

Modélisation du risque cyclonique dans les Antilles françaises

Franck Olivier YOMBI, Actuaire IA

Chargé des risques techniques

24 Juin 2016

Outline

1 Introduction Générale

■ Contexte

■ Problématique

■ Objectifs

2 Méthodologie

■ Les données utilisées

■ Construction du périmètre de l'étude

■ Les étapes de l'analyse

3 Résultats

■ Le Périmètre de l'étude

■ La fréquence de survenance

■ Les trajectoires

■ Intensité et Pertes

4 Conclusion

Introduction Générale

- Le risque cyclonique est une réelle menace dans les Antilles françaises ([Hugo en 1989](#) : 25000 sans-abris et 610 millions d'euros de dégâts).
- La couverture de réassurance non proportionnelle illimitée de la CCR ne s'intéresse pas spécifiquement aux Antilles françaises.
 - Activation de la couverture : Plus de 200% des primes collectées en France.
 - Antilles françaises un petit territoire mais plus risqué.

Outline

1 Introduction Générale

- Contexte
- **Problématique**
- Objectifs

2 Méthodologie

- Les données utilisées
- Construction du périmètre de l'étude
- Les étapes de l'analyse

3 Résultats

- Le Périmètre de l'étude
- La fréquence de survenance
- Les trajectoires
- Intensité et Pertes

4 Conclusion

Introduction Générale

Problématique

- Quelle peut-être la fréquence de survenance des cyclones dans les Antilles françaises ([Guadeloupe](#) et [Martinique](#)) ?
- Comment évaluer l'intensité des cyclones ?

Outline

1 Introduction Générale

- Contexte
- Problématique
- Objectifs

2 Méthodologie

- Les données utilisées
- Construction du périmètre de l'étude
- Les étapes de l'analyse

3 Résultats

- Le Périmètre de l'étude
- La fréquence de survenance
- Les trajectoires
- Intensité et Pertes

4 Conclusion

Introduction Générale

Objectifs

- Modéliser et simuler la fréquence de survenance des cyclones.
- Modéliser et simuler les cyclones ([Trajectoires](#) et [Caractéristiques physiques](#)).
- Evaluer l'intensité des cyclones simulés et déduire les pertes financières.



Outline

- 1 Introduction Générale
 - Contexte
 - Problématique
 - Objectifs
- 2 Méthodologie
 - Les données utilisées
 - Construction du périmètre de l'étude
 - Les étapes de l'analyse
- 3 Résultats
 - Le Périmètre de l'étude
 - La fréquence de survenance
 - Les trajectoires
 - Intensité et Pertes
- 4 Conclusion

Les données utilisées

Deux types de données

- Les données sur les cyclones historiques (1851-2014)
 - La fréquence d'observation : [Toutes les 6 heures](#)
 - Le repérage spatial : Longitude (Lon) et Latitude (Lat)
 - Le repérage temporel : Heure (Hr), Mois (Mo), Année (An)
 - La pression centrale (P), la vitesse maximale des vents (V_m) et le rayon associé (R_{max}),...
- Les données sur les sommes assurées ([Bâtiments et Contenus](#))

Outline

1 Introduction Générale

- Contexte
- Problématique
- Objectifs

2 Méthodologie

- Les données utilisées
- Construction du périmètre de l'étude
- Les étapes de l'analyse

3 Résultats

- Le Périmètre de l'étude
- La fréquence de survenance
- Les trajectoires
- Intensité et Pertes

4 Conclusion



Construction du périmètre de l'étude

Choix d'analyse

- L'historique de l'étude :1970-2014.
- La distance maximale d'influence d'un cyclone :1500 Km.
- Le type de cyclones retenu :Les ouragans ($V_m \geq 118\text{Km/h}$).

