

Estimation de seuils décennaux de vent et rafales cycloniques sur l'île de La Réunion

Olivier Mestre^{1,2}, Marie-Dominique Leroux³, Guillaume Jumaux³, Cécile Gautier¹

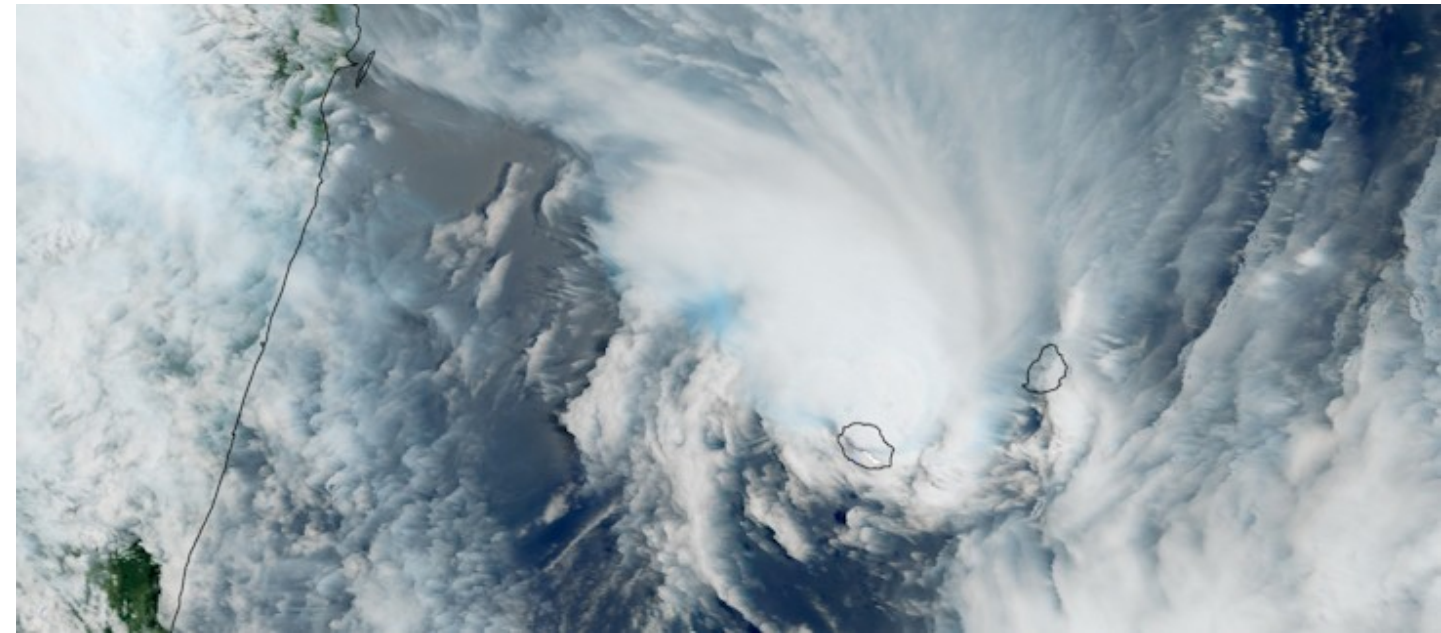
¹ Direction de la Climatologie et des Services Climatiques

² Centre National de Recherches Météorologiques

³ Direction Inter-Régionale Océan Indien

Avec le concours de :

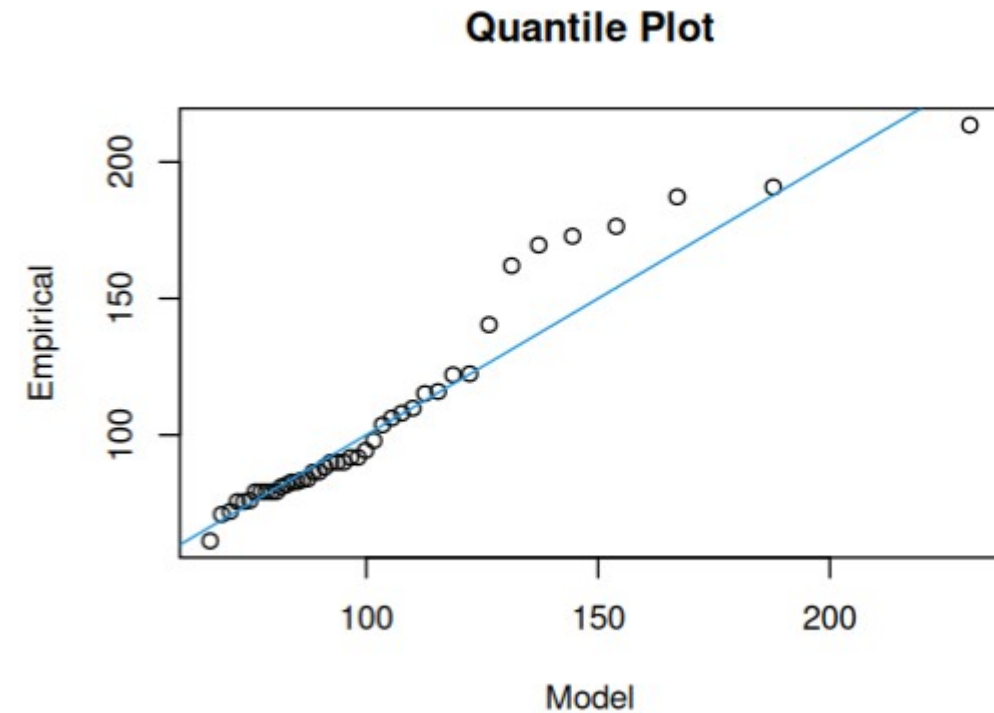
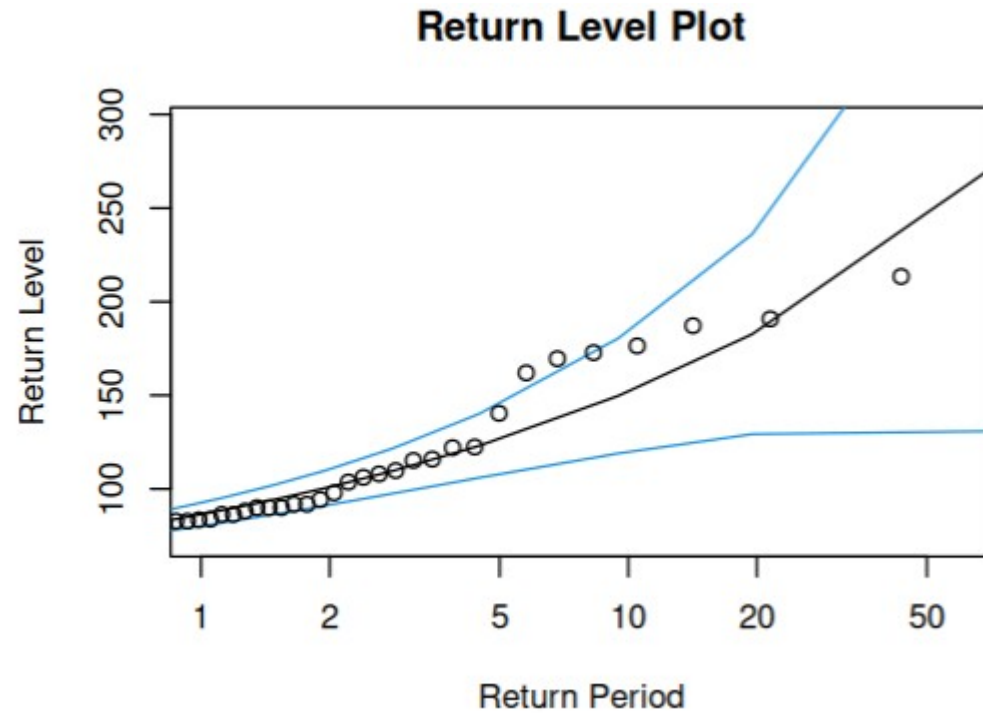
Emilien Bezert, Anjelina Delalande, Lisa Valette
Ecole Nationale de la Météorologie



***Data science pour les risques hydro climatiques
et Côtiers, Roscoff 31 mars-02 avril 2025***

Problématique

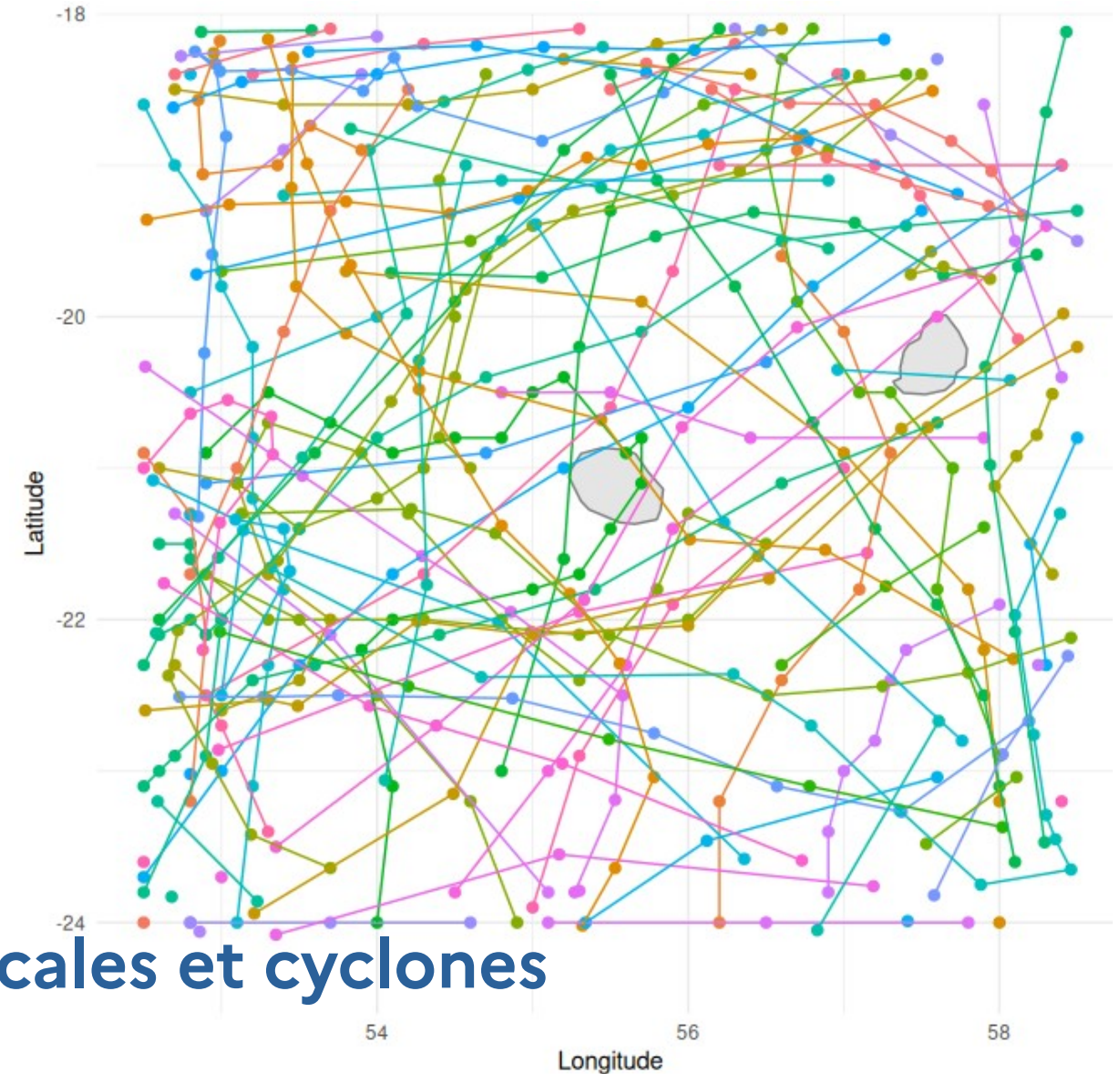
- Estimation de seuils de durées de retour de vent et rafales cycloniques
- Seulement 7 cyclones sur l'île de La Réunion entre 1983 et 2023
- Ajustements GEV de FXI (max annuels des rafales en km/h) sur l'aéroport de Gillot



