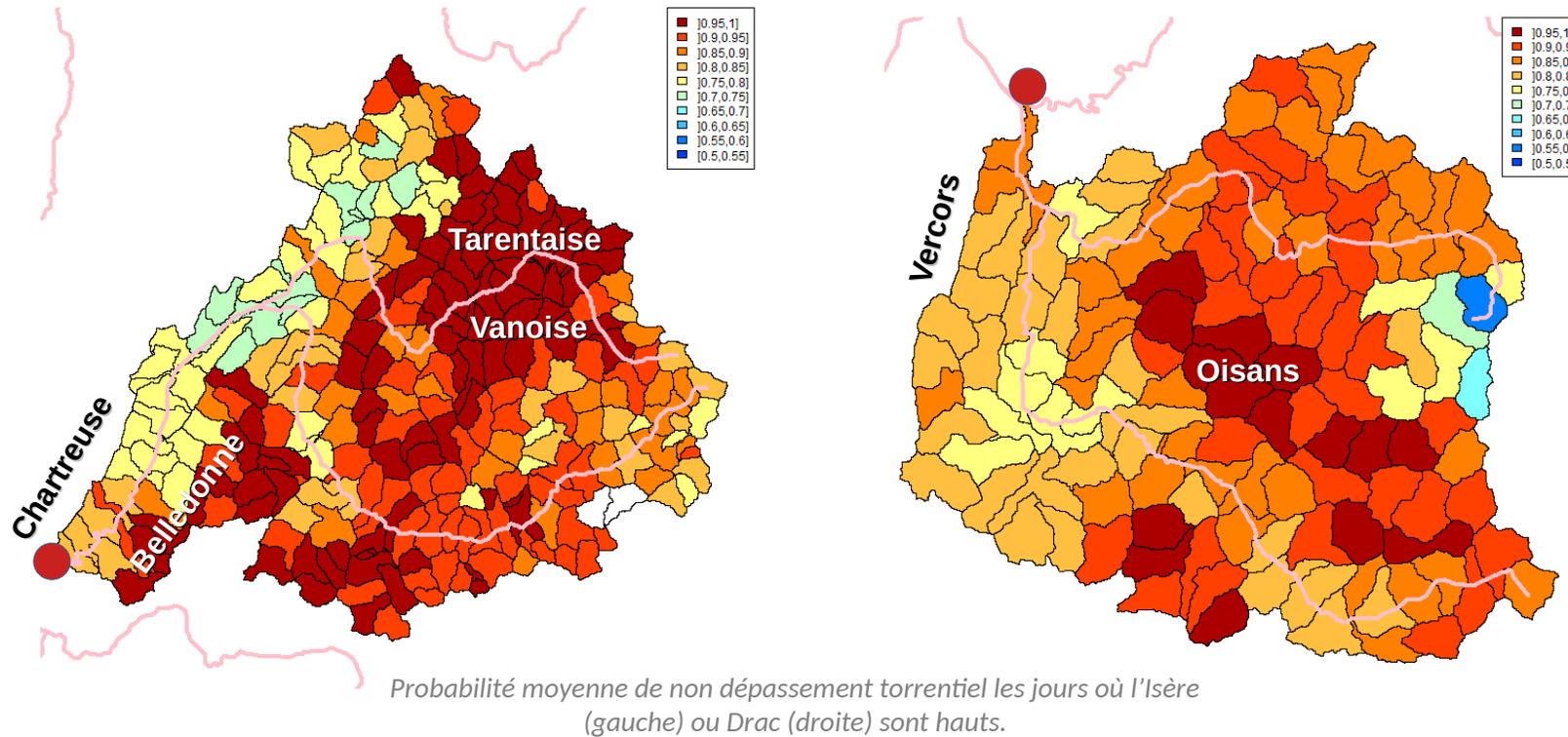
- **Orienté le long des reliefs de Bel. et Chart. (Verc.)**
- **60-70 % d'un bout à l'autre de la Chart. ou Bel. ,**  
**60-90 % pour Verc.**
- **5 à 20 % inter-massifs Bel. et Chart.**



Ellipses de concomitance en débit produit

# Coordination rivière-torrent du passé

Quel quantile moyen des torrents lorsque rivière > q99 ?



**Lorsque la rivière est en hautes-eaux :**

- **On a des systèmes précipitants de large échelle**
- **Les torrents de Belledonne sont en hautes-eaux (q95-q100)**
- **Les torrents de Chart. et Verc. sont en assez-hautes eaux (q75-85 pour la Chart., q80-85 pour Verc.)**

# Les deux approches



## « OBSERVATIONS »

précipitations SPAZM (COMEPHORE),  
températures SPAZM  
1997-2017  
dépassement du quantile 99  
=> 3 ou 4 par an = hautes eaux

HAUTES EAUX DU PASSÉ

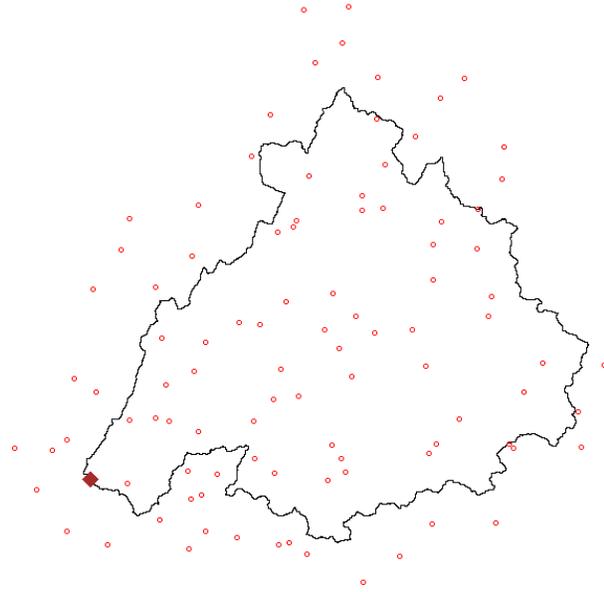
## SIMULATION

précipitations RAINSIM,  
températures analogues  
100 rubans 1985-2017  
dépassement du quantile 9999  
=> jusqu'à des crues trentennales

