

# Caractérisation des précipitations convectives générées par le MRCC pour la période [1961;2100]

Jonathan Jalbert

Jean-François Angers  
Claude Bélisle  
Anne-Catherine Favre

# Introduction

## Objectif général

---

- Travaux qui s'inscrivent dans l'objectif de caractériser les précipitations intenses.
  - Déterminer la non-stationnarité et la régionalité des précipitations convectives afin d'orienter l'analyse fréquentielle
- Hypothèses
  - La non-stationnarité des précipitations convectives intenses est similaire à celle des intensités moyennes.
  - La dépendance spatiale des précipitations convectives intenses est similaire à celle des intensités moyennes.

# Introduction

## Objectif général

---

- La caractérisation s'effectuera par l'élaboration de modèles probabilistes :
  - Description du mécanisme de génération des données par une réalisation d'une variable aléatoire ;
  - Extraction de l'information contenue dans les séries de données.

# Introduction

## Description des données

	Modèle	Domaine	Scénario	Pilote
aet	MRCC 4.2.3	amno	a2	CGCM 3.1 # 4
aev	MRCC 4.2.3	amno	a2	CGCM 3.1 # 5

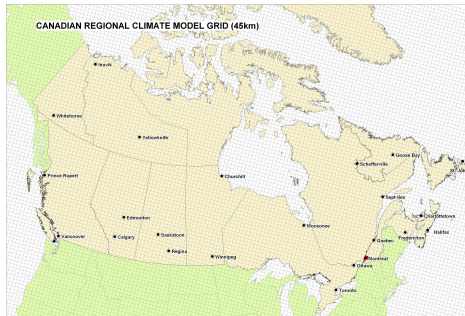
Dans cette présentation, les résultats sont illustrés uniquement pour la tuile du MRCC représentant **Montréal**. Les données sont fournies par le consortium Ouranos.



# Introduction

## Domaine du MRCC

Partie du domaine AMNO du MRCC qui recouvre le Canada. La tuile de couleur rouge est celle dont les résultats sont illustrés dans cette présentation.



# Introduction

## Paradigme bayésien

---

- Tous les modèles statistiques seront ajustés sous le paradigme bayésien
  - ▶ Le conditionnement est naturel
  - ▶ La sélection de modèle est exempte de condition
- Les lois *a priori* sont spécifiées par la simulation *aev*
- L'analyse statistique sera complétée sur la simulation *aet*

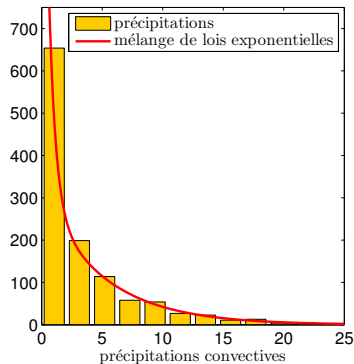
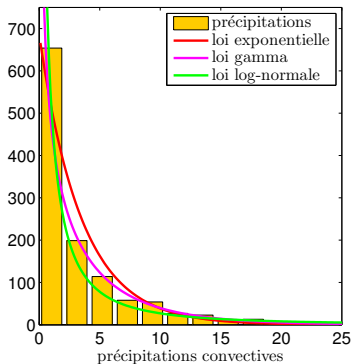
# PRÉCIPITATIONS CONVECTIVES POUR LA PÉRIODE [1961 ;1970]

Sous-période pour laquelle la stationnarité est supposée.

- ▶ Utile pour identifier un modèle de base.

# Précipitations convectives [1961; 1970]

## Histogrammes





# Précipitations convectives [1961; 1970]

## Distributions

Les distributions théoriques classiques

- sous-estiment les probabilités d'occurrence des précipitations de faible intensité ;
- surestiment les probabilités d'occurrence des précipitations de forte intensité.