Outline

1 Introduction Générale

- Contexte
- Problématique
- Objectifs

2 Méthodologie

- Les données utilisées
- Construction du périmètre de l'étude
- Les étapes de l'analyse

3 Résultats

- Le Périmètre de l'étude
- La fréquence de survenance
- Les trajectoires
- Intensité et Pertes

4 Conclusion



Les étapes de l'analyse

Les principales étapes

- La simulation des trajectoires
 - Analyse de la fréquence
 - Analyse des points initiaux
 - Estimation des probabilités de transition
- Modélisation et simulation des caractéristiques physiques (P , V_m et R_{max})
- Courbes de vulnérabilité et pertes générées

Les étapes de l'analyse

Simulation des trajectoires : Chaînes de Markov (1)

- La chaîne de Markov homogène $(X_n)_{n \in \mathbb{N}}$ est entièrement déterminée par la loi initiale X_0 (issue des points initiaux simulés) et la matrice des probabilités de transition $Q = (q_{i,j})$
- La probabilité de simuler un cyclone passant successivement par (x_0, x_1, \dots, x_n) est donnée par la relation :

$$P(X_0 = x_0, \dots, X_n = x_n) = P(X_0 = x_0) * q_{x_0, x_1} * \dots * q_{x_{n-1}, x_n}$$

$$\forall n \in \mathbb{N} \text{ et } \forall (x_0, x_1, \dots, x_{n+1}) \in \Omega^{n+2} \text{ où } \Omega \text{ est l'ensemble des états de la chaîne.}$$

Les étapes de l'analyse

Simulation des trajectoires : Chaînes de Markov (2)

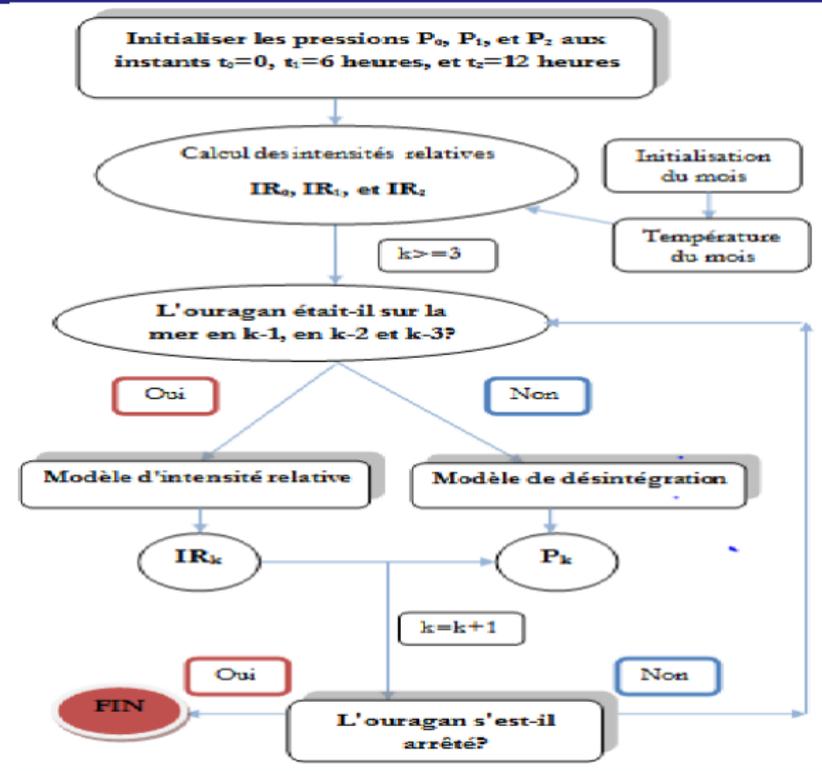
- Construction des états de la chaîne de Markov
 - Chaque pas d'un cyclone $r_i = (Lon_i, Lat_i)$ est identifié par un état $k = E_i$
 - $E_i = 108 * [Lat_i - 7] + [|Lon_i|] + 1$
- La probabilité empirique de transition d'un état i vers un état j est donnée par $q_{i,j} = \frac{\text{Nombre de passage de } i \text{ à } j}{\text{Nombre de passage par } i}$

Les étapes de l'analyse

Modélisation et simulation des caractéristiques des ouragans

- Modéliser la pression **sur les océans** (modèle d'intensité relative) et **sur les terres** (Modèle de désintégration).
- Estimation de la relation **f** entre pression centrale et vitesse maximale des vents : $V_m = f(P) + \epsilon$ (1).
- Estimation de la relation **g** entre le rayon du vent de vitesse maximale et les autres caractéristiques de l'ouragan : $R_{max}^t = g(V_m, Lon, Lat, Mo, An, R_{max}^{t-1}) + \epsilon$ (2).
- Simuler $P + (1) \Rightarrow$ Simuler V_m
- Simuler $P + (2) \Rightarrow$ Simuler R_{max}