- Méthodes POT inopérantes ici

Augmenter l'échantillon en agrandissant le domaine

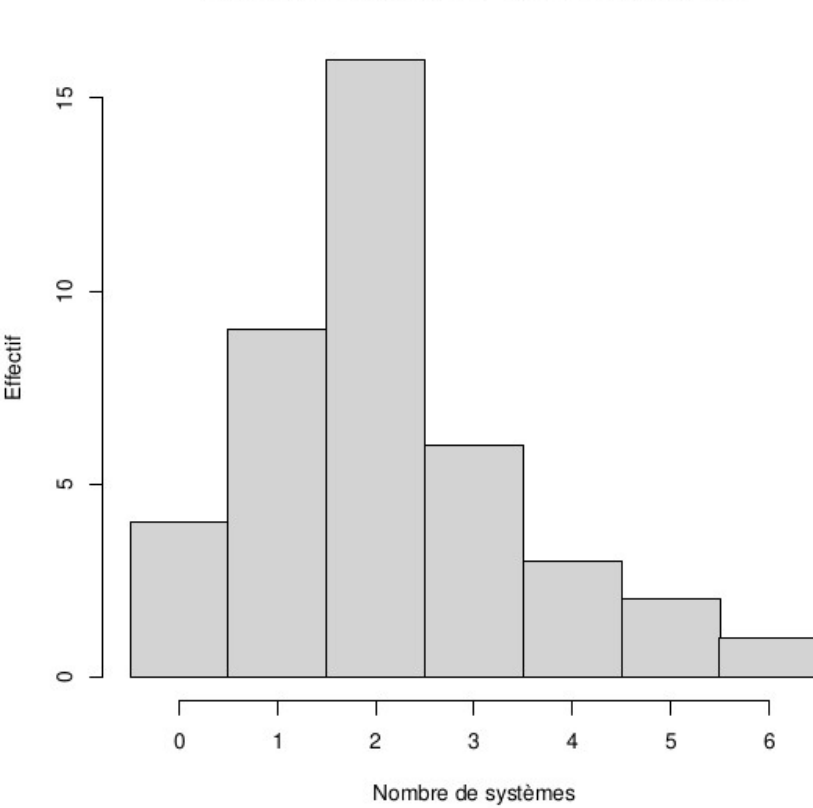
- Base de données « Storm Tracks » sur l'Océan Indien
- Domaine 300km x 300km centré sur l'île de La Réunion
- Période d'étude : 1983-2023
- Saison cyclonique : novembre à avril
- 88 systèmes nommés : tempêtes tropicales et cyclones



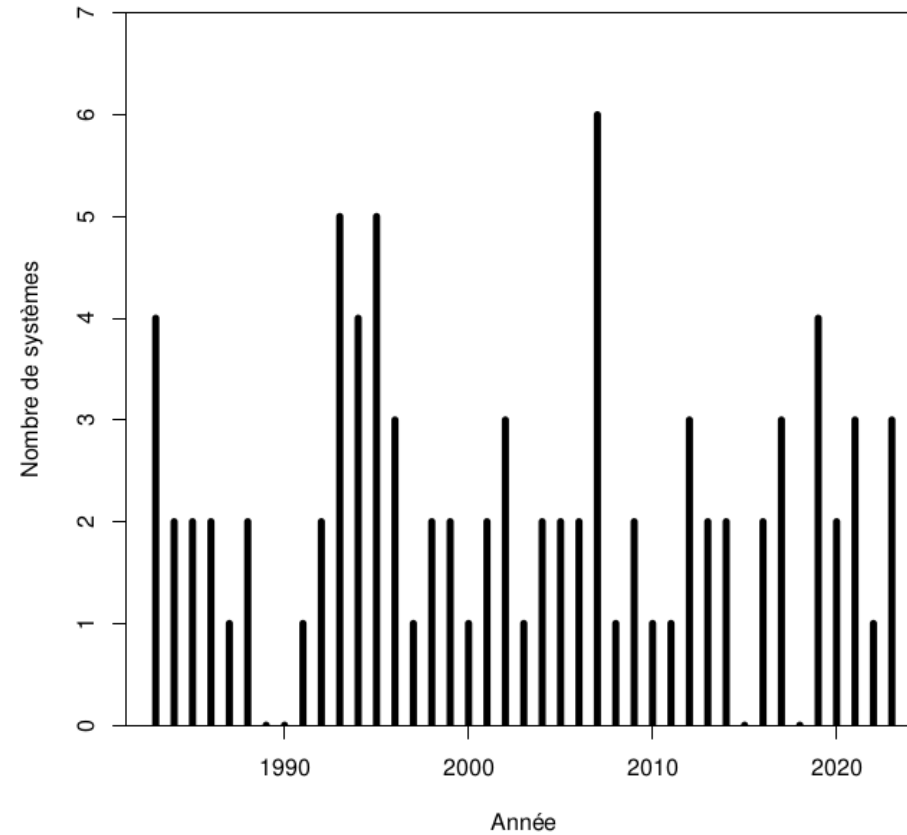
Nombre de systèmes

- Caractère poissonien
- Pas d'évolution temporelle marquée

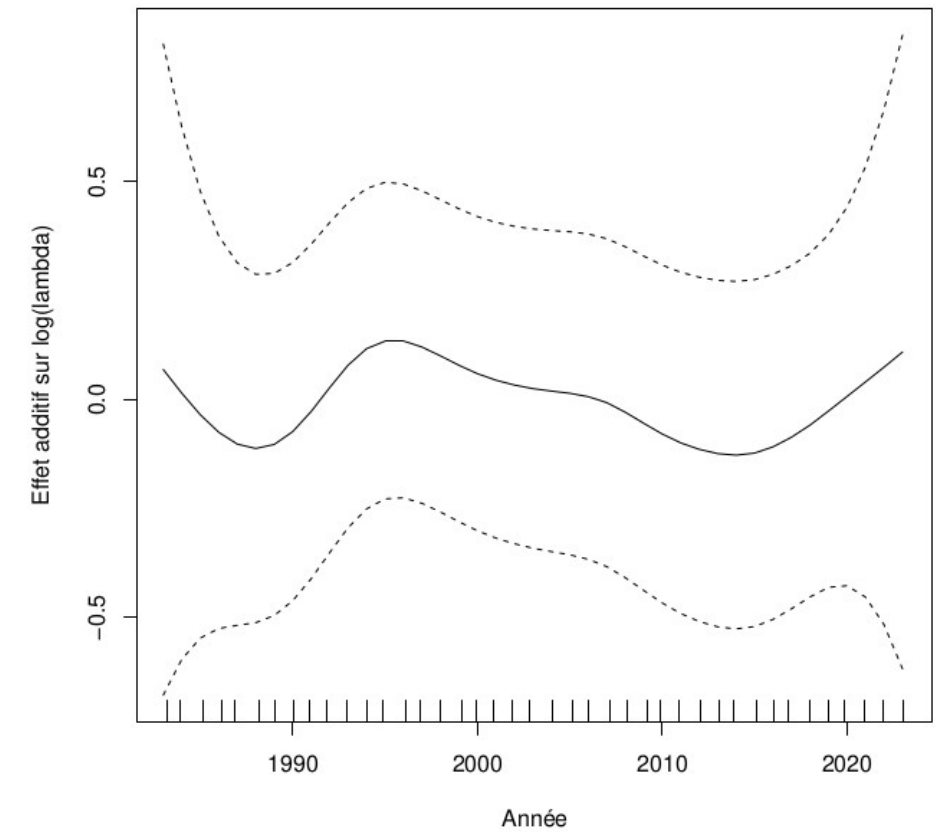
Histogramme du nombre de systèmes par an



Evolution temporelle du nombre de systèmes



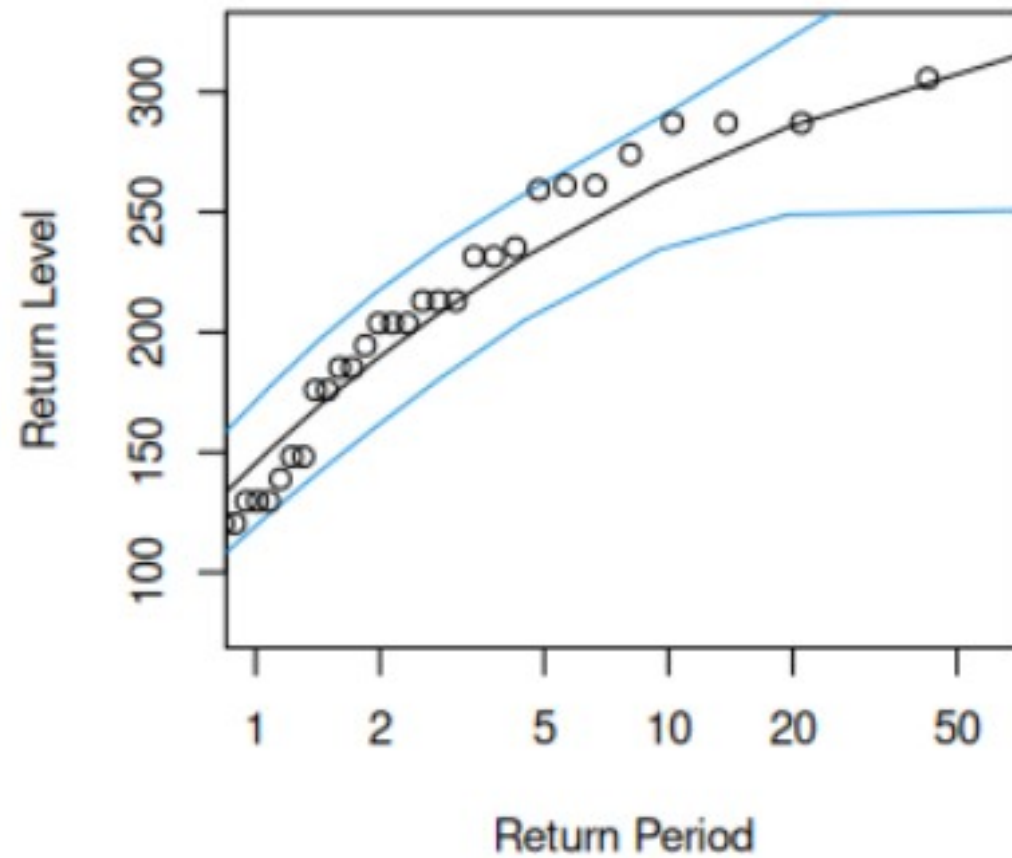
Modélisation GAM de l'évolution du nombre de cyclones