**CRUES NON OBSERVÉES  
MAIS STATISTIQUEMENT POSSIBLES**

**ISERE SEULEMENT**

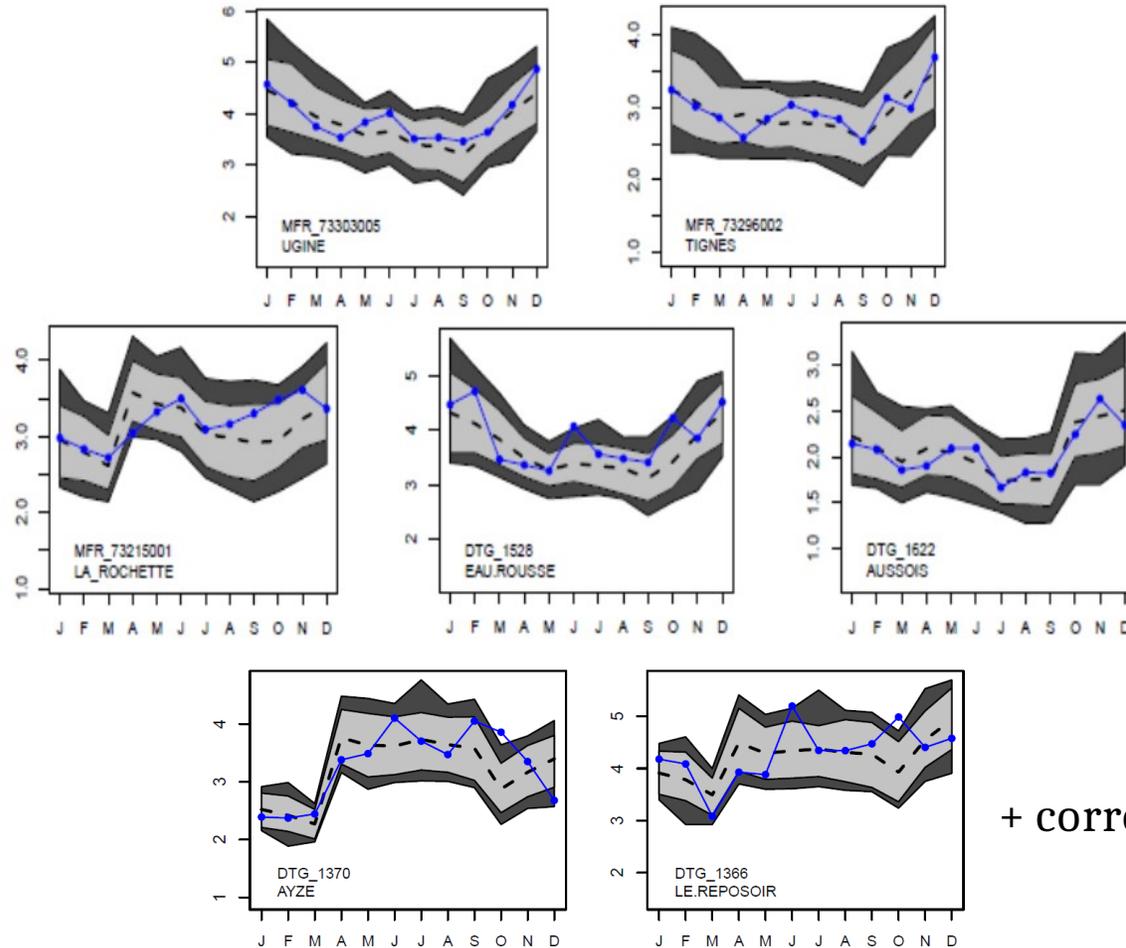
# Calage et validation de RAINSIM



Les 97 stations utilisées

=> Inférence des statistiques locales et de la corrélation spatiale.

Simulation de champs 5x5 km<sup>2</sup>

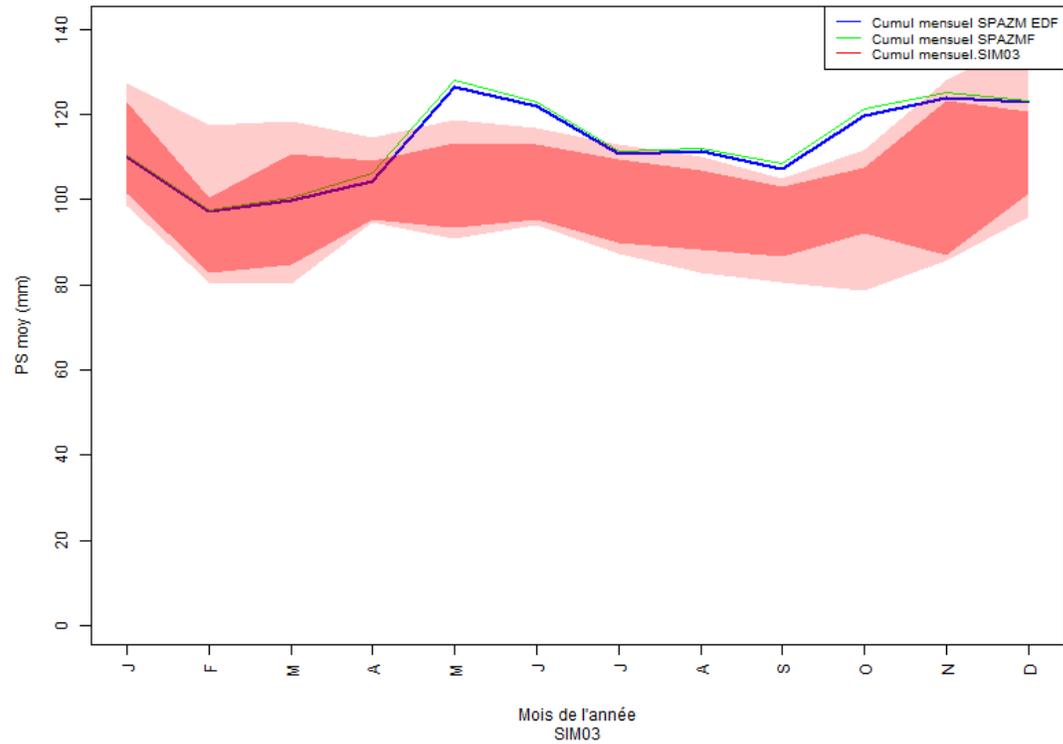


Moyenne interannuelle en 7 stations (bas : Haute Tarentaise).