Les étapes de l'analyse



Les étapes de l'analyse

Intensité des ouragans et Vulnérabilité des biens

- Calcul des vitesses de vents d'atteintes des îles (V_G et V_M)
 - $V_G(r) = V_M \frac{2rR_{max}}{r^2 + R_{max}^2}$
 - r : distance de l'oeil de l'ouragan à la terre (Guadeloupe)
- Transformation de ces vitesses en Taux de destruction (T^k ; $k = B, C$)
 - Courbes de vulnérabilité des Bâtiments f^B et des Contents f^C
 - $T^k = f^k(V)$; $k = B, C$

Les étapes de l'analyse

Vulnérabilité des biens et Pertes générées

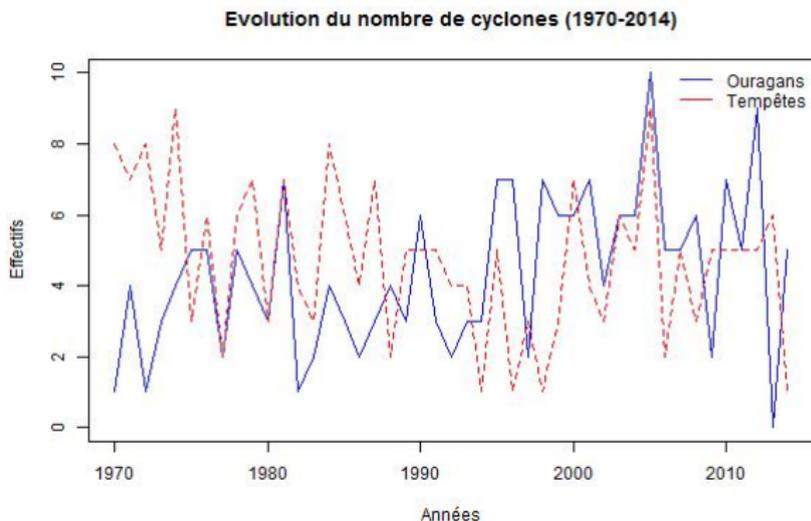
- Transformation des taux de destruction en pertes financières.
 - Taux de destruction des bâtiments (T^B)
 - Taux de destruction des contenus (T^C)
 - Franchises (Fch)
- La perte générée par l'ouragan j pour un contrat i
 - $Perte_{i,j} = \sum_{k=B}^C \max((SA_i^k \times T_j^k - Fch), 0)$
 - SA_i^k est la somme assurée du contrat i pour le bien k ; $k = B, C$

Outline

- 1 Introduction Générale
 - Contexte
 - Problématique
 - Objectifs
- 2 Méthodologie
 - Les données utilisées
 - Construction du périmètre de l'étude
 - Les étapes de l'analyse
- 3 Résultats
 - Le Périmètre de l'étude
 - La fréquence de survenance
 - Les trajectoires
 - Intensité et Pertes
- 4 Conclusion

