

# Évolution récente des pluies extrêmes en Afrique de l'ouest.

**Panthou G.<sup>1</sup>, Vischel T.<sup>1</sup>, Lebel T.<sup>1</sup>, Quantin G.<sup>1</sup>, Favre A.C<sup>1</sup>, Blanchet J.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>LTHE (UMR 5564), Grenoble 1, IRD, Grenoble, France

<sup>2</sup>SOFRECO, Clichy, France

<sup>3</sup>EPFL, EPFL-FSB-MATHAA-STAT, Lausanne, Switzerland

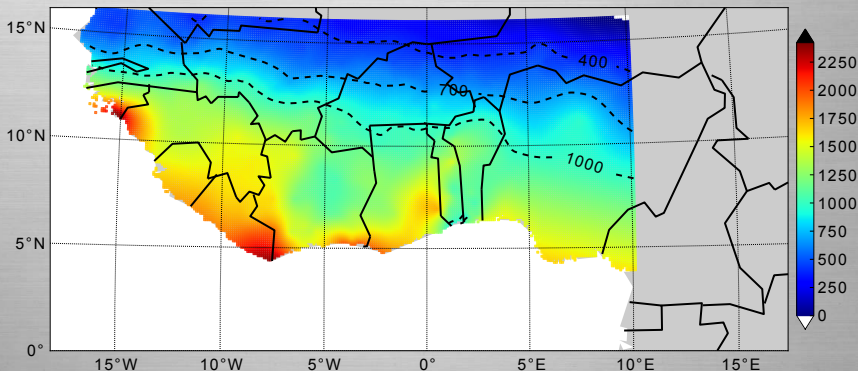
**Réunion Extrême, 18 Juillet 2012, Grenoble, France**



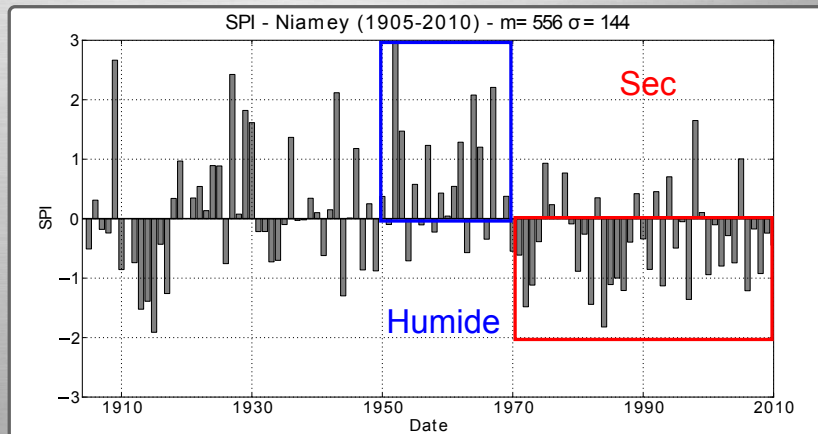
# I. Introduction

## CONTEXTE : AFRIQUE DE L'OUEST

- Climat de mousson (saison sèche / saison humide)
- Gradient latitudinal du cumul annuel de précipitation [*Lebel et al., 1992*]



- Forte variabilité inter-annuelle et décennale [Nicholson, 2001]



- **Sécheresse depuis 1970**

- Plus grand signal climatique du  $XX^{th}$  siècle [*Dai et al., 2004*]
- Forts impacts socio-économiques (famines, dégradation des sols)

- Sécheresse depuis 1970
- Paradoxalement, les crues côtoient les sécheresses

Ouagadougou flood  
(1/09/2009)



Niamey flood  
(08/2010) [Sighomnou, 2010]

West Africa regional  
flood (2007)



- Sécheresse depuis 1970
- Paradoxalement, les crues côtoient les sécheresses
- Les dommages dus aux crues ont augmenté depuis 1950

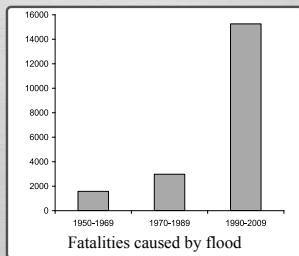


FIGURE: *Di-Baldassarre et al. [2010]*

# CONTEXTE : AFRIQUE DE L'OUEST

- **Sécheresse depuis 1970**
- **Paradoxalement, les crues côtoient les sécheresses**
- **Les dommages dus aux crues ont augmenté depuis 1950**