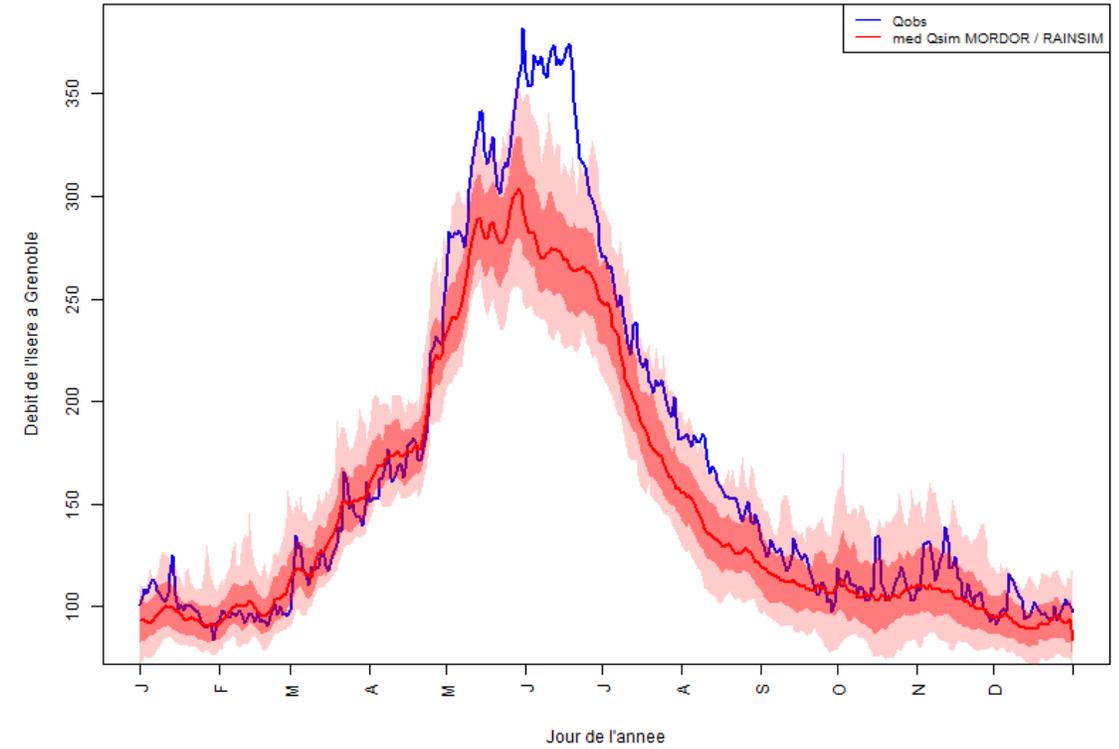
+ corrélation spatiale OK

# Oops...

## Aggrégation à l'échelle du BV



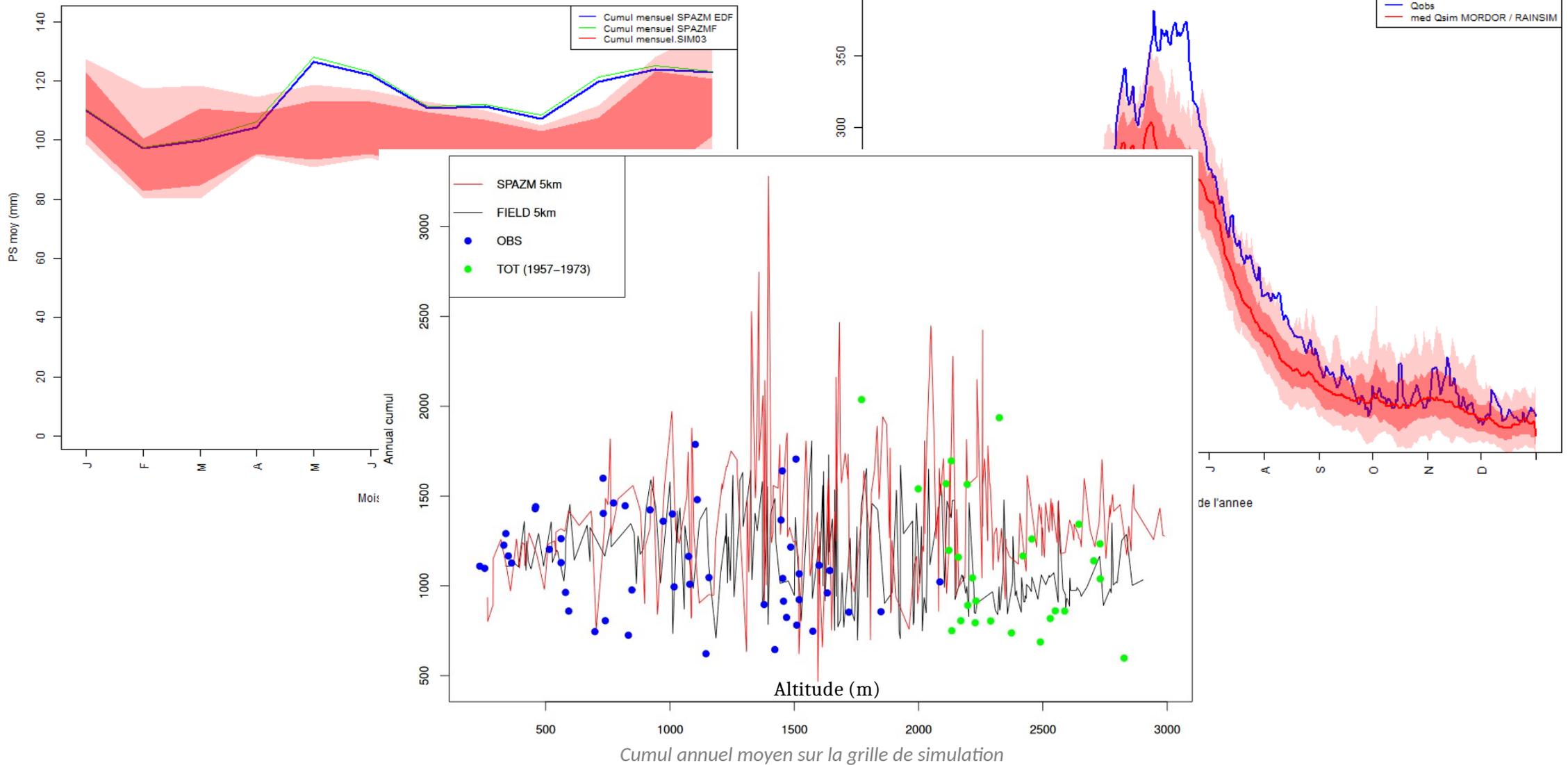
*Pluie spatiale mensuelle interannuelle*



*Régime en débit de l'Isère@Grenoble en sortie de MORDOR-TS*

# Oops...

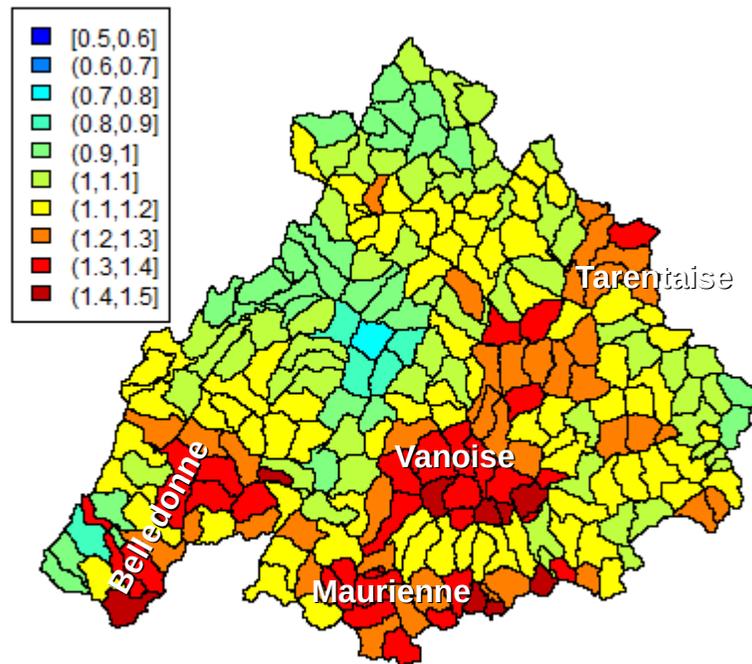
## Aggrégation à l'échelle du BV



# Correction de RAINSIM

- Correction pour que le cumul annuel moyen de chaque entité corresponde à celui de SPAZM

$$C_{pr}(i) = \frac{\text{cumul annuel moyen SPAZM}(i)}{\text{cumul annuel moyen RAINSIM}(i)}$$

