

Modélisation Statistique Spatiale des extrêmes pluviométriques en zone Sahélienne. Comparaison de deux approches.

Panthou G^{1,2}, **Vischel T**¹, **Lebel T**¹, **Blanchet J**³, **Quantin G**¹, **Ali A.**⁴,
Descroix L.¹

¹Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement, Grenoble, France

²SOFRECO, Clichy, France

³École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, Switzerland

⁴Centre Régional AGRHYMET, BP 11011, Niamey, Niger

Réunion Extrêmes
14 novembre 2011, Grenoble



Introduction

Présentation des modèles spatiaux

Méthodes d'évaluation des modèles

Résultats

Conclusions et perspectives

Introduction

Contexte

Objectifs

Zone et Période d'étude

Cadre théorique

Ajustements locaux

Présentation des modèles spatiaux

Méthodes d'évaluation des modèles

Résultats

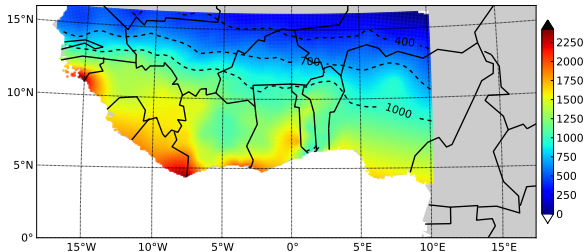
Conclusions et perspectives

CONTEXTE

- Région d'étude : Bande Sahélienne
- Climat caractérisé par la mousson ouest-africaine

CONTEXTE

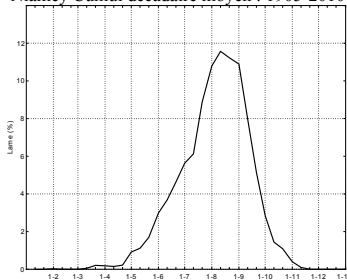
- Région d'étude : Bande Sahélienne
- Climat caractérisé par la mousson ouest-africaine
 - * *Gradient latitudinal du cumul annuel*



CONTEXTE

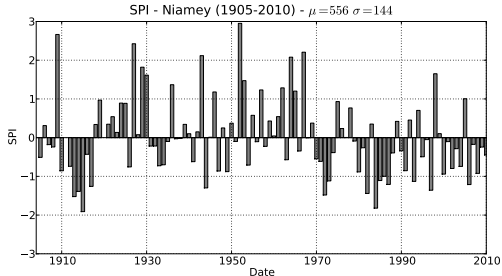
- Région d'étude : Bande Sahélienne
- Climat caractérisé par la mousson ouest-africaine
 - * *Gradient latitudinal du cumul annuel*
 - * *Un cycle saisonnier marqué (saison sèche / humide)*

Niamey Cumul décadaire moyen : 1905-2010



CONTEXTE

- Région d'étude : Bande Sahélienne
- Climat caractérisé par la mousson ouest-africaine
 - * *Gradient latitudinal du cumul annuel*
 - * *Un cycle saisonnier marqué (saison sèche / humide)*
 - * *Forte variabilité décennale et inter-annuelle*



CONTEXTE

- Région d'étude : Bande Sahélienne
- Climat caractérisé par la mousson ouest-africaine
 - * *Gradient latitudinal du cumul annuel*
 - * *Un cycle saisonnier marqué (saison sèche / humide)*
 - * *Forte variabilité décennale et inter-annuelle*
- Depuis 1970 : Sécheresse d'extension et de durée jamais égalées dans le monde [Dai et al., 2004, Nicholson, 2005, L'Hote et al., 2002]

CONTEXTE

- Malgré ces conditions sèches, des pluies extrêmes et des inondations touchent régulièrement la région
- e.g.
 - * *80 événements (pluies torrentielles/inondations) pour la région de Niamey (1970-2000) [Tarhule, 2005]*
 - * *Crue de Ouaga (1/09/2009) : 260 mm en 10 heures*
 - * *Inondations de 2007 [Paeth et al., 2010]*
- La population est très vulnérable face à ces événements [Tschakert, 2007, Tschakert et al., 2010]

CONTEXTE

- Di-Baldassarre et al. [2010] montrent que les dommages associés aux inondations en Afrique sont en augmentation

CONTEXTE

- Di-Baldassarre et al. [2010] montrent que les dommages associés aux inondations en Afrique sont en augmentation

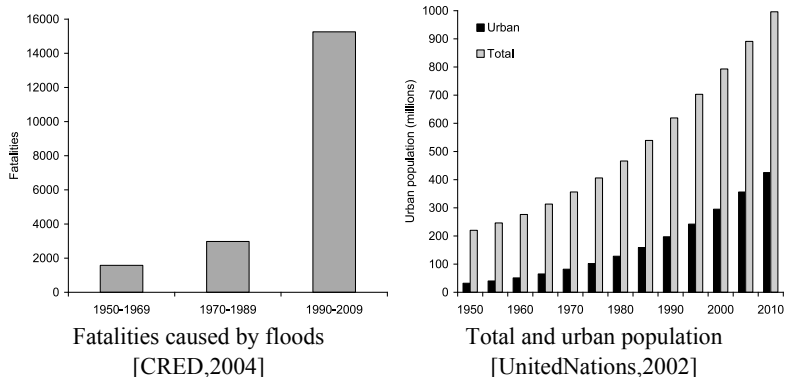


FIGURE: Di-Baldassarre et al. [2010]

CONTEXTE

- Di-Baldassarre et al. [2010] montrent que les dommages associés aux inondations en Afrique sont en augmentation
- Conclusions des auteurs : ↗ Risque ⇔ :

CONTEXTE

- Di-Baldassarre et al. [2010] montrent que les dommages associés aux inondations en Afrique sont en augmentation
- Conclusions des auteurs : ↗ Risque ⇔ :
 - * ↗ *Vulnérabilité* :
 - + ↗ *Population*
 - + ↗ *Construction d'habitation en zones inondables*

- Di-Baldassarre et al. [2010] montrent que les dommages associés aux inondations en Afrique sont en augmentation
- Conclusions des auteurs : ↗ Risque ⇔ :
 - * ↗ *Vulnérabilité* :
 - ✦ ↗ *Population*
 - ✦ ↗ *Construction d'habitation en zones inondables*
 - * *Aléa constant* :
 - ✦ *Pas de tendance significative sur les observations hydrologiques*

- Di-Baldassarre et al. [2010] montrent que les dommages associés aux inondations en Afrique sont en augmentation
- Conclusions des auteurs : ↗ Risque ⇔ :
 - * ↗ *Vulnérabilité* :
 - + ↗ *Population*
 - + ↗ *Construction d'habitation en zones inondables*
 - * *Aléa constant* :
 - + *Pas de tendance significative sur les observations hydrologiques*
- Pourtant :
 - * *L'hydrologie a changé en zone Sahélienne [Descroix et al., 2009]*
 - * *Très peu d'études sur les pluies extrêmes en AO*

OBJECTIFS

- Objectifs Généraux : Caractérisation Spatio-Temporelle des extrêmes pluviométriques en AO
 1. *Caractérisation spatiale*
 2. *Analyse des tendances temporelles*

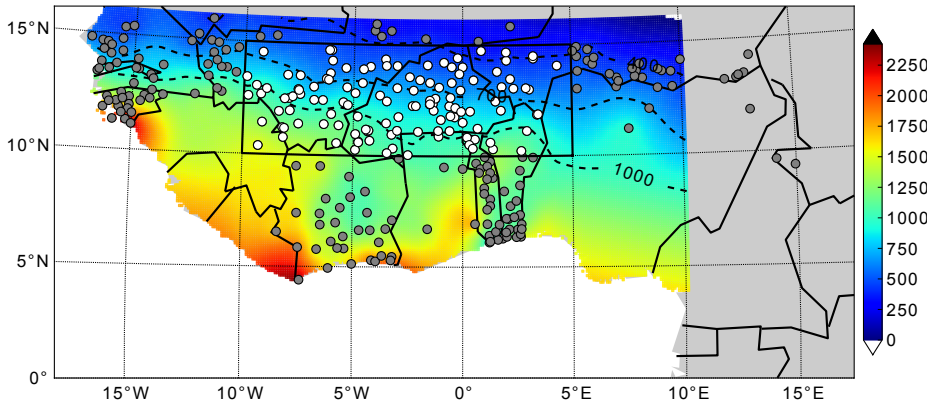
OBJECTIFS

- Objectifs Généraux : Caractérisation Spatio-Temporelle des extrêmes pluviométriques en AO
 1. *Caractérisation spatiale*
 2. *Analyse des tendances temporelles*
- Objectifs de l'étude : Obtenir un modèle statistique spatialisé des extrêmes pluviométriques en AO
 - * *Il existe différentes méthodologies*