**Les crues sont devenues une préoccupation majeure des pays ouest africains**

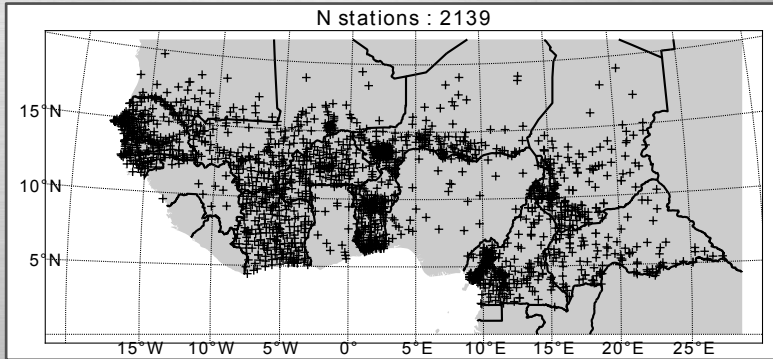


- **Risque de crue = Aléa × Vulnérabilité**
- **Hausse de la vulnérabilité** [*Di-Baldassarre et al., 2010*]
  - Accroissement démographique
  - Urbanisation intensive et non planifiée
  - L'installation dans des plaines d'inondation
- **L'Aléa Hydrologique**
  - Le fonctionnement hydrologique a changé [*Descroix et al., 2009*]
  - Pluies extrêmes : ??????

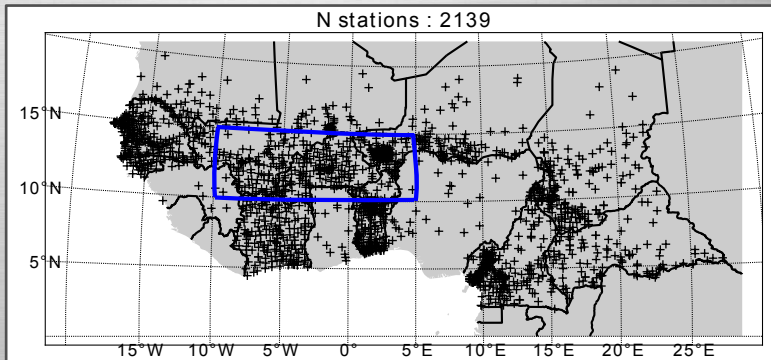
**Quelle a été l'évolution des pluies extrêmes en  
Afrique de l'Ouest depuis 1950 ?**

## II. Données et méthodes

# ZONE D'ÉTUDE

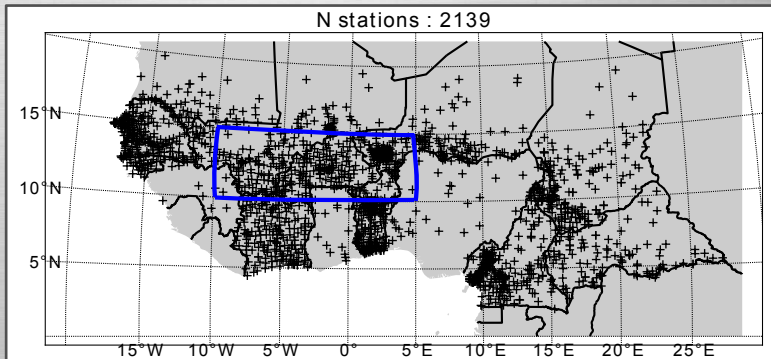


# ZONE D'ÉTUDE



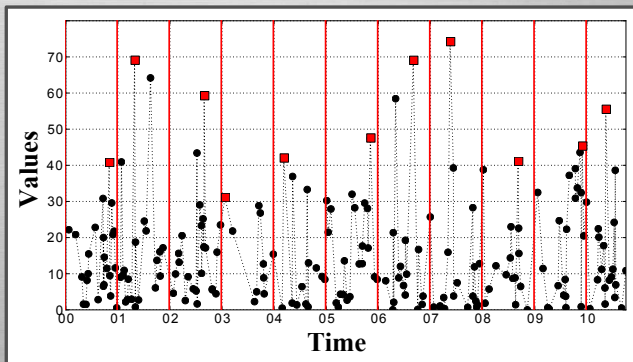
- **Zone retenue : Sahel Central ( $-10^{\circ}\text{W} - 5^{\circ}\text{E}$ ) ( $10^{\circ}\text{N} - 15^{\circ}\text{N}$ )**