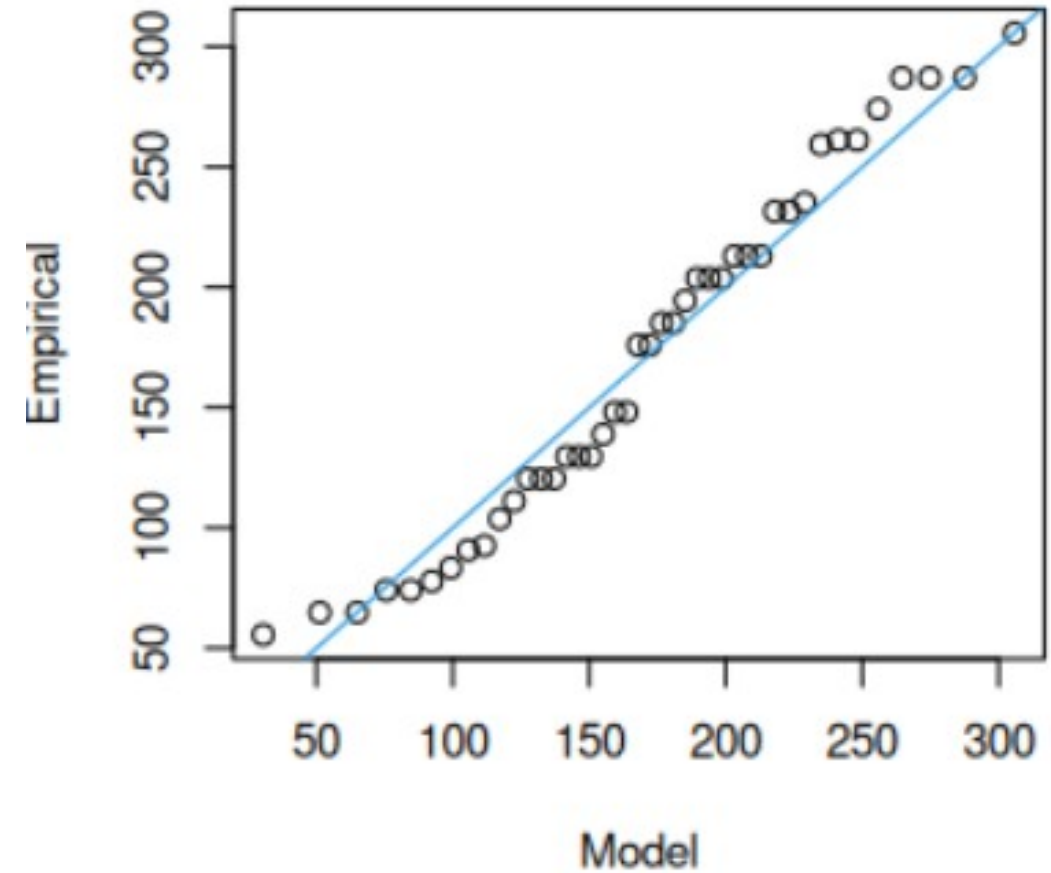
Maxima annuels sur le domaine complet

➤ Ajustements GEV (max annuels de rafales FXI)

Return Level Plot



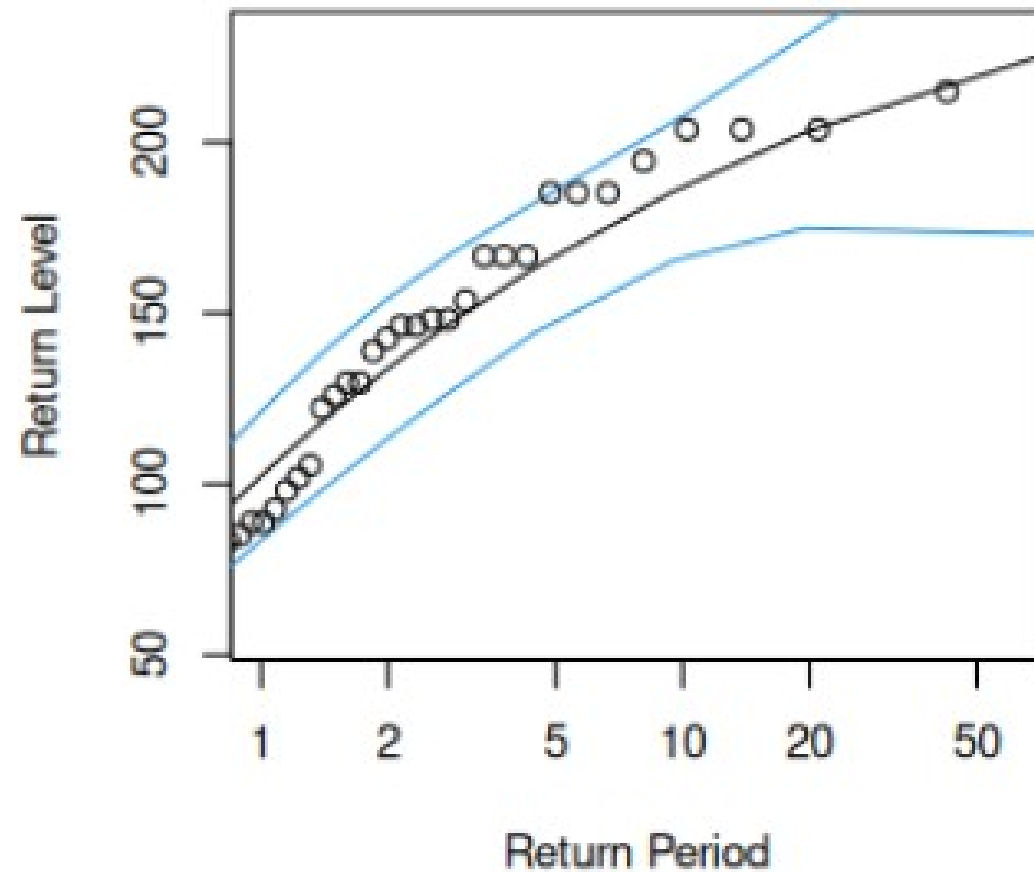
Quantile Plot



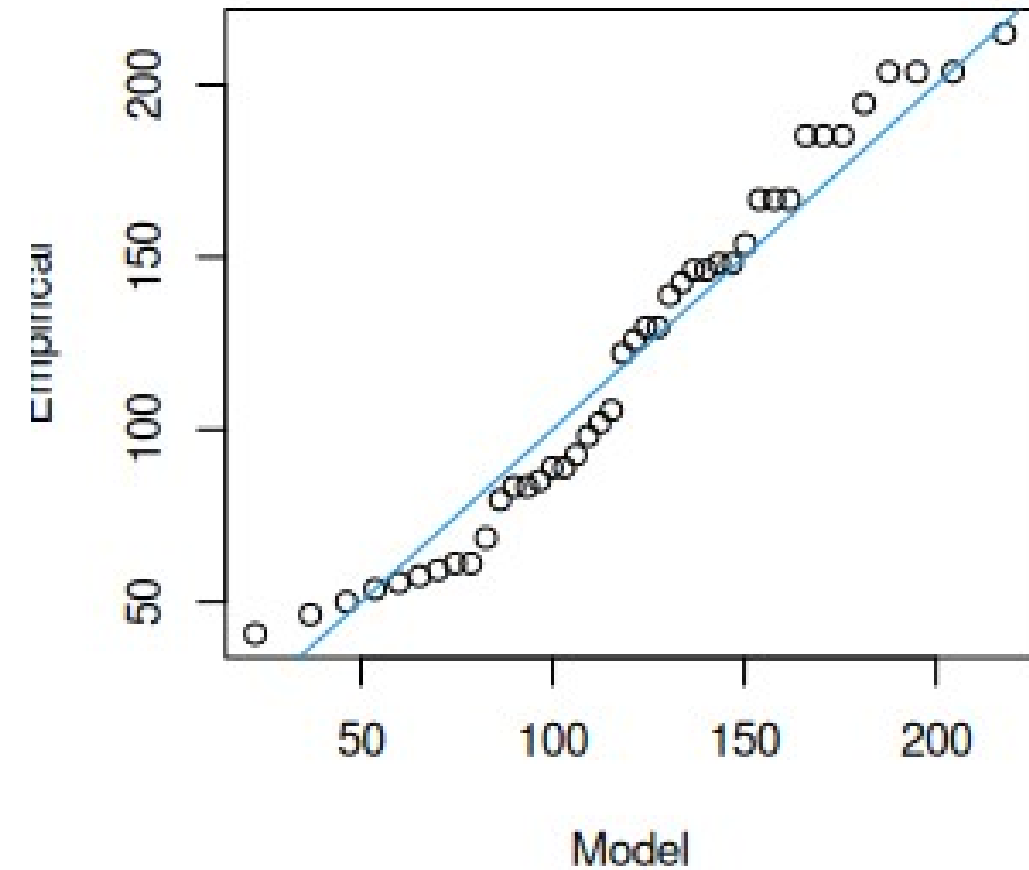
Maxima annuels sur le domaine complet

➤ Ajustements GEV (max annuels de vent moyen FXY)

