

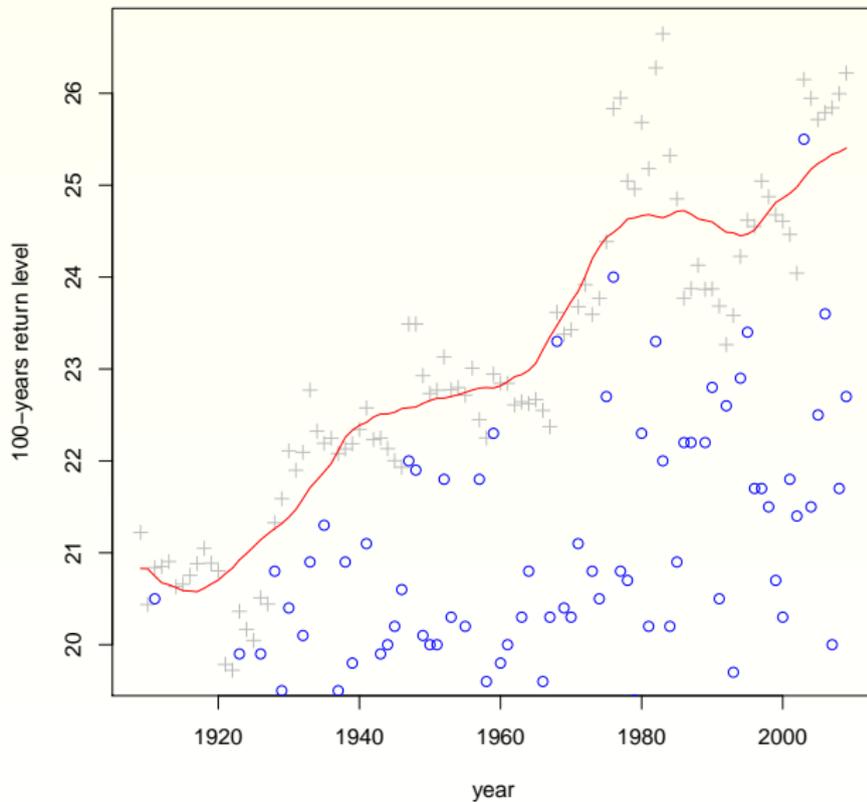
MIRACCLE
Mesures et Indicateurs de Risque
Adaptés au Changement CLimatiquE

Pierre Ribereau
Université Claude Bernard Lyon 1

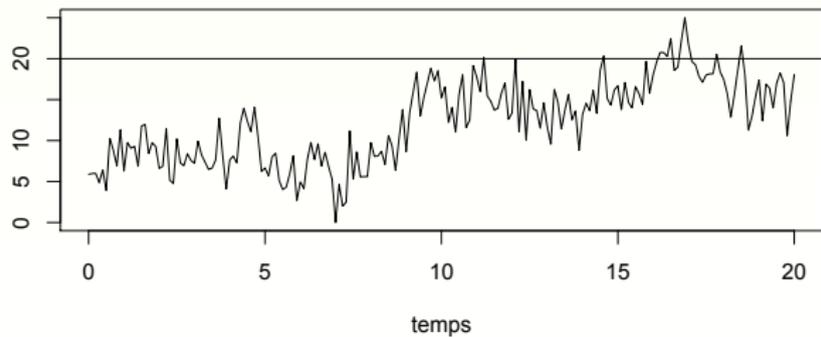
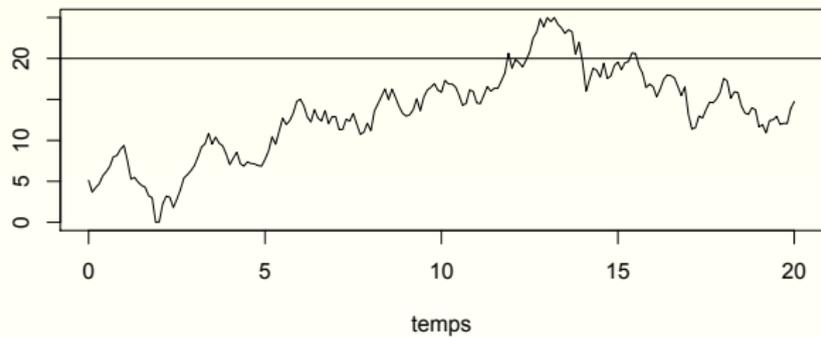
Séminaire Programme GICC
Gestion et Impacts du Changement Climatique

21 Mai 2014

Limite des mesures de risque usuelles : exemple du niveau de retour 100 ans



Autre exemple : dépendance



Résumé

- Besoin de définir de nouvelles mesures de risque qui prennent en compte la nature multi-factorielle et/ou spatio-temporelle des risques et des données climatiques. ⇒ Non stationnarité.
 - Assurabilité des risques climatiques et conséquence pour les compagnies d'assurance
- ⇒ Théorie des valeurs extrêmes.

WP1 : Modèles d'extrêmes spatio-temporels

Les mesures de risques étant directement liées à la Théorie des Valeurs Extrêmes,
⇒ développer nouveaux modèles adaptés (non stationnarité, spatial...)

