

# Contributions à l'évaluation des risques en assurance tempête

---

TD Théorie de valeurs extrêmes

ISFA - École Doctorale Sciences Économique et de Gestion



# Les enjeux de la garantie tempête pour l'assureur

## ► Difficultés rencontrées et analysées

- Disponibilité et actualisation des données
- Hétérogénéité du portefeuille
- Changement de support entre données météorologiques et assurantielles
- Incertitude (appareil de mesure, estimation des dommages, pas de relation déterministe de type fonction d'endommagement)

## ► Solutions proposées

- Indice tempête spatialisé
- Modèles extrêmes (GPD) pour quantifier les probabilités d'événements rares et l'incertitude qui s'y rattache

- ▶ Les tempêtes Lothar et Martin (Déc 1999) ont coûté autant que l'ensemble de l'assurance aux biens sur un an (12 milliards d'euros en France).
- ▶ Du côté des primes annuelles, l'assurance aux biens représente 16 milliards dont 1.3 milliards sont dédiés à la garantie TGN (8%).

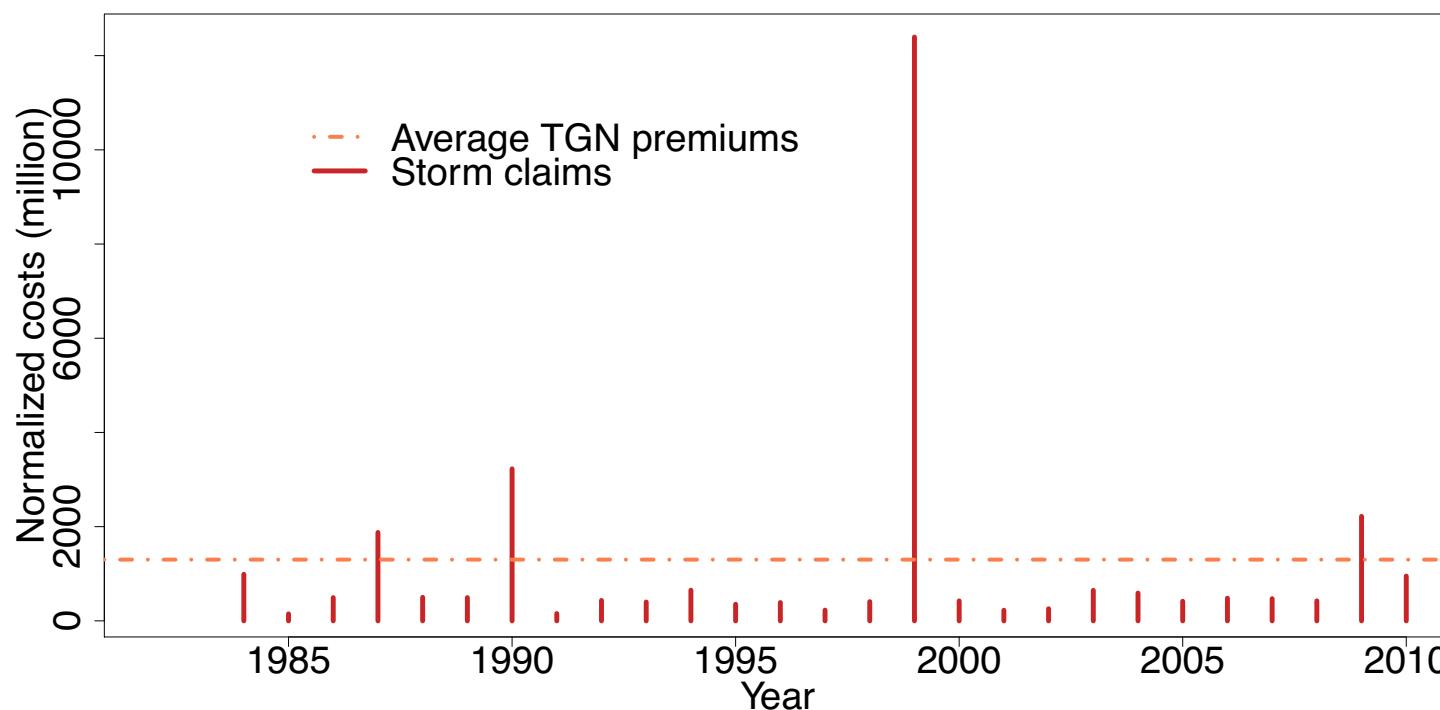
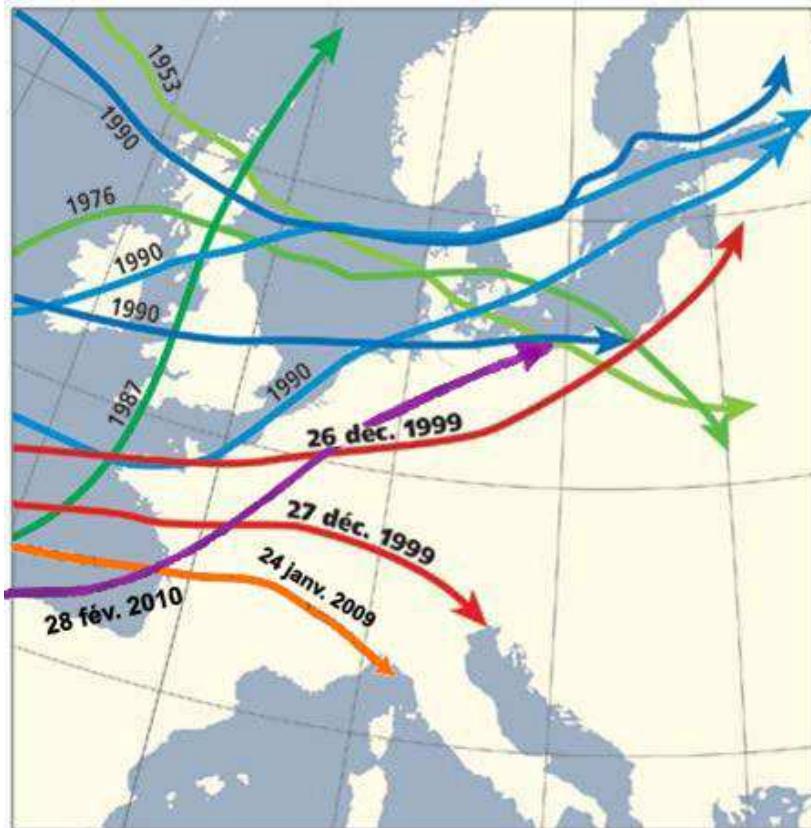