Return Level Plot



Quantile Plot

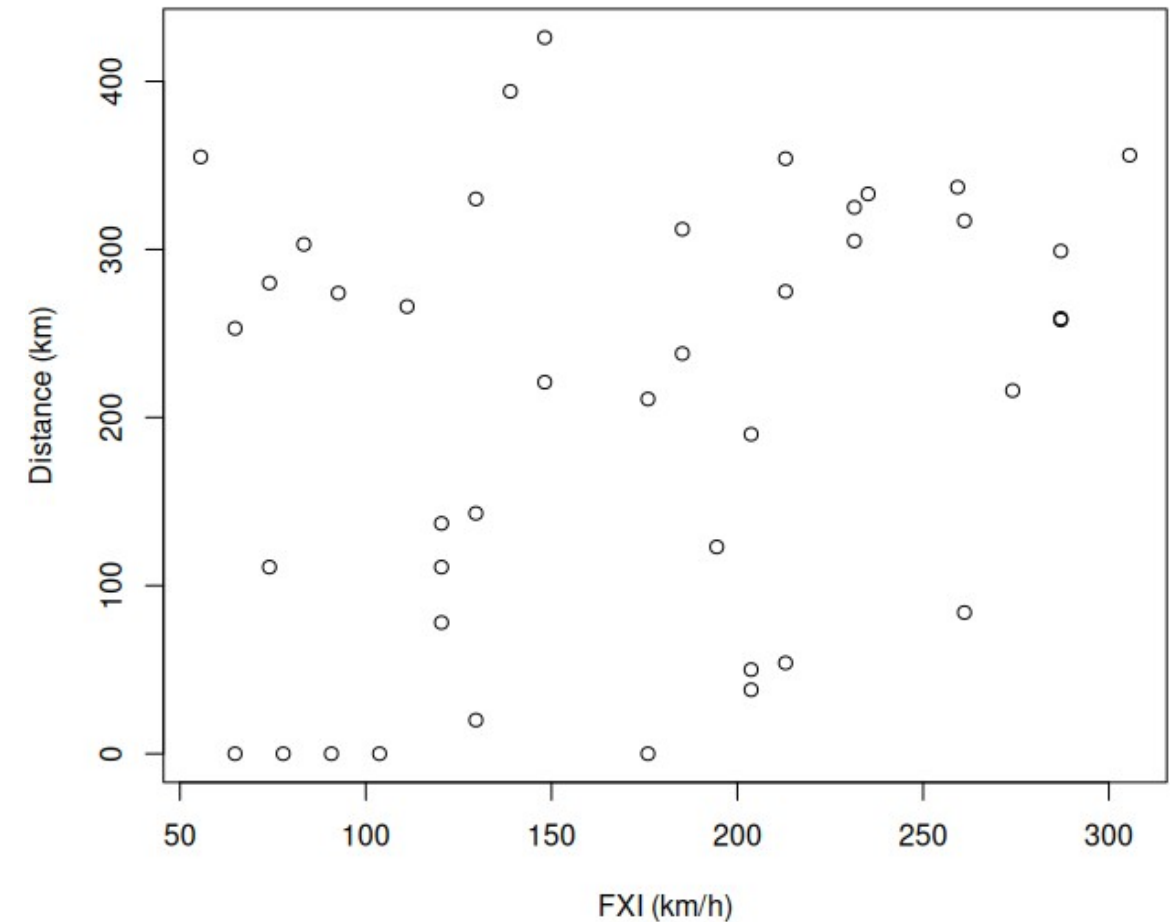


➤ Mais cela ne donne pas les seuils sur l'île de La Réunion...

Seuils décennaux sur l'île de La Réunion

- On travaille sur un domaine D englobant l'île de La Réunion
- d =distance à la côte de l'île de La Réunion. Atterrissage si $d < 50\text{km}$
- chercher le seuil x tel que : $P[\text{FXI} > x \text{ ET } d < 50\text{km}] = 1/10$

- Événement $\{\text{FXI} > x \text{ ET } d < 50\text{km}\}$
 T temps de retour de l'événement
 x_T seuil associé
- $\{\text{FXI} > x\}$ sur le domaine D
 T^* temps de retour de l'événement
 x_{T^*} seuil associé



Seuils décennaux sur l'île de La Réunion

- On travaille sur un domaine D englobant l'île de La Réunion
- d =distance à la côte de l'île de La Réunion. Atterrissage si $d < 50\text{km}$
- chercher le seuil x tel que : $P[FXI > x \text{ ET } d < 50\text{km}] = 1/10$

- Événement $\{FXI > x \text{ ET } d < 50\text{km}\}$
 T temps de retour de l'événement
 x_T seuil associé
- $\{FXI > x\}$ sur le domaine D
 T^* temps de retour de l'événement
 x_{T^*} seuil associé



Seuils décennaux sur l'île de La Réunion

➤ $FXI \perp d$

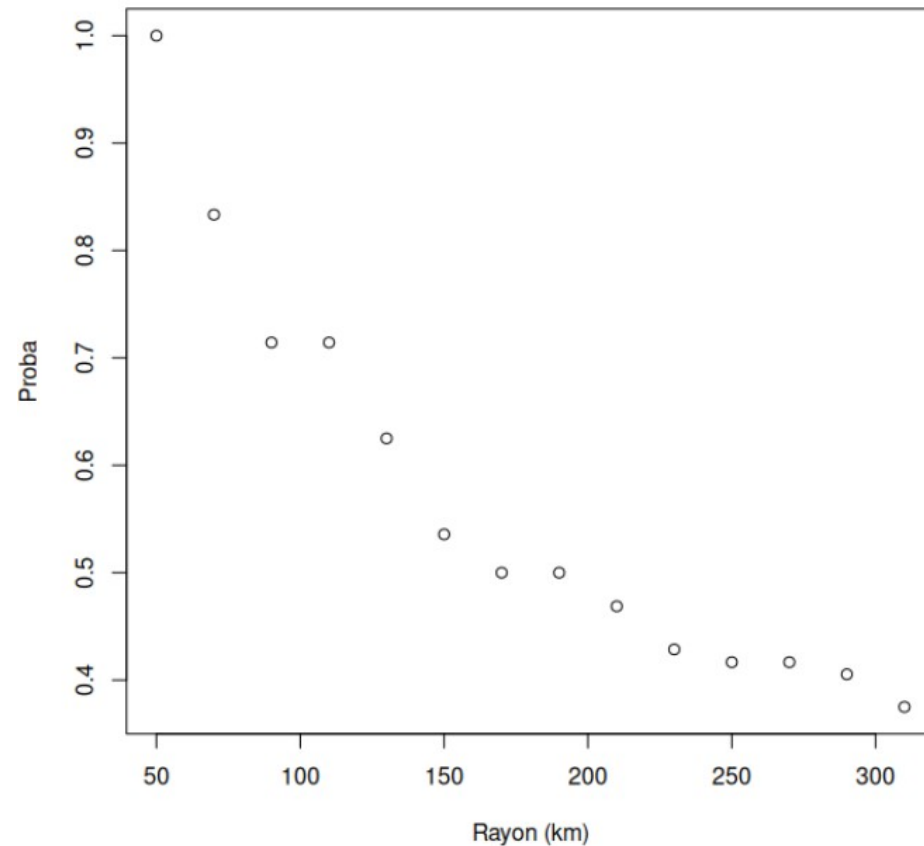
chercher le seuil x_T tel que $P[FXI > x] \cdot P[d < 50\text{km}] = 1/T$

➤ Cela revient à chercher sur la distribution des FXI estimée sur le domaine D le seuil de temps de retour x_{T^*} avec $T^* = P[d < 50\text{km}] \cdot T$

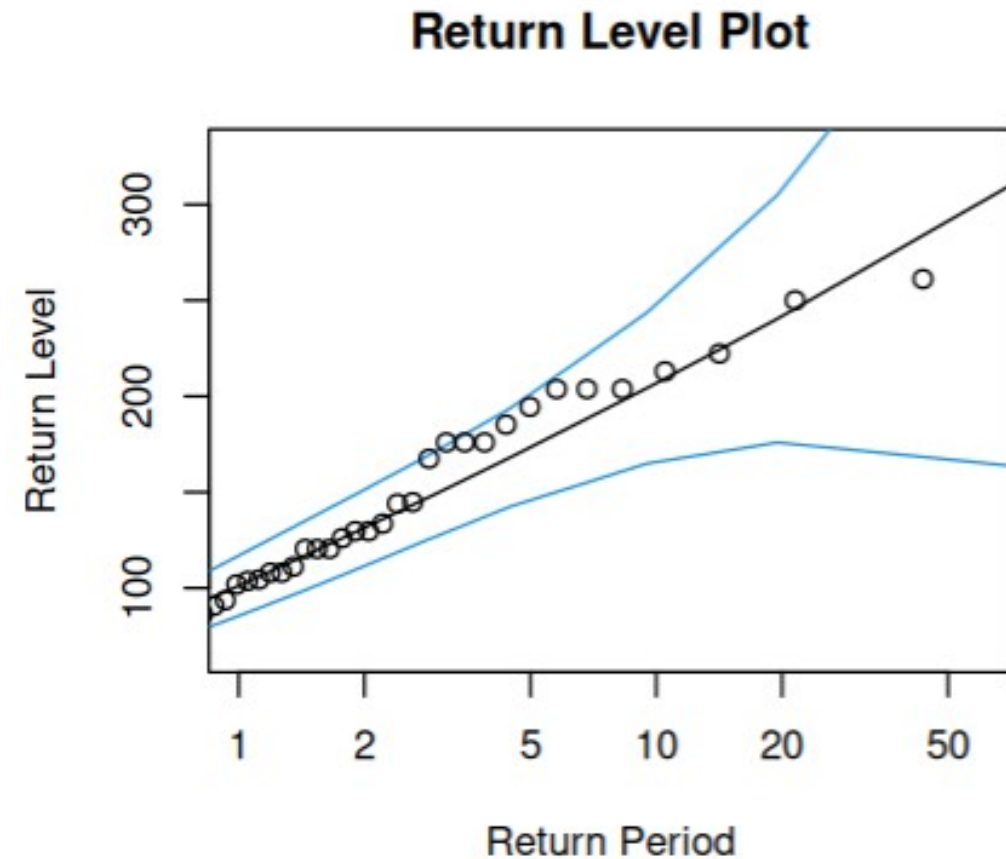
➤ Seuil décennal : si $P[d < 50\text{km}] = 0,5$ sur le domaine D $\Leftrightarrow$ seuil associé au temps de retour 5 ans de la loi des FXI estimée sur D

Seuils décennaux sur l'île de La Réunion

Taille du domaine considéré et proportion de systèmes touchant l'île de La Réunion ($d < 50\text{km}$)