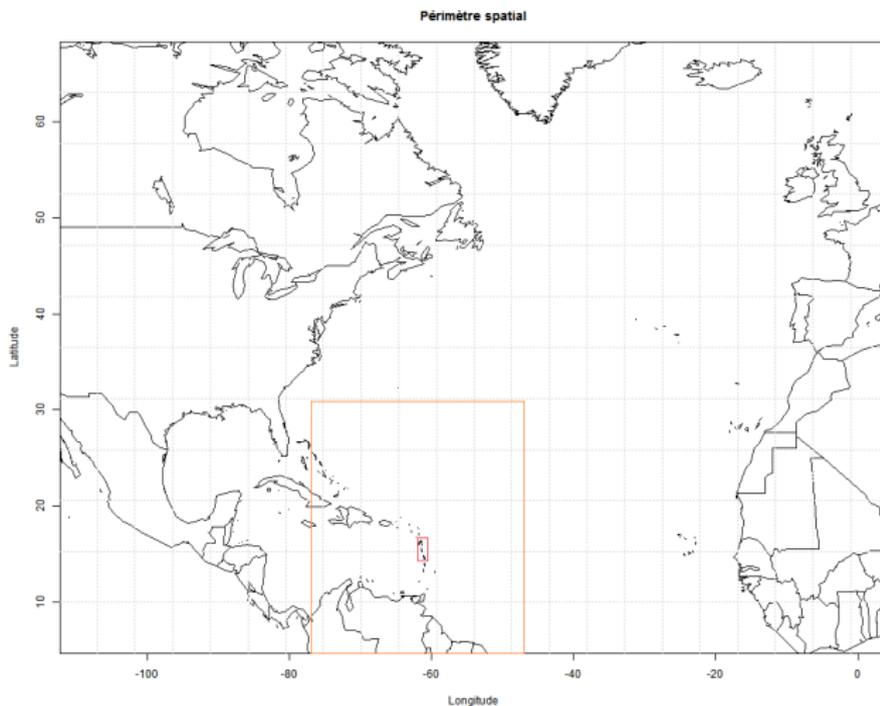
Le Périmètre de l'étude

Périmètre temporel





La fréquence de survenance

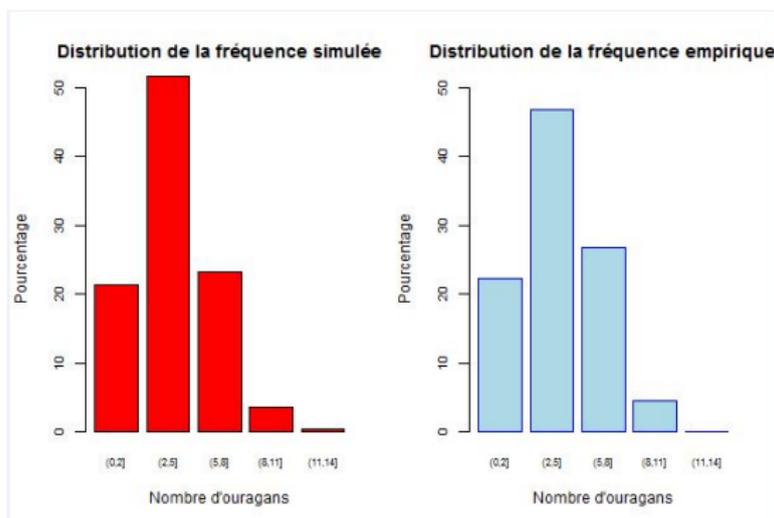


Outline

- 1 Introduction Générale
 - Contexte
 - Problématique
 - Objectifs
- 2 Méthodologie
 - Les données utilisées
 - Construction du périmètre de l'étude
 - Les étapes de l'analyse
- 3 Résultats
 - Le Périmètre de l'étude
 - La fréquence de survenance
 - Les trajectoires
 - Intensité et Pertes
- 4 Conclusion

La fréquence de survenance

$$N \sim P(4, 33)$$

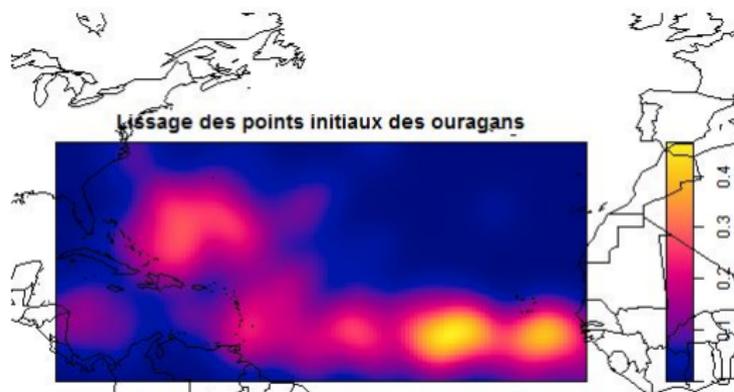


Outline

- 1 Introduction Générale
 - Contexte
 - Problématique
 - Objectifs
- 2 Méthodologie
 - Les données utilisées
 - Construction du périmètre de l'étude
 - Les étapes de l'analyse
- 3 Résultats
 - Le Périmètre de l'étude
 - La fréquence de survenance
 - **Les trajectoires**
 - Intensité et Pertes
- 4 Conclusion