WP1 : Théorie des valeurs extrêmes

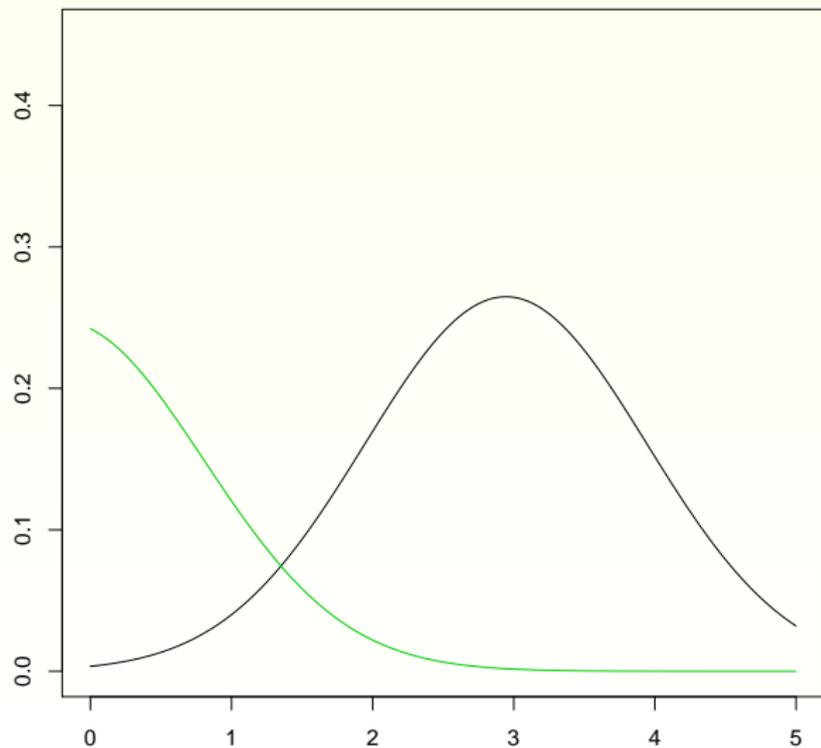
En univarié, on sait que le maximum de n v.a. tend vers une GEV.

$$\frac{\max X_i - a_n}{b_n} \xrightarrow{\mathcal{L}} GEV$$

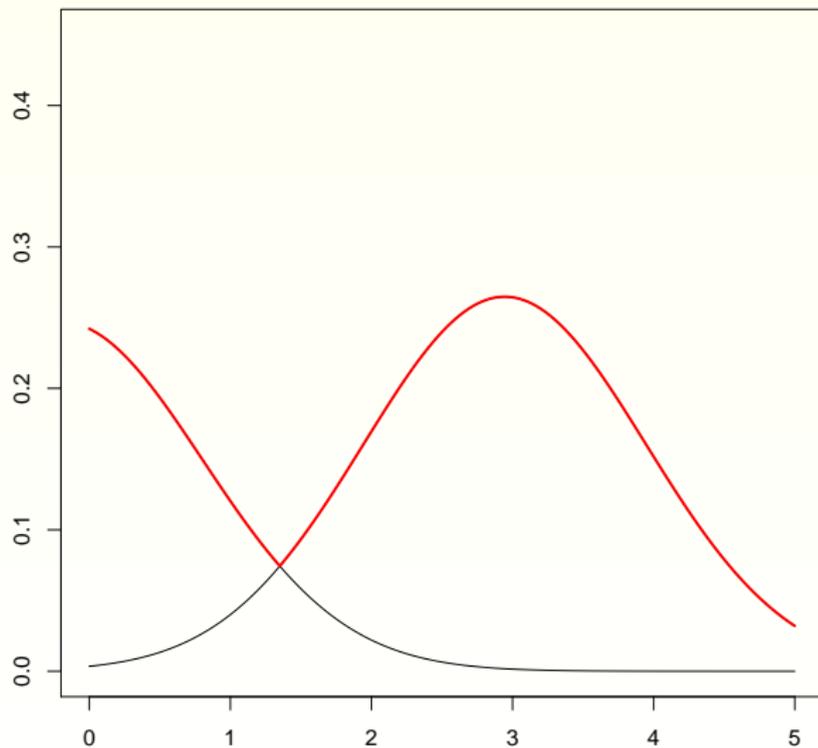
En spatial, si on prend le maximum point par point de n processus spatiaux, ce maximum tend vers un processus max-stable.

$$\text{pour tout } x, \quad \max Z_i(x) \xrightarrow{\mathcal{L}} \text{Proc. max-stable}$$