Figure: Coûts annuels actualisés de la garantie tempête (source: FFSA)

# Qu'est ce qu'une tempête ? - Exemples

Une tempête traversant un territoire de 550 000 km<sup>2</sup> comme la France peut s'étaler sur plusieurs jours : structure spatio-temporelle complexe.

Les déclarations de sinistres peuvent subir des décalages : délais de 48 à 72 heures.



Storm	Date
Lothar	Dec. 25-27/1999
Martin	Dec. 26-27/1999
Klaus	Jan. 23-25/2009
Xynthia	Feb. 26-01/2010

- ▶ référence journalière pas toujours appropriée.
- ▶ échelle météorologique *synoptique*.

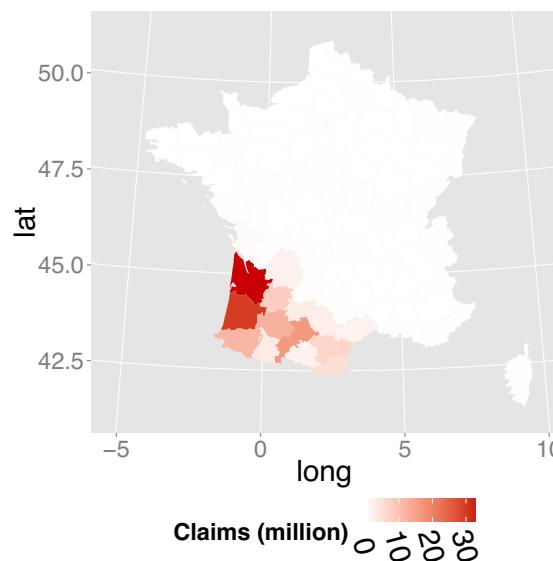
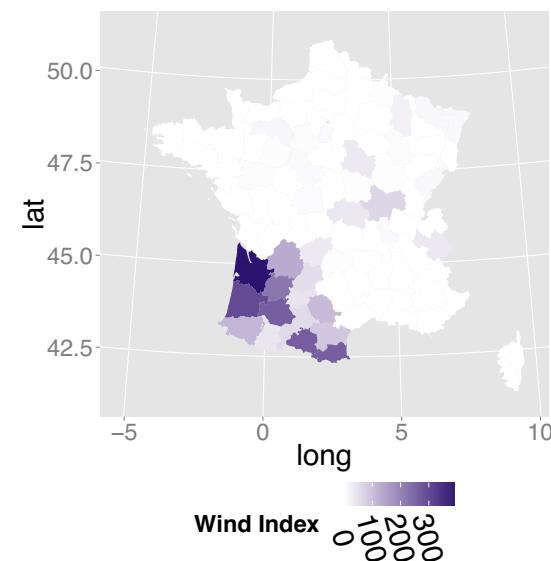
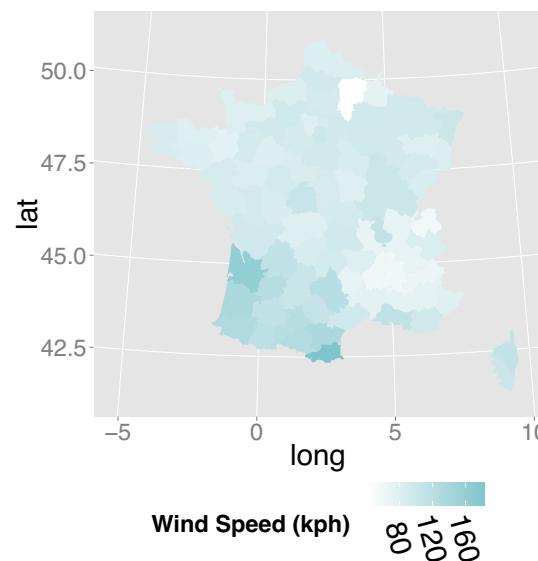