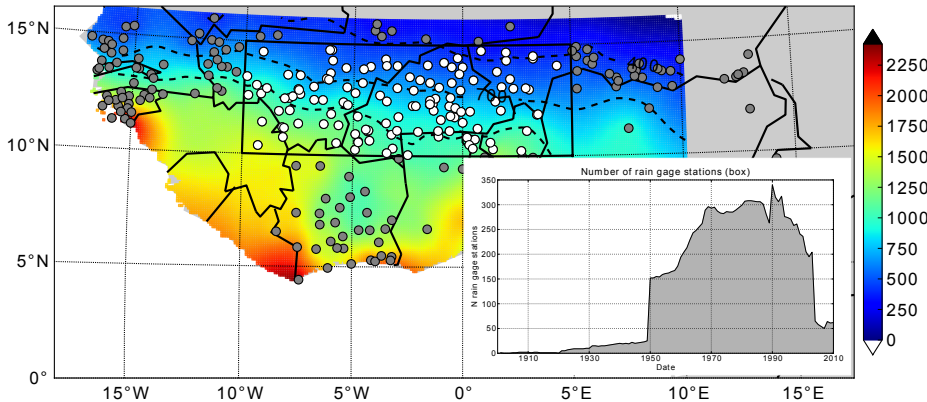
OBJECTIFS

- Objectifs Généraux : Caractérisation Spatio-Temporelle des extrêmes pluviométriques en AO
 1. *Caractérisation spatiale*
 2. *Analyse des tendances temporelles*
- Objectifs de l'étude : Obtenir un modèle statistique spatialisé des extrêmes pluviométriques en AO
 - * *Il existe différentes méthodologies*
 - * *But : Comparer ces différentes méthodologies*

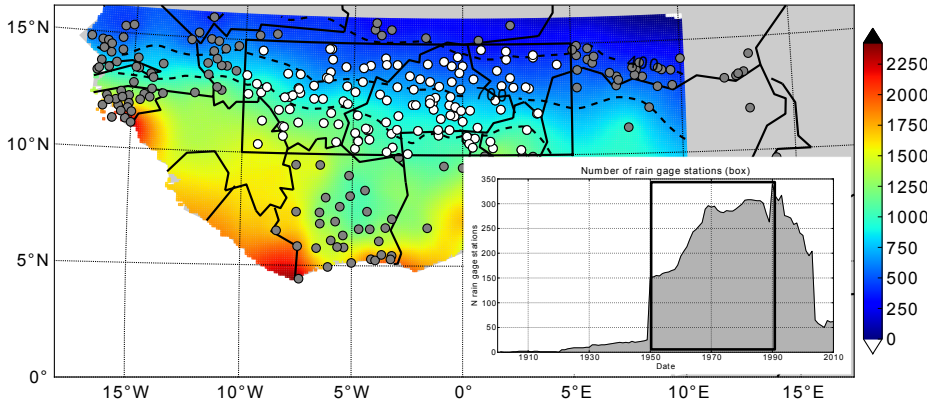
ZONE ET PÉRIODE D'ÉTUDE



ZONE ET PÉRIODE D'ÉTUDE



ZONE ET PÉRIODE D'ÉTUDE



CADRE THÉORIQUE

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

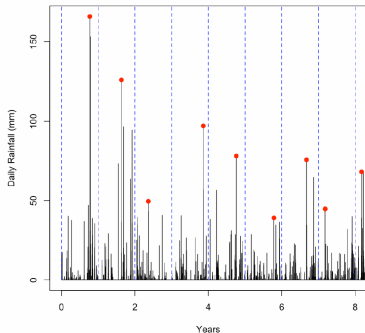


FIGURE: Ceresetti [2011]

CADRE THÉORIQUE

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

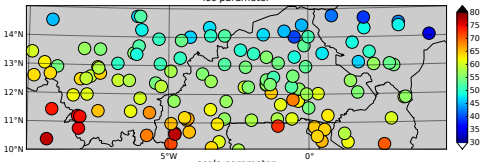
$$F(y, \mu, \sigma, \xi) = \exp \left\{ - \left\{ 1 + \xi \left(\frac{y - \mu}{\sigma} \right) \right\}^{-\frac{1}{\xi}} \right\} \quad (1)$$

- 3 Paramètres : μ (position), σ (échelle), ξ (forme)
- Ajustement : L-Moment, Maximum de Vraisemblance, ...

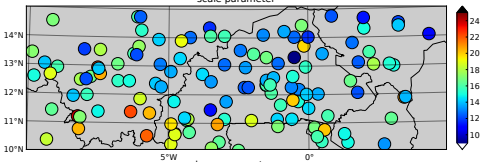
AJUSTEMENTS LOCAUX

Ajustement MLE

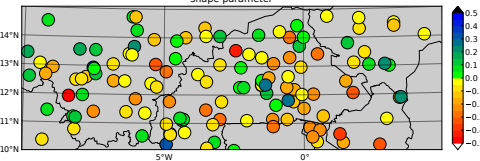
loc parameter



scale parameter

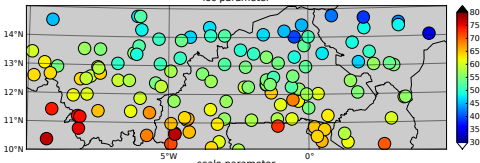


shape parameter

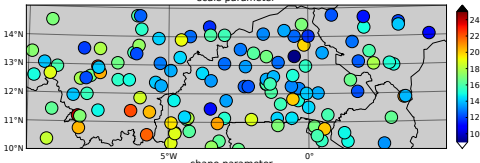


AJUSTEMENTS LOCAUX

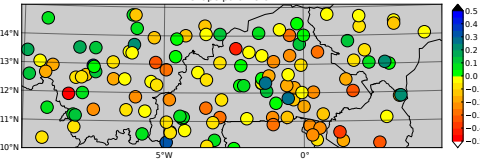
Ajustement MLE
loc parameter



scale parameter



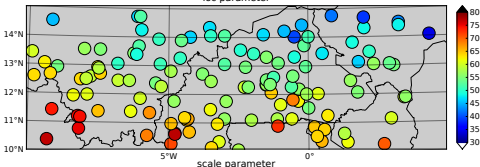
shape parameter



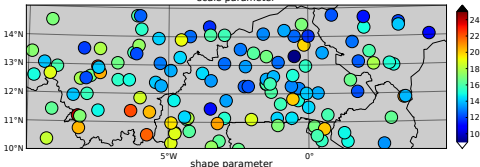
- μ et σ sont corrélés avec la latitude (et le cumul annuel moyen)
- ξ ne présente pas d'organisation
- Aucun paramètre n'est corrélé avec l'altitude.
- MLE \approx L-Moments

AJUSTEMENTS LOCAUX

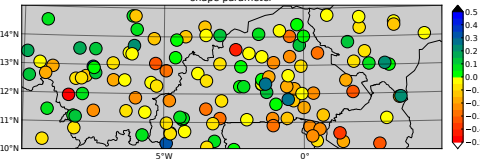
Ajustement MLE
loc parameter



scale parameter



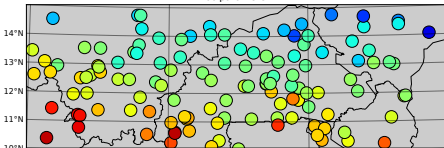
shape parameter



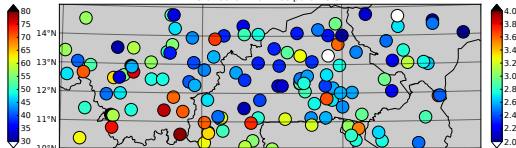
- μ et σ sont corrélés avec la latitude (et le cumul annuel moyen)
- ξ ne présente pas d'organisation
- Aucun paramètre n'est corrélé avec l'altitude.
- $MLE \approx L\text{-Moments}$
- Erreurs standards \Leftrightarrow infos sur la fiabilité de l'estimation

AJUSTEMENTS LOCAUX

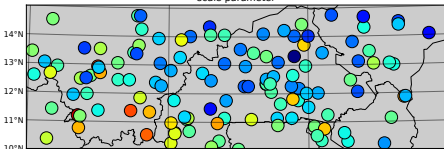
Ajustement MLE
loc parameter



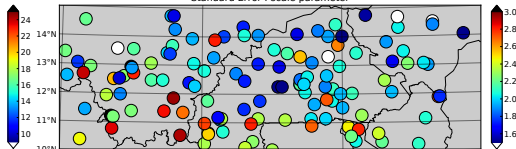
Erreurs standards (MLE)
Standard Error : loc parameter