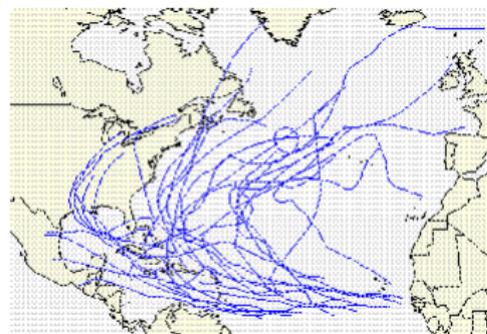
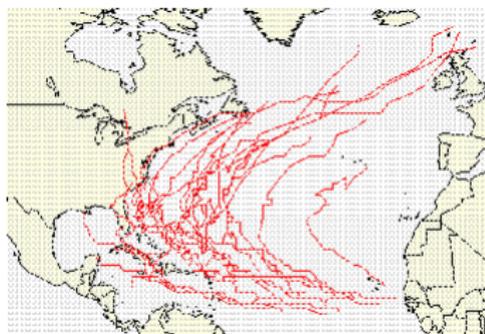
Les trajectoires

Densité des points initiaux



Les trajectoires

Trajectoires simulées (rouge) et empiriques (bleu)



Forme et longueur moyenne similaires à celles de l'historique

Outline

1 Introduction Générale

- Contexte
- Problématique
- Objectifs

2 Méthodologie

- Les données utilisées
- Construction du périmètre de l'étude
- Les étapes de l'analyse

3 Résultats

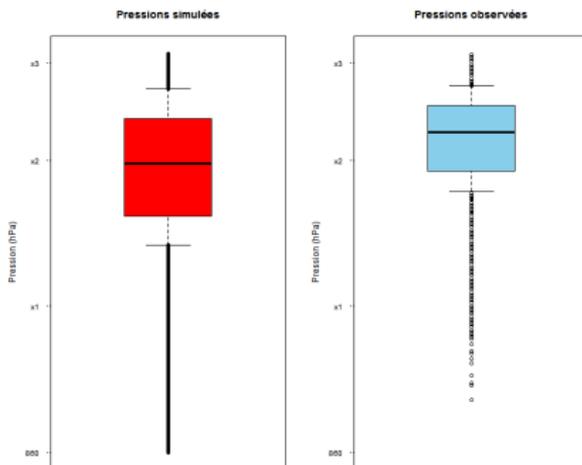
- Le Périmètre de l'étude
- La fréquence de survenance
- Les trajectoires
- Intensité et Pertes

