

# Théorie des extrêmes et régionalisation

**P. Naveau**

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

- Quels extrêmes?
- Différentes échelles spatiales
- Théorie des Valeurs Extrêmes
- De la grande à la petite échelle

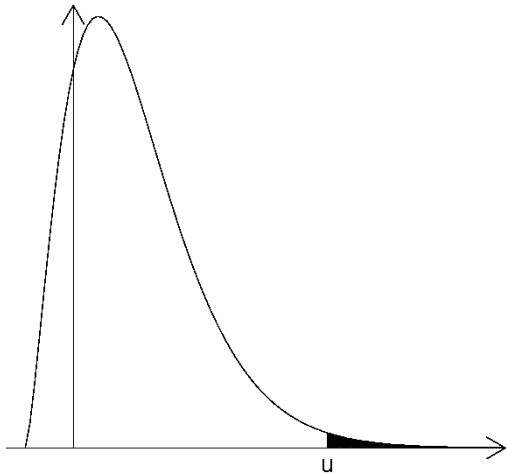
# Quels extrêmes?

*“Man can believe the impossible, but man can never believe the improbable”*

Oscar Wilde (Intentions, 1891)

## Les événements extrêmes ?

Incertitudes, probabilité, rareté, fortes amplitudes



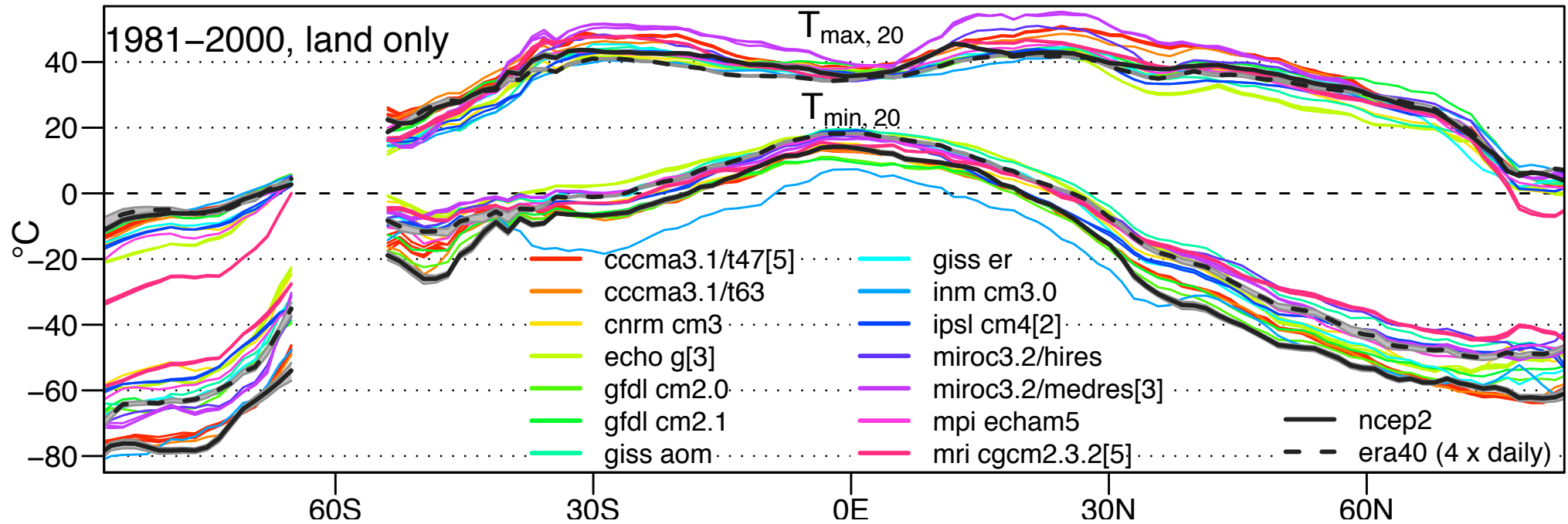
# Quels extrêmes?

*"It is very likely that hot extremes, heat waves, and heavy precipitation events will continue to become more frequent" and that "precipitation is highly variable spatially and temporally"*