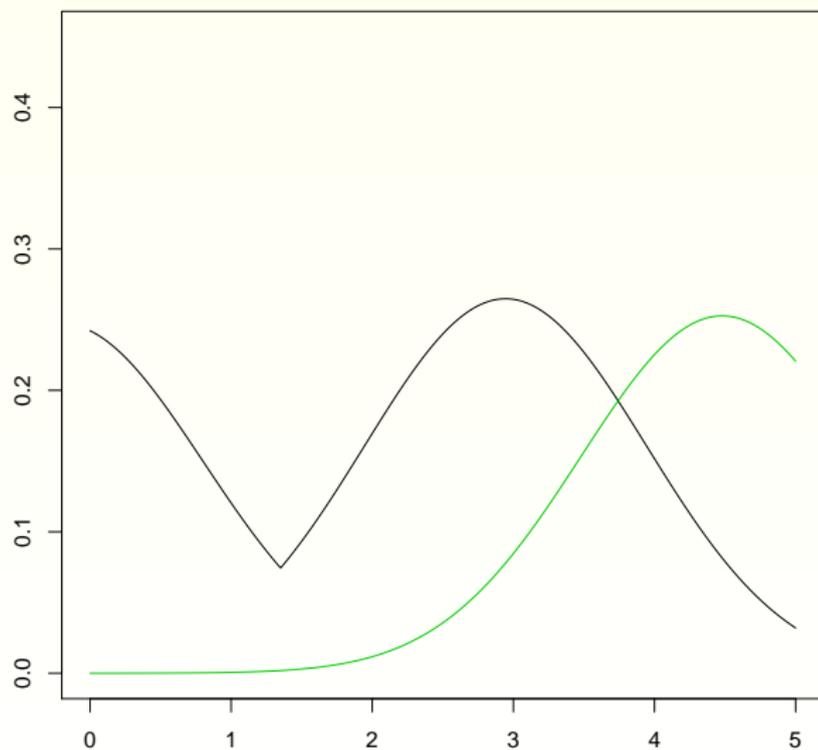
Travaux WP1 : Max-stable



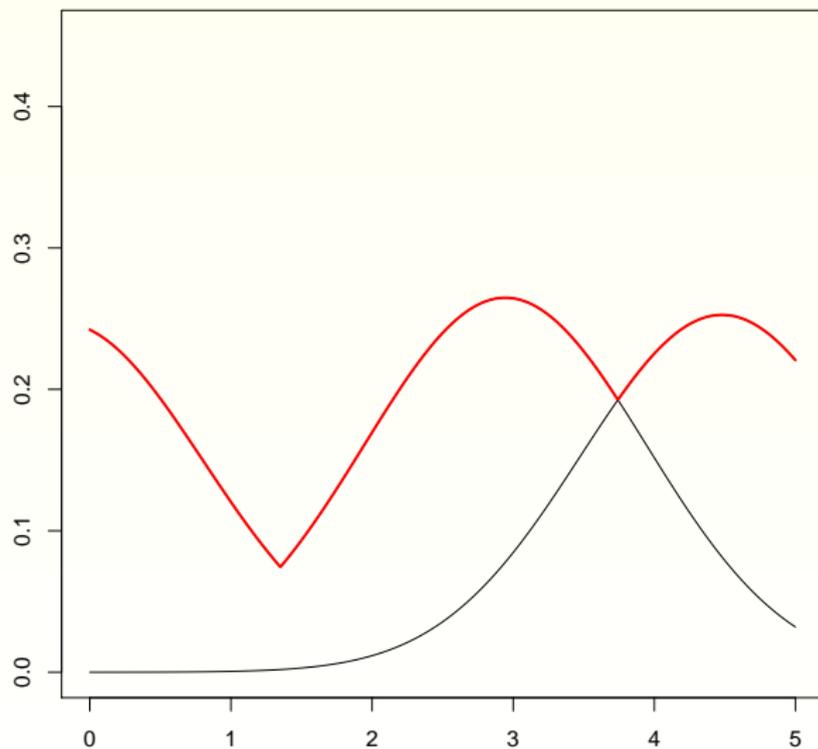
Travaux WP1 : Max-stable



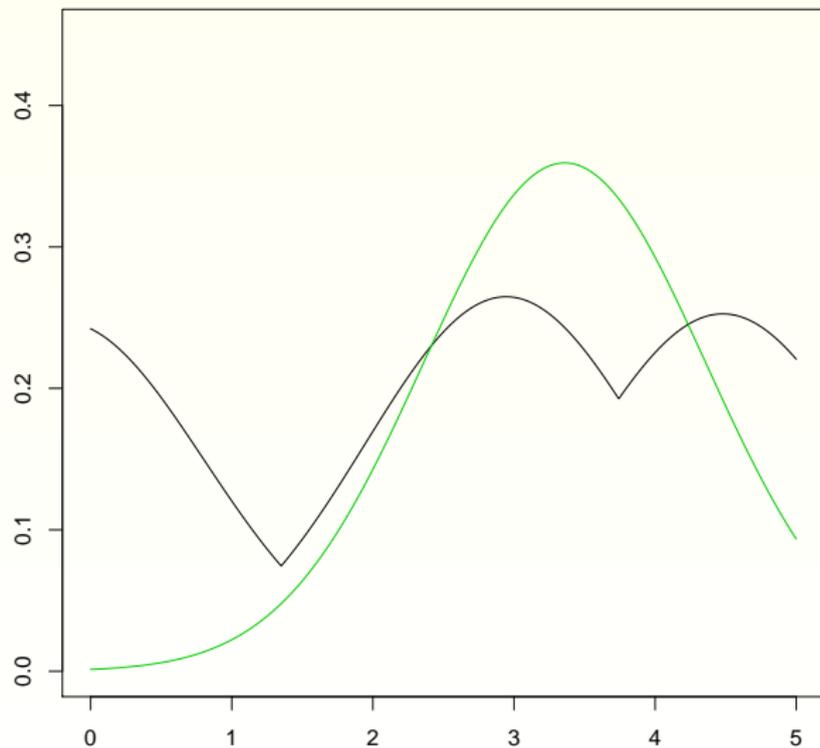
Travaux WP1 : Max-stable



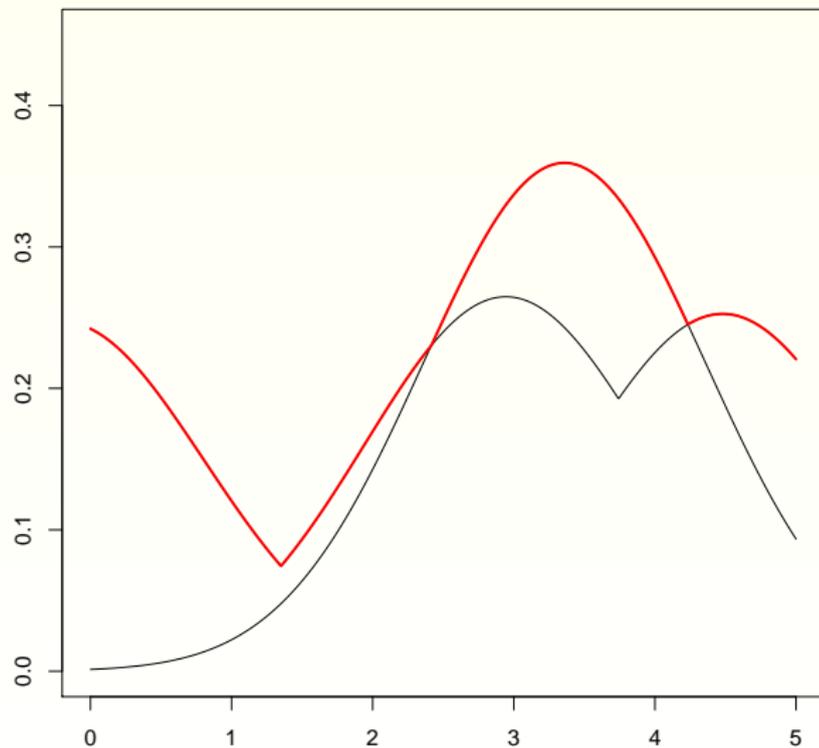
Travaux WP1 : Max-stable