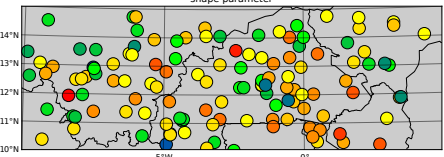
scale parameter



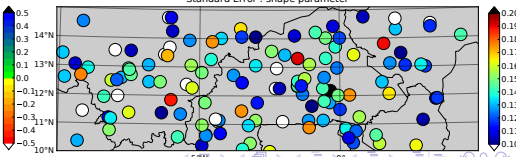
Standard Error : scale parameter



shape parameter



Standard Error : shape parameter



Introduction

Présentation des modèles spatiaux

Modèles GEV spatiaux

LFI

SMLE

Résultats des ajustements : exemple μ

Méthodes d'évaluation des modèles

Résultats

Conclusions et perspectives

MODÈLES GEV SPATIAUX

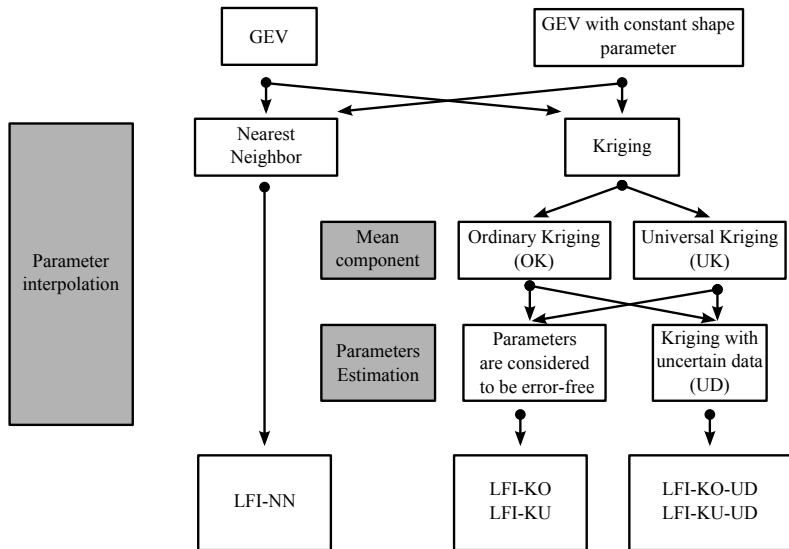
- Objectifs de l'étude : Obtenir une GEV spatialisée

- Objectifs de l'étude : Obtenir une GEV spatialisée
- Les méthodes suivantes vont être comparées :
 - * *Ajustement Local et Interpolation des paramètres : LFI*
 - ✦ e.g. Ceresetti [2011], Blanchet and Lehning [2010], Kohnová et al. [2009], Szolgay et al. [2009], Beguería and Vicente-Serrano [2006], Wotling et al. [2000], Prudhomme [1999], Laborde [1982]
 - * *Inférence Globale des paramètres avec des co-variables par maximum de vraisemblance : SMLE*
 - ✦ e.g. Blanchet and Lehning [2010]

LFI : PRÉSENTATION

- Ajustement local par maximum de vraisemblance
- Différents interpolateurs

LFI : EXPÉRIENCES



SMLE : PRÉSENTATION

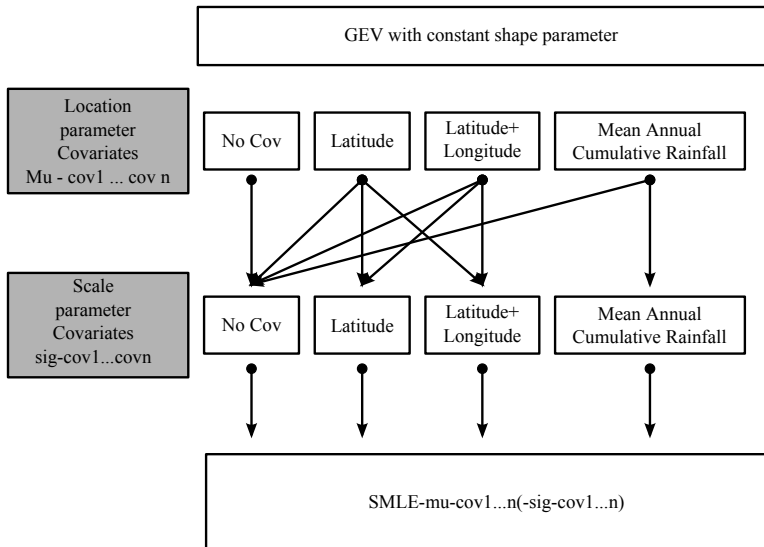
- Paramètres dépendant linéairement de co-variables
- Chacun des 3 paramètres μ, σ, ξ s'écrit sous la forme générale :

$$\eta(\mathbf{s}) = \eta_0 + \eta_1 \times \mathbf{COV}_1(\mathbf{s}) + \dots + \eta_n \times \mathbf{COV}_n(\mathbf{s}) \quad (2)$$

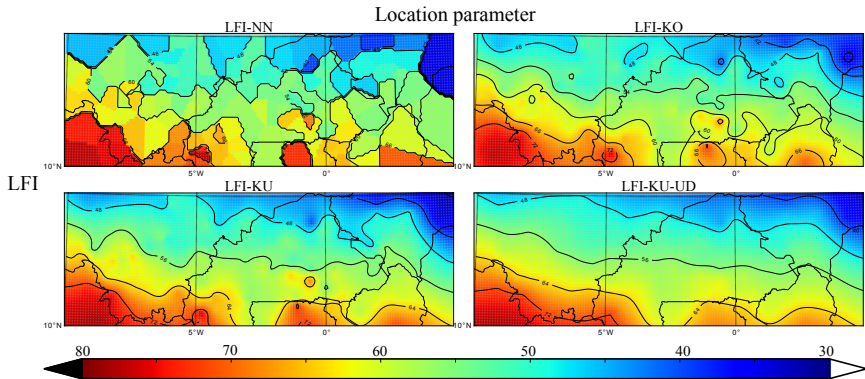
- L'ajustement des paramètres ϕ se fait globalement en maximisant la somme des log-vraisemblances des m échantillons

$$L(\phi) = \sum_{i=1}^{i=m} L_i(\phi) \quad (3)$$

SMLE : EXPÉRIENCES

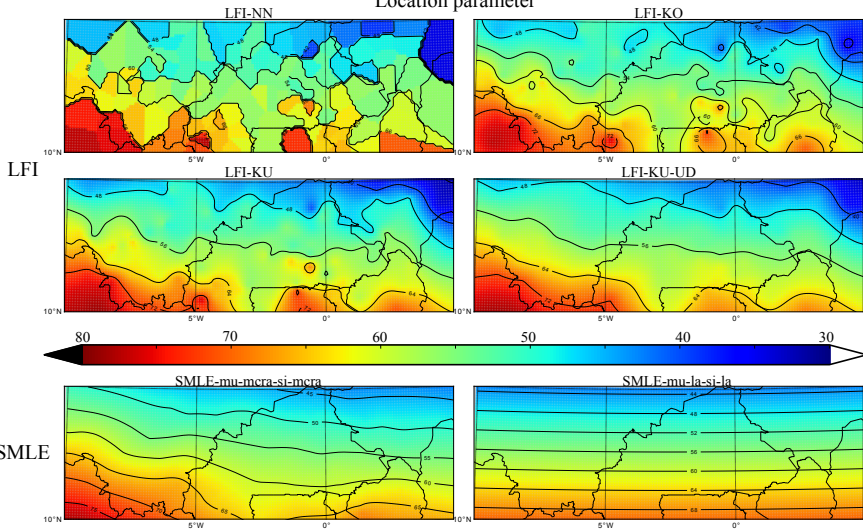


RÉSULTATS DES AJUSTEMENTS : EXEMPLE μ



RÉSULTATS DES AJUSTEMENTS : EXEMPLE μ

Location parameter



Introduction

Présentation des modèles spatiaux

Méthodes d'évaluation des modèles

Méthodes d'évaluation

Scores utilisés

Cal/Val

Résultats

Conclusions et perspectives

- Critères d'information
 - * *AIC*
 - * *AICc*
 - * *BIC*
- Tests d'ajustement
 - * *Anderson-Darling*
 - * *Kolmogorov-Smirnov*
- Quantile-Quantile Scores
 - * *RMSE*
 - * *MAE*
 - * *r², Biais ...*