The policymakers summary of the  
2007 Intergovernmental Panel on Climate Change

# Différentes échelles spatiales

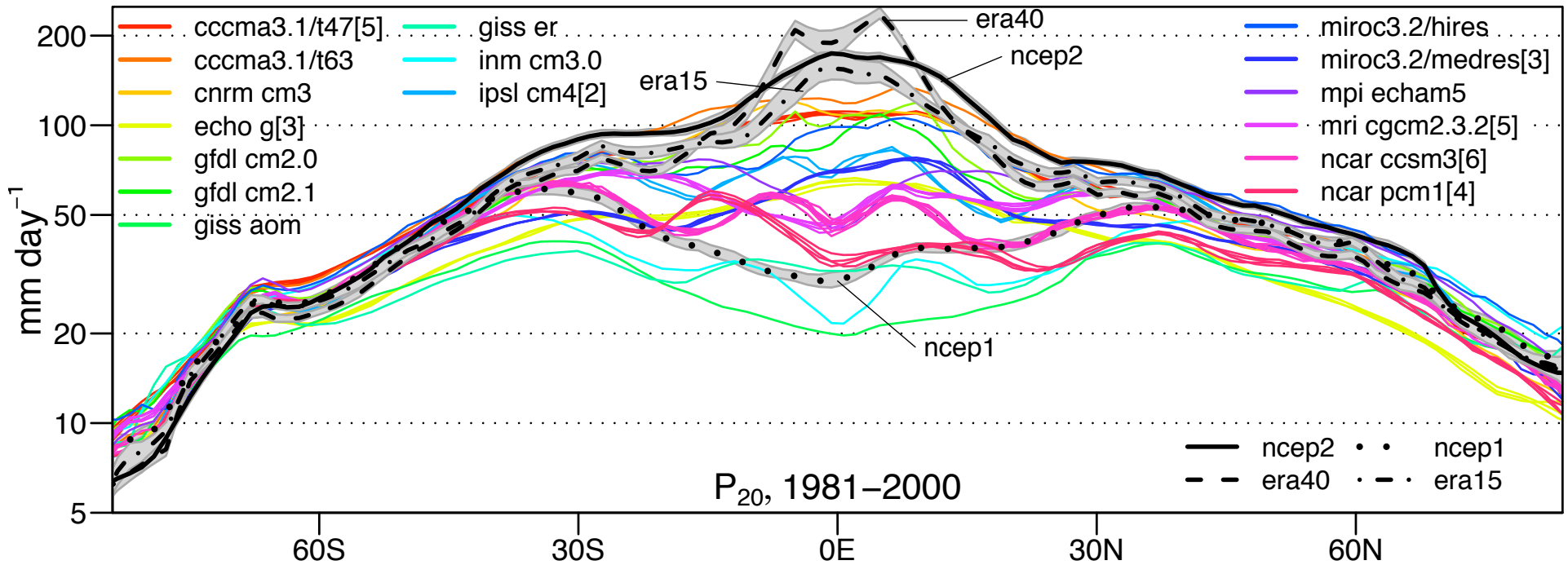
$T_{max,20}$  and  $T_{min,20}$  (1981-2000)



Kharin and Zwiers, Journal of Climate 2007

# Différentes échelles spatiales

$P_{20}$  (1981-2000)



Khariin and Zwiers, Journal of Climate 2007

# Les événements extrêmes locaux

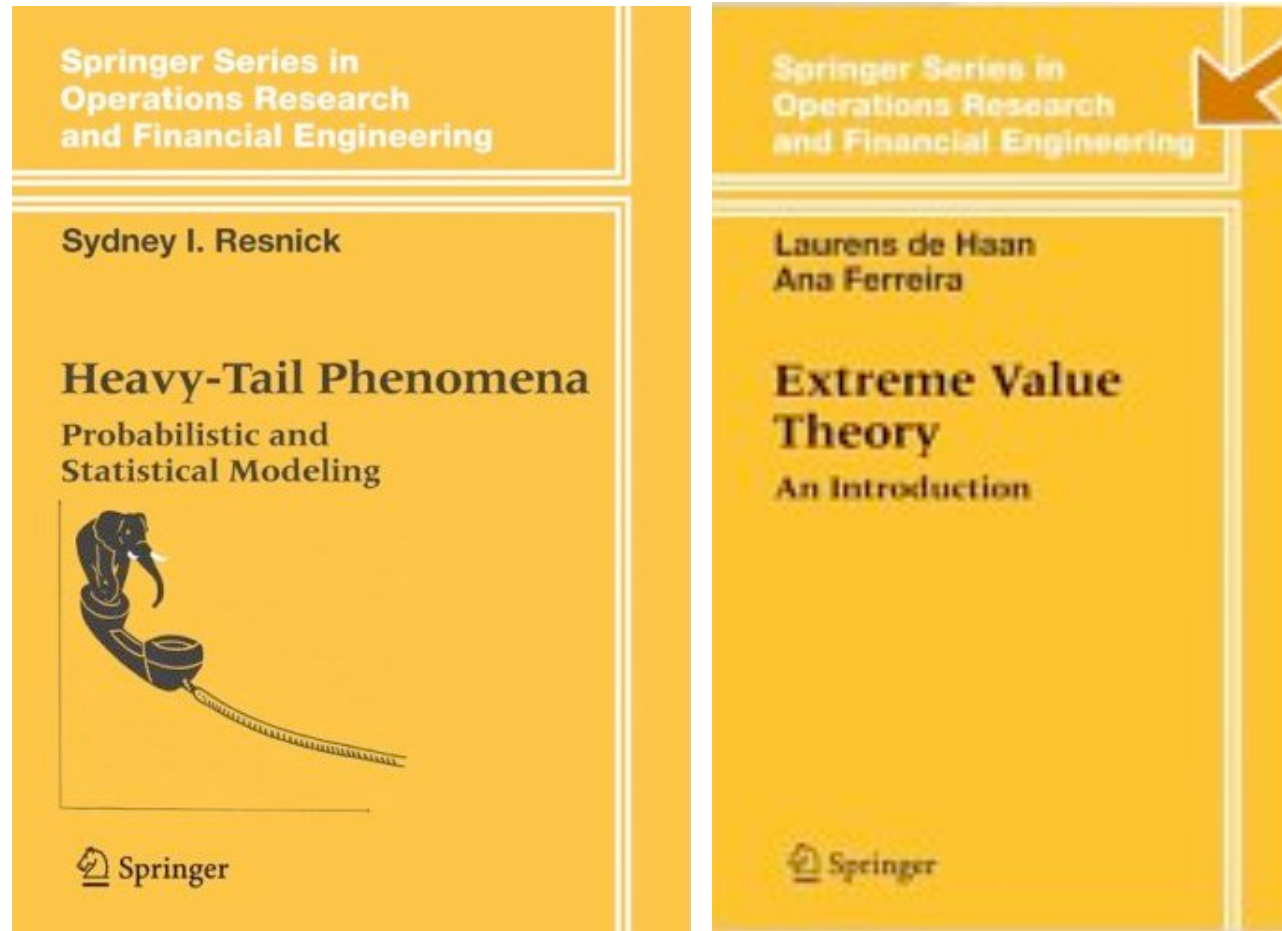


Ouvèze River. Vaison-la-Romaine, South-East France.  
22th September 1992.