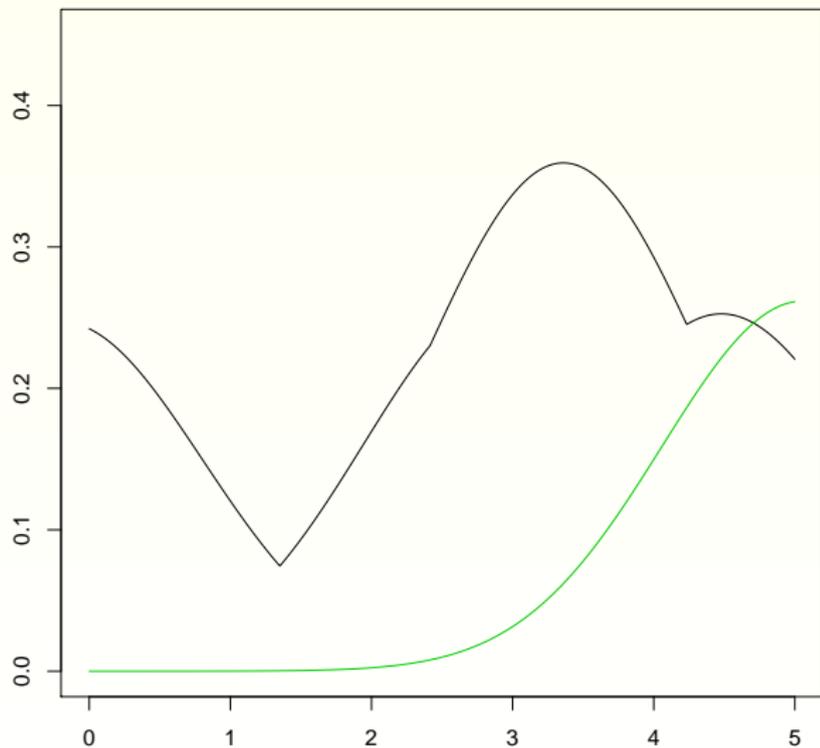
Travaux WP1 : Max-stable



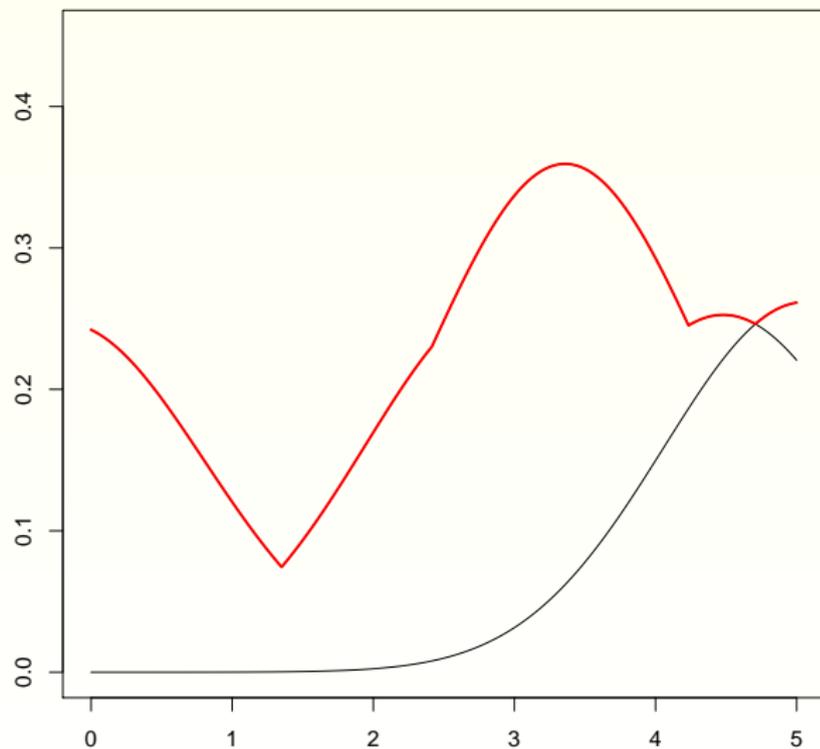
Travaux WP1 : Max-stable



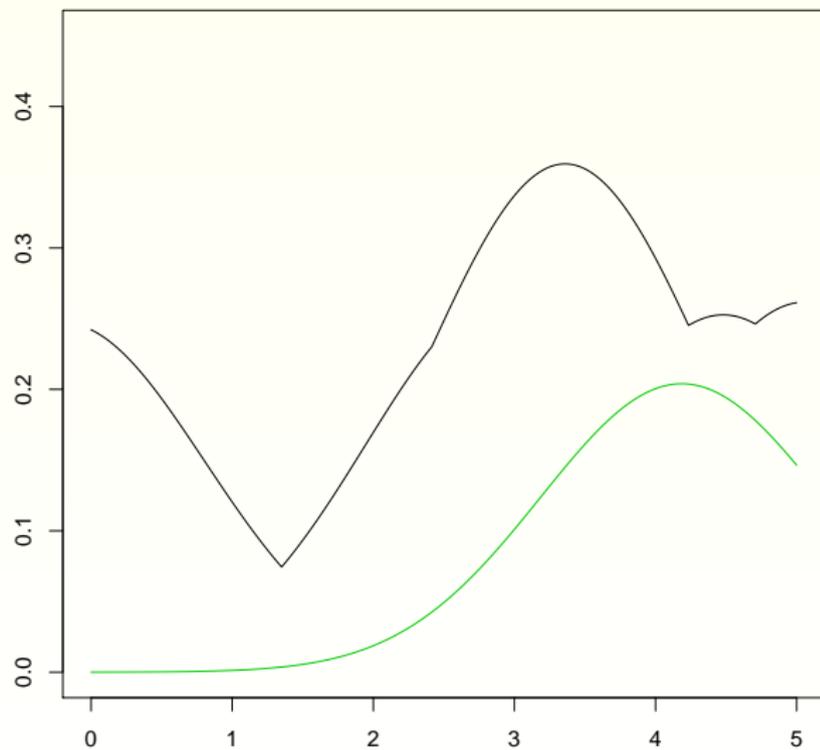
Travaux WP1 : Max-stable



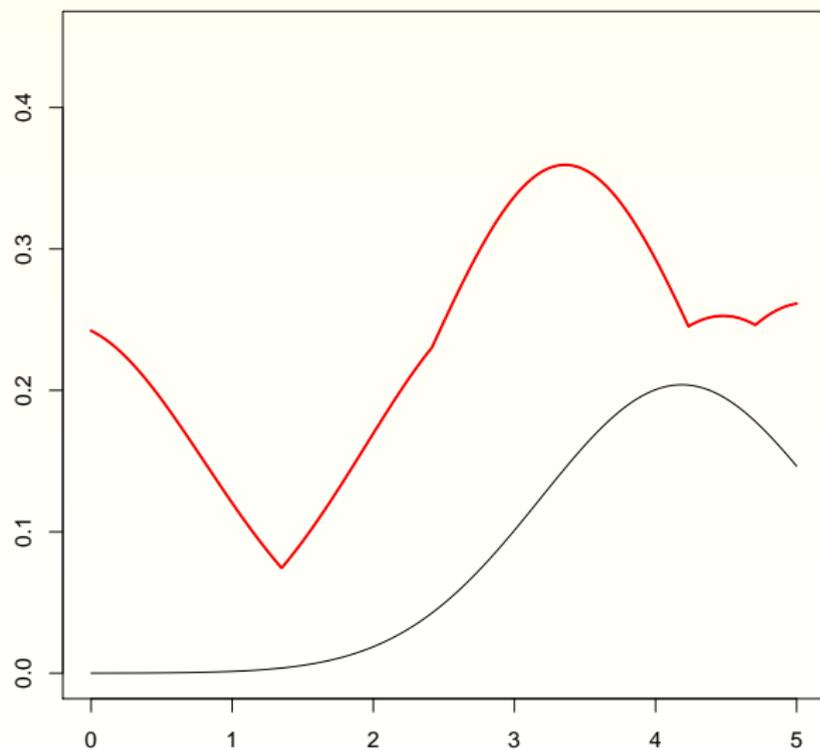
Travaux WP1 : Max-stable



Travaux WP1 : Max-stable