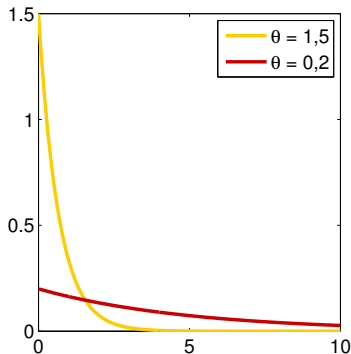
Mélange de lois

# Précipitations convectives [1961; 1970]

## Lois exponentielles

Si  $X \sim \text{Exp}(\theta)$

- $f_X(x) = \theta e^{-\theta x}$  ;
- $\mathbb{E}[X] = \frac{1}{\theta}$  ;
- $\text{Var}[X] = \frac{1}{\theta^2}$ .



# Précipitations convectives [1961; 1970]

## Mélange de lois exponentielles

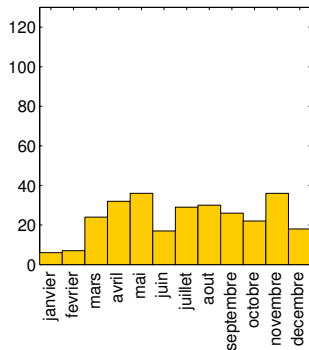
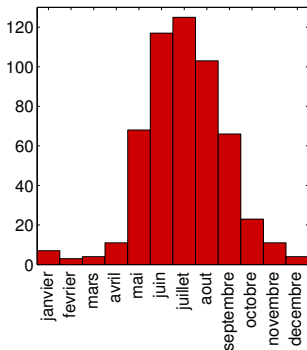
La densité d'une variable aléatoire  $X$  provenant d'un mélange de lois exponentielles s'écrit

$$f_2(x|w, \theta_0, \theta_1) = \begin{cases} (1-w)\theta_0 e^{-\theta_0 x} + w\theta_1 e^{-\theta_1 x} & \text{si } x \geq 0 \\ 0 & \text{si } x < 0. \end{cases}$$

- $\theta_0$  : intensité du régime de faible intensité;
- $\theta_1$  : intensité du régime de forte intensité;
- $w$  : proportion des deux régimes.

# Précipitations convectives [1961; 1970]

Régimes d'intensité



# PRÉCIPITATIONS CONVECTIVES POUR LA PÉRIODE [1961 ; 2100]

Extensions non stationnaires du mélange de lois exponentielles

# Précipitations convectives [1961; 2100]

## Modèles non stationnaires

Trois extensions non stationnaires naturelles du mélange de lois exponentielles :

- Modèle  $\mathcal{M}_3$  :
  - ▶ Les intensités des régimes évoluent dans le temps ;
- Modèle  $\mathcal{M}_4$  :
  - ▶ La proportion des régimes évoluent dans le temps ;
- Modèle  $\mathcal{M}_5$  :
  - ▶ Les intensités et la proportion des régimes évoluent dans le temps.

# Précipitations convectives [1961; 2100]

## Nomenclature des modèles

Modèle	Description
$\mathcal{M}_1$ :	loi gamma où aucun paramètre ne varie dans le temps ;
$\mathcal{M}_2$ :	mélange de lois exponentielles où aucun paramètre ne varie dans le temps ;
$\mathcal{M}_3$ :	mélange de lois exponentielles où les intensités des régimes évoluent avec le temps ;
$\mathcal{M}_4$ :	mélange de lois exponentielles où la proportion des régimes évoluent avec le temps ;
$\mathcal{M}_5$ :	mélange de lois exponentielles où l'intensité des régimes et la proportion de ceux-ci évoluent avec le temps.