(220 mm of rain in 3 h)

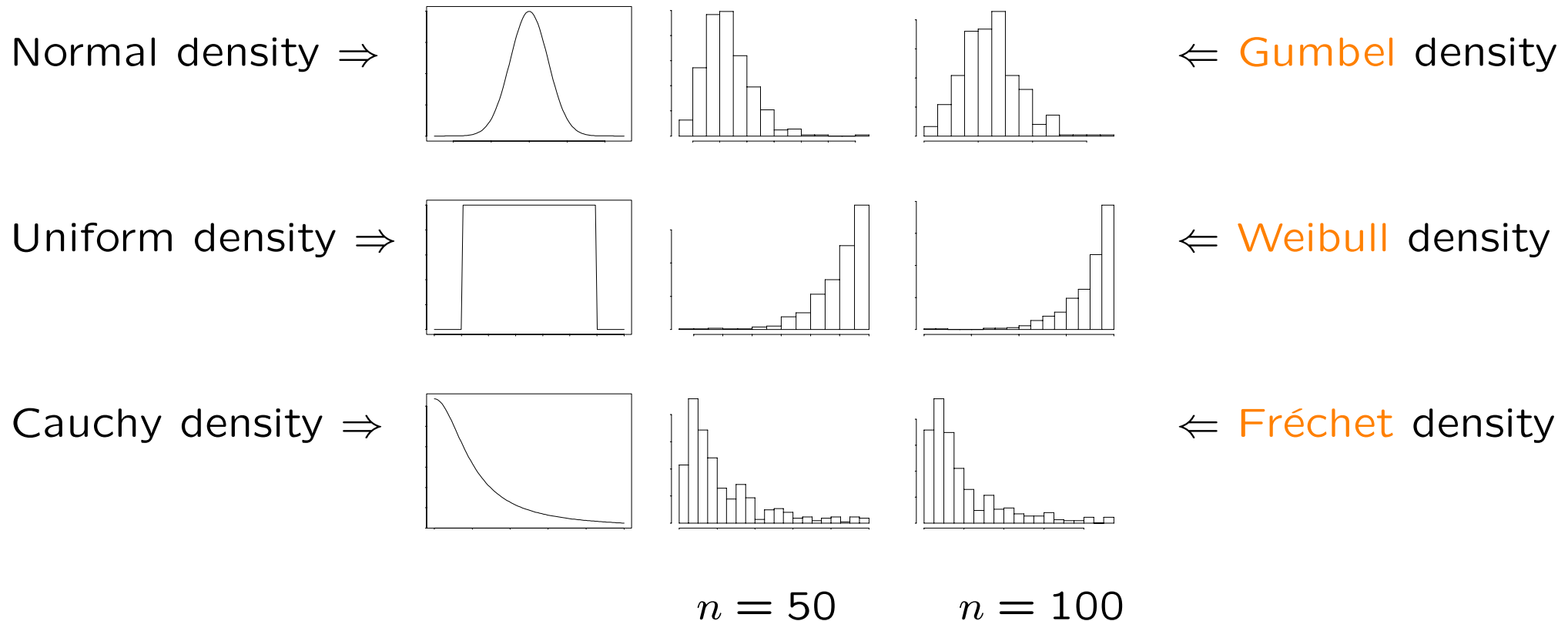
# Théorie des Valeurs Extrêmes

Une théorie mathématique (probabiliste) bien développée



# Théorie des Valeurs Extrêmes

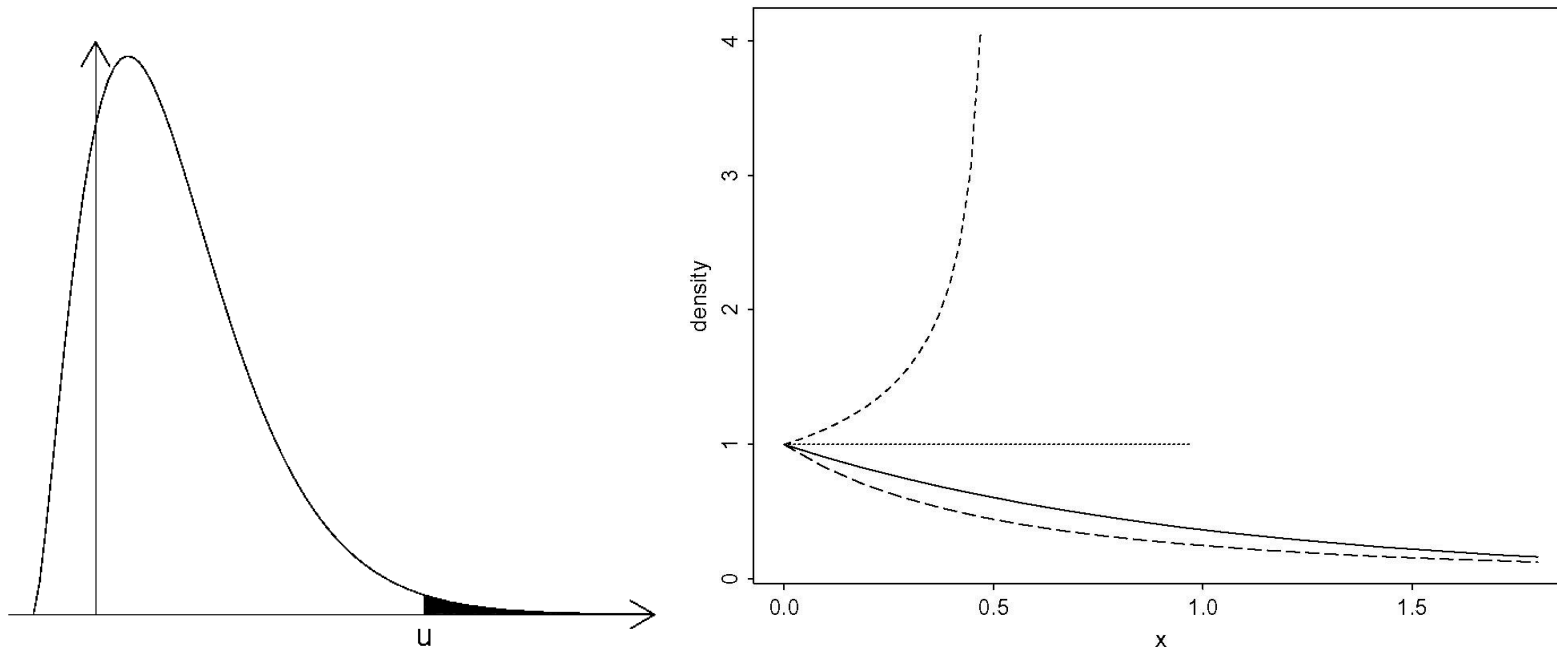
## Convergence of sample maxima





# Théorie des Valeurs Extrêmes

La théorie