# ZONE D'ÉTUDE



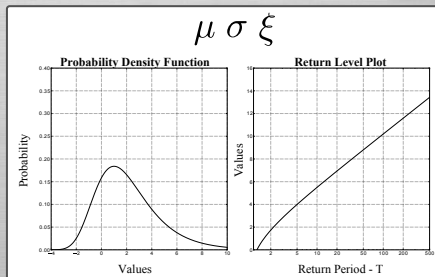
- **Zone retenue : Sahel Central ( $-10^{\circ}\text{W} - 5^{\circ}\text{E}$ ) ( $10^{\circ}\text{N} - 15^{\circ}\text{N}$ )**
- **Période**
  - Analyse ponctuelle : 99 séries ayant plus de 50 années
  - Analyse régionale : 126 séries contenant la période 1950-1990

- Block Maxima Analysis [*Coles, 2001*]
- Échantillonnage : Pluie journalière maximale (block=1 an)



- Block Maxima Analysis [Coles, 2001]
- Échantillonnage : Pluie journalière maximale (block=1 an)
- Modélisation : loi GEV (Generalized Extreme Value)

$$F(y, \mu, \sigma, \xi) = \exp \left\{ - \left\{ 1 + \xi \left( \frac{y - \mu}{\sigma} \right) \right\}^{-\frac{1}{\xi}} \right\} \quad (1)$$



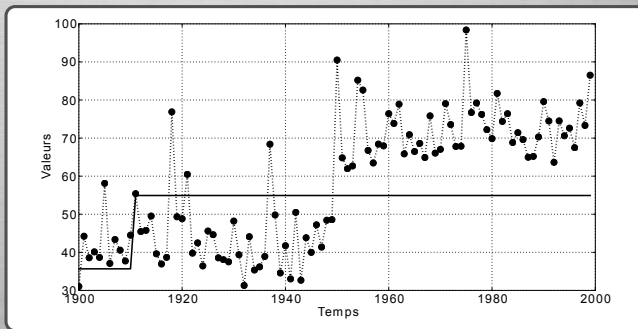
- **La détection de non-stationnarité dans des séries d'extrêmes : Pb d'échantillonnage**
- **Approche graduelle :**
  1. Approche classique ponctuelle : Tests statistiques
  2. Approche paramétrique ponctuelle : Modèles GEV ponctuels dépendants du temps
  3. Approche paramétrique régionale : Modèles GEV régionaux dépendants du temps



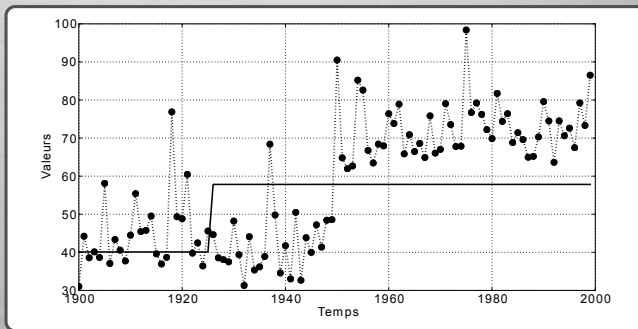
- Hypothèse nulle :  $H_0$  : La série est stationnaire
- Hypothèse alternative :  $H_1$  : La série n'est pas stationnaire

	Tendance	Rupture
Pearson	✓	
Spearmann	✓	
Mann-Kendall	✓	
KPSS	✓	
Kehagias et Fortin		✓
Smadi et Zghoul		✓
Pettitt		✓
Lombard	✓	✓

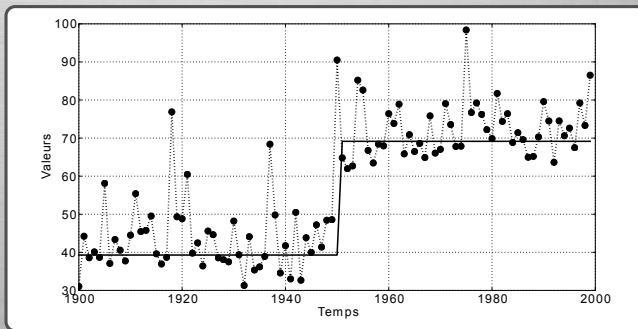
- Le paramètre  $\mu$  du modèle GEV dépend du temps
- Détermination de la rupture ou tendance la plus probable