# Précipitations convectives [1961; 2100]

Modèle  $\mathcal{M}_3$

La densité d'une variable aléatoire  $X$  observée au temps  $t$  provenant de ce modèle s'écrit

$$f_3(x|\alpha_0, \alpha_1, \beta_0, \beta_1, w, t) = \begin{cases} (1-w)\theta_0(t)e^{-\theta_0(t)x} + w\theta_1(t)e^{-\theta_1(t)x} & \text{si } x \geq 0; \\ 0 & \text{sinon,} \end{cases}$$

où

$$\theta_0(t) = \alpha_0 \cdot \alpha_1^t; \quad \alpha_0 > 0, \quad \alpha_1 > 0;$$

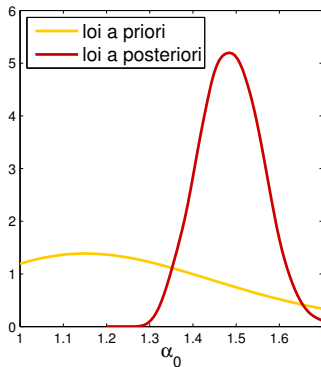
$$\theta_1(t) = \beta_0 \cdot \beta_1^t; \quad \beta_0 > 0, \quad \beta_1 > 0.$$



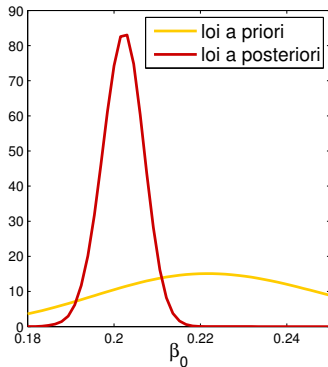
# Précipitations convectives [1961; 2100]

Lois *a priori* et *a posteriori* du modèle  $M_3$

Faible intensité



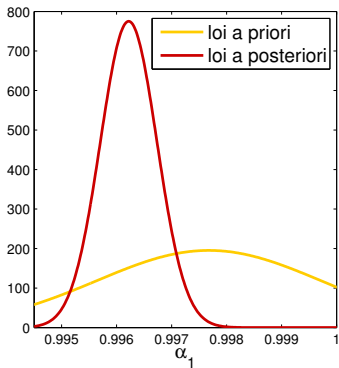
Forte intensité



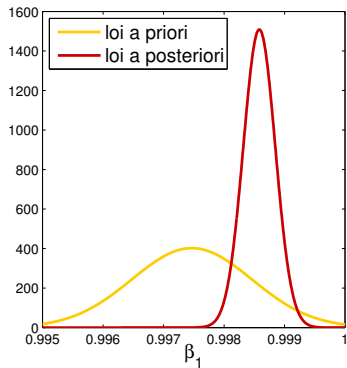
# Précipitations convectives [1961; 2100]

Lois *a priori* et *a posteriori* du modèle  $M_3$

Faible intensité



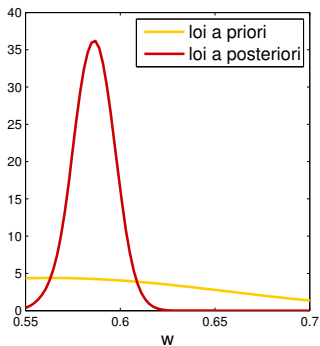
Forte intensité



# Précipitations convectives [1961; 2100]

*Lois a priori et a posteriori du modèle  $M_3$*

Proportion des régimes



# Précipitations convectives [1961; 2100]

Modèle  $\mathcal{M}_4$

La densité d'une variable aléatoire  $X$  observée au temps  $t$  provenant de ce modèle s'écrit

$$f_4(x|\theta_0, \theta_1, a, b, t) = \begin{cases} (1 - w(t)) \theta_0 e^{-\theta_0 x} + w(t) \theta_1 e^{-\theta_1 x} & \text{si } x \geq 0; \\ 0 & \text{sinon,} \end{cases}$$