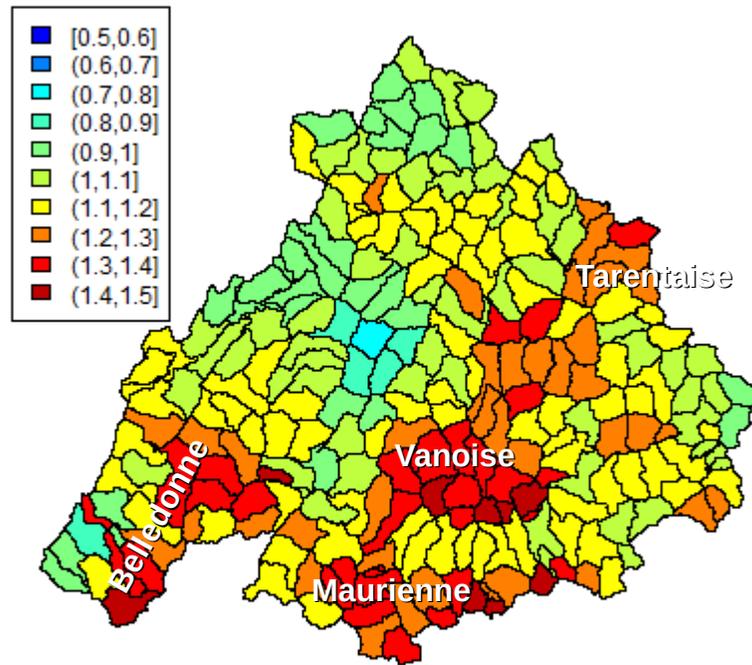


Facteur correctif de RAINSIM

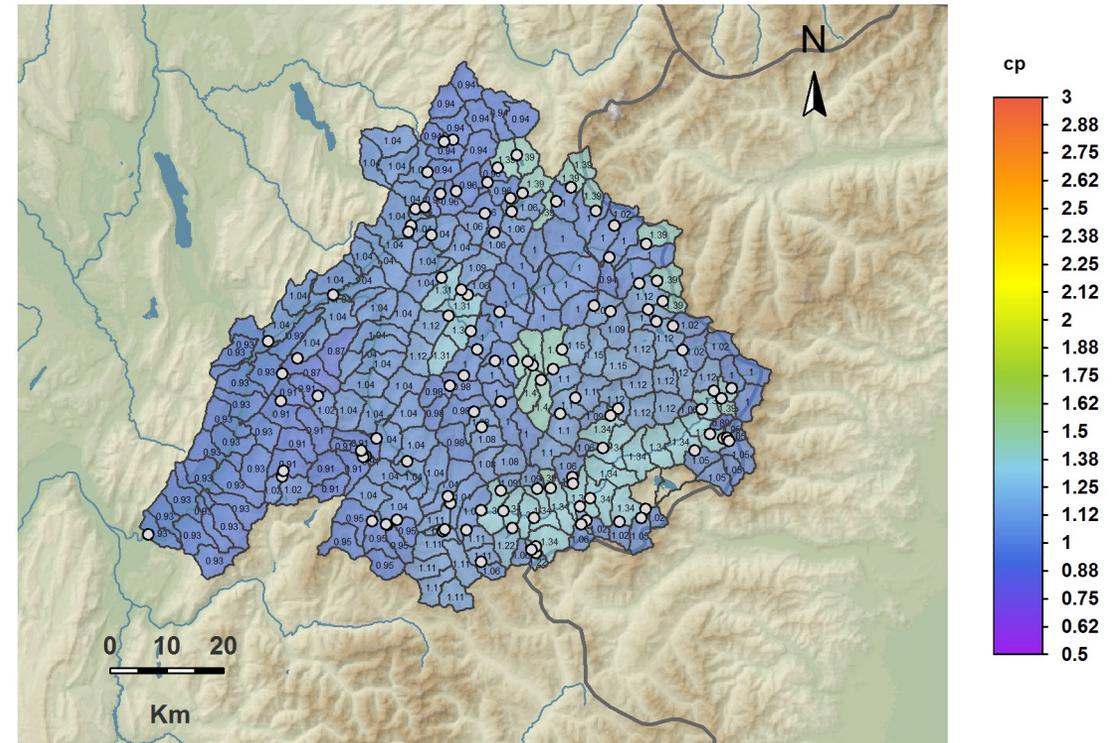
# Correction de RAINSIM

- Correction pour que le cumul annuel moyen de chaque entité corresponde à celui de SPAZM

$$C_{pr}(i) = \frac{\text{cumul annuel moyen SPAZM}(i)}{\text{cumul annuel moyen RAINSIM}(i)}$$