Travaux WP1 : Max-stable

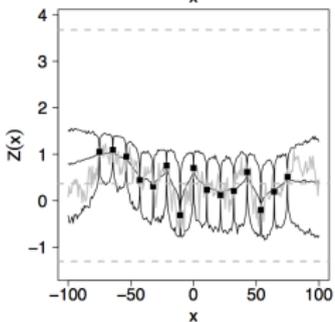
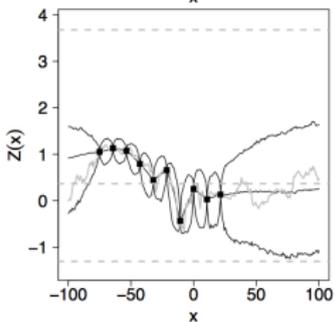
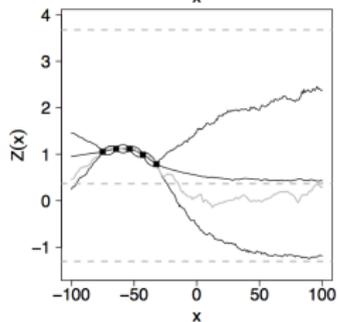
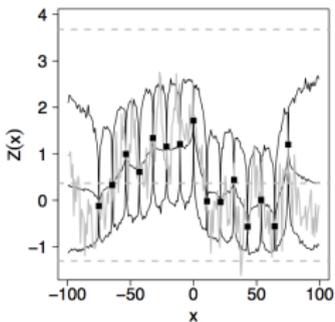
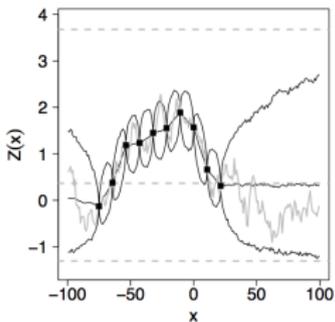
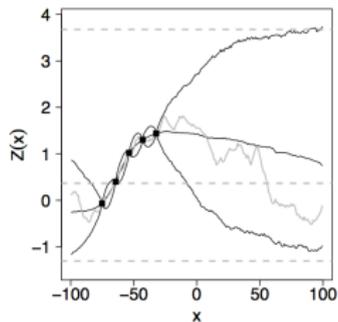