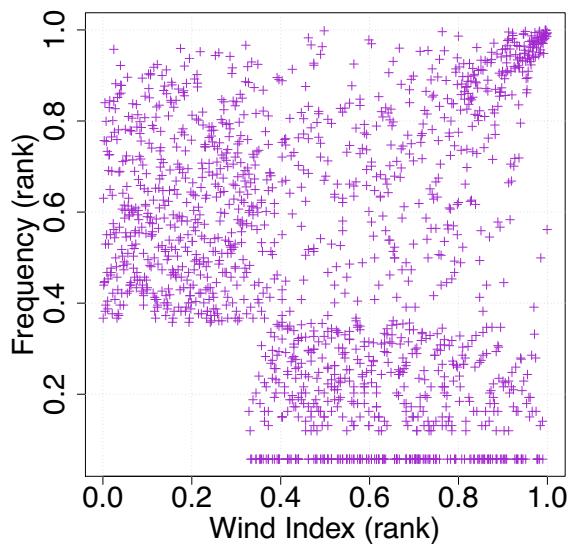
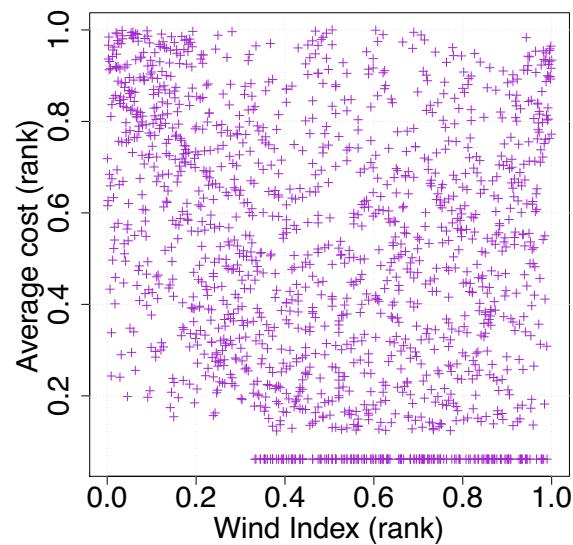
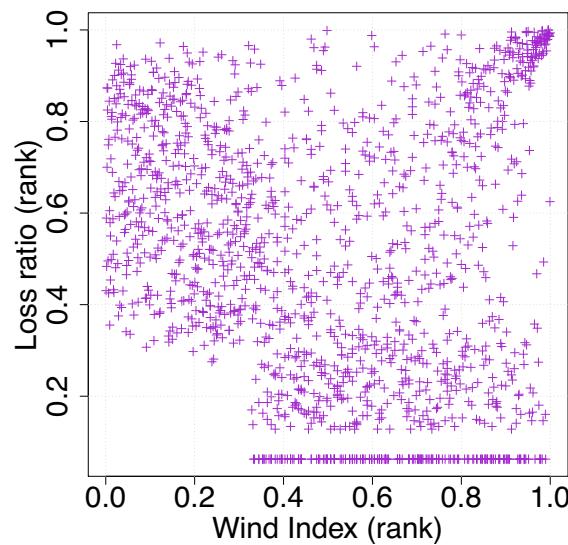
# Construction d'un indice - Indice de vent

Dans différents départements, la même vitesse de vent ne causera pas les mêmes dommages. Définissons  $I_w^j(d)$  l' **indice de vent** au jour  $j$  et département  $d$  :

$$I_w^j(d) = ([w^j(d) - w_q(d)]_+)^{\alpha}, \quad (1)$$

- ▶  $w^j(d)$  : vitesse de vent *ajusté* au jour  $j$  et département  $d$
- ▶  $w_q$  :  $q\%$  quantiles pour l'ensemble des vitesses de la période



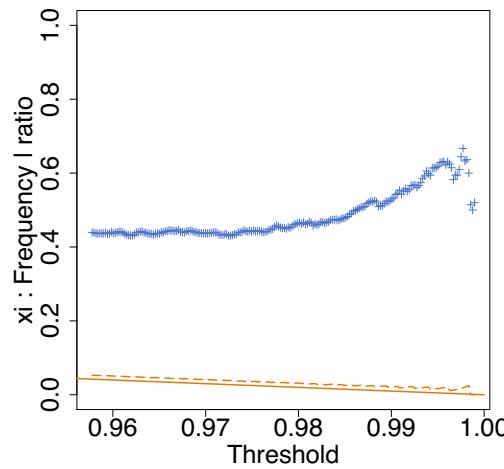
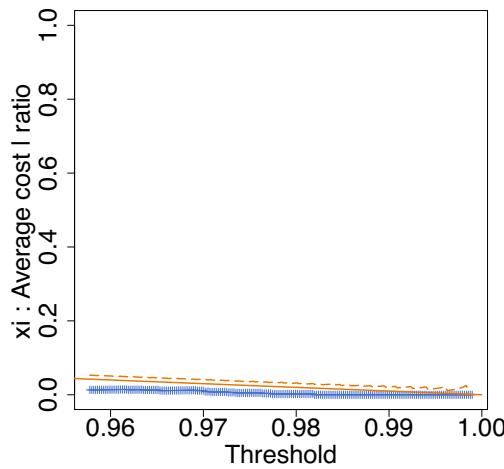
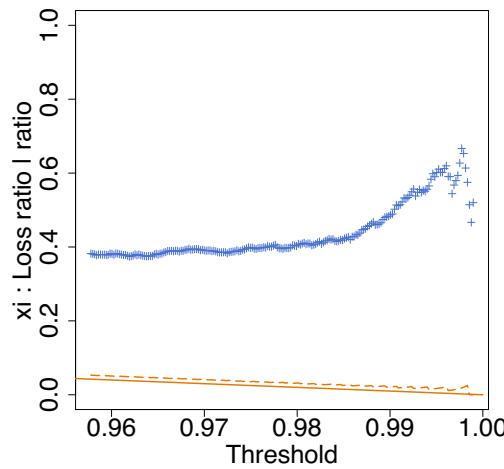