4 Conclusion



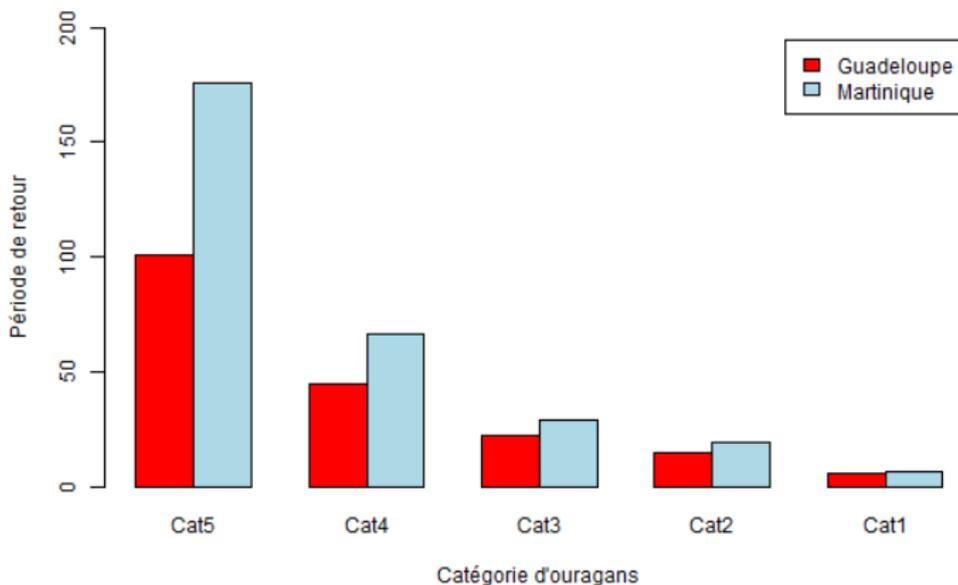
Intensité et Pertes

La pression



Intensité et Pertes

Période de retour

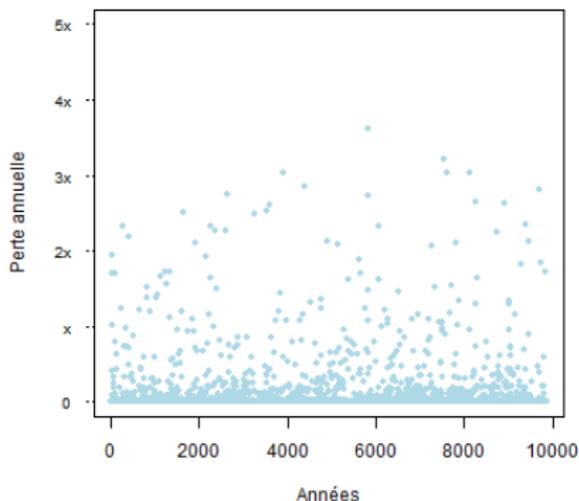




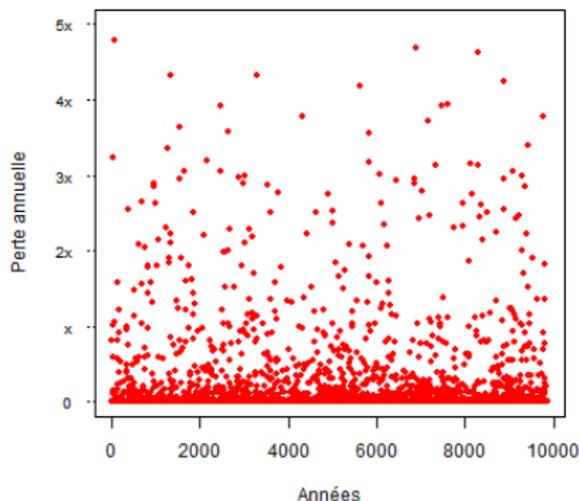
Intensité et Pertes

Pertes

Distribution des pertes annuelles en Martinique



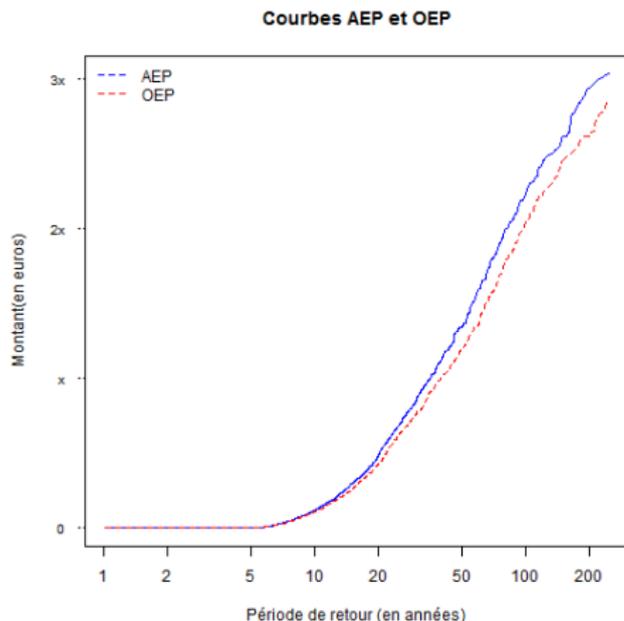
Distribution des pertes annuelles en Guadeloupe





Intensité et Pertes

Courbes AEP et OEP



Conclusion

- Les ouragans sont plus intenses en Guadeloupe
- Les ouragans intenses sont plus fréquents en Guadeloupe
- **Ouverture** : Optimisation des fonds propres.

MERCI POUR VOTRE
AIMABLE ATTENTION