des valeurs extrêmes : “Generalized Pareto Distribution”



$$\mathbb{P}\{\mathbf{R} - u > y | \mathbf{R} > u\} = \left(1 + \frac{\xi y}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$$

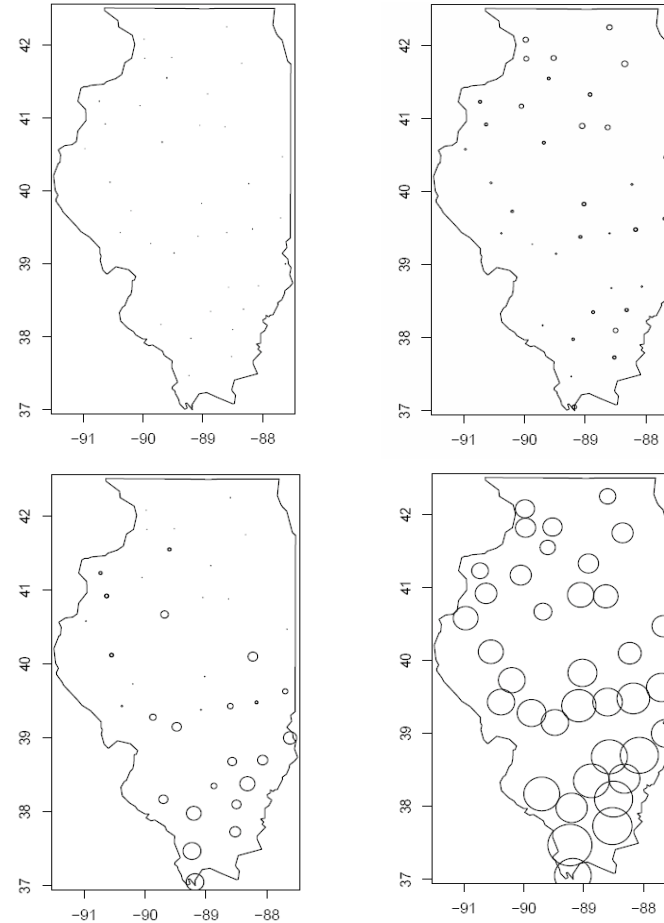
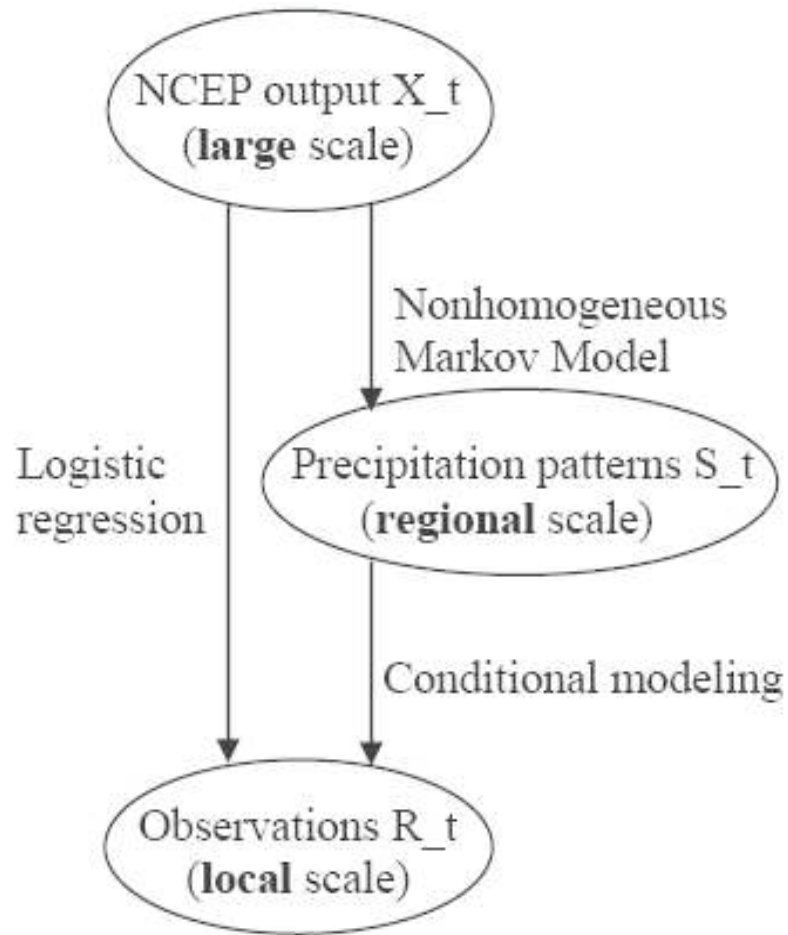
# De la grande à la petite échelle