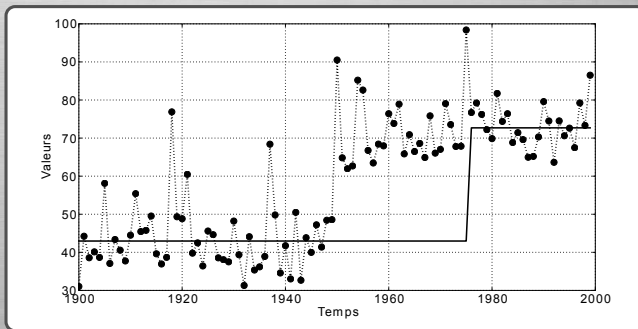
- Le paramètre  $\mu$  du modèle GEV dépend du temps
- Détermination de la rupture ou tendance la plus probable



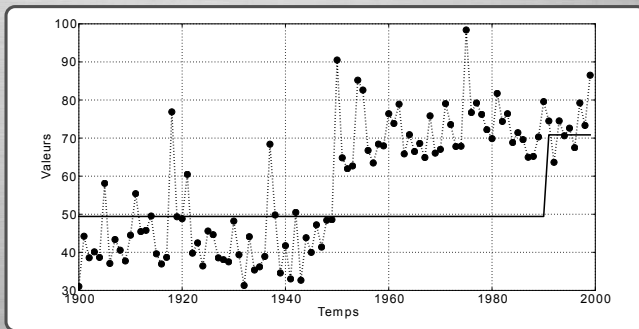
- Le paramètre  $\mu$  du modèle GEV dépend du temps
- Détermination de la rupture ou tendance la plus probable



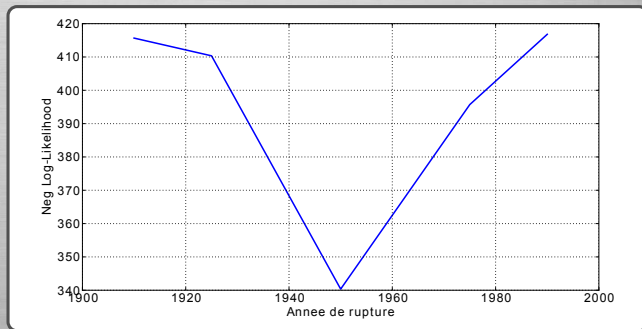
- Le paramètre  $\mu$  du modèle GEV dépend du temps
- Détermination de la rupture ou tendance la plus probable



- Le paramètre  $\mu$  du modèle GEV dépend du temps
- Détermination de la rupture ou tendance la plus probable



- Le paramètre  $\mu$  du modèle GEV dépend du temps
- Détermination de la rupture ou tendance la plus probable

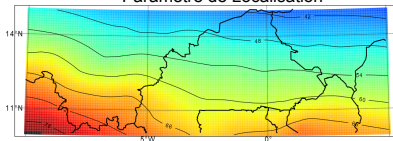


- Le paramètre  $\mu$  du modèle GEV dépend du temps
- Détermination de la rupture ou tendance la plus probable
- Significativité : likelihood ratio test

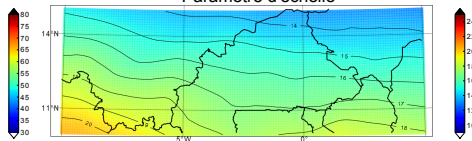


- **GEV-AR : Meilleur modèle spatial** [Panthou et al., 2012]
  - $\mu$  et  $\sigma$  dépendent du cumul annuel moyen

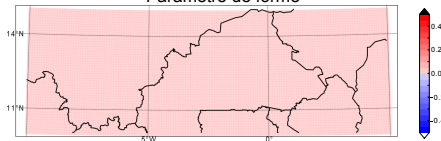
Paramètre de Localisation



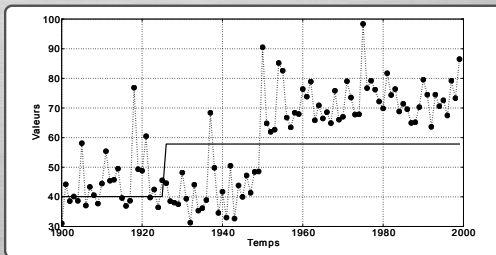
Paramètre d'échelle



Paramètre de forme



- **GEV-AR : Meilleur modèle spatial** [Panthou et al., 2012]
  - $\mu$  et  $\sigma$  dépendent du cumul annuel moyen
- **v.s. son équivalent non-stationnaire**
  - Le paramètre  $\mu$  dépend en plus d'une covariable temporelle