Processus max-stable

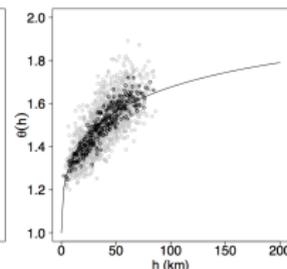
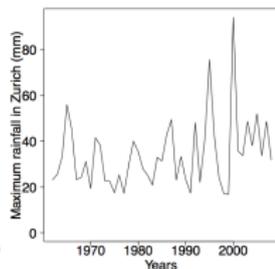
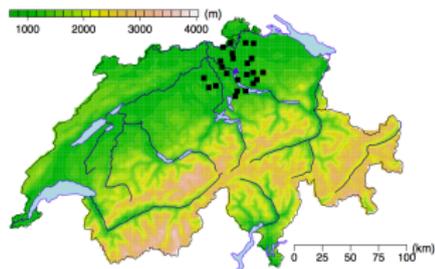
Candidat idéal pour des mesures de risques spatiales

- ① Peu de modèles existants
- ② Peu de méthodes d'estimation des paramètres
- ③ Pas de méthode de "krigeage"

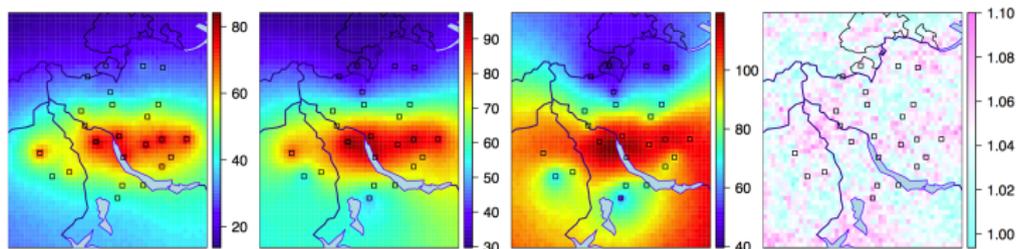
Travaux WP 1 : Simulations conditionnelles



Travaux WP 1 : Simulations conditionnelles



Travaux WP 1 : Simulations conditionnelles



WP2 : Détection de tendances et de rupture

Changement climatique \Rightarrow détection de tendances ou ruptures (sur moyenne ou paramètres, en particulier sur leur caractère extrême).

Entropie

$$D(f; g) = I(f, g) + I(g, f)$$

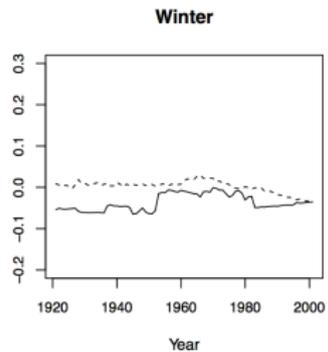
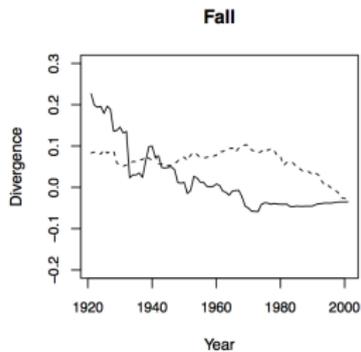
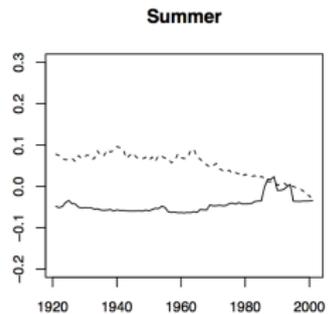
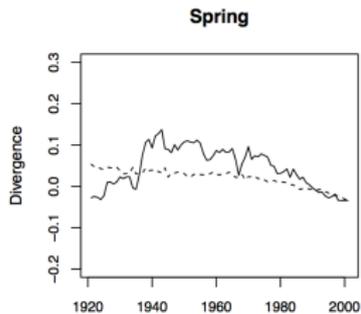
$$I(f, g) = \mathbb{E}_f \left(\log \left(\frac{f(X)}{g(X)} \right) \right)$$

$$\widehat{D}(f_u, g_u) = \widehat{I}(f_u, g_u) + \widehat{I}(g_u, f_u)$$

où

$$\widehat{I} = -\frac{1}{N_n} \sum_{i=1}^n \log \left(\frac{\overline{G_m}(X_i \vee u)}{\overline{G_m}(u)} \right) - 1$$