## La régionalisation stochastique de précipitations ?

Sachant les états des régimes de temps  $S_t$  et/ou des variables atmosphériques grande échelle  $X_t$ , quelle est la distribution des précipitations locales  $R_t$  ?

$$f_{R_t|X_t, S_t=s}(r) = ??$$

# De la grande à la petite échelle



Vrac and Naveau, WRR, 2007 : ILLINOIS, USA

# De la grande à la petite échelle

- **La petite échelle** :  $R_t$  = Précipitations journalières observées à 37 stations 1980-1999 (DJF)
- **La grande échelle** :  $X_t$  = NCEP geopotential height, Q and DT at 850mb
- **Régimes de temps** :  $S_t$  = Quatre régimes régionaux de précipitations

$$f_{R_t|X_t, S_t=s}(r) = \prod_{i=1}^{37} \left\{ [p_{is}(X_t)g_{is}(r_i)]^{\mathbf{I}(r_i>0)} \times [1 - p_{is}(X_t)]^{\mathbf{I}(r_i=0)} \right\}$$

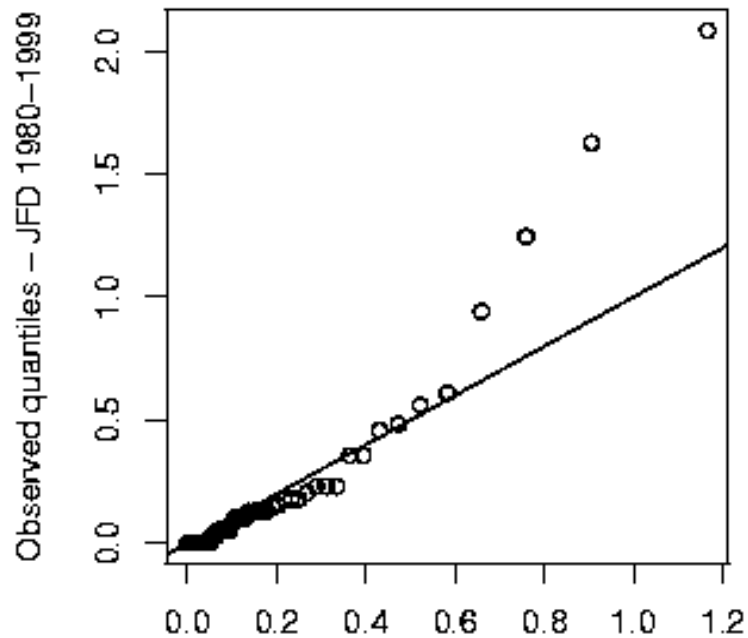
avec

- $p_{is}(X_t)$  = probabilité d'occurrence = régression logistique
- $g_{is}(r_i)$  = intensité des précipitations au site  $i$