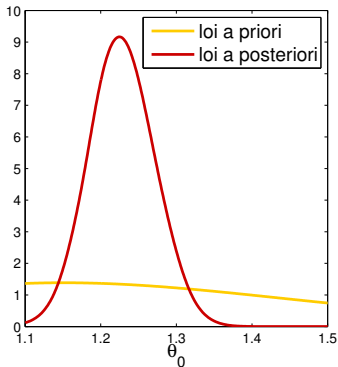
où

$$w(t) = \frac{\exp(a + bt)}{1 + \exp(a + bt)}.$$

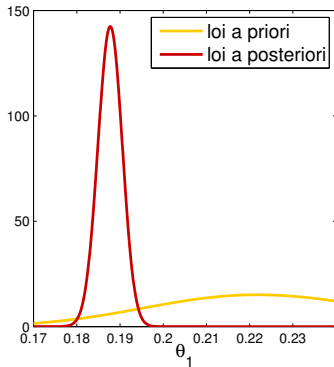
# Précipitations convectives [1961; 2100]

*Lois a priori et a posteriori du modèle  $M_4$*

Faible intensité

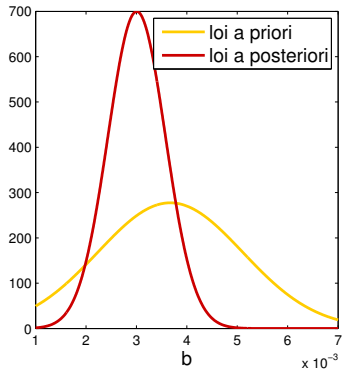
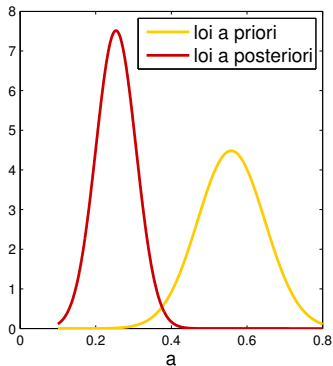


Forte intensité



# Précipitations convectives [1961; 2100]

*Lois a priori et a posteriori du modèle  $M_4$*



# Précipitations convectives [1961; 2100]

Modèle  $\mathcal{M}_5$

La densité d'une variable aléatoire  $X$  observée au temps  $t$  provenant de ce modèle s'écrit

$$f_5(x|\alpha_0, \alpha_1, \beta_0, \beta_1, a, b, t) = \begin{cases} (1 - w(t)) \theta_0(t) e^{-\theta_0(t)x} + w(t) \theta_1(t) e^{-\theta_1(t)x} & \text{si } x \geq 0; \\ 0 & \text{sinon,} \end{cases}$$

$$\text{où } \theta_0(t) = \alpha_0 \cdot \alpha_1^t; \alpha_0 > 0, \alpha_1 > 0;$$

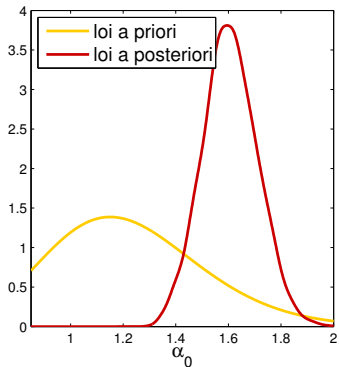
$$\theta_1(t) = \beta_0 \cdot \beta_1^t; \beta_0 > 0, \beta_1 > 0;$$

$$w(t) = \frac{\exp(a + bt)}{1 + \exp(a + bt)}.$$

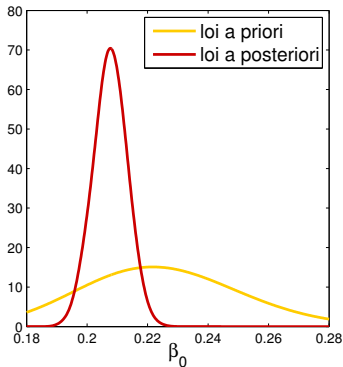
# Précipitations convectives [1961; 2100]