- ▶ Meilleure concentration sur la diagonale pour fréquence et S/P
- ▶ Mais densité significative le long des axes
- ▶ La forme du nuage semble indiquer dépendance asymptotique (exemple : copules survie de Clayton ou Gumbel)

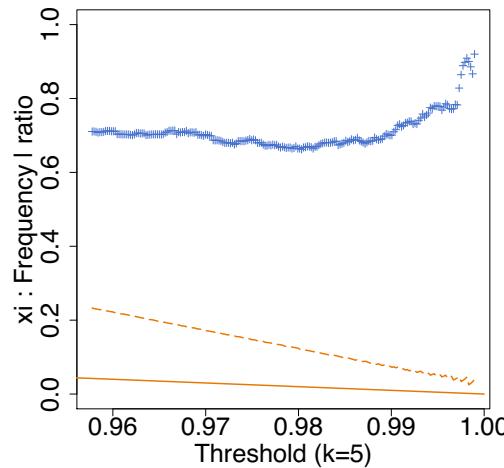
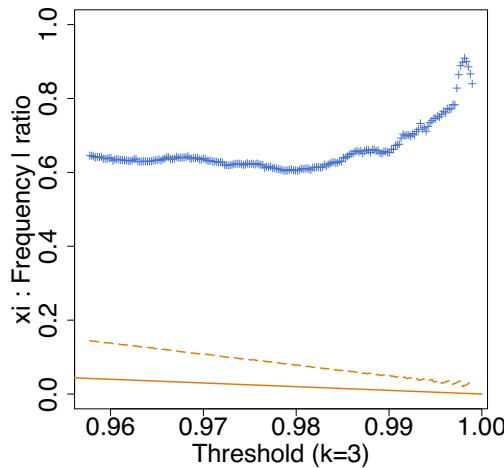
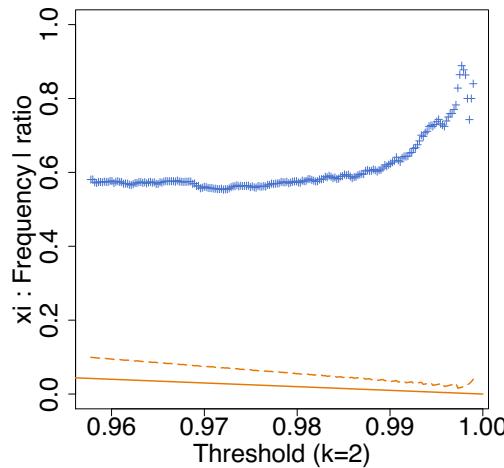
Nombre évnts	S/P	Coût moyen (2012 euros)	Fréquence
1500	-0.155	-0.264	-0.097
150	0.106	0.146	0.114

## Indice de dépendance forte des extrêmes

$$\blacktriangleright \lambda_u = \lim_{u \nearrow 1} (\mathbf{P}(Y > F_Y^{-1}(u) | X > F_X^{-1}(u)))$$

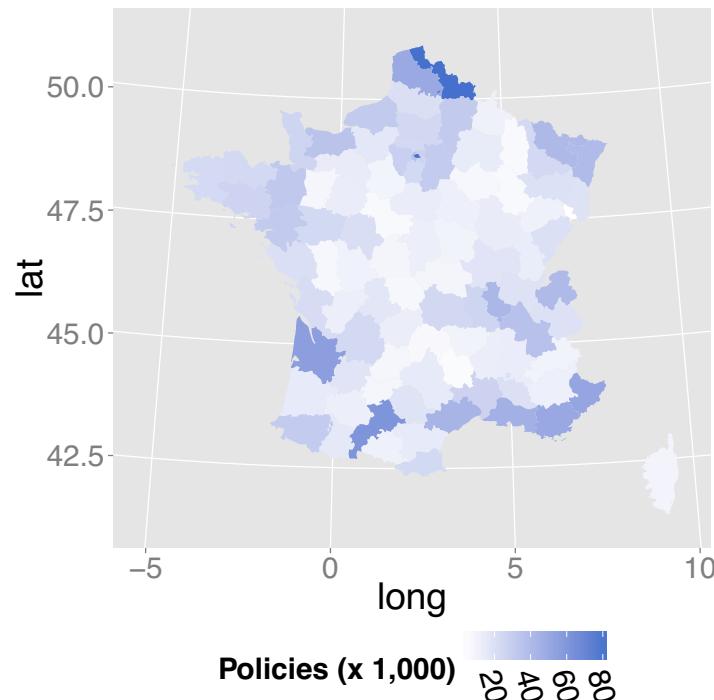


$\blacktriangleright$  Probabilité que la deuxième coordonnée  $\in k \times \epsilon$  % plus fortes valeurs