- Un jeu de stations servant à l'ajustement du modèle et un jeu pour la validation de celui-ci
- Différents méthodes de Calibration/Validation utilisées :
 - * *Calibration*
 - * *Validation Croisée*
 - * *Sous Réseaux :*
 - ✦ *Étude de sensibilité sur le nombre de stations retirées*
 - ✦ *Étude de sensibilité sur la méthode de retrait des stations*

CAL/VAL

	Critères d'information	GOF tests	QQ scores
Calibration	✓	✓	✓
Validation Croisée	✗	✓	✓
Sous Réseaux	✗	✓	✓

Introduction

Présentation des modèles spatiaux

Méthodes d'évaluation des modèles

Résultats

Critères d'information

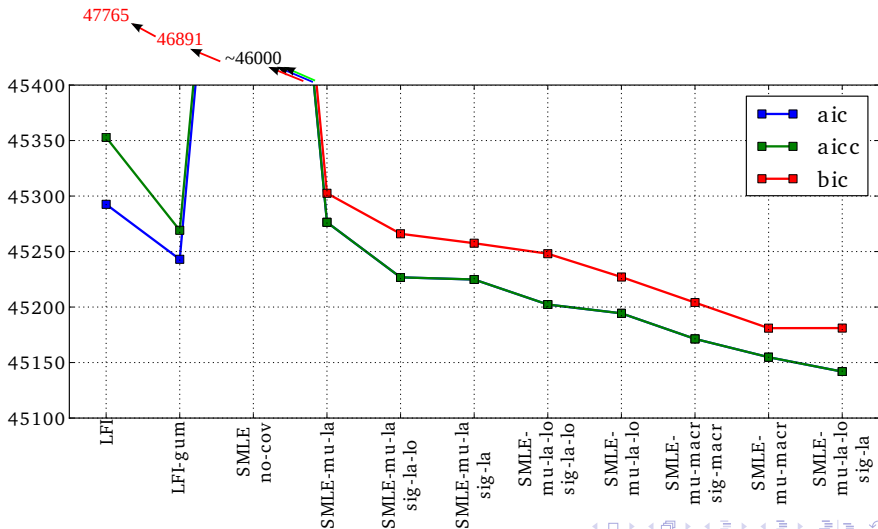
GOF tests

Quantile-Quantile

Conclusions et perspectives

CRITÈRES D'INFORMATION

model information criteria



CRITÈRES D'INFORMATION

- Les critères d'information sont meilleurs pour les modèles SMLE dès lors qu'au moins une co-variable est utilisée pour spatialiser les paramètres
 - ✗ *Les modèles LFI sont sur-paramétrisés même si on réduit le nombre de paramètres en forçant une loi de gumbel*

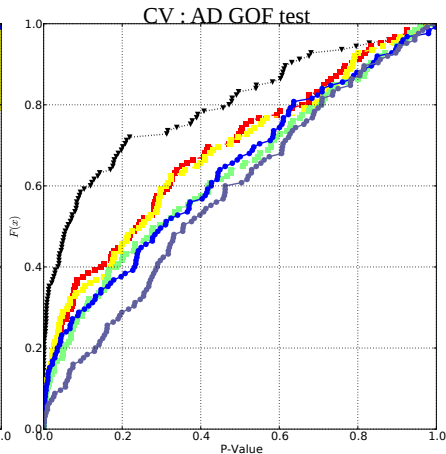
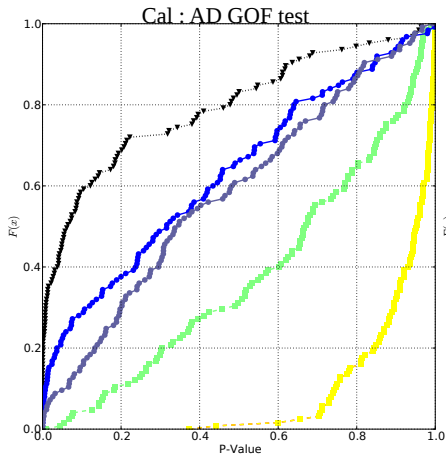
CRITÈRES D'INFORMATION

- Les critères d'information sont meilleurs pour les modèles SMLE dès lors qu'au moins une co-variable est utilisée pour spatialiser les paramètres
 - ✗ *Les modèles LFI sont sur-paramétrisés même si on réduit le nombre de paramètres en forçant une loi de gumbel*
 - ✓ *Les modèles SMLE sont plus parcimonieux*

CRITÈRES D'INFORMATION

- Les critères d'information sont meilleurs pour les modèles SMLE dès lors qu'au moins une co-variable est utilisée pour spatialiser les paramètres
 - ✗ *Les modèles LFI sont sur-paramétrisés même si on réduit le nombre de paramètres en forçant une loi de gumbel*
 - ✓ *Les modèles SMLE sont plus parcimonieux*
- Mais les critères d'information n'évaluent pas :
 - * *La robustesse*
 - * *La capacité des modèles à prédire la distribution en des points non observés*

GOF TESTS



QUANTILE-QUANTILE

- Les scores quantile-quantile ont le même comportement
 - ✗ *SMLE moins bons en calibration*
 - ✓ *SMLE meilleurs en validation (CV et sous réseaux)*

QUANTILE-QUANTILE

- Les scores quantile-quantile ont le même comportement
 - ✗ *SMLE moins bons en calibration*
 - ✓ *SMLE meilleurs en validation (CV et sous réseaux)*
- **SMLE plus robustes et plus aptes à prédire une distribution en un point non-observé**

Introduction

Présentation des modèles spatiaux

Méthodes d'évaluation des modèles

Résultats

Conclusions et perspectives

SMLE meilleurs que LFI

Période de retour, e.g. 100 ans

Auto-Critiques

Perspectives

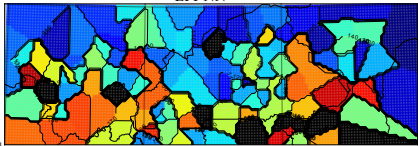
SMLE MEILLEURS QUE LFI

- Cette étude présente une comparaison de 2 approches pour estimer une GEV spatiale.
- Dans notre cas, l'approche SMLE semble bien meilleure pour les raisons suivantes
 - * *Parcimonie*
 - * *Robustesse*
 - * *Meilleure estimation d'une distribution en un lieu non-observé*
 - *Meilleure estimation d'une carte de période de retour*

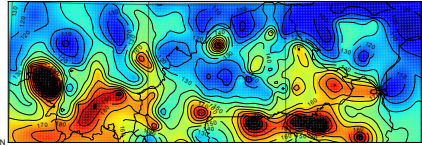
PÉRIODE DE RETOUR, E.G. 100 ANS

Estimation de la période de retour 100 ans

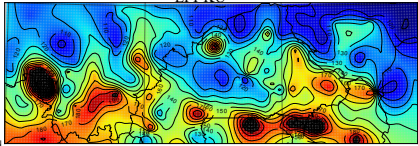
LFI-NN



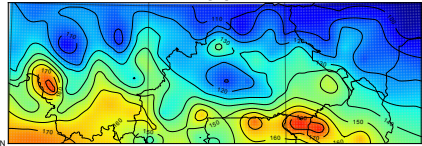
LFI-KO



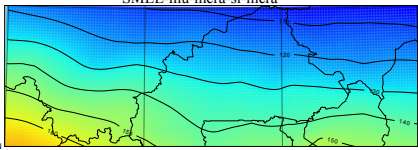
LFI-KU



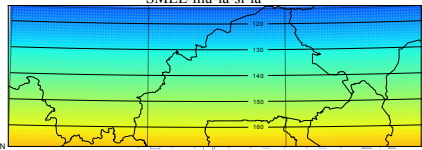
LFI-KU-UD



90 105 120 135
SMLE-mu-mcra-si-mcra



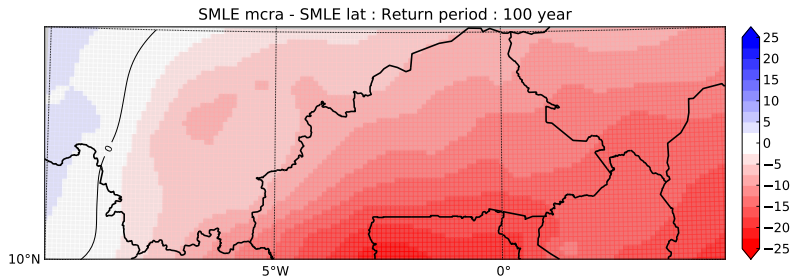
150 165 180 195
SMLE-mu-la-si-la



AUTO-CRITIQUES

- A ce stade, nous sommes capables de dire :
 - ✓ *Que l'approche SMLE est meilleure ici*
 - ✓ *Qu'il est pertinent de faire varier linéairement les paramètres μ et σ*
- ✗ Mais incapables d'annoncer s'il faut mieux prendre la latitude ou le cumul annuel moyen comme co-variable
- ➔ Est ce que cela a une influence (sachant que lat et cumul annuel sont aussi corrélés) ?