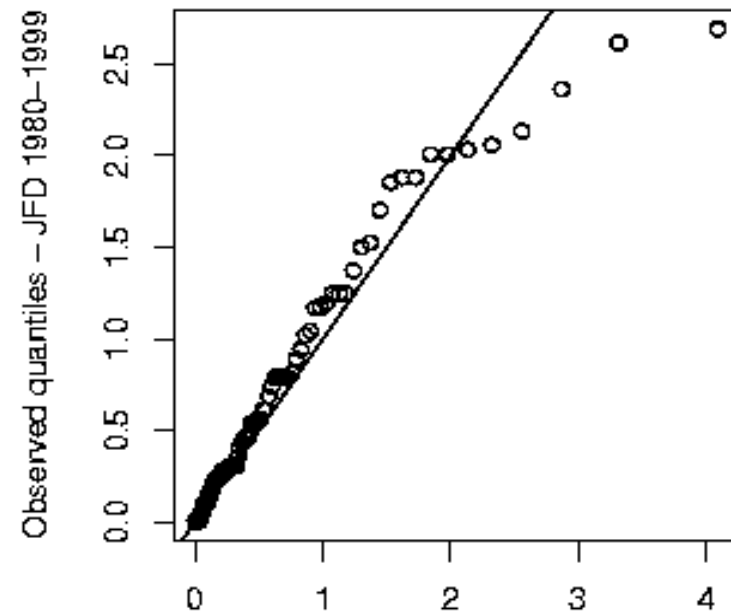
# De la grande à la petite échelle

- L'approche : précipitations = Gamma distribution

QQplot for SPARTA\_3\_N, pattern 2



QQplot for SPARTA\_3\_N, pattern 3

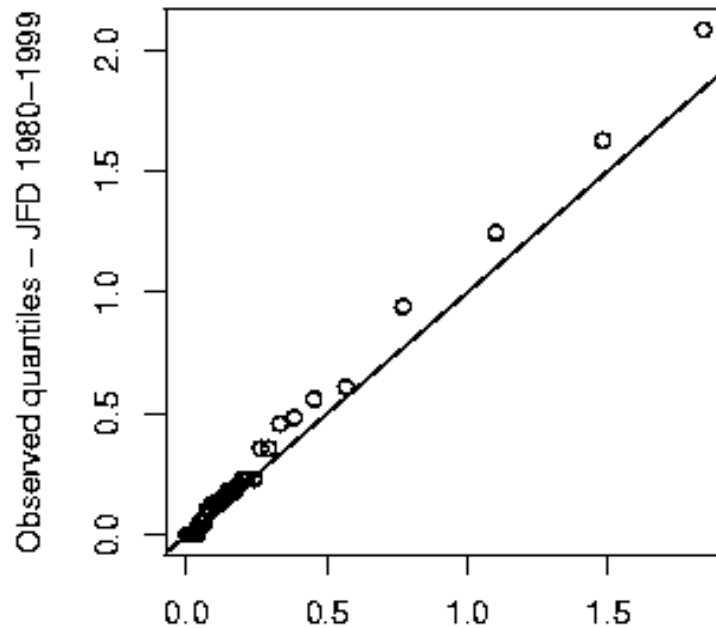


$$g_{is}(r) = d\text{Gamma}_{is}(r)$$

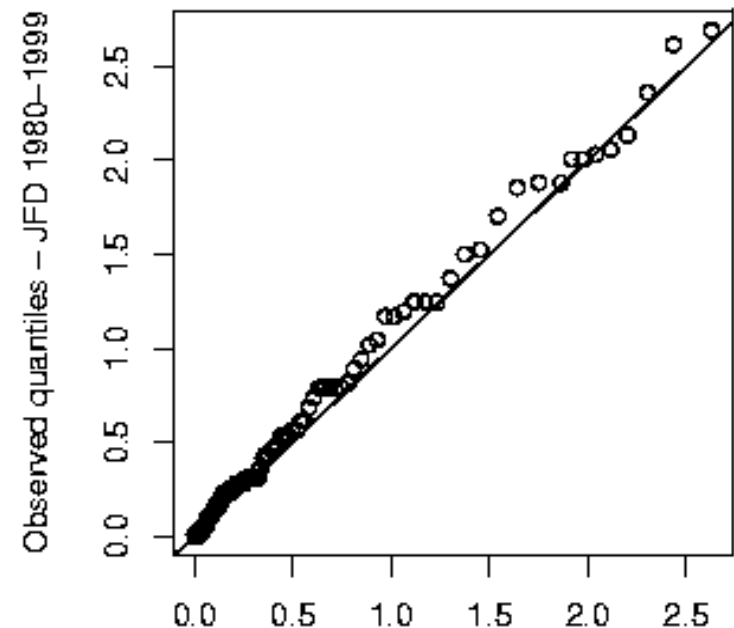
# De la grande à la petite échelle

- Notre approche : précipitations = mélange de lois Gamma + GPD

QQplot for SPARTA\_3\_N, pattern 2



QQplot for SPARTA\_3\_N, pattern 3



$$g_{i_s}(r) = \text{cst} \times [(1 - w(r))d\text{Gamma}_{i_s}(r) + w(r)d\text{GPD}_{i_s}(r)]$$