Facteur correctif de RAINSIM

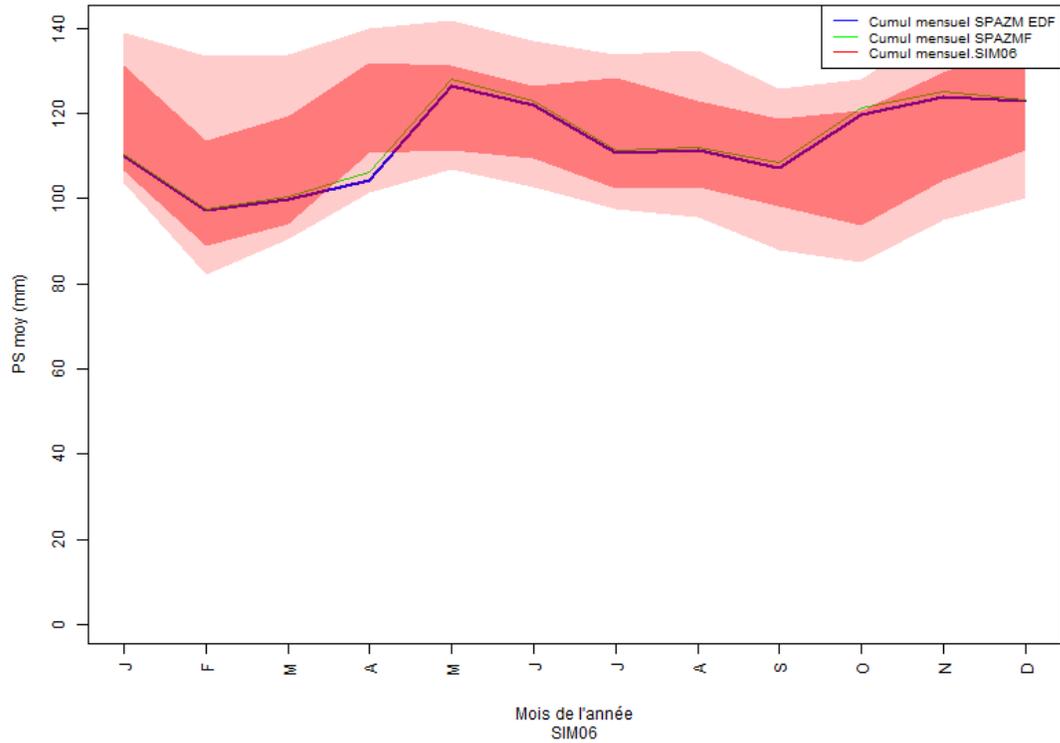


Facteur correctif de MORDOR-TS

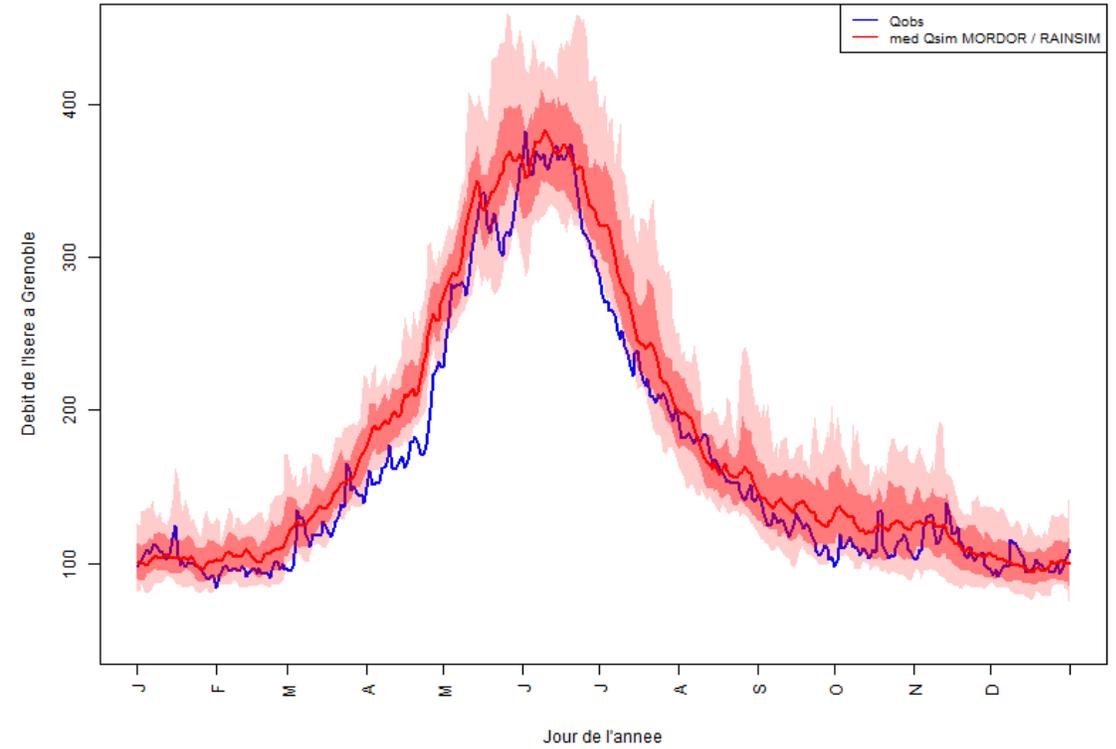
Jusqu'à  $1.3^2 = +70\%$ !

# Impact de la correction

## Aggrégation à l'échelle du BV



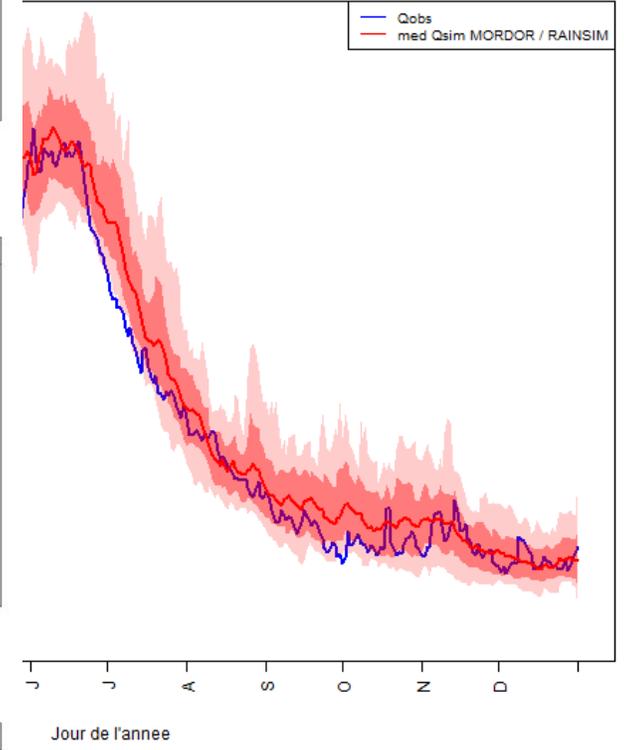
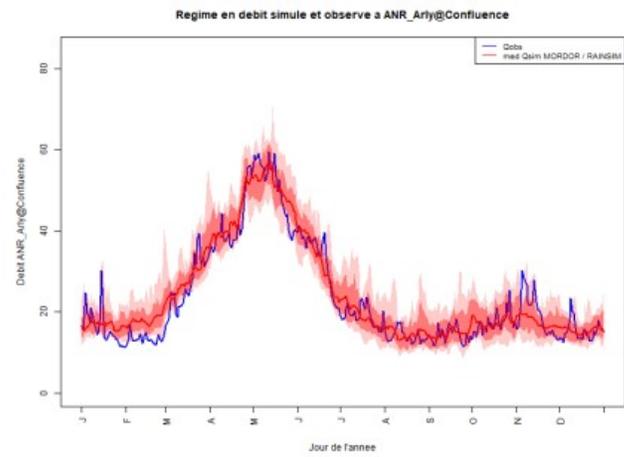
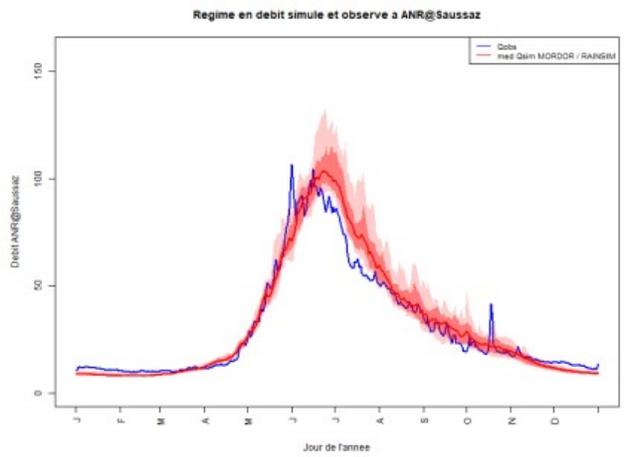
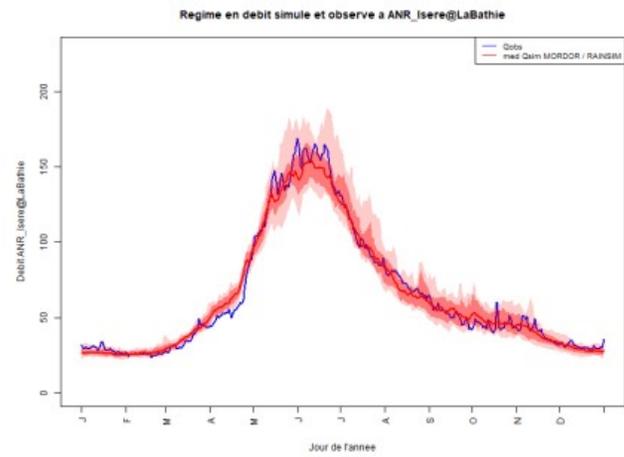
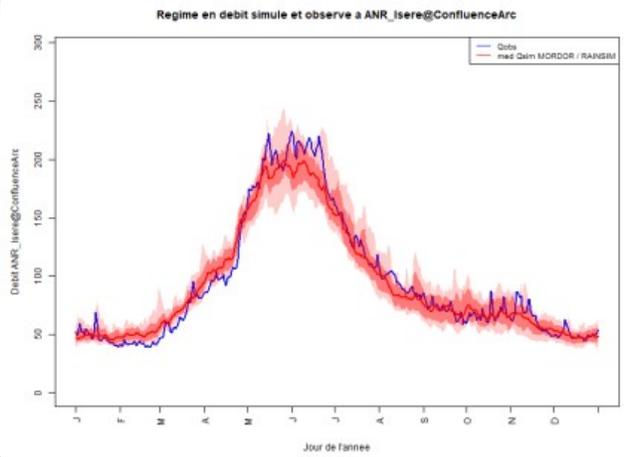
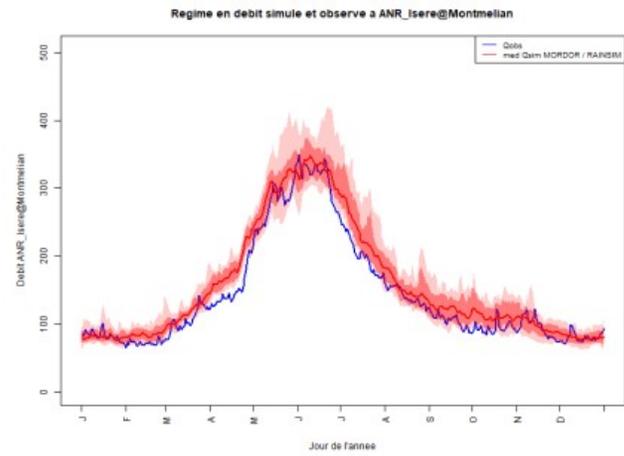
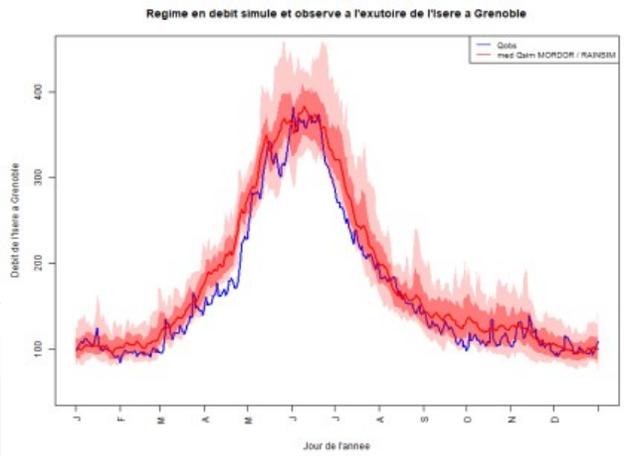
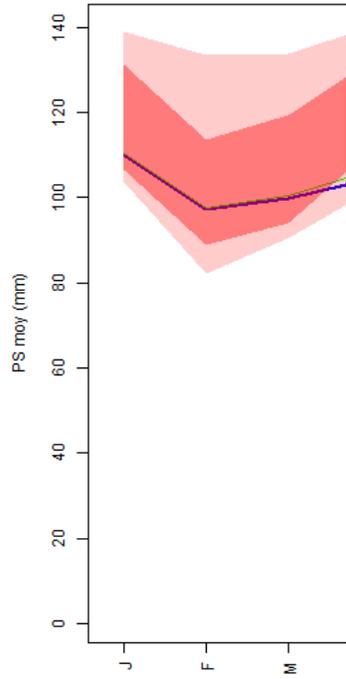
Pluie spatiale mensuelle interannuelle