AUTO-CRITIQUES



PERSPECTIVES

- Étude de la non-stationnarité grâce aux modèles SMLE
- Étude Climatologique : Extension à d'autres zones en AO
- ...

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

- S. Beguería and S. M. Vicente-Serrano. Mapping the hazard of extreme rainfall by peaks over threshold extreme value analysis and spatial regression techniques. *Journal of applied meteorology and climatology*, 45(1) :108–124, 2006.
- J. Blanchet and M. Lehning. Mapping snow depth return levels : smooth spatial modeling versus station interpolation. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14 :2527–2544, 2010. doi : 10.5194/hess-14-2527-2010.
- T. Buishand. Extreme rainfall estimation by combining data from several sites / estimation de précipitations extrêmes par une combinaison de données issues de plusieurs sites. *Hydrological Sciences Journal*, 36(4) :345–365, Aug. 1991. ISSN 0262-6667. doi : 10.1080/02626669109492519. URL [http://www.informaworld.com/openurl?genre=article&doi=10.1080/02626669109492519](http://www.informaworld.com/openurl?genre=article&doi=10.1080/02626669109492519&magic=crossref||D404A21C5BB053405B1A640AFFD44AE3).
- D. Ceresetti. *Structure spatio-temporelle des fortes précipitations : Application à la région Cévennes-Vivarais*. PhD thesis, Université de Grenoble, 2011.
- 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.
- B. 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(L22402) :1–5, 2010. doi : doi:10.1029/2010GL045467.
- P. Hubert and J. P. Carbonnel. Approche statistique de l'aridification de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*, 95(1-2) :165–183, 1987. ISSN 0022-1694.
- S. Kohnová, J. Parajka, J. Szolgay, and K. Hlavcová. Mapping of gumbel extreme value distribution parameters for estimation of design precipitation totals at ungauged sites. In *Bioclimatology and Natural Hazards*, pages 129–136. Springer, 2009.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

- J.-P. Laborde. Cartographie automatique des caractéristiques pluviométriques : Prise en compte des relations pluviométrie-morphométrie. *La Houille Blanche*, (4) :331–338, June 1982. ISSN 0018-6368. doi : 10.1051/lhb/1982026. URL <http://www.shf-lhb.org/10.1051/lhb/1982026>.
- L. Le Barbé and T. Lebel. Rainfall climatology of the HAPEX-Sahel region during the years 1950-1990. *Journal of Hydrology*, 188-189 :43–73, 1997.
- L. Le Barbé, T. Lebel, and D. Tapsoba. Rainfall variability in west africa during the years 1950-90. *Journal Of Climate*, 15 :187–202, 2002.
- T. Lebel, A. Diedhiou, and H. Laurent. Seasonal cycle and interannual variability of the sahelian rainfall at hydrological scales. *Journal Of Geophysical Research*, 108 :doi :10.1029/2001JD001580, 2003.
- Y. L'Hote, G. Mahé, B. Some, and J. P. Triboulet. Analysis of a sahelian annual rainfall index from 1896 to 2000 ; the drought continues. *Hydrological Sciences*, 47(4) :563–572, 2002.
- S. Nicholson. On the question of the "recovery" of the rains in the west african sahel. *Journal Of Arid Environments*, 63 :615–641, 2005.
- H. Paeth, A. H. Fink, S. Pohle, F. Keis, H. Mächel, and C. Samimi. Meteorological characteristics and potential causes of the 2007 flood in sub-Saharan africa. *International Journal of Climatology*, pages n/a–n/a, July 2010. ISSN 08998418. doi : 10.1002/joc.2199. URL <http://doi.wiley.com/10.1002/joc.2199>.
- C. Prudhomme. Mapping a statistic of extreme rainfall in a mountainous region. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B : Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 24(1-2) :79–84, 1999.
- J. Szolgay, J. Parajka, S. Kohnová, and K. Hlavcová. Comparison of mapping approaches of design annual maximum daily precipitation. *Atmospheric Research*, 92(3) :289–307, 2009. ISSN 0169-8095.
- A. Tarhule. Damaging rainfall and flooding : The other sahel hazards. *Climatic Change*, 72(3) :355–377, Oct. 2005. ISSN 0165-0009. doi : 10.1007/s10584-005-6792-4. URL <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s10584-005-6792-4>.
- P. Tschakert. Views from the vulnerable : Understanding climatic and other stressors in the sahel. *Global Environmental Change*, 17(3-4) :381–396, 2007. ISSN 0959-3780.
- P. Tschakert, R. Sogoe, G. Ofori-Darko, and S. N. Codjoe. Floods in the sahel : an analysis of anomalies, memory, and anticipatory learning. *Climatic Change*, 103(3-4) :471–502, May 2010. ISSN 0165-0009. doi : 10.1007/s10584-009-9776-y. URL <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s10584-009-9776-y>.
- G. Wotling, C. Bouvier, J. Danloux, and J. M. Fritsch. Regionalization of extreme precipitation distribution using the principal components of the topographical environment. *Journal of hydrology*, 233(1-4) :86–101, 2000.

Annexes

Période d'étude

Effet d'échantillonnage : exemple

Réseau : stations disponibles

Période retenue

Critères d'information

Sous réseaux

Quantile-Quantile

Discussion

Saisonnalité des maximas annuels

Précautions

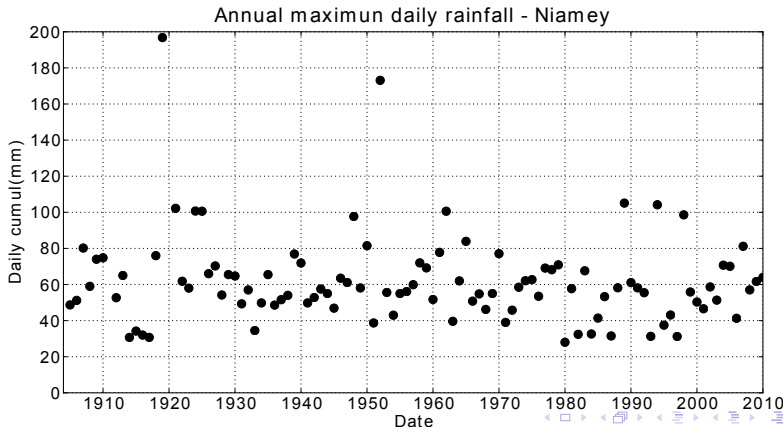
GEV Params

PÉRIODE D'ÉTUDE

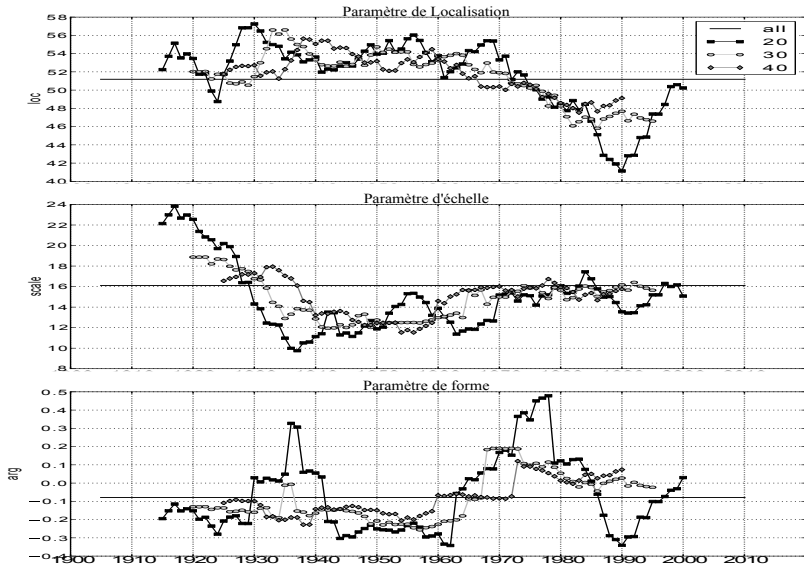
- Effet d'échantillonnage spatio-temporel :
 - * ↗ la longueur des séries ⇔ ↗ la robustesse des inférences
 - * ↗ la densité de réseau ⇔ améliore la spatialisation
- Pb :
 - * ↗ la période d'étude ⇔ ↘ la densité
 - * Surtout que l'on veut une période fixe pour toutes les séries (limiter les pb d'instationnarité)
- ➔ Période retenue : 1950-1990 :
 - * On autorise deux années de lacunes
 - * 126 stations