# Conclusion

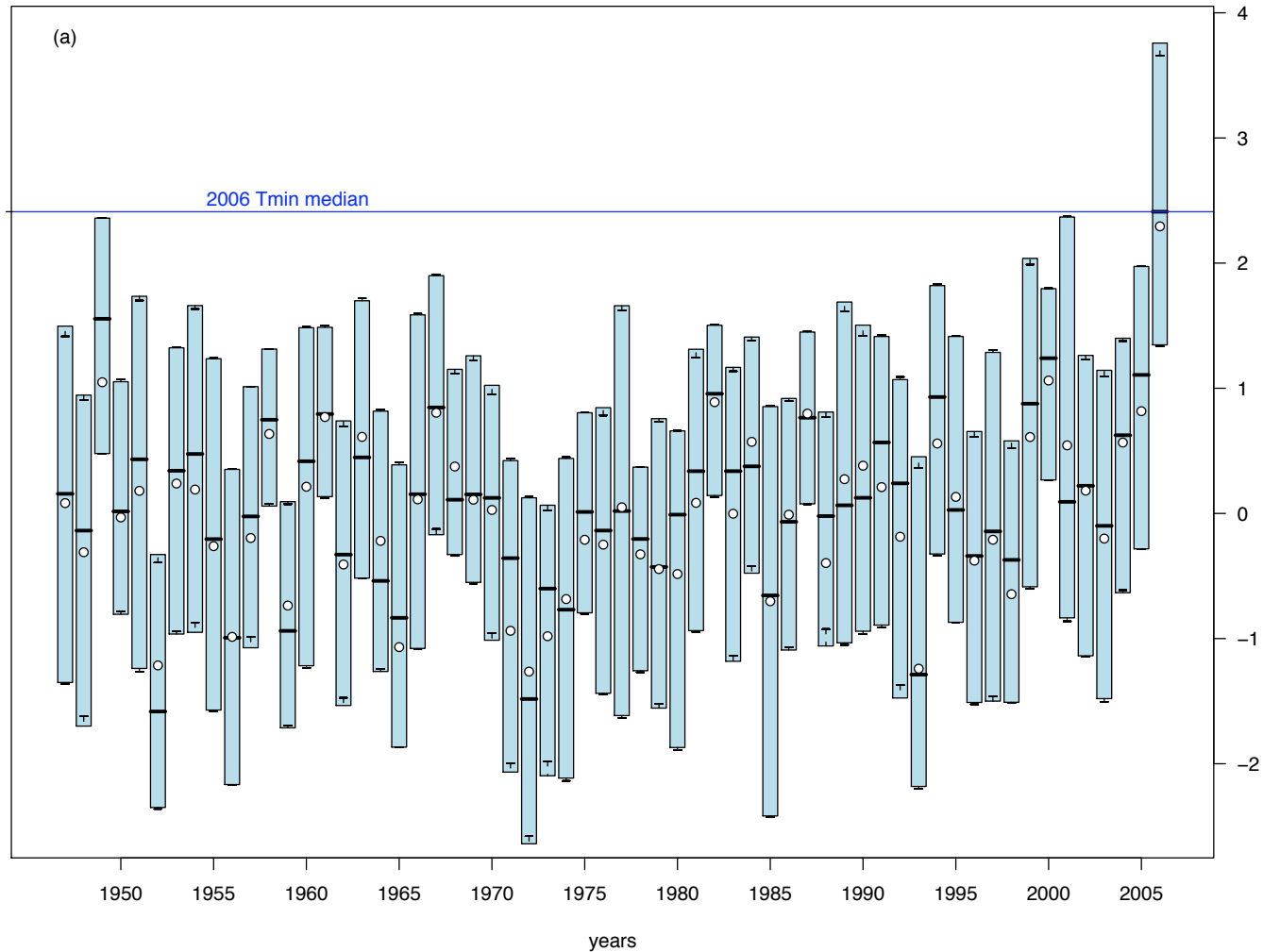


“Les causes régulières des phénomènes sont le plus souvent, ou inconnues, ou trop compliquées pour être soumises au calcul : souvent encore leur action est troublée par des causes accidentelles et irrégulières ; mais elle reste toujours empreinte dans les événements produits par toutes ces causes, ... **L'analyse des probabilités assigne la probabilité de ces causes, et elle indique les moyens d'accroître de plus en plus cette probabilité.**”

“Essai Philosophiques sur les probabilités”

Pierre-Simon Laplace (1749-1827)