*Lois a priori et a posteriori du modèle  $M_5$*

Faible intensité



Forte intensité

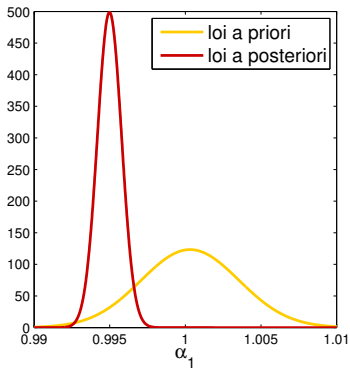




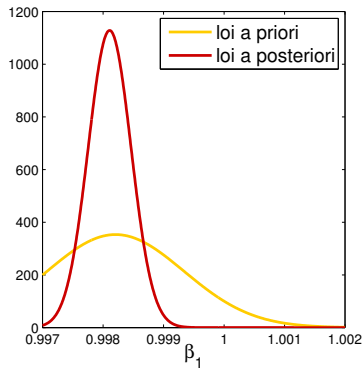
# Précipitations convectives [1961; 2100]

*Lois a priori et a posteriori du modèle  $M_5$*

Faible intensité

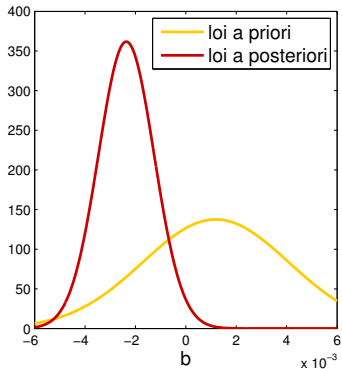
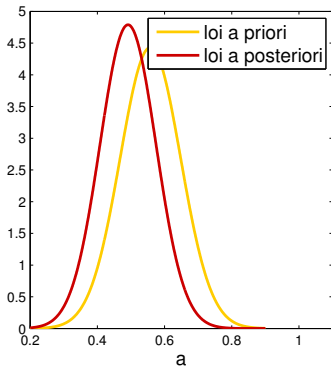


Forte intensité



# Précipitations convectives [1961; 2100]

Lois *a priori* et *a posteriori* du modèle  $M_5$



# Précipitations convectives [1961; 2100]

## Sélection du meilleur modèle

---

Le meilleur modèle est celui

- dont tous les paramètres sont significatifs
- qui s'ajuste le mieux aux données

Cette procédure permet d'extraire le **maximum d'information** de la série de données tout en conservant le **moins de paramètres** possibles.

# Précipitations convectives [1961; 2100]

Modèle sélectionné

Modèle	Description
$\mathcal{M}_1$ :	loi gamma où aucun paramètre ne varie dans le temps ;
$\mathcal{M}_2$ :	mélange de lois exponentielles où aucun paramètre ne varie dans le temps ;
$\mathcal{M}_3$ :	mélange de lois exponentielles où les intensités des régimes évoluent avec le temps ;
$\mathcal{M}_4$ :	mélange de lois exponentielles où la proportion des régimes évoluent avec le temps ;
$\mathcal{M}_5$ :	mélange de lois exponentielles où l'intensité des régimes et la proportion de ceux-ci évoluent avec le temps.

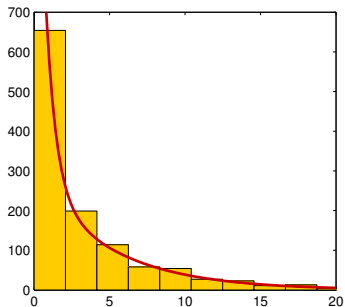
# CARACTÉRISATION DE LA NON-STATIONNARITÉ POUR LA PÉRIODE [1961 ; 2100]

Par l'évolution des paramètres du modèle  $\mathcal{M}_3$

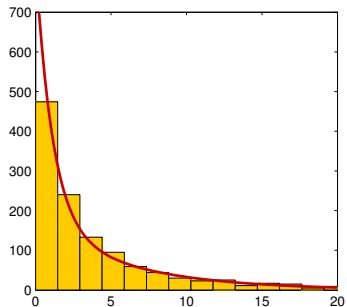
# Non-stationnarité

Histogramme des données et loi théorique  $f_3$

[1961; 1970]