# Construction de l'indice - Indice tempête

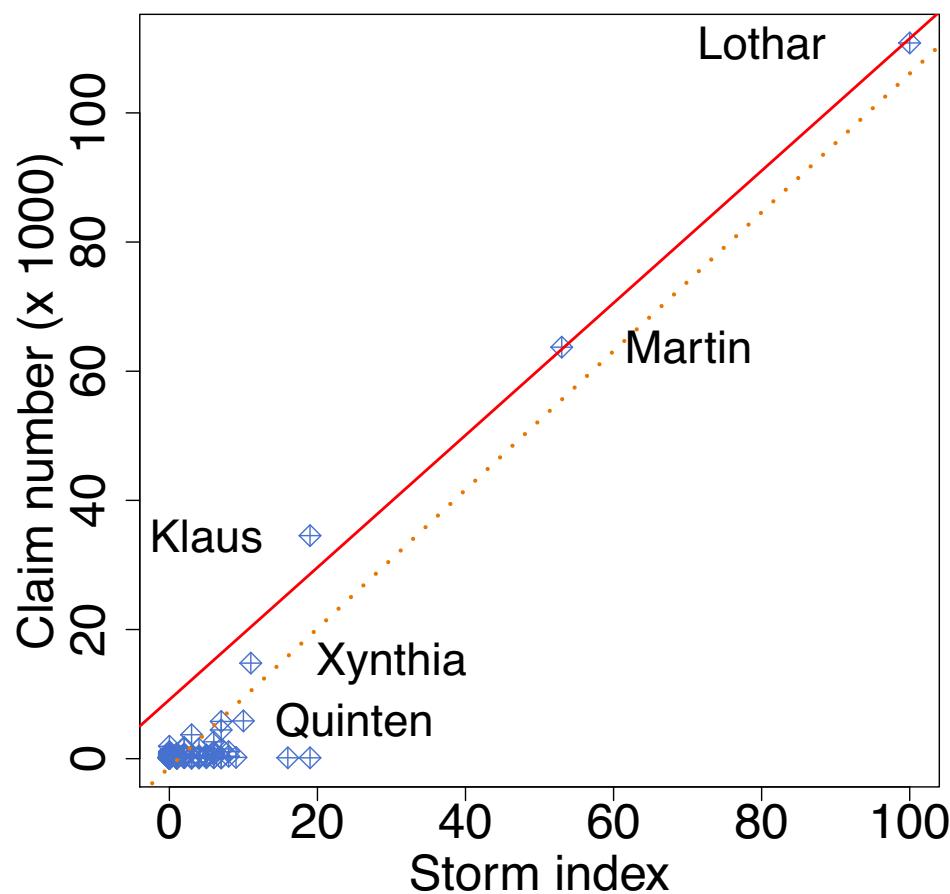
- ▶ Indice de vent du département  $d$  au jour  $j$ ,  $I_w^j(d)$
- ▶ Exposition aux risques  $R(d)$  pondérés par le portefeuille global
- ▶ Taille de la zone touchée  $d \in A$  (agrégation de départements)
- ▶ Durée de la tempête  $j \in E$  (agrégation de jours)
- ▶ Nombre de stations actives au jour  $j$ ,  $N^j$



## Indice tempête

$$I_S = \sum_{d \in A} R(d) \times \sum_{j \in E} \left( \frac{I_w^j(d)}{N^j} \right) \quad (2)$$

# Comparaisons - Échelle de l'événement



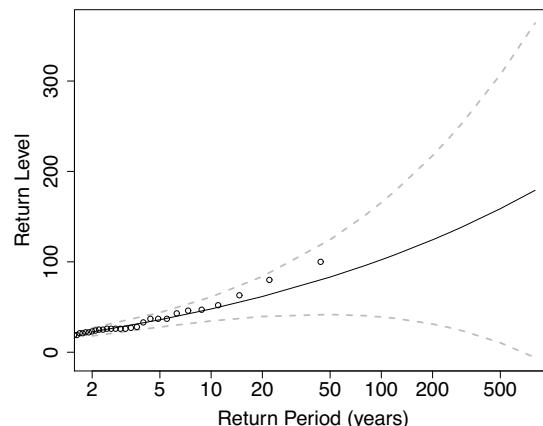
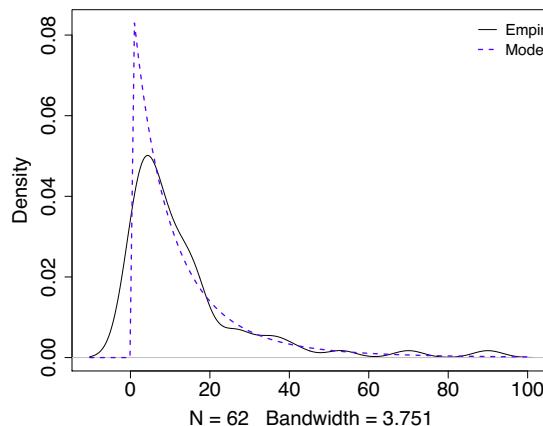
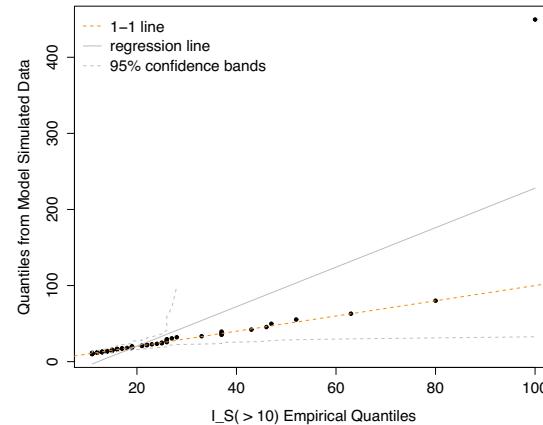
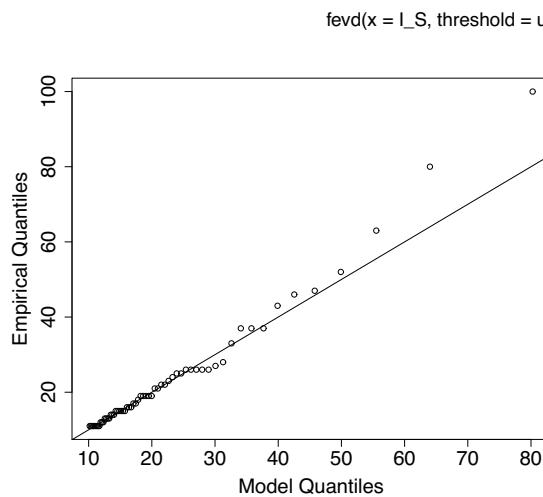
- ▶ Nombre de sinistres  $N$  dus aux événements extrêmes : Lothar, Martin, Klaus et Xynthia