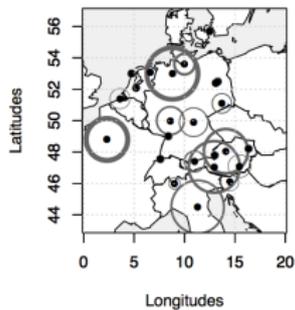
Travaux WP 2 : Détection par l'entropie



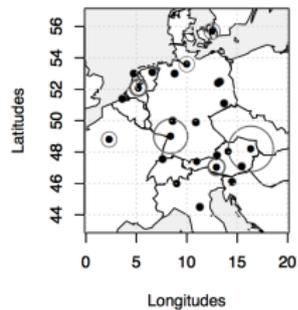
Travaux WP 2 : Détection par l'entropie

Maxima

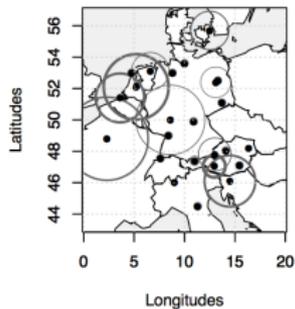
Spring



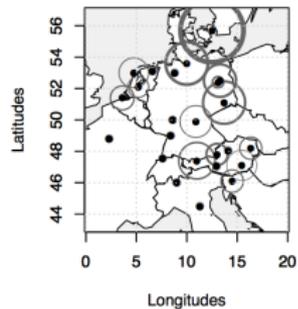
Summer



Fall



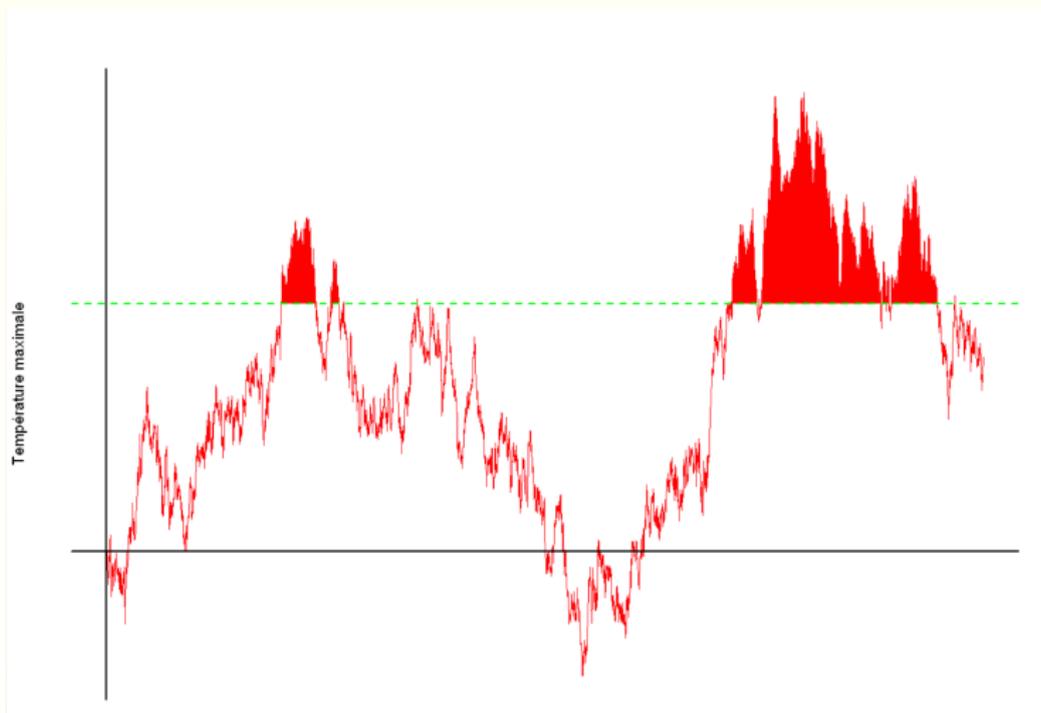
Winter



WP3 : Définition de nouvelles mesures de risque

Mesures de risques permettant d'aider à la décision en matière d'adaptation au changement climatique, mais aussi dans un contexte économique pour permettre une meilleure couverture de ces risques.

Travaux WP 3 : Mesure



On peut définir une mesure de risque spatiale en se basant sur

$$L(A) = \frac{1}{|A|} \int_A \mathbb{1}_{[Z(x) > u]} dx$$

et la mesure considérée est

$$R_1(A) = \mathbb{E}(L(A)) \quad \text{ou} \quad R_2(A) = \mathbb{V}(L(A)).$$

Sinon on peut se baser sur

$$L(A) = \int_A Z(x)^\beta dx$$

qui peut être vu comme le risque extrême agrégé sur une région A si Z représente un processus max-stable. Par exemple, si Z est le processus représentant la vitesse de vent maximum, $L(A)$ représente le montant des pertes agrégées dues au vent.

WP4 : Assurabilité des risques climatiques

⇒ Application en réassurance, réassurabilité des catastrophes naturelles avec une prise en compte du changement climatique.

Capital initial d'une compagnie nécessaire pour garantir sa solvabilité (Solvabilité II).

Probabilité de ruine

$$R(t) = u + ct - S(t)$$

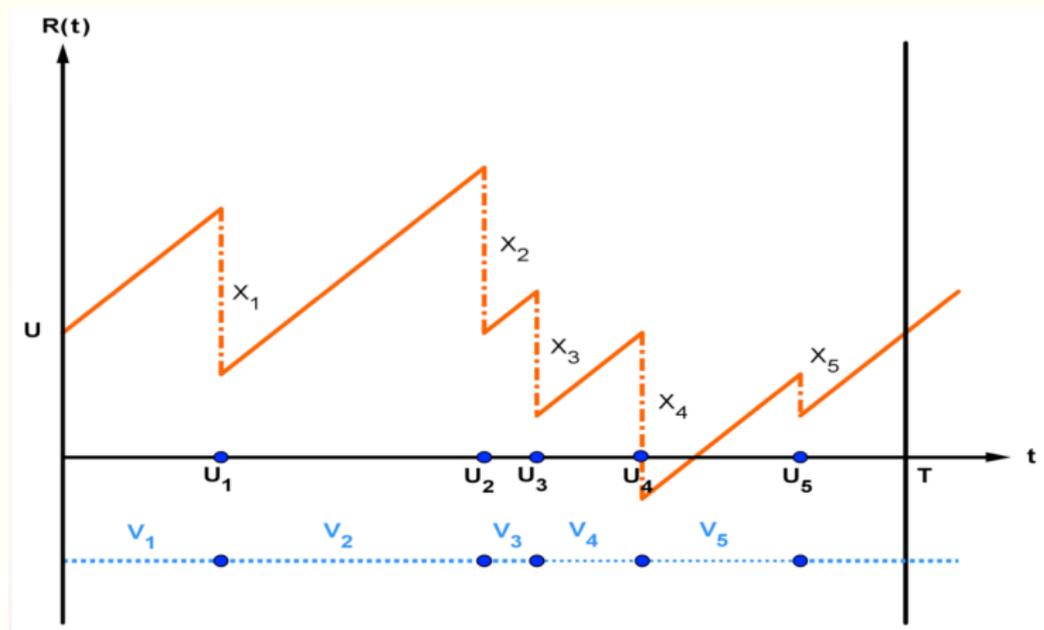
$$\text{où } S(t) = \sum_{i=1}^{N_t} X_i$$