Régime en débit de l'Isère@Grenoble en sortie de MORDOR-TS

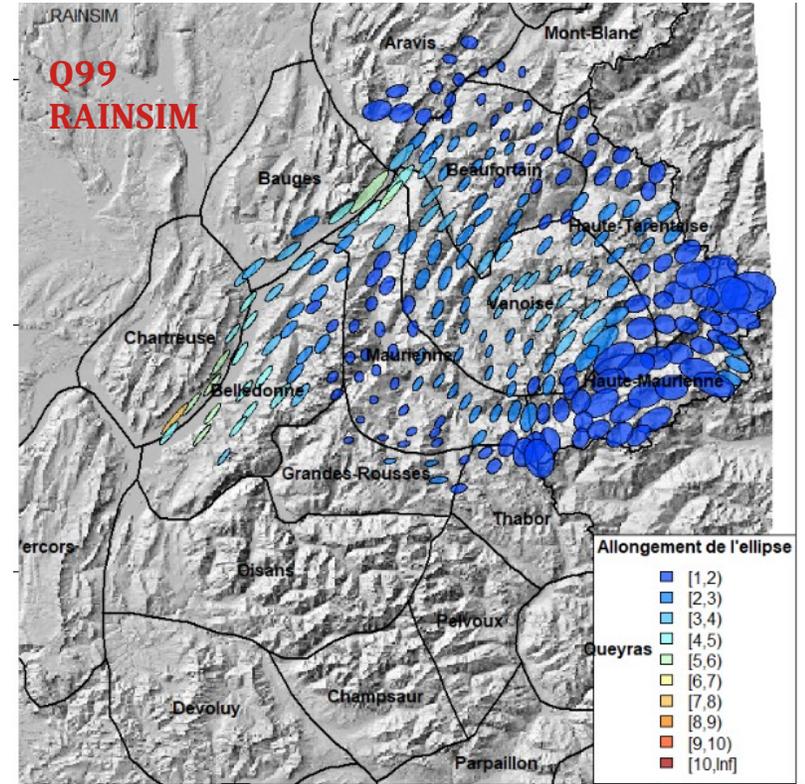
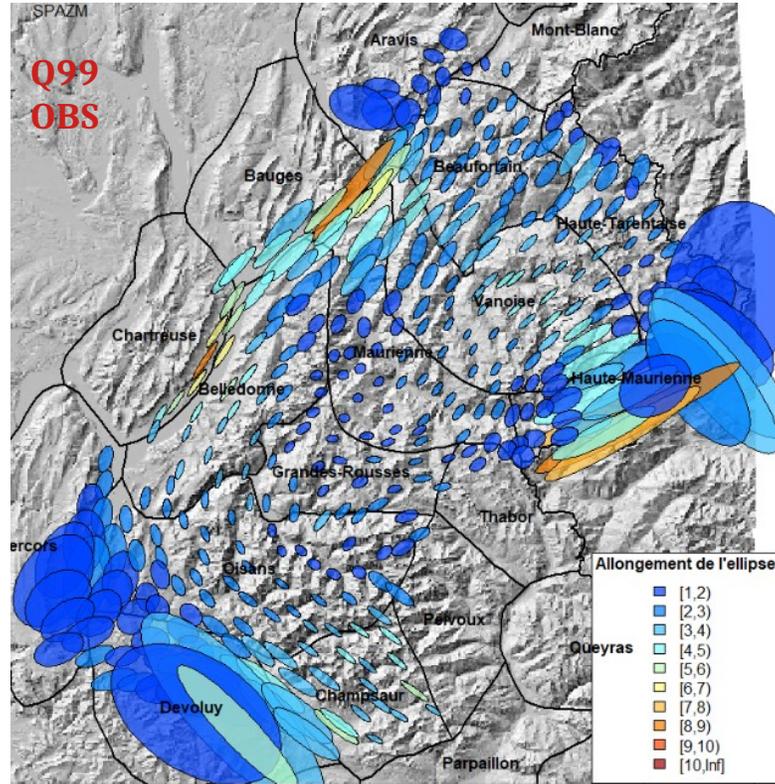