EFFET D'ÉCHANTILLONNAGE : EXEMPLE

- Niamey : 104 ans de données
- Les tests de stationnarité (tendance et rupture) ne rejettent pas l'hypothèse de stationnarité

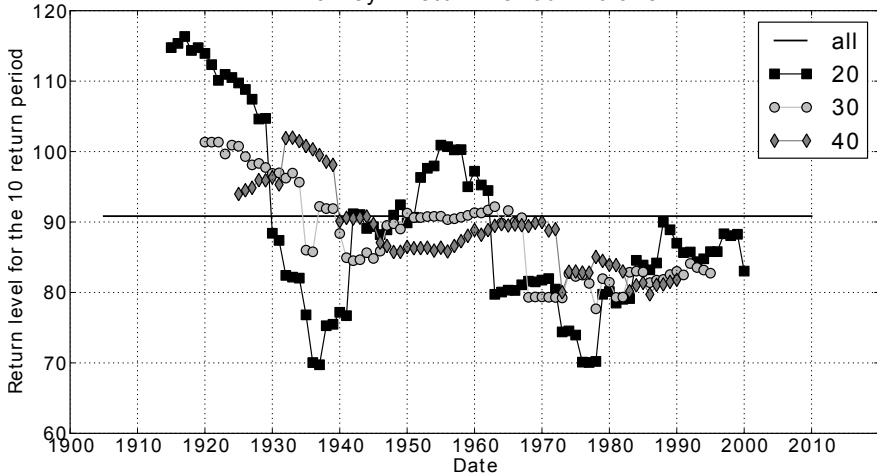


EFFET D'ÉCHANTILLONNAGE : EXEMPLE

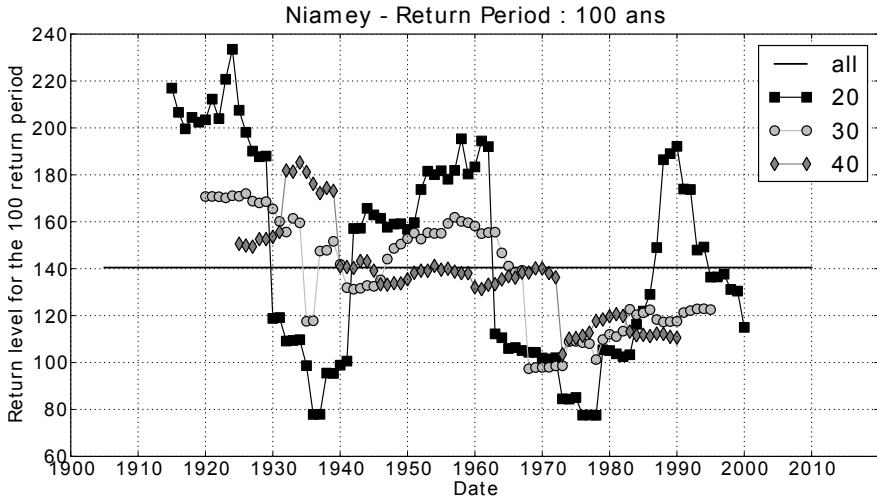


EFFET D'ÉCHANTILLONAGE : EXEMPLE

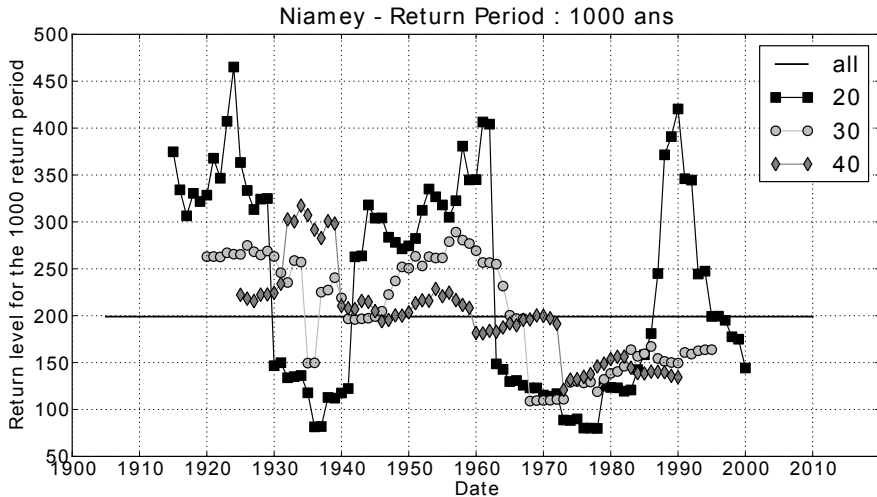
Niamey - Return Period : 10 ans



EFFET D'ÉCHANTILLONAGE : EXEMPLE



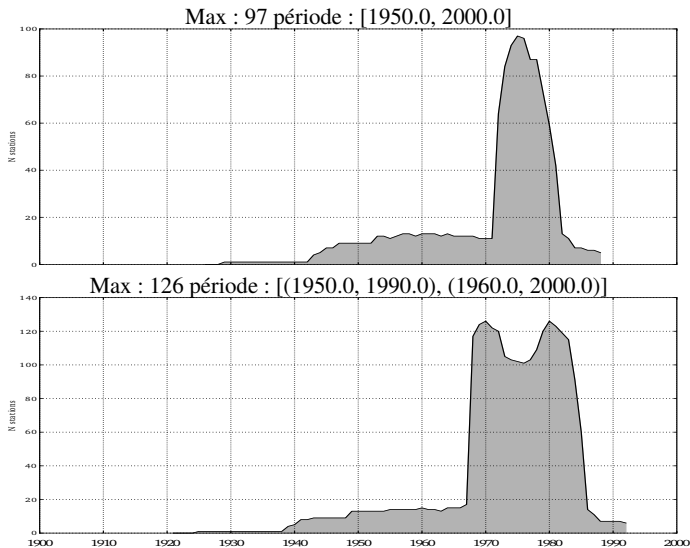
EFFET D'ÉCHANTILLONAGE : EXEMPLE



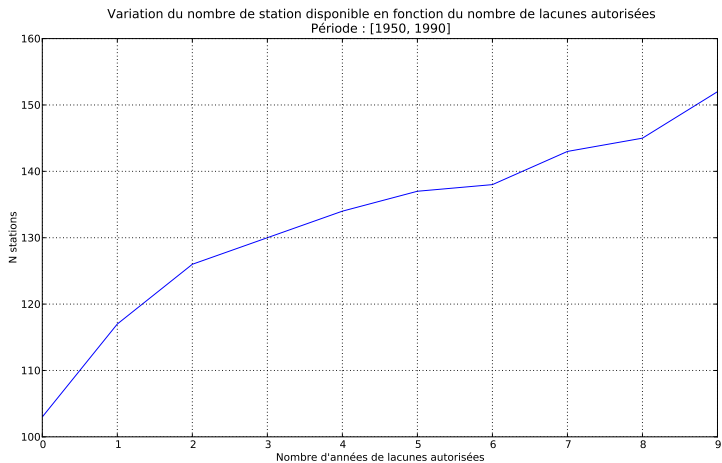
EFFET D'ÉCHANTILLONNAGE : EXEMPLE

- Comme attendu, le paramètre de forme est très sensible
- Il n'est pas sérieux de prendre moins de 30 valeurs
- 40 voire 50 ans serait mieux
- Mais combien de stations ont au minimum 40 ans de données sur une même période ?