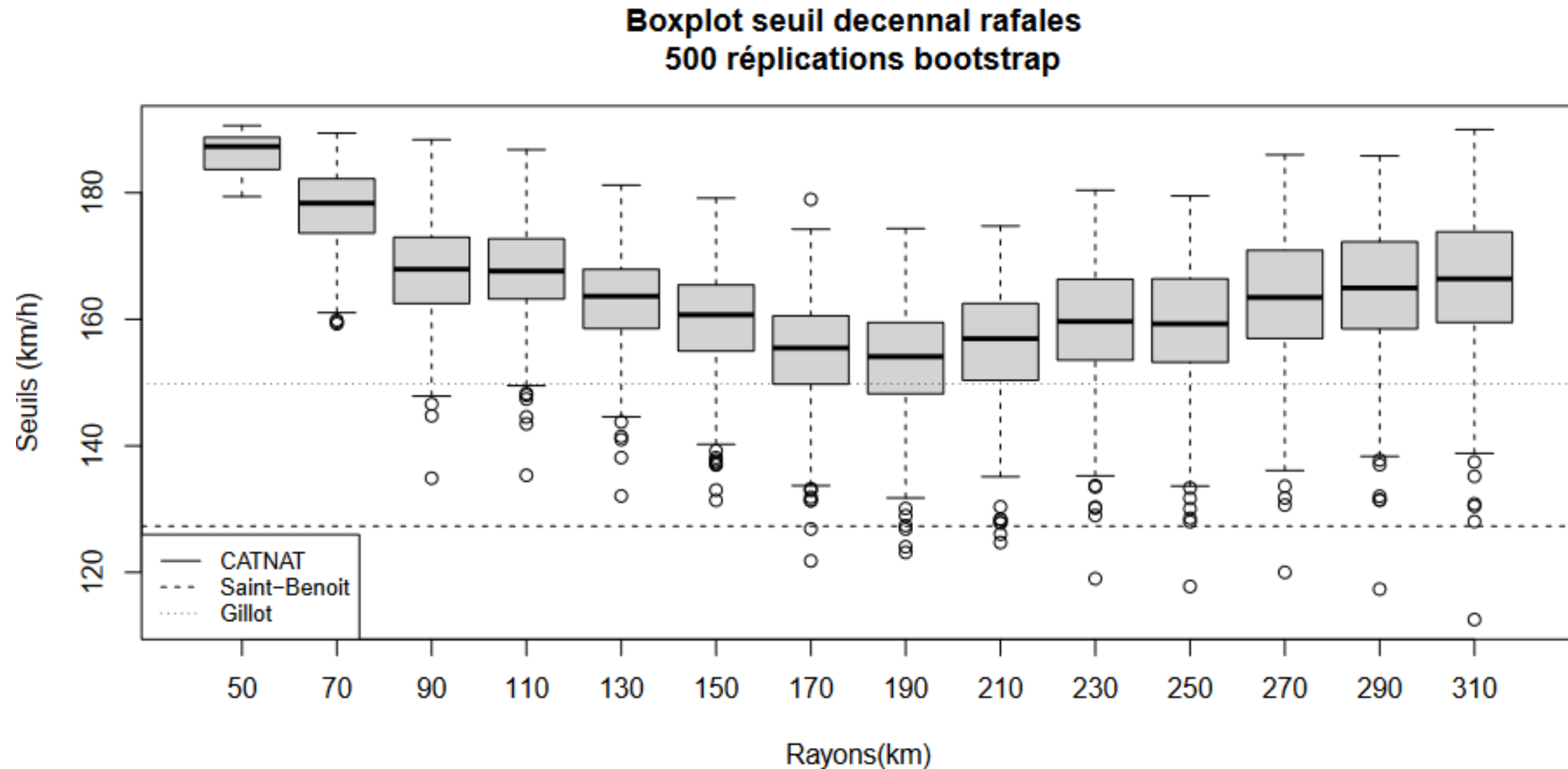


Ajustements GEV recalculés pour les différentes tailles de domaines (ici rayon 170km)



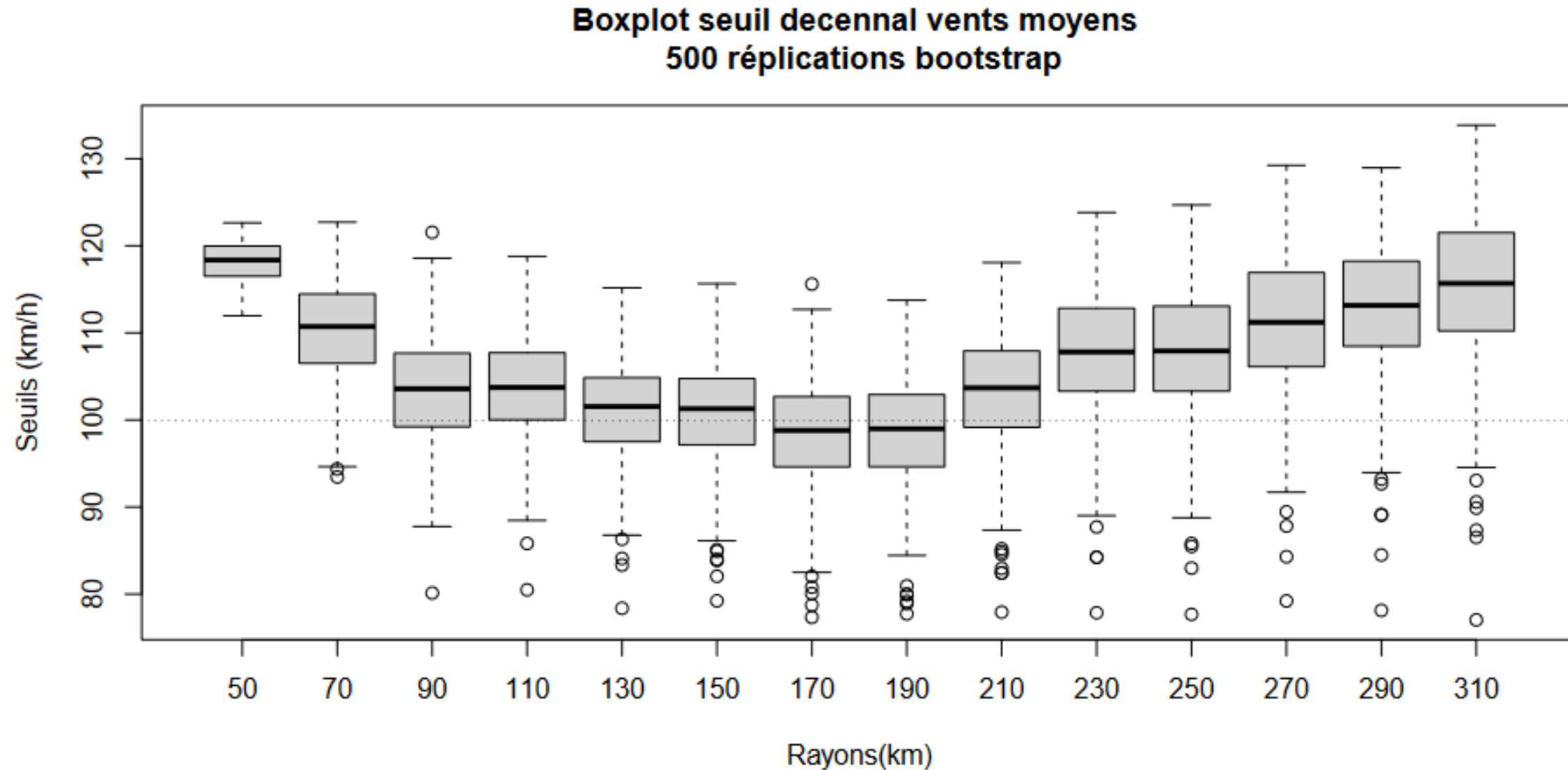
Seuils décennaux sur l'île de La Réunion

➤ Seuil décennal des rafales FXI en fonction du rayon du domaine considéré



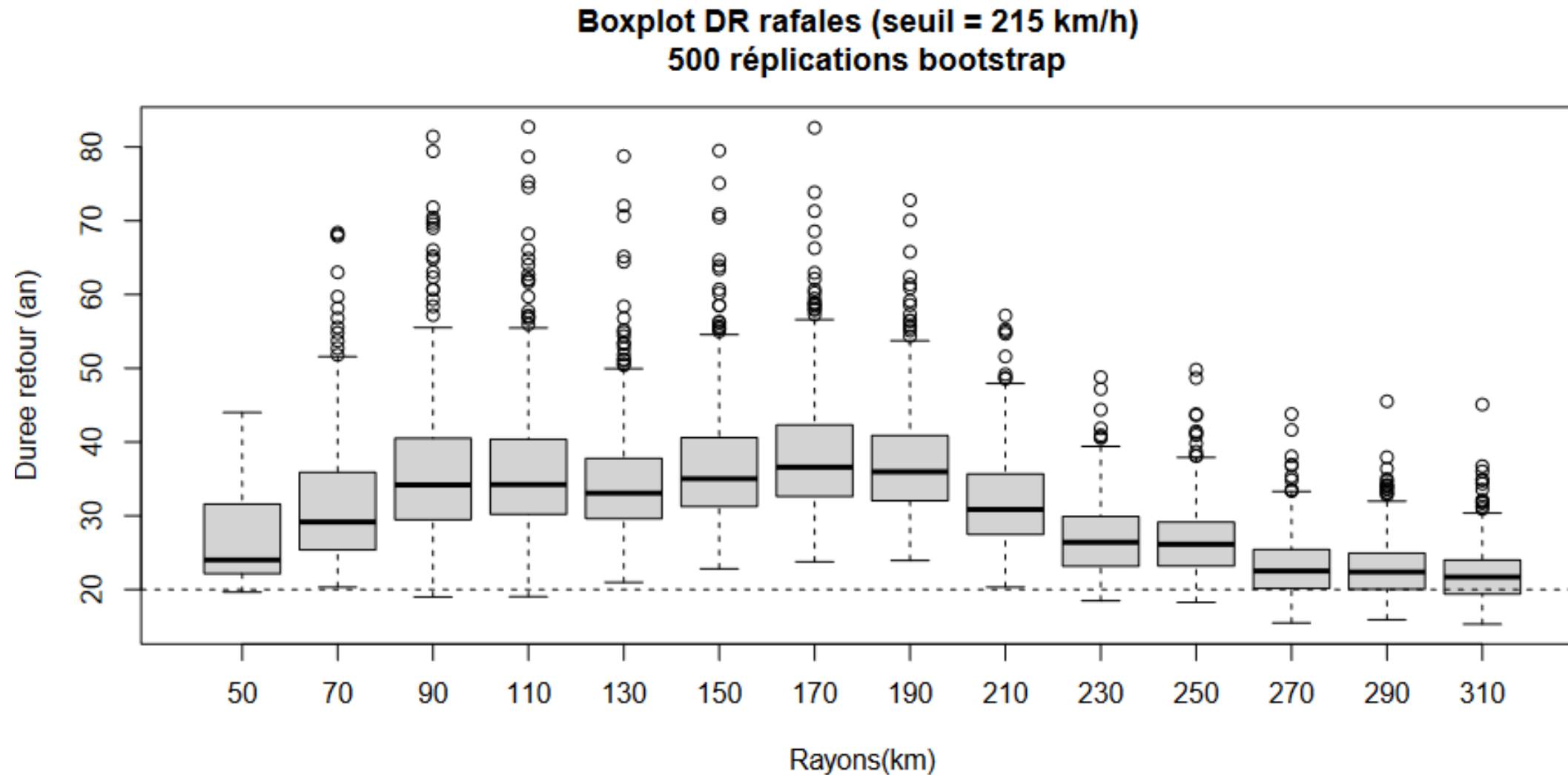
Seuils décennaux sur l'île de La Réunion