# Différentes échelles spatiales

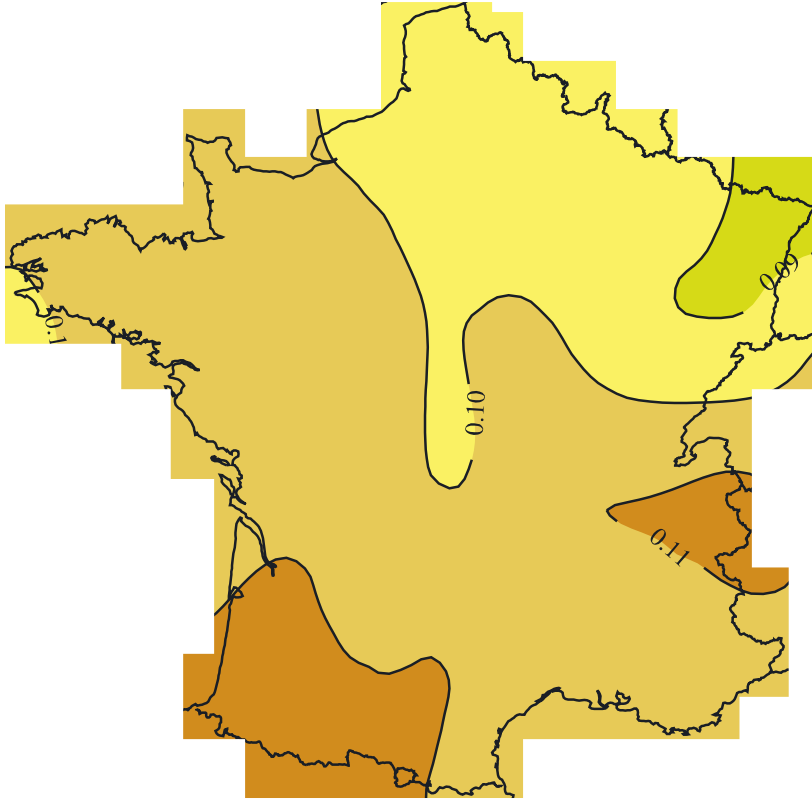


Yiou, Vautard, Naveau and Cassou, 2007

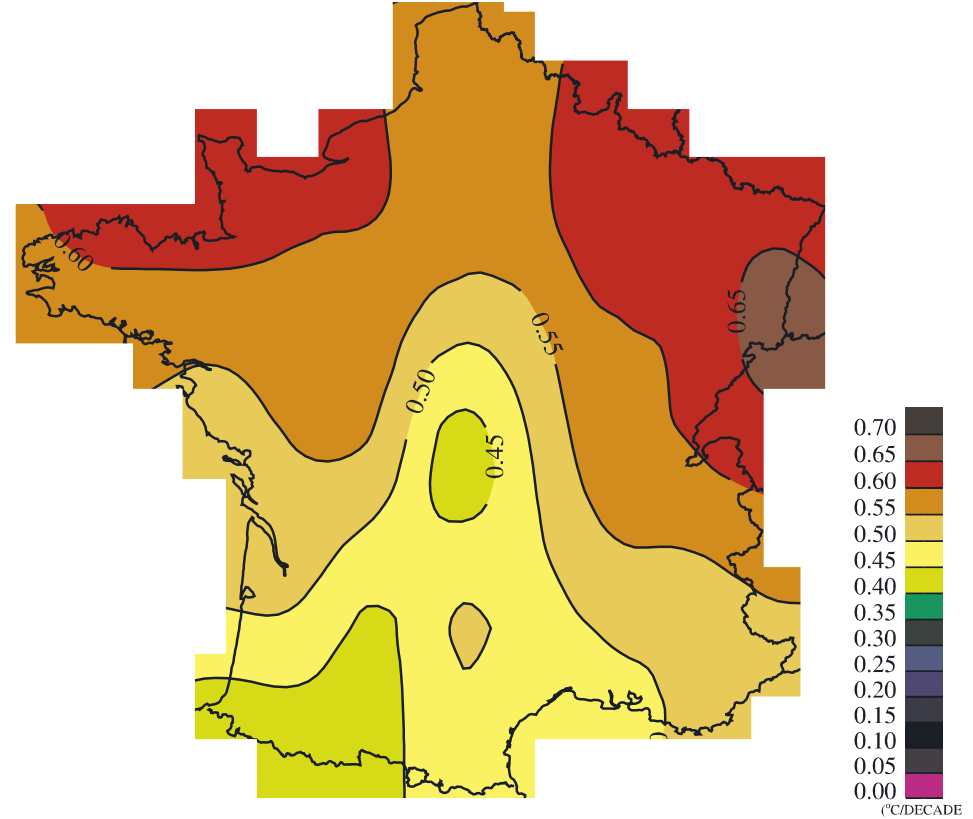


# Différentes échelles spatiales

ANNUAL MEAN TEMPERATURE TREND 1900-2005

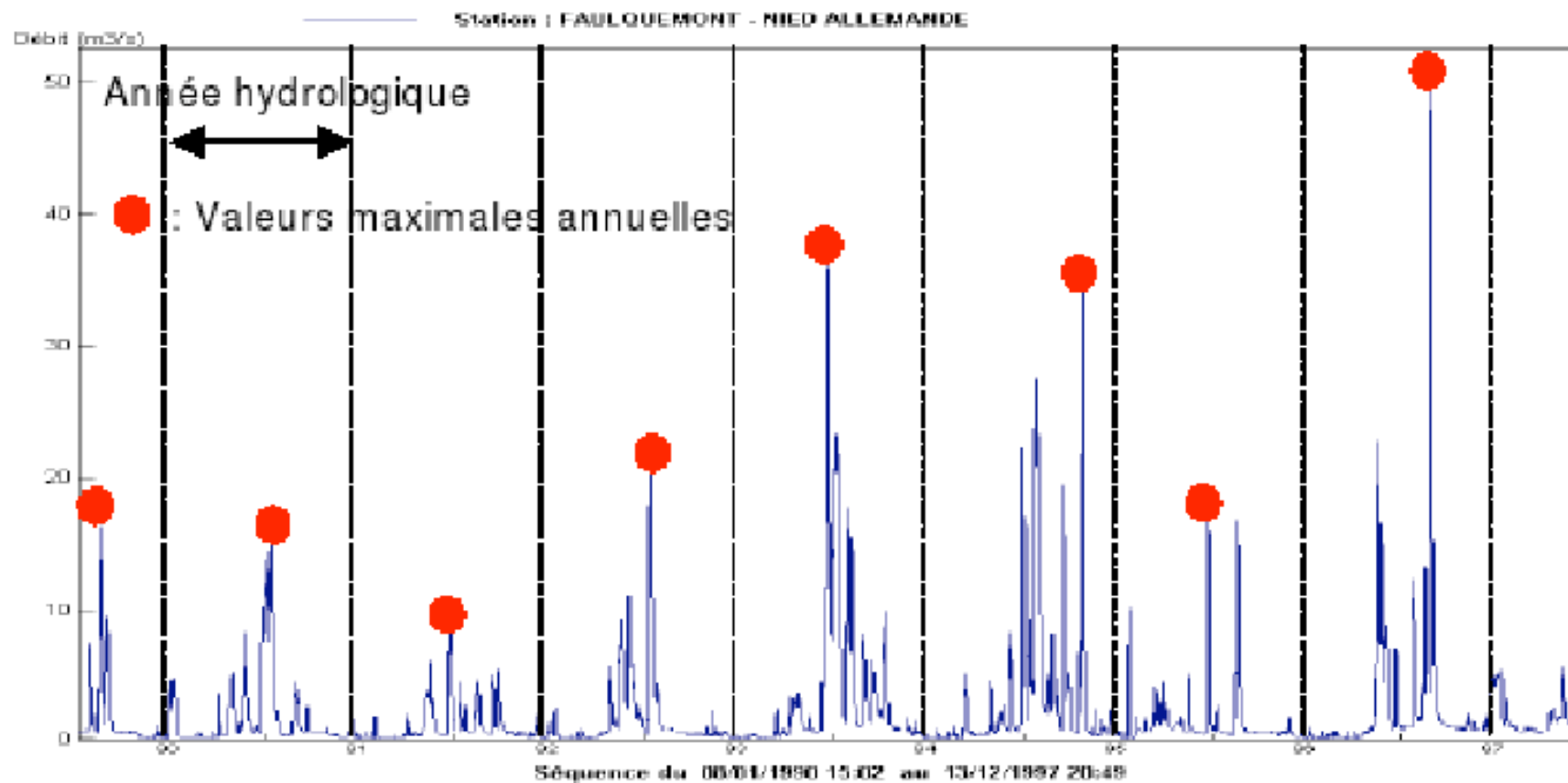


ANNUAL MEAN TEMPERATURE TREND 1980-2005



Abarca-Del-Rio and Olivier Mestre, GRL, 2007

# Les événements extrêmes



# Quels extrêmes?

- Climatologie : maximum ou minimum (journalier, mensuel, annuel), nombre de jour sans pluie, etc
- Hydrologie : le niveau de retour. Une crue centennale est une crue dont la probabilité d'apparition une année est de  $1 / 100$ , en terme de débit.
- **Problème d'extrapolation LOCALE** :  
Avec 50 ans de données, comment estimer un niveau de retour centennale ?