HYDRODEMO

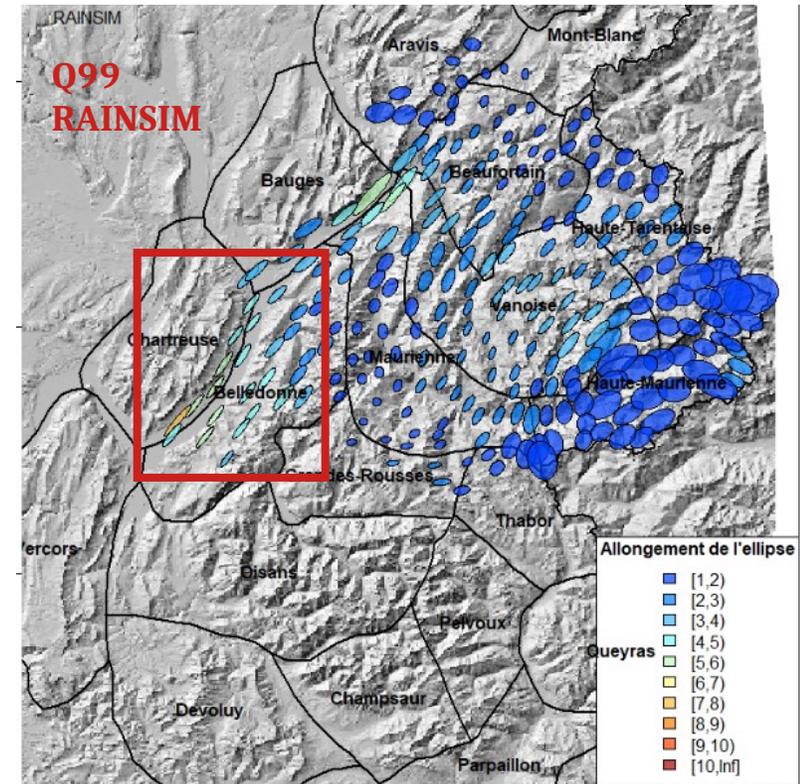
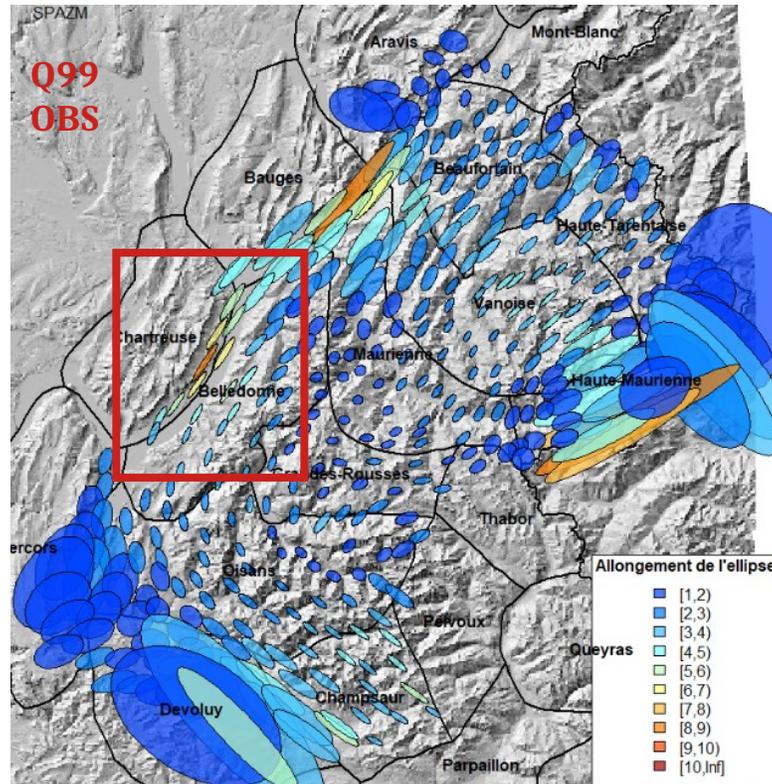


Régime en débit en 6 points de contrainte en sortie de MORDOR-TS

# Coordination des crues simulées



Ellipses de concomitance en débit produit ( $q_{99}$ ).



Ellipses de concomitance en débit produit ( $q_{99}$ ).

**Concomitance hautes eaux pour la région grenobloise :**

- **Orienté le long des reliefs de Bel. et Chart.**
- **60-70 % d'un bout à l'autre de la Chart. ou Bel.**
- **5-20 % inter-massifs Bel. et Chart.**



# Conclusion

- Etude de la concomitance des hautes-eaux (observations) aux crues trentennales (simulations)
- Torrent-torrent et torrent-rivière
- Zoom sur la région grenobloise

## **Torrent-torrent en région grenobloise:**

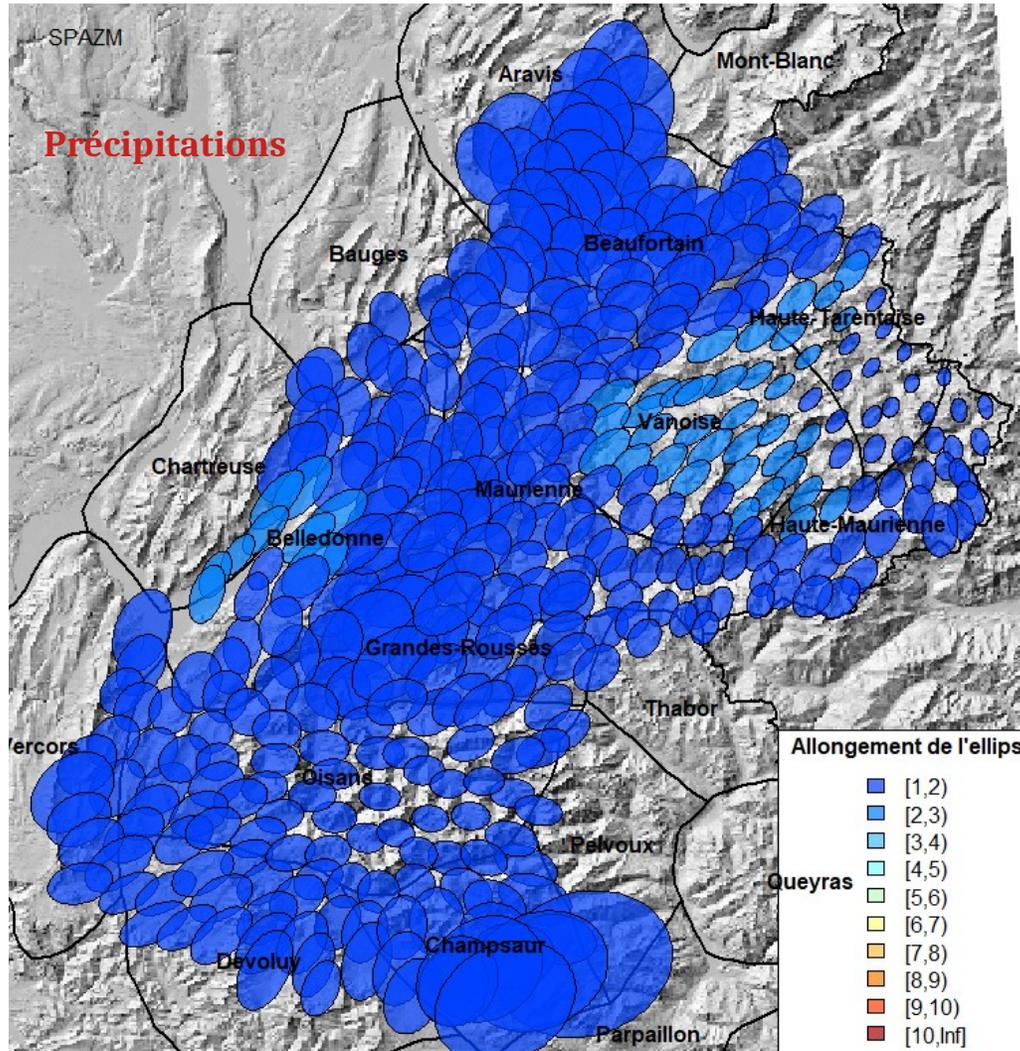
- Concomitance importante intra-massif : 60-90 % pour les hautes-eaux, 20 % pour la crue 30 ans
- Concomitance inter-massifs plus faible : 5 à 20 % pour les hautes-eaux comme la crue 30 ans
- Moins de concomitance quand on va vers des crues plus extrêmes mais relativement plus d'inter-massifs