- Seuil décennal vent moyen FXY en fonction du rayon du domaine considéré



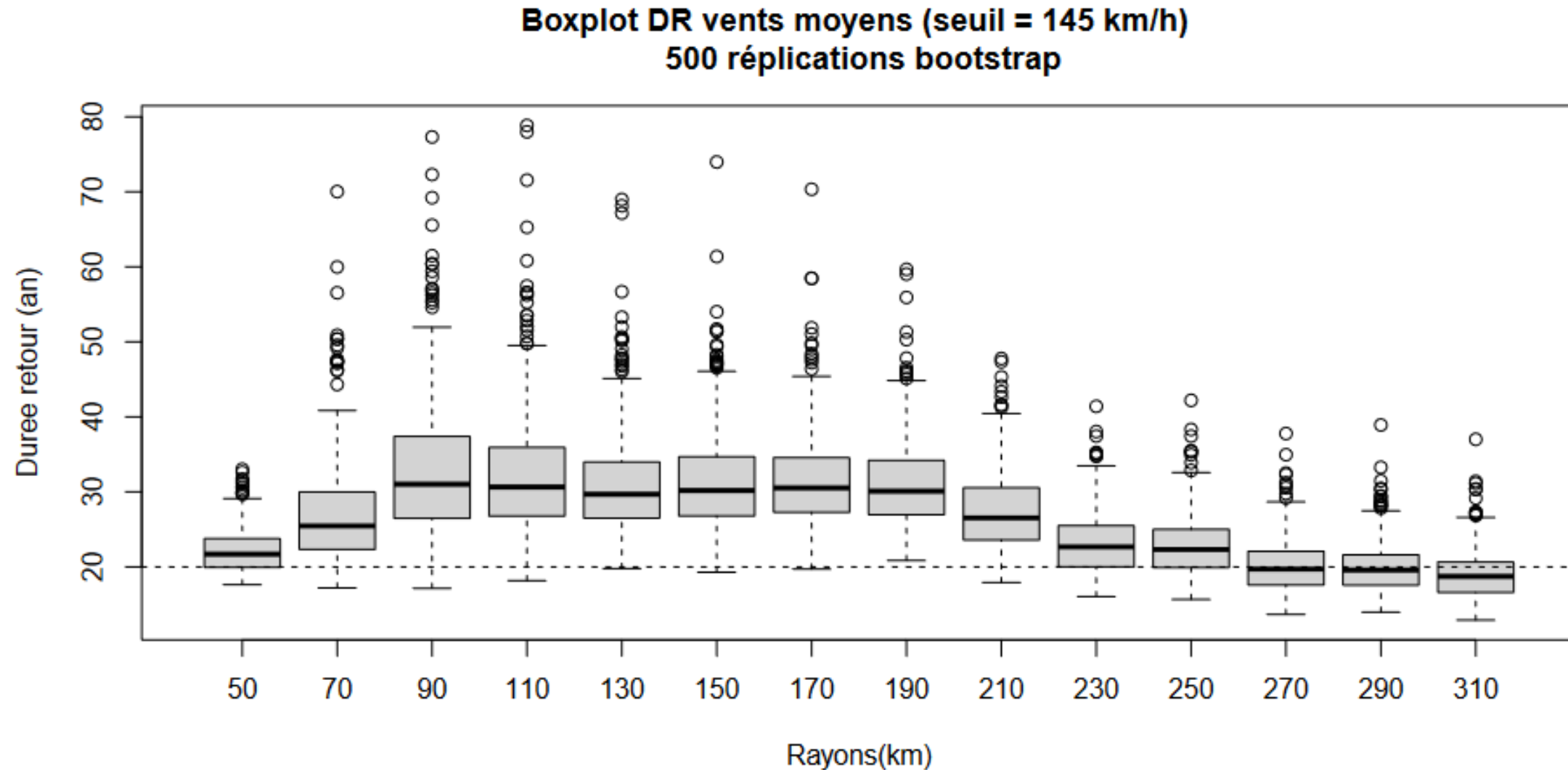
Durée de retour des seuils « CATNAT » sur l'île de La Réunion

➤ Seuil CATNAT rafales cycloniques = 215km/h



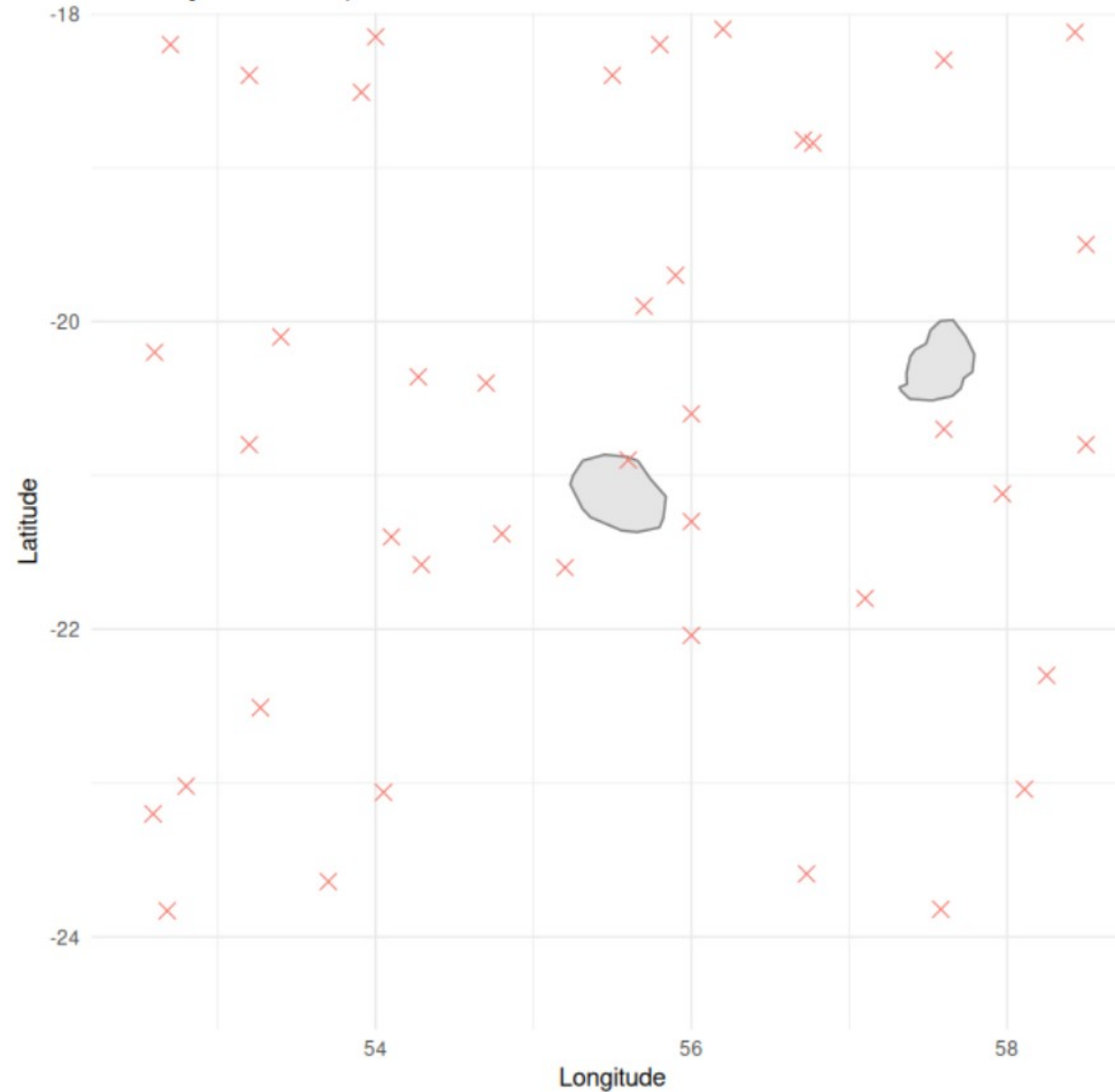
Durée de retour des seuils « CATNAT » sur l'île de La Réunion

➤ Seuil CATNAT vents moyens cycloniques FXY = 145km/h



Perspectives

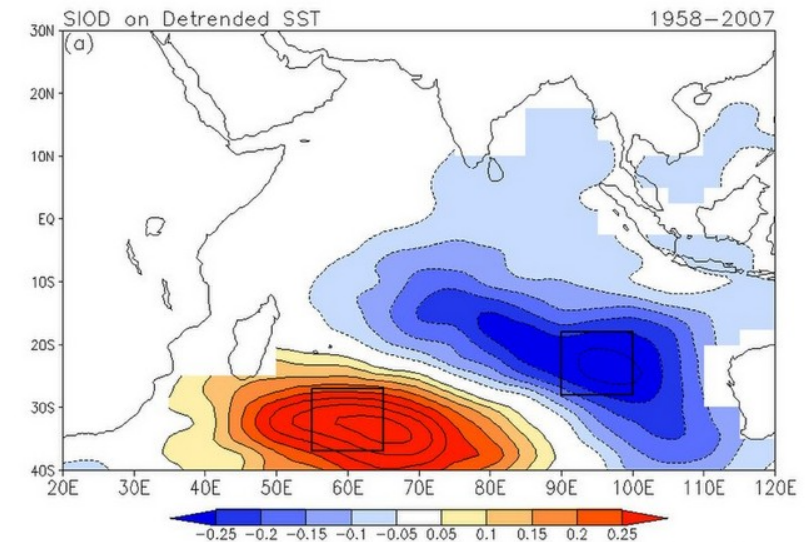
➤ Approches de type processus de Poisson ponctuels/processus de Poisson composés



Bonus (storm) track

➤ Etude de l'influence potentielle de facteurs climatiques de grande échelle sur les max annuels de FXY

- SST : Température de la surface de la mer
- IOD : Indian Ocean Dipole
- SIOD : Subtropical Indian Ocean Dipole
- NINO : indice ENSO
- SLP : Pression Mer
- cis_mean300_700 : cisaillement de vent 300-700hPa
- vort_850_mean : vorticité à 850hPa