et les X_i représentent les montants des sinistres.

La probabilité de ruine est définie par

$$\Psi(u) = \mathbb{P}(R(t) < 0 \text{ pour un } t \geq 0)$$

Travaux WP 4 : Probabilité de ruine



Probabilité de ruine

$$S_t = \sum_{i=1}^{N_t} \mu(u_i) X_i - ct$$

$$\mu(t) = \lambda(t) = \frac{1}{4} + \frac{1}{10} \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + \frac{0.075}{120} \left(\frac{t}{T}\right)^2.$$

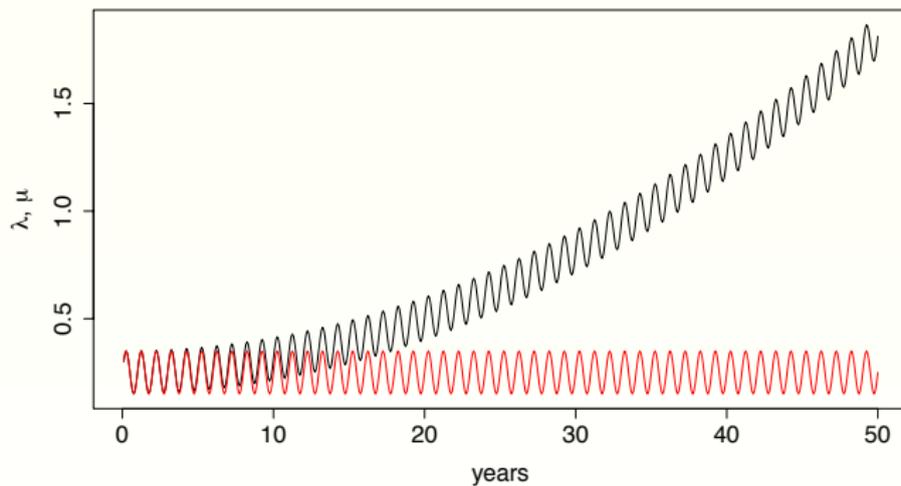
$$\text{ou (sans CC)} \quad \mu^*(t) = \lambda^*(t) = \frac{1}{4} + \frac{1}{10} \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right)$$

$$\text{On a alors} \quad \mathbb{E} \sum_{i=1}^{N_T} \mu(u_i) X_i = \mathbb{E} X_1 \int_0^T \mu(t) \lambda(t) dt$$

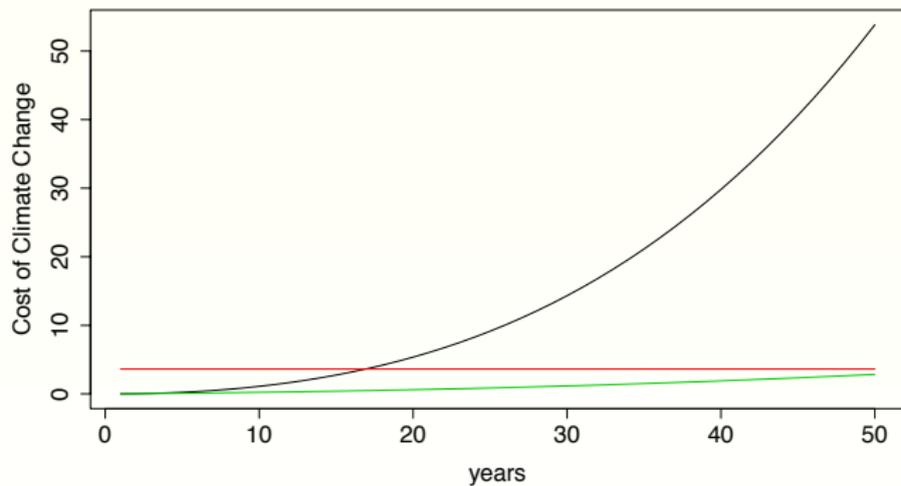
$$\text{On choisit les primes } c = 1.1 \times \frac{1}{T} \mathbb{E} \sum_{i=1}^{N_t} \mu(u_i) X_i.$$

Coût du CC = Cap. init. avec CC – Cap. init. sans CC – 0.1 × Primes reçues

Travaux WP 4 : Probabilité de ruine



Travaux WP 4 : Probabilité de ruine



Récapitulatif

Production

42 articles publiés ou acceptés, 17 articles soumis
une soixantaine de présentations dans des congrès ou conférences

Interaction

Projet McSim (ANR)
Projet PEPER (GIS)

Doctorat

Thomas Opitz (UM2) a soutenu en Novembre 2013
Erwan Koch (UCBL) soutiendra le 2 juillet 2014

Merci de votre attention