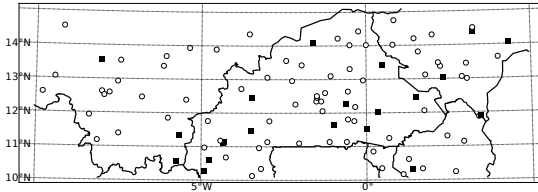
- **GEV-AR : Meilleur modèle spatial** [*Panthou et al., 2012*]
  - $\mu$  et  $\sigma$  dépendent du cumul annuel moyen
- **v.s. son équivalent non-stationnaire**
  - Le paramètre  $\mu$  dépend en plus d'une covariable temporelle
- **Significativité : Ré-échantillonnage**
  1. Permutation aléatoire des années (conservation structure spatiale)
  2. Ajustement d'un modèle GEV régional dépendant du temps
  3. Enregistrement de sa vraisemblance

- **GEV-AR : Meilleur modèle spatial** [*Panthou et al., 2012*]
  - $\mu$  et  $\sigma$  dépendent du cumul annuel moyen
- **v.s. son équivalent non-stationnaire**
  - Le paramètre  $\mu$  dépend en plus d'une covariable temporelle
- **Significativité : Ré-échantillonnage**
  1. Permutation aléatoire des années (conservation structure spatiale)
  2. Ajustement d'un modèle GEV régional dépendant du temps
  3. Enregistrement de sa vraisemblance
  4. Répétition des étapes 1-3 :  $\times 10\ 000$
  5. CDF des vraisemblances des modèles issus de permutation
  6. Comparaison avec la vraisemblance des observations

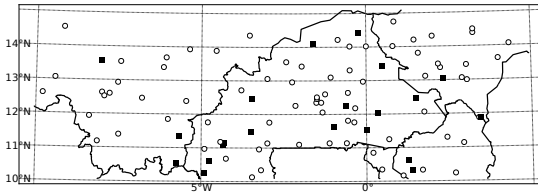
## III. Résultats

# TESTS STATISTIQUES AUX STATIONS

## Rupture - Lombard



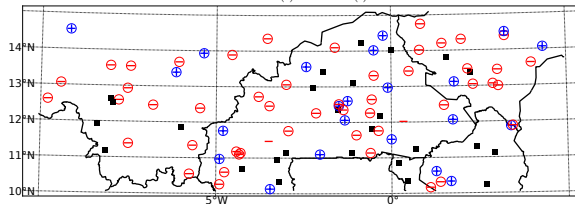
## Tendance - Mann-Kendall



- Accept  $h_0$   
La série est stationnaire
- Reject  $h_0$  (5 %)

# GEV PONCTUELS DÉPENDANTS DU TEMPS

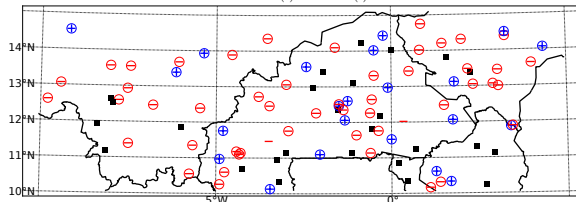
Likelihood Ratio Test  $\theta(t) = cst$  vs  $\theta(t) = at + b : \alpha = 0.10$



- Stationnaire : H0 (10%)
- Negative Trend
- + Positive Trend
- ⊖ Negative Change-Point
- ⊕ Positive Change-Point

# GEV PONCTUELS DÉPENDANTS DU TEMPS

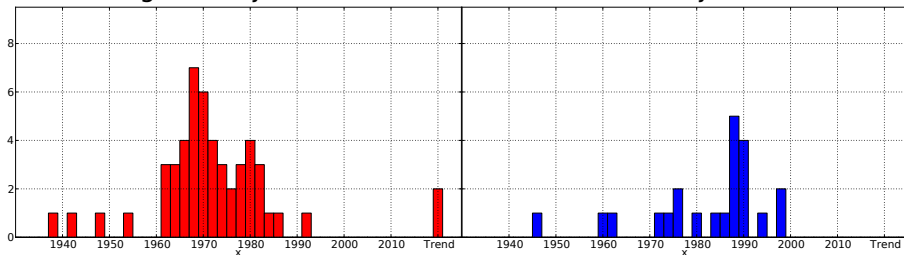
Likelihood Ratio Test  $\theta(t) = cst$  vs  $\theta(t) = at + b : \alpha = 0.10$