$$N = I_S + 9.1$$

- ▶ Problèmes majeurs pour les événements extrêmes, pour les petits et moyens : données d'assurance = suffisamment d'info pour les mesurer

# Modélisation statistique de l'indice tempête

Nous utilisons la [Loi généralisée de Pareto](#).



$$H(z) = 1 - \exp\left(-\frac{z}{\sigma}\right)$$

ou

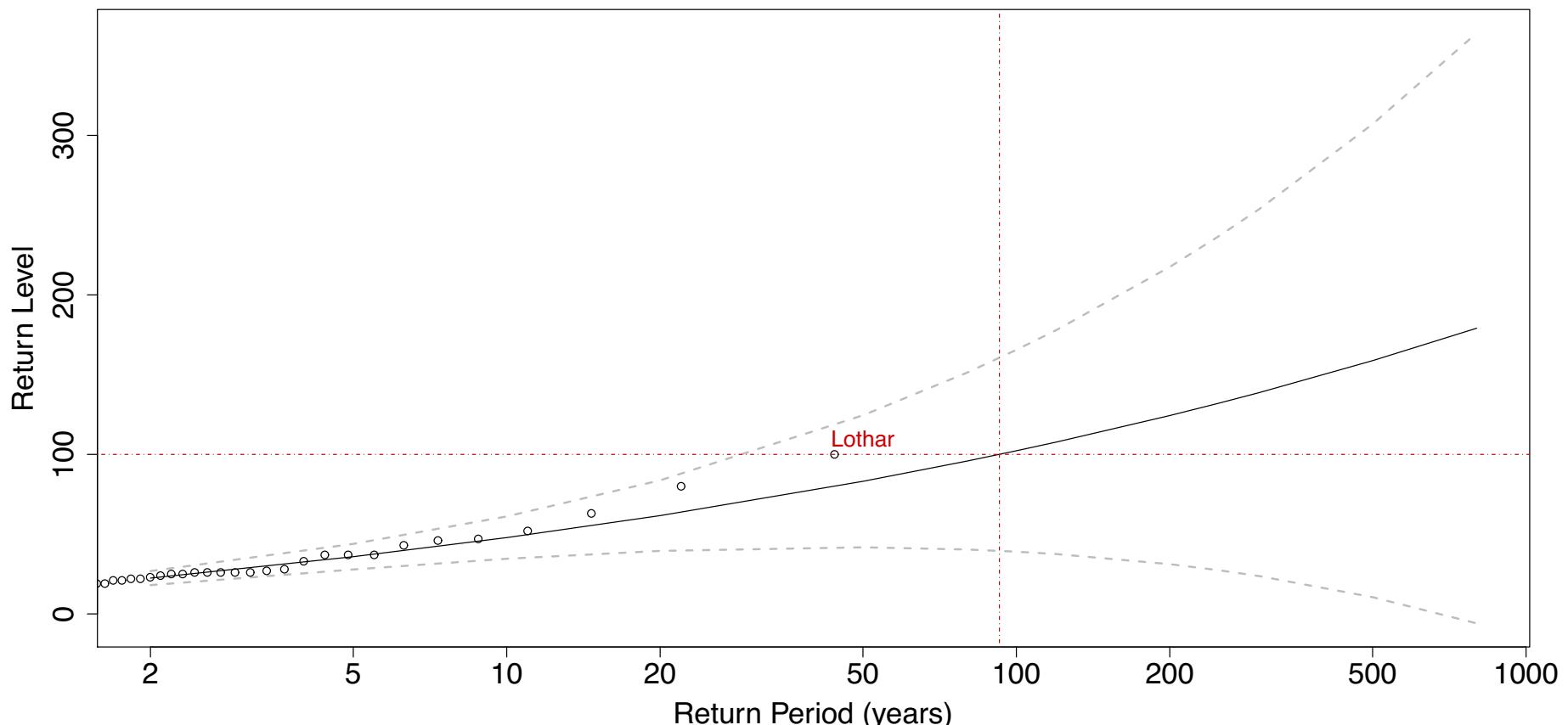
$$H(z) = 1 - \left(1 + \frac{\xi z}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\xi}}$$

Plusieurs seuils sont testés.  
Le seuil  $u = 10$  est dépassé  
à 62 reprises, soit 1.4 fois  
par an en moyenne.