➤ Prédicteurs moyennés sur tout le domaine d'étude et la saison cyclonique

Bonus (storm) track

➤ Modélisation VGAM des max annuels de FXY

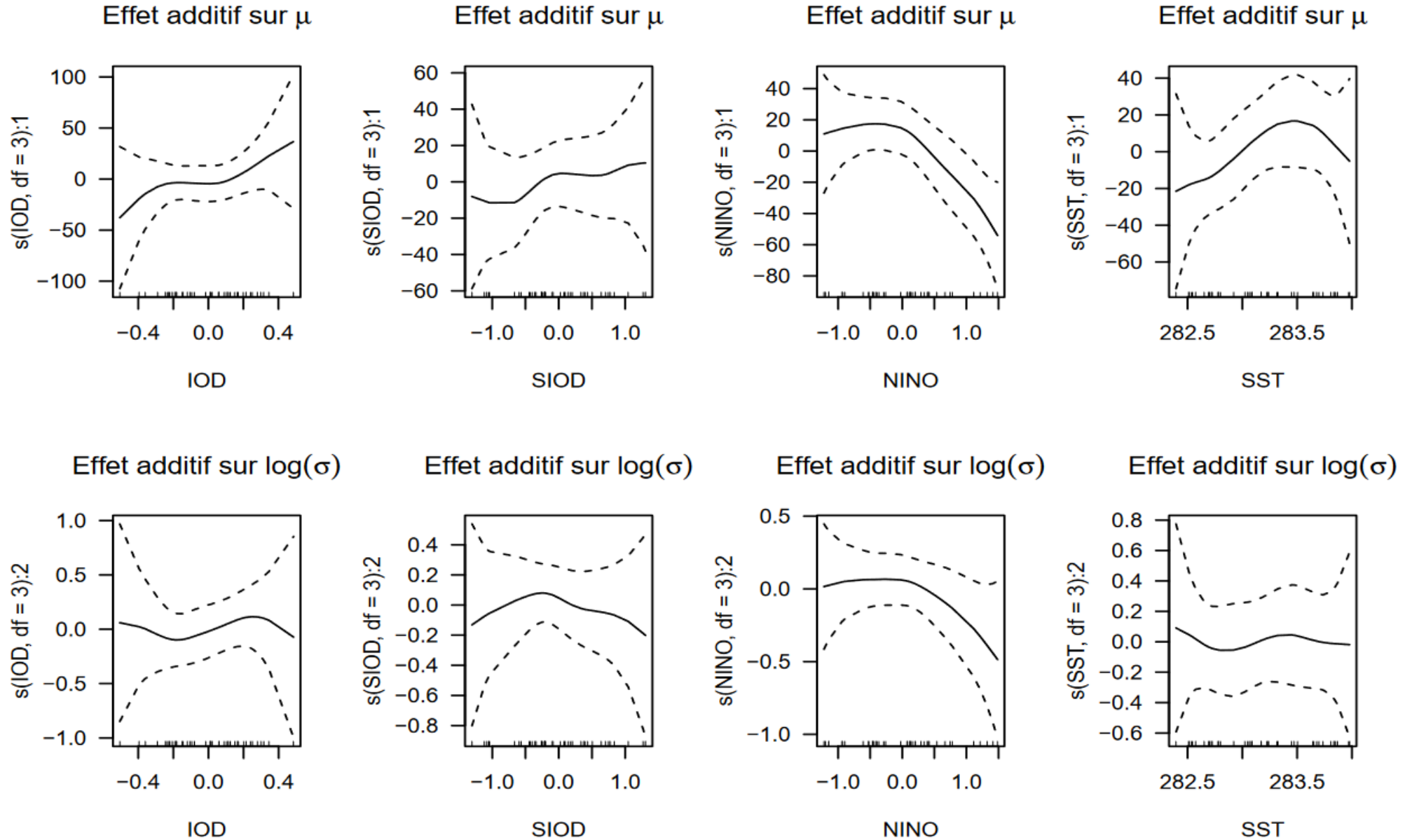
- Extension des GAM aux lois n'appartenant pas à la famille exponentielle
- Modélisation spline des paramètres de la GEV

$$\text{GEV}(\mu=c^\mu+S_1^\mu(X_1)+S_2^\mu(X_2) , \log(\sigma)=c^\sigma+S_1^\sigma(X_1)+s_4^\sigma(X_4) , \log(\xi+0,5)=c^\xi)$$

- Visualisation des effets additifs avec bandes de confiance
- Adapté à des modèles avec peu de prédicteurs
- Approche exploratoire plutôt que prédictive dans notre cas