- Stationnaire : H0 (10%)
- Negative Trend
- + Positive Trend
- ⊖ Negative Change-Point
- ⊕ Positive Change-Point

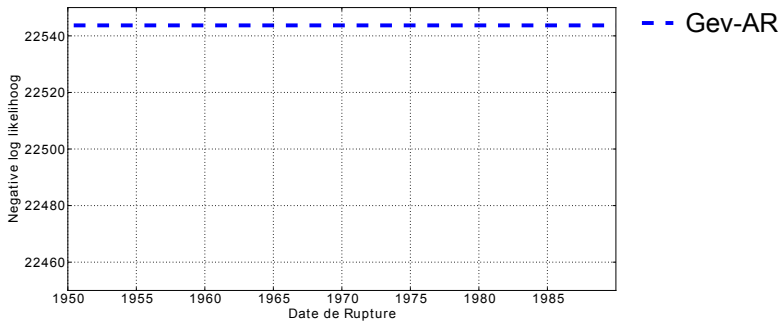
Negative reject : 51 / 99

Positive reject : 22 / 99

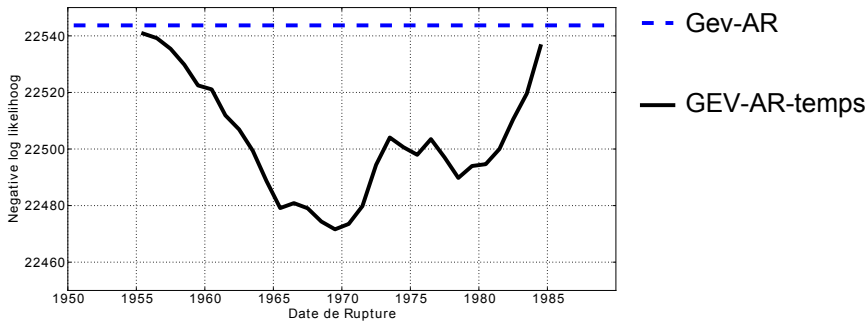




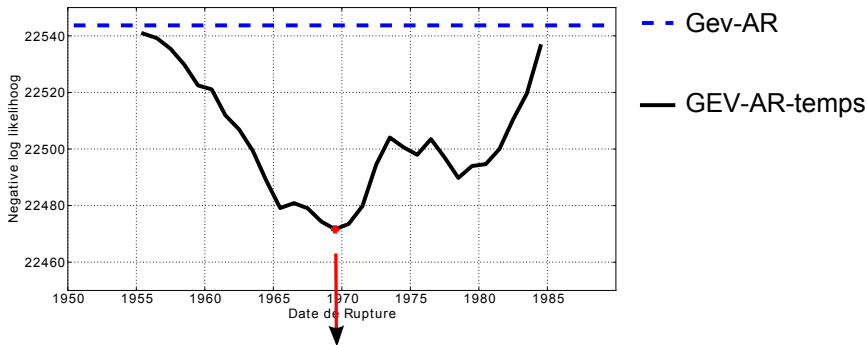
## Neg Log Likelihood



## Neg Log Likelihood

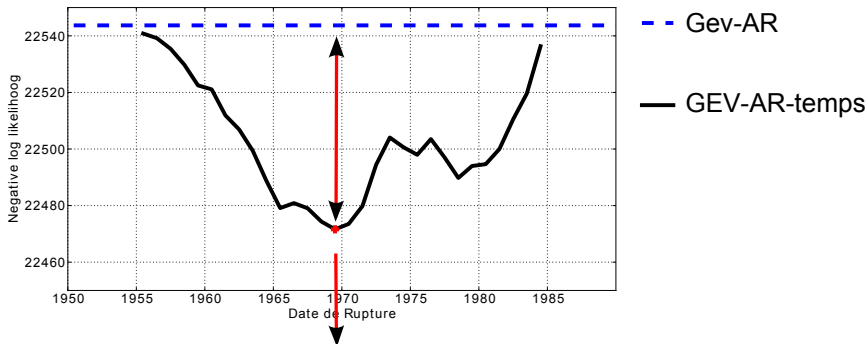


## Neg Log Likelihood



Date de rupture: 1969-70

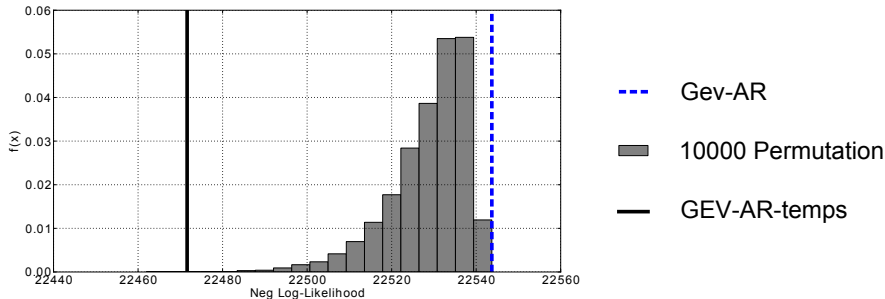
## Neg Log Likelihood



Date de rupture: 1969-70

Significativité ??????

## CDF Neg Log Likelihood



## IV. Conclusions et perspectives

- **Comble un manque de documentation**
- **Pour cette étude : intérêt à "lisser" l'information bruitée des séries de maximas**
  - Utilisation modèles paramétriques
  - Échelle régionale
- **Les extrêmes pluviométriques semblent avoir eu la même évolution que la pluie annuelle**
  - Rupture négative aux alentours de 1970
  - Cause similaire ?? Baisse du nombre d'événements pluvieux ??

- **De nombreuses études décrivent l'évolution climatologique pendant période 1950-1990**
- **Étendre l'étude aux deux dernières décennies**
  - Climatologiquement très importante
  - Outils méthodologiques sont développés
  - Pb : Pas suffisamment de données sur la période 1990-2010



**Merci pour votre attention**

# V. Annexes

### Annexes

GEV : inférence et pb échantillonnage

### Biblio

- **Inférence des paramètres**
  - L-moments
  - Maximum de vraisemblance

- **Inférence des paramètres**
  - L-moments
  - Maximum de vraisemblance
  