## Première estimation de la période de retour

- ▶ Avec  $u = 10$  et période = 1970-2013

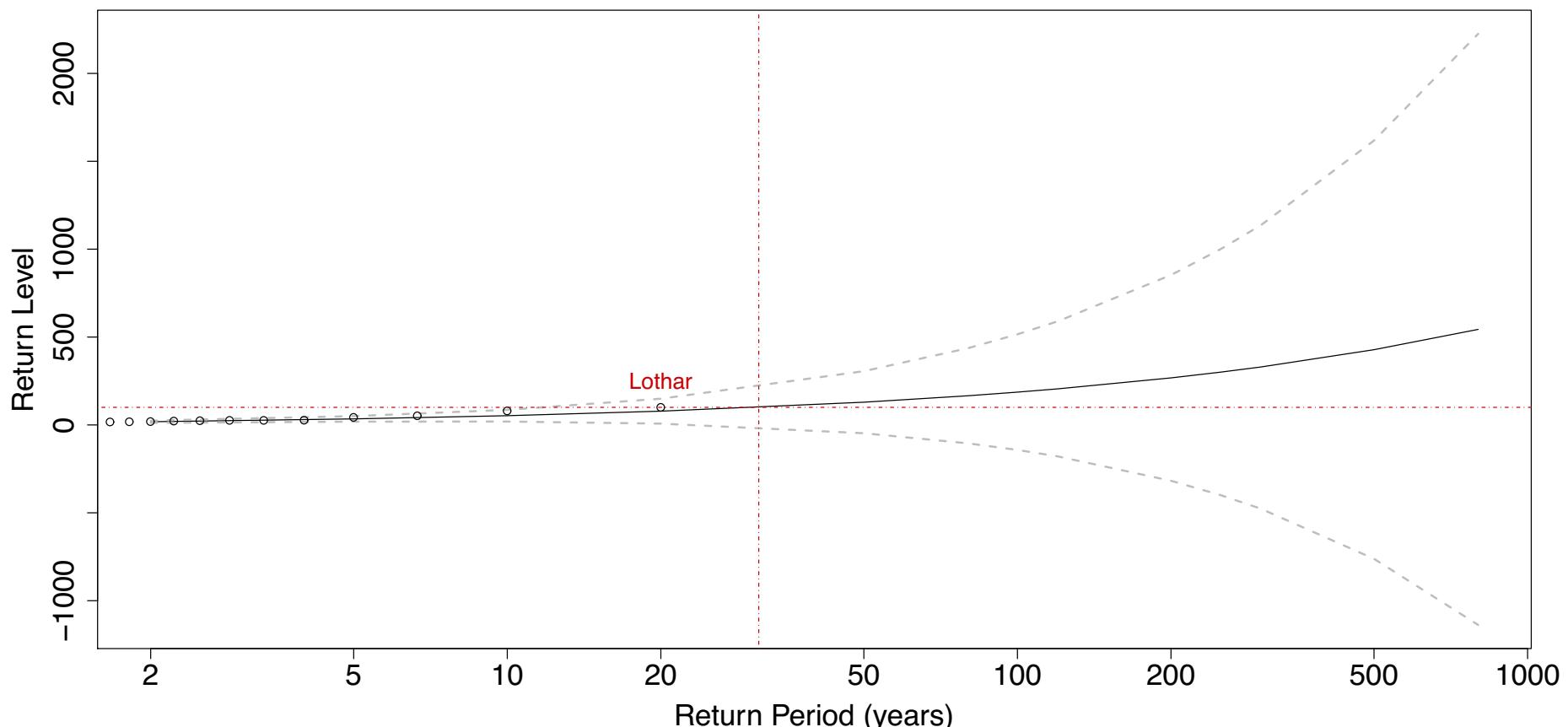
Période de retour avec ce paramétrage une tempête du niveau de [Lothar](#) se produirait tous les [93 ans](#). L'intervalle de confiance est cependant large.