RÉSEAU : STATIONS DISPONIBLES



RÉSEAU : STATIONS DISPONIBLES



PÉRIODE RETENUE

- 40 années de données semble être un bon compromis entre le nombre de stations disponibles et la stabilité des paramètres d'une loi GEV estimée ponctuellement
- Deux périodes contiennent le même nombre de stations (1950-90) et (1960-2000)
- On retient la période 1950-1990 pour différentes raisons
 - * *La période 1950-1990 a été fortement étudiée [Le Barbé and Lebel, 1997, Le Barbé et al., 2002, Lebel et al., 2003]*
 - * *Elle contient les années sèches et les années humides avec la rupture de 69-70 Hubert and Carbonnel [1987], Hubert and Carbonnel [1987]*
- On autorise deux années de lacunes
- Il y a 126 stations respectant ces critères

CRITÈRES D'INFORMATION

- Les critères d'information comparent la qualité de l'ajustement au nombre de paramètres du modèle
- Le gain en performance apporté par le rajout d'un paramètre est-il intéressant ?
- La formule générale est du type :

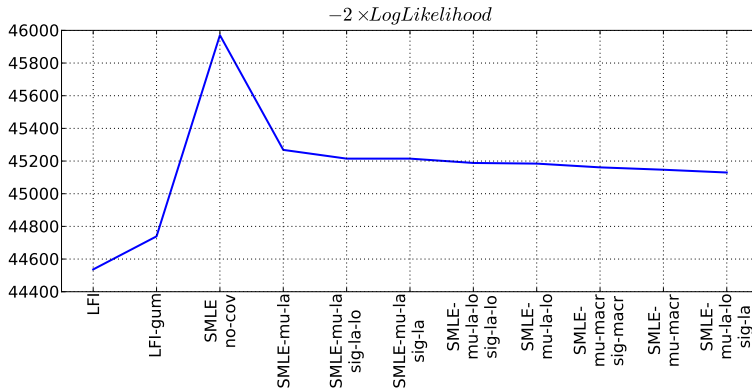
$$-2 \times L(\Phi) + \text{pen}(k, n) \quad (4)$$

- * $L(\phi)$: *log vraisemblance du modèle*
 - * $\text{pen}(k, n)$ *la pénalité du critère dépendant du nombre k de paramètres et de la taille de l'échantillon*
- 3 scores ont été utilisés

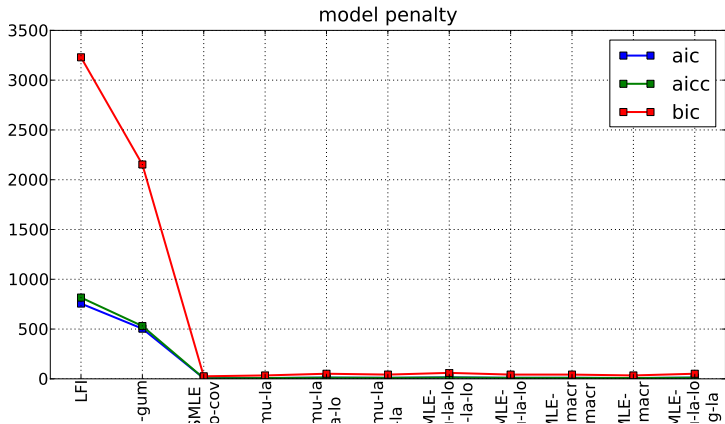
CRITÈRES D'INFORMATION

- AIC : $pen = 2 \times k$
 - AICc : $pen = 2 \times k + \frac{2 \times k(k + 1)}{n - k - 1}$
 - BIC : $pen = k \times \ln(n)$
 - Plus le modèle s'ajuste bien aux données
 $\Leftrightarrow \nearrow$ Vraisemblance $\Leftrightarrow \searrow -2 \times L(\phi)$
 - $k \nearrow \Leftrightarrow \nearrow$ pénalité
- Bon Score \Leftrightarrow Score faible

CRITÈRES D'INFORMATION

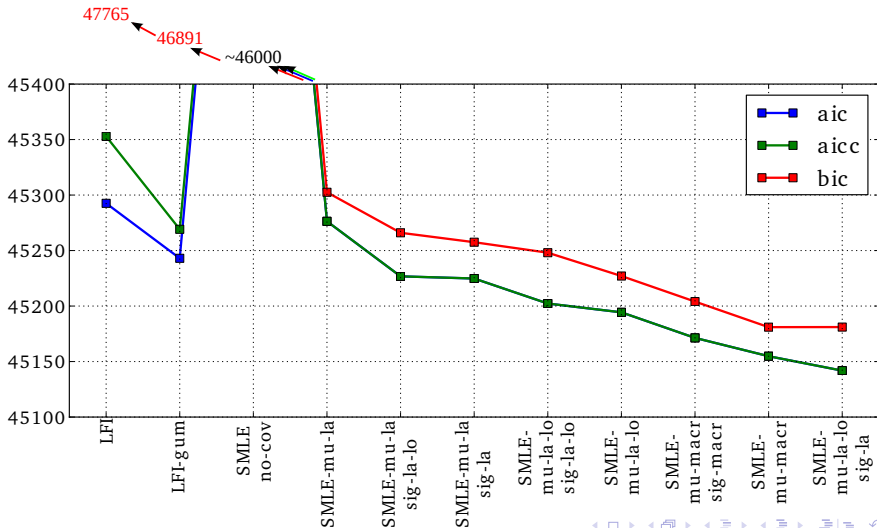


CRITÈRES D'INFORMATION



CRITÈRES D'INFORMATION

model information criteria



SOUS RÉSEAUX

- On choisit un jeu de stations servant à l'ajustement du modèle et un jeu pour la validation de celui-ci
- Différents méthodes de Calibration/Validation utilisées
- Calibration
- Validation Croisée
- Différents Sous Réseaux, avec une étude de sensibilité sur :

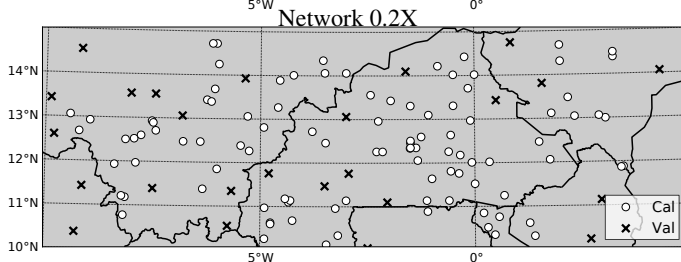
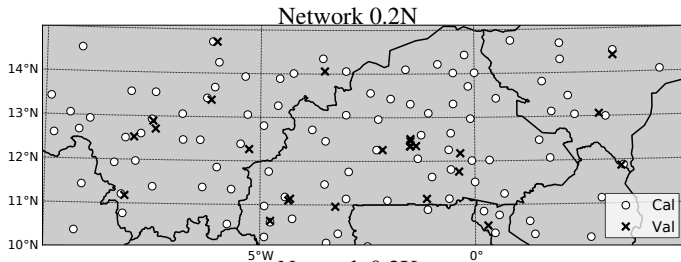
SOUS RÉSEAUX

- On choisit un jeu de stations servant à l'ajustement du modèle et un jeu pour la validation de celui-ci
- Différents méthodes de Calibration/Validation utilisées
- Calibration
- Validation Croisée
- Différents Sous Réseaux, avec une étude de sensibilité sur :
 - * *le nombre de stations retirées*
 - *De 5 à 50 % du réseau est utilisé pour la validation*

SOUS RÉSEAUX

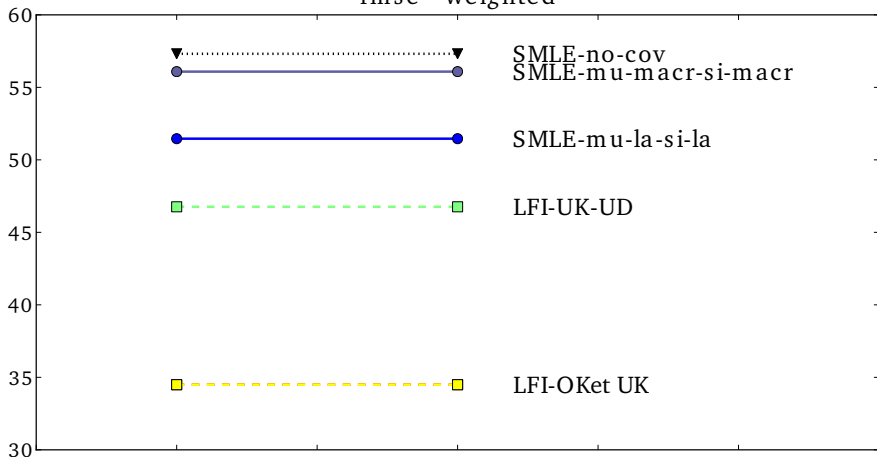
- On choisit un jeu de stations servant à l'ajustement du modèle et un jeu pour la validation de celui-ci
- Différents méthodes de Calibration/Validation utilisées
- Calibration
- Validation Croisée
- Différents Sous Réseaux, avec une étude de sensibilité sur :
 - * *le nombre de stations retirées*
 - *De 5 à 50 % du réseau est utilisé pour la validation*
 - * *la méthode utilisée pour retirer les stations :*
 - *Réseaux N : On retire les stations se situant proches des autres stations*
 - *Réseaux X : On retire les stations les plus éloignées*