- **Effet d'échantillonnage**

## VI. Biblio

- S. Coles. *An introduction to statistical modeling of extreme values*. Springer, London ;New York, 2001. ISBN 9781852334598.
- A. Dai, P. J. Lamb, K. E. Trenberth, M. Hulme, P. D. Jones, and P. Xie. The recent sahel drought is real. *International Journal of Climatology*, 24(11) :1323–1331, Sept. 2004. ISSN 0899-8418. doi : 10.1002/joc.1083. URL <http://doi.wiley.com/10.1002/joc.1083>.
- L. Descroix, G. Mahé, T. Lebel, G. Favreau, S. Galle, E. Gautier, J. C. Olivry, J. Albergel, O. Amogu, B. Cappelaere, R. Dessouassi, A. Diedhiou, E. Le Breton, I. Mamadou, and D. Sighomnou. Spatio-temporal variability of hydrological regimes around the boundaries between sahelian and sudanian areas of west africa : A synthesis. *Journal of Hydrology*, 375 :90–102, 2009.
- G. Di-Baldassarre, A. Montanari, H. Lins, D. Koutsoyiannis, L. Brandimarte, and G. Blöschl. Flood fatalities in africa : From diagnosis to mitigation. *Geophysical Research Letters*, 37(22), Nov. 2010. ISSN 0094-8276. doi : 10.1029/2010GL045467.
- T. Lebel, H. Sauvageot, M. Hoepffner, M. Desbois, B. Guillot, and P. Hubert. Rainfall estimation in the sahel : the EPSAT-NIGER experiment. *Hydrological Sciences*, 37 :201–215, 1992.
- S. E. Nicholson. Climatic and environmental change in africa during the last two centuries. *Climate Research*, 17(2) :123–144, 2001. ISSN 0936-577X.
- G. Panthou, T. Vischel, T. Lebel, J. Blanchet, G. Quantin, and A. Ali. Extreme rainfall in west africa : A regional modeling. *Water Resources Research*, in review, 2012.