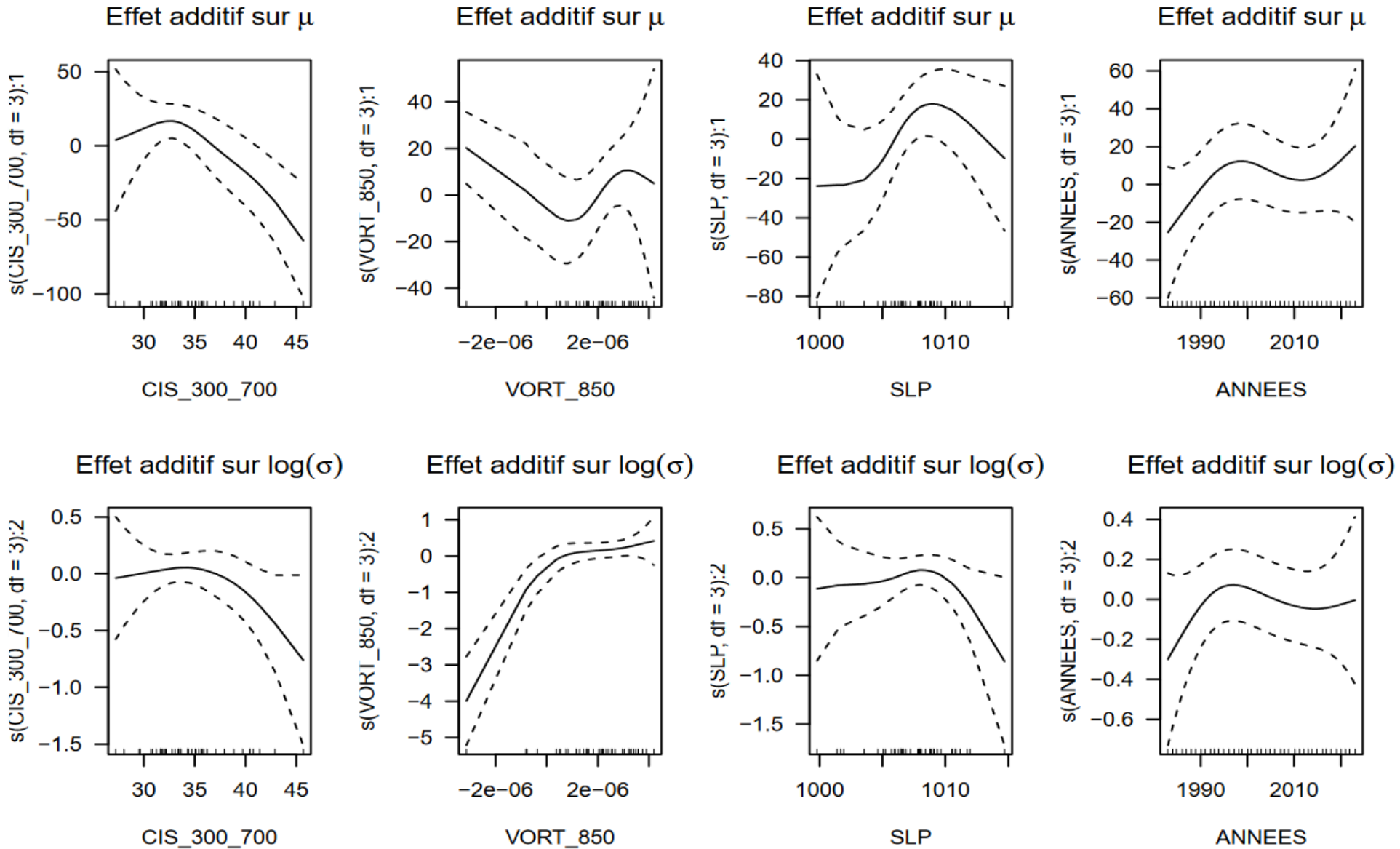
Bonus (storm) track

➤ Modélisation individuelle des paramètres



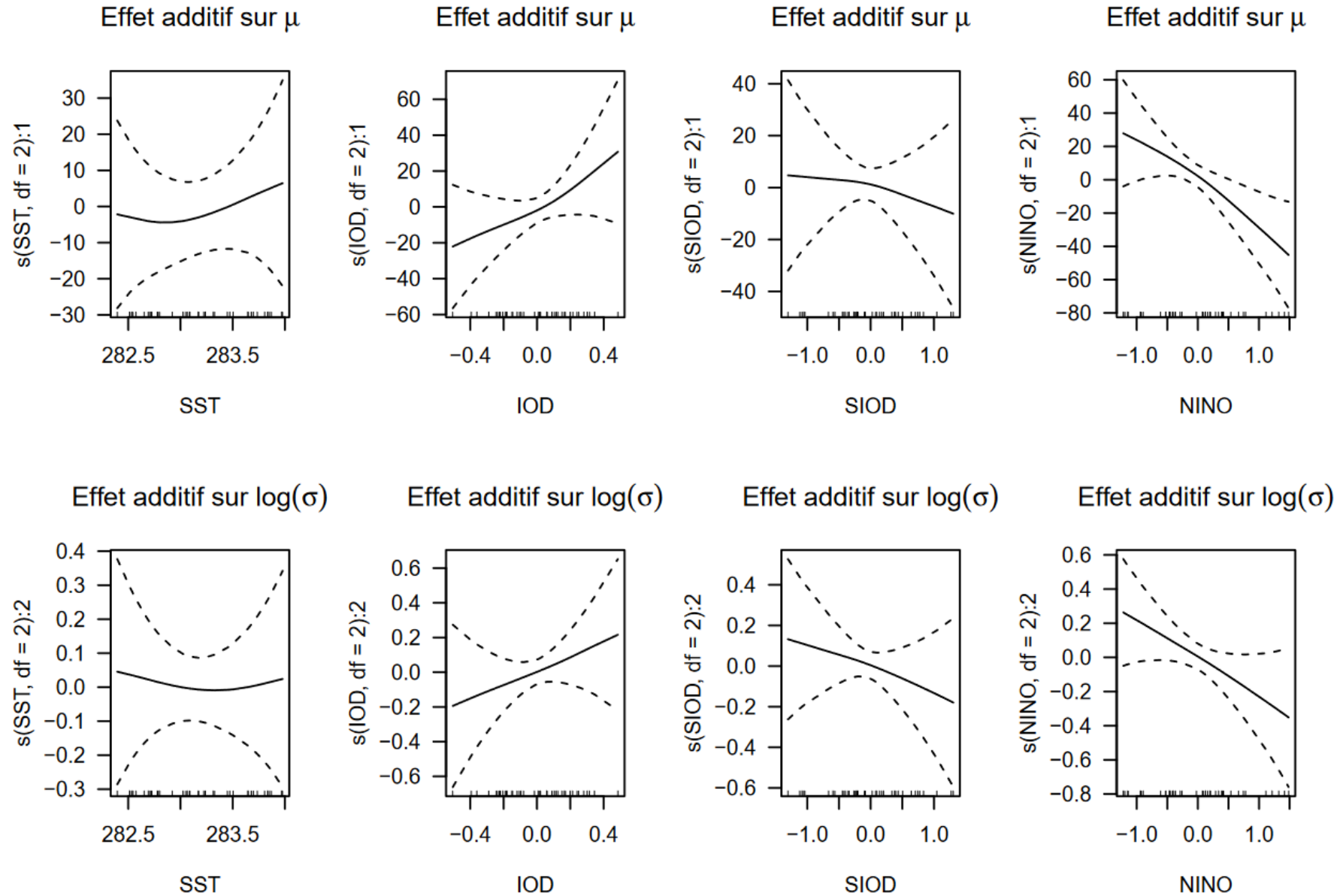
Bonus (storm) track

➤ Modélisation individuelle des paramètres



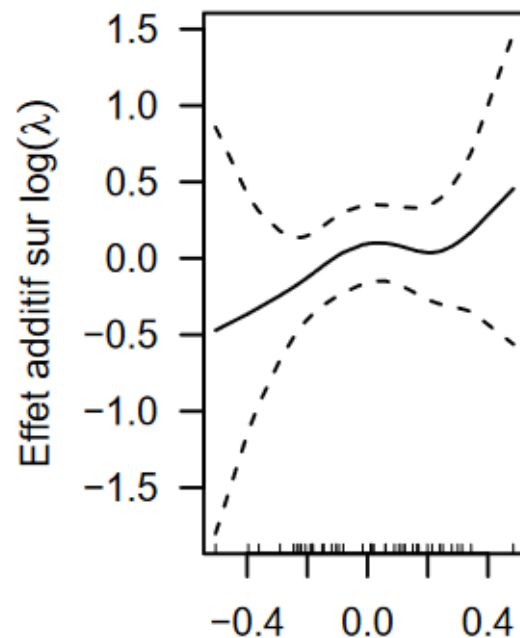
Bonus (storm) track

➤ Modélisation conjointe paramètres (df limité à 2)

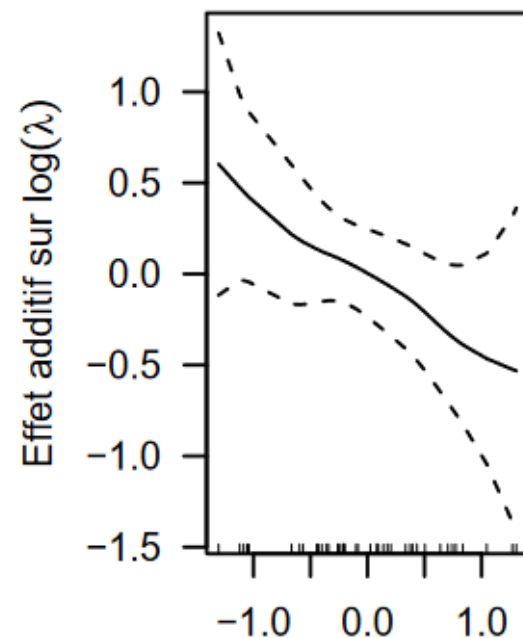


Bonus (storm) track

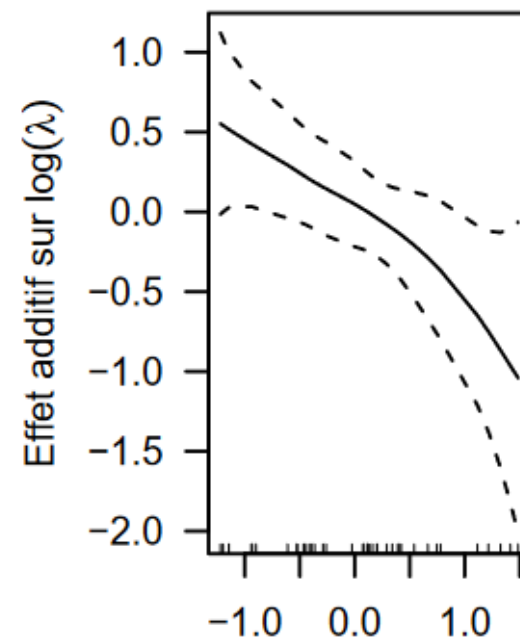
- Certains paramètres de grande échelle présentent du signal
Indice ENSO, Indian Ocean Dipole, SIOD
- Pas assez de données : le modèle prédictif est encore loin (pas montré ici)
- Modèle GAM sur le nombre de cyclones sur le domaine: en cours



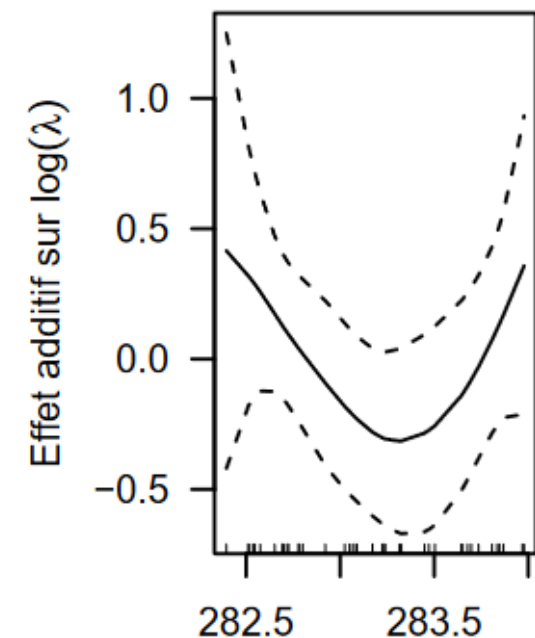
IOD



SIOD



NINO



SST

Conclusion

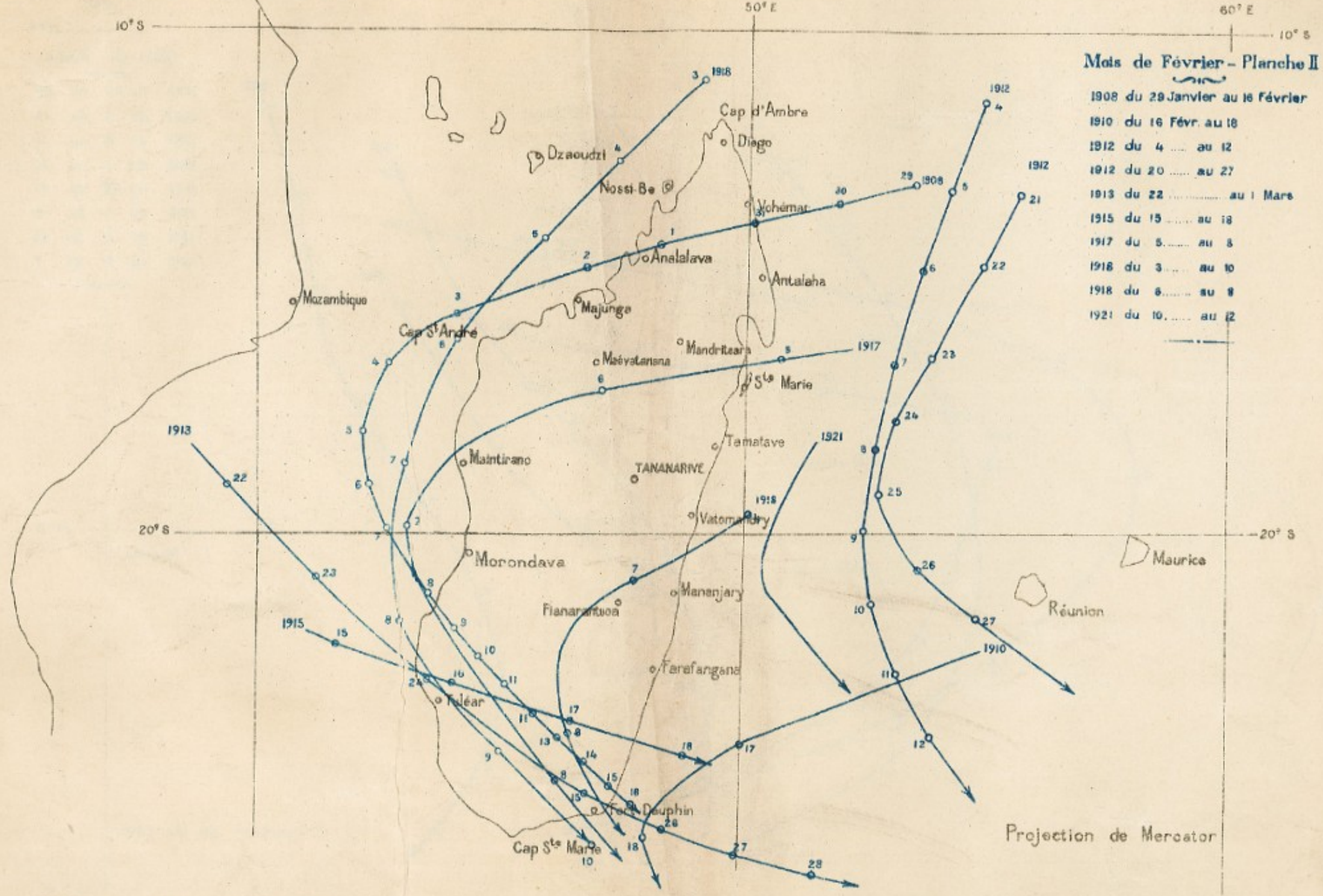
- **Méthode simple d'estimation des seuils de vents et rafales cycloniques qui compense le manque d'événements sur la période d'étude**
 - Estimation des seuils décennaux
 - Estimation des temps de retour des seuils « CATNAT »

- **A poursuivre avec des méthodes plus sophistiquées – traitement de l'aspect spatial en particulier et en incluant Garance dans l'échantillon**

- **Bonus track : jouer avec les modèles VGAM**

Bibliographie

- **Données Best Track : Centre Météorologique Régional Spécialisé de La Réunion**
- **Yee & Wild (1996), *Vector Generalized Additive Models*, JRSSB 58: 481-493**
- **Mestre & Hallegatte (2009), *Predictors of Tropical Cyclone Numbers and Extreme Hurricane Intensities over the North Atlantic Using Generalized Additive and Linear Models*. - J CLIMATE. 22. 633-648**
- **R packages : ismev, VGAM**



Lithographe du S.G. de Madag. 1926.

Merci pour votre attention !