## Deuxième estimation de la période de retour

- ▶ Avec  $u = 10$  et période = 1993-2013

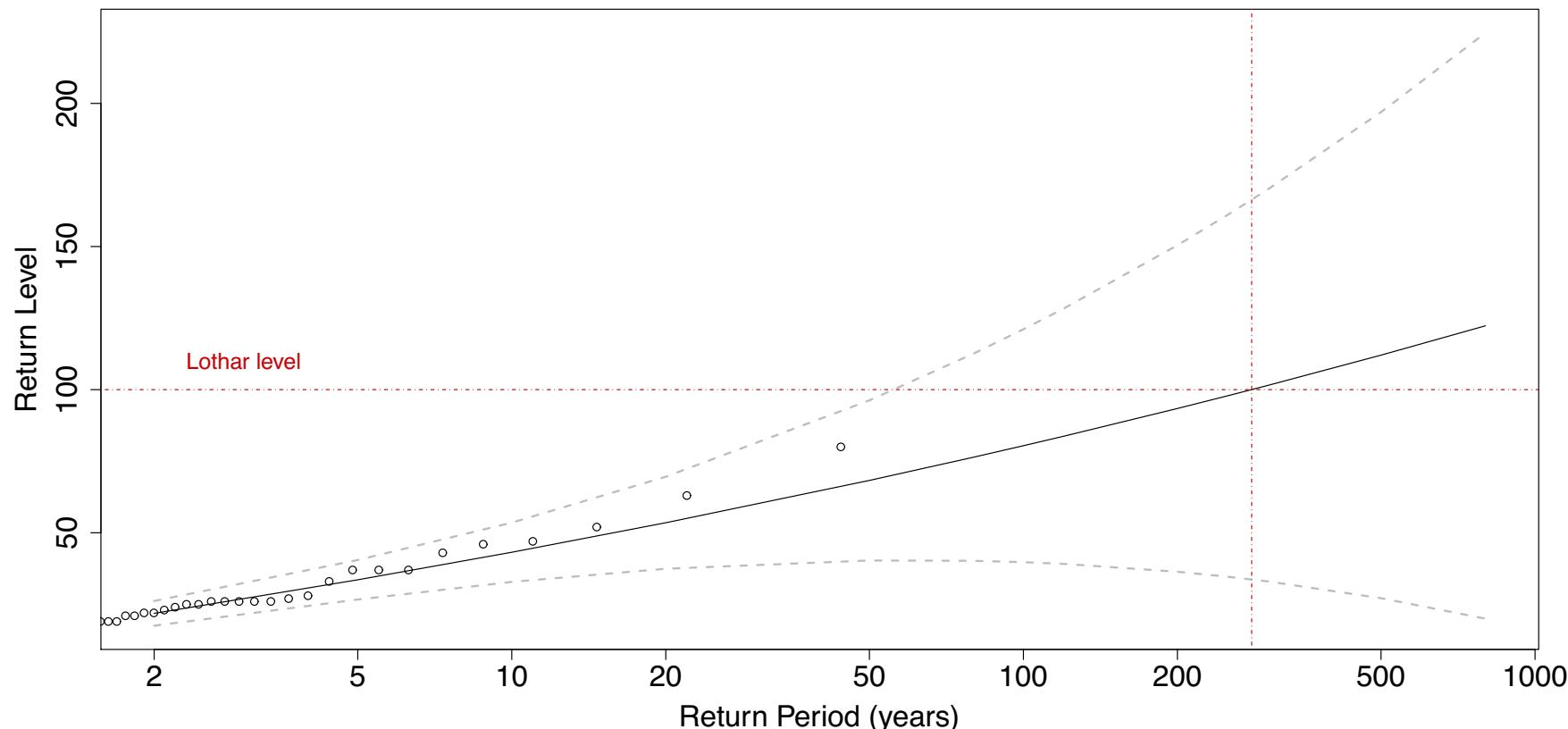
Pour une période d'observation réduite à seulement 20 ans, Lothar se produirait **tous les 31 ans.**



## Troisième estimation de la période de retour

- ▶ Avec  $u = 10$  sans Lothar et période = 1970-2013

Nous obtenons une tempête du niveau de Lothar avec une période de retour de **280 ans**. En omettant Lothar, la période de retour d'un événement d'une ampleur similaire est multipliée par 2.4.





# Calcul charge moyenne annuelle

Pour comprendre à quel point une charge exceptionnelle comme celle de l'année 1999 peut influencer la charge moyenne annuelle.

- ▶ 30 ans = 5 milliards
- ▶ 1999 = 1.5 milliards (30%)
- ▶ charge moyenne annuelle hors 1999 = 116.7 millions

Période	1993–2013	1970–2013			
Seuil choisi : $u$	10	20	10	10wM	10wL
Période de retour (99)	31	88	93	160	280
Claims : 1999	48.4	17.0	16.1	9.4	5.4
Charge moyenne annuelle	165.1	133.7	132.8	126.1	122.1

Table: Evaluation de la charge moyenne annuelle (en millions d'euros)

- ▶ Le résultat dépend fortement des hypothèses retenues
- ▶ Comment apporter un encadrement plus robuste à ces résultats ?



### A. Frigessi

Weather events and insurance claims : a Bayesian spatial variable selection model.

*Statistics for innovation*, 2009.



### Association française de l'assurance : AFA

Tempêtes, grêle et neige : Résultats 2010

*FFSA and GEMA*, 2012.



### D. Cooley, P. Naveau, P. Poncet

Variograms for spatial max-stable random fields.

*Dependence in probability and statistics*, 2006.



### P. Embrechts, C. Klüppelberg, T. Mikosch,

Modelling extremal events for insurance and finance

*Springer*, 4eme édition 2008.



### Kaufman, Leonard and Rousseeuw, Peter J,

Finding groups in data : an introduction to cluster analysis

*John Wiley & Sons*, 2009.



### Cooley, Dan and Naveau, Philippe and Poncet, Paul,

Variograms for spatial max-stable random fields

*Springer*, Vol. 187, 2006.



### P. Thomson, B. Mullan, and S. Stuart.

Estimating the slope and standard error of a long-term linear trend fitted to adjusted annual temperatures.

*Statistics Research Associates Ltd*, 2014.



### M. Luzi

Travaux sur les historiques Tempêtes

*Directeur IARD - Allianz*, 2012.



### M. Klawo and U. Ulbrich

A model for the estimation of storm losses and the identification of severe winter storms in Germany

*Natural Hazards and Earth System Sciences* 3 : 725-732, 2003.



Scarrott, Carl and MacDonald, Anna,

A review of extreme value threshold estimation and uncertainty quantification

*REVSTATS*, Vol. 10, No. 1, 2012.



Pielke, R.A.Jr. and Gratz, J. and Landsea, C.W. and Collins, D.

and Saunders, M.A. and Musulin, R.,

Normalized Hurricane Damage in the United States : 1900-2005

*NATURAL HAZARDS REVIEW*, Vol. 9, No. 1, 2008.



Mornet, A. and Opitz, T. and Luzi, M. and Loisel, S.

Index for Predicting Insurance Claims from Wind Storms with an Application in France.

*Risk Analysis*, Vol. 35, No. 11, 2015.