## **Torrent-rivière en région grenobloise**

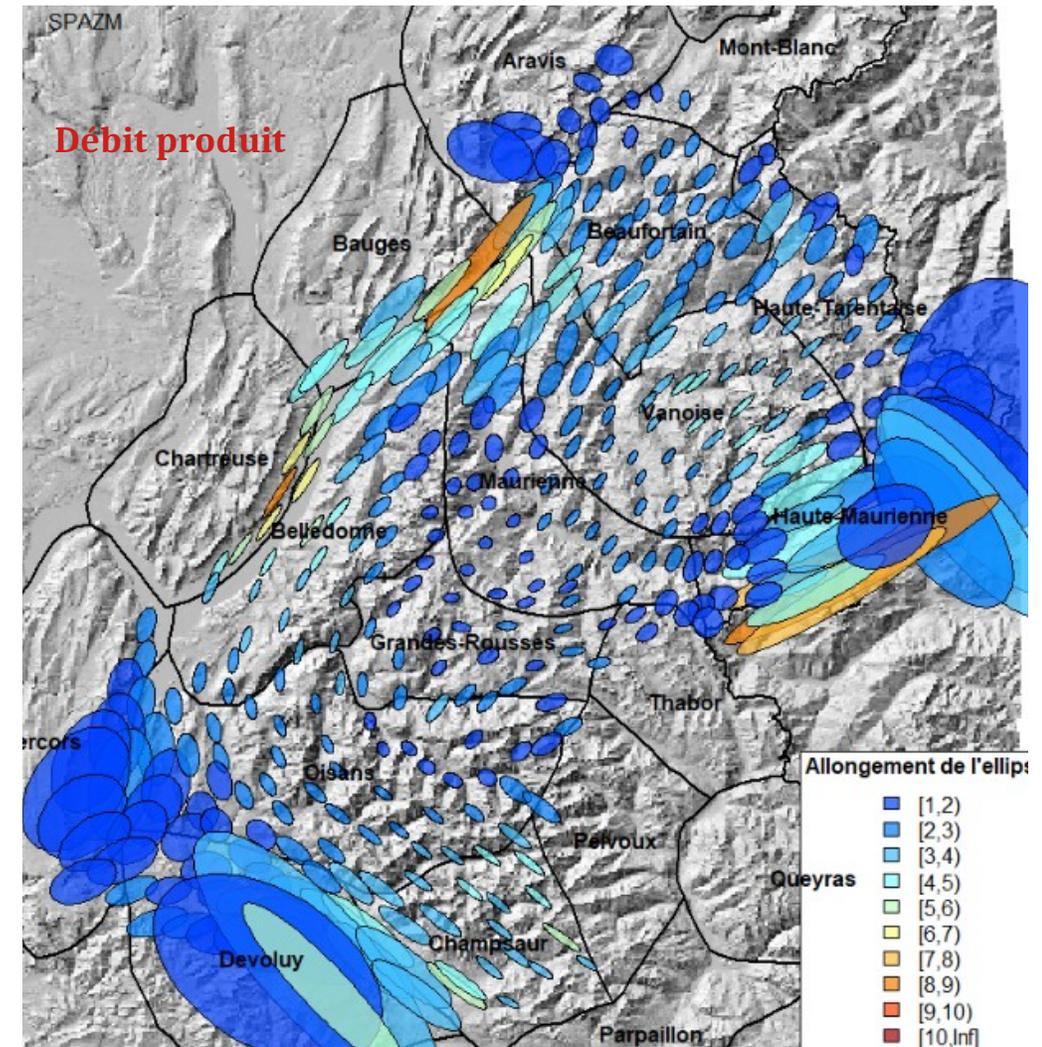
- Systèmes précipitants de grande échelle
- Lorsque l'Isère est en hautes eaux, les torrents de Belledonne le sont aussi.  
(moins vrai pour la Chartreuse et Vercors)



# Coordination des hautes eaux vs. fortes précipitations du passé



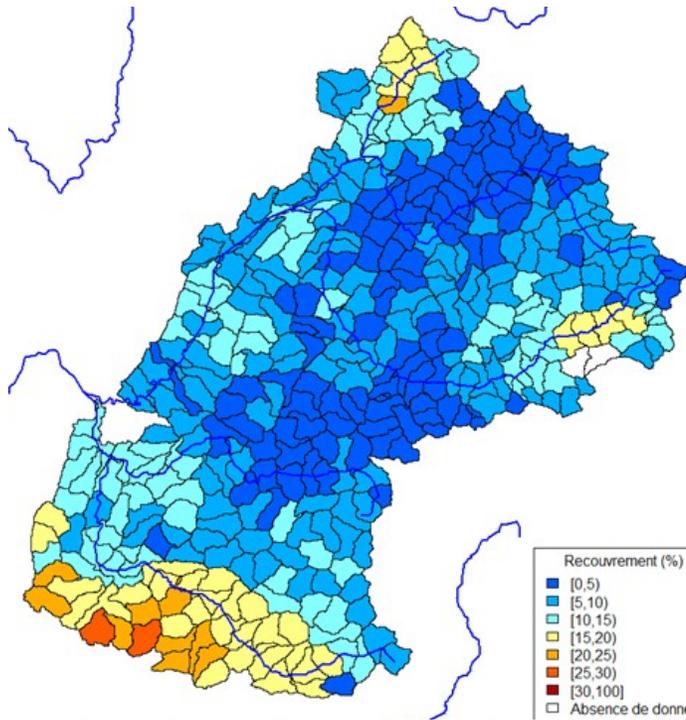
Ellipses de concomitance en précipitation



Ellipses de concomitance en débit produit

# Timing et rôle de la fonte

- Timing différent pour les hautes eaux et les fortes précipitations



% de jours où le q99 est dépassé en précipitation et débit produit

- Rôle de la fonte limité