SOUS RÉSEAUX

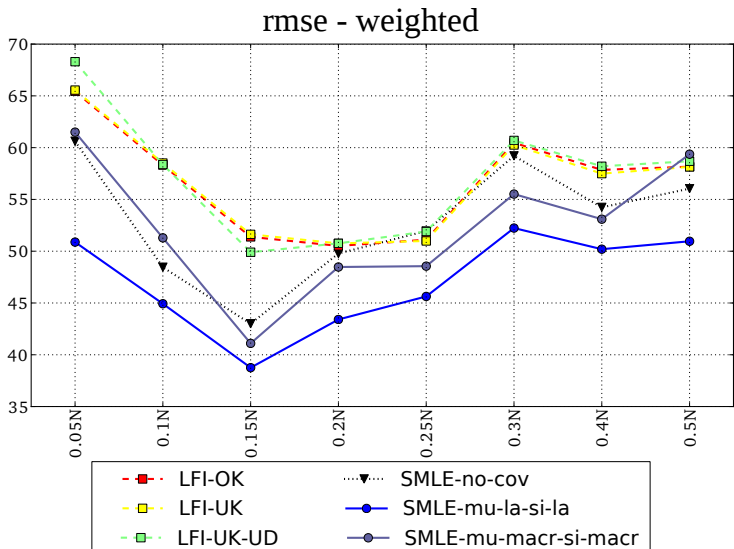


QUANTILE-QUANTILE : CALIBRATION

rmse - weighted



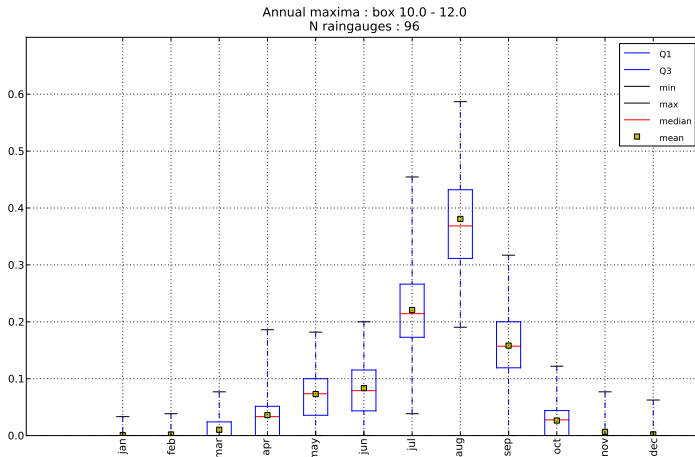
QUANTILE-QUANTILE : ANALYSE DE SENSIBILITÉ



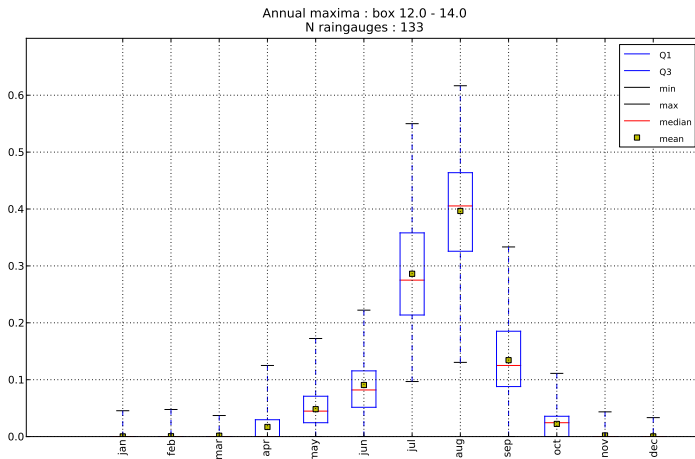
DISCUSSION

- Les modèles SMLE sont plus robustes et plus aptes à estimer une distribution en un point non-observé :
- Pour les réseaux N :
 - * *On s'attendrait pourtant que les interpolateurs rendent compte de la variabilité à fine échelle*
 - * *Explication : Effet de tirage aléatoire : L'ajustement local ne garanti une estimation correcte de la distribution en ce point [Buishand, 1991]*
- Pour les réseau X :
 - * *L'important est ici d'estimer correctement les tendances des paramètres*
 - * *Le calage conjoint de tous les paramètres de la méthode SMLE assure la cohérence de la loi estimée*

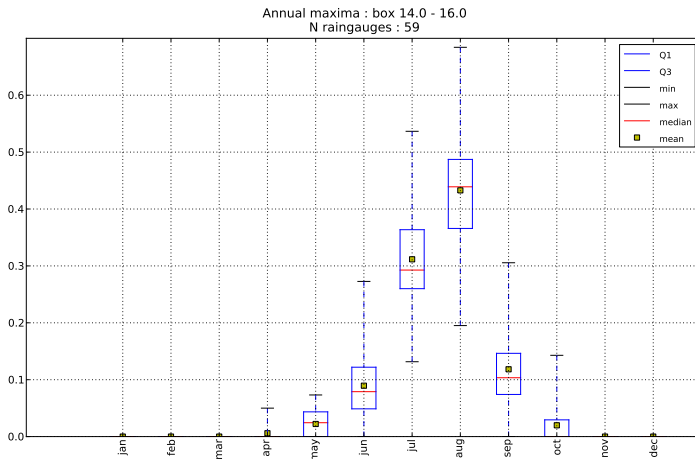
SAISONNALITÉ DES MAXIMAS ANNUELS



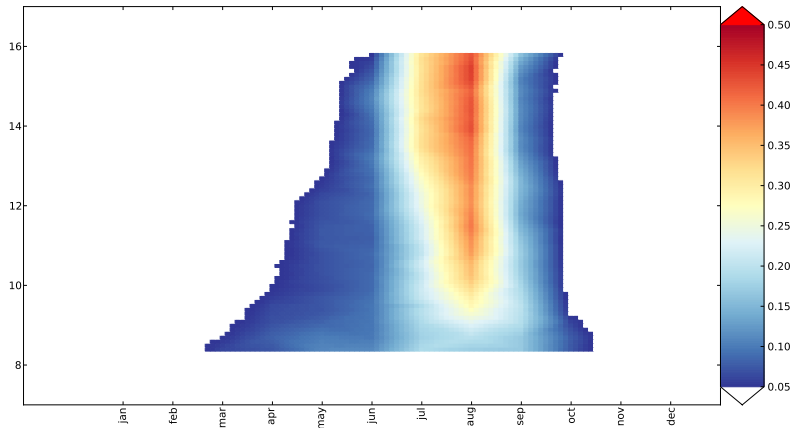
SAISONNALITÉ DES MAXIMAS ANNUELS



SAISONNALITÉ DES MAXIMAS ANNUELS



SAISONNALITÉ DES MAXIMAS ANNUELS



PRÉCAUTIONS

- Résultats non généralisables.
- Ces conclusions restent-elles vraies si :
 - * *Amélioration des performances de LFI*
 - ✦ *le réseau est plus dense*
 - ✦ *les séries sont plus longues*
 - * *Baisse des performances de SMLE*
 - ✦ *la structure spatiale est moins lisse*
 - ✦ *il y a de la variabilité à fine échelle (inexpliquée par une co-variable)*

PRÉCAUTIONS

- Résultats non généralisables.
- Ces conclusions restent-elles vraies si :
 - * *Amélioration des performances de LFI*
 - ✦ *le réseau est plus dense*
 - ✦ *les séries sont plus longues*
 - * *Baisse des performances de SMLE*
 - ✦ *la structure spatiale est moins lisse*
 - ✦ *il y a de la variabilité à fine échelle (inexpliquée par une co-variable)*
 - * *A priori oui, c.f. Blanchet and Lehning [2010]*

GEV PARAMS

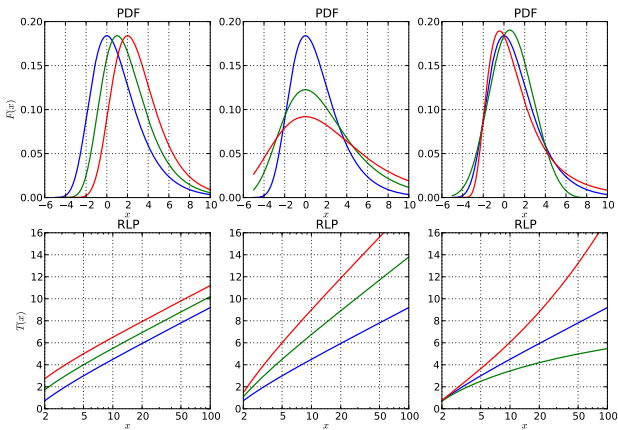


FIGURE: Repris de Blanchet and Lehning [2010]