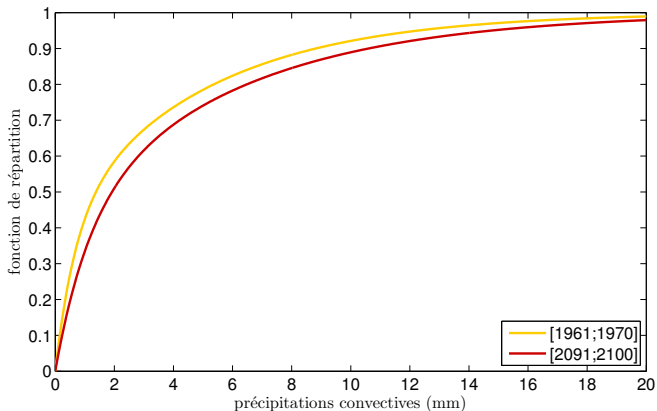


[2091; 2100]



# Non-stationnarité

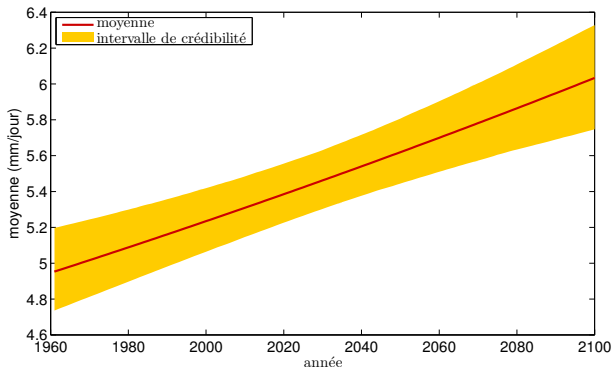
Fonction de répartition du modèle  $\mathcal{M}_3$



# Non-stationnarité

## Évolution de la moyenne des précipitations

### Régime de forte intensité

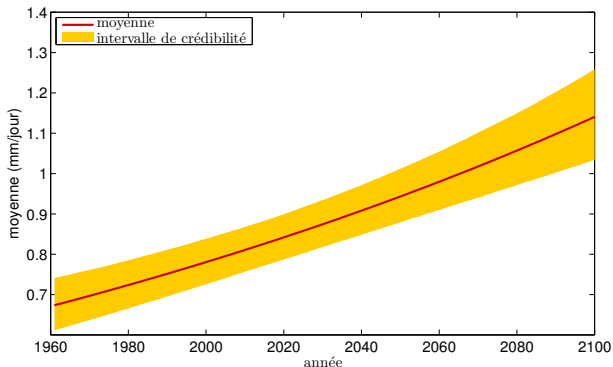




# Non-stationnarité

## Évolution de la moyenne des précipitations

### Régime de faible intensité



---

# CONCLUSION

# Conclusion

## Résumé

---

But : Caractériser les précipitations convectives générées par le MRCC pour la période [1961; 2100].

- Élaboration de plusieurs modèles probabilistes
  - ▶ stationnaires et non stationnaires
- Sélection du meilleur modèle
  - ▶ modèle  $\mathcal{M}_3$  a été désigné le meilleur

# Conclusion

## Travaux futurs

- Poursuivre l'analyse sur les  $\sim 6000$  tuiles du Québec
  - ▶ Le modèle  $\mathcal{M}_3$  est le meilleur pour 89% des 375 tuiles analysées jusqu'à maintenant
- Effectuer la régionalisation
  - ▶ Identifier les régions où les paramètres sont homogènes
- Reprendre l'analyse pour les précipitations stratiformes
  - ▶ Caractériser les précipitations totales
- Effectuer l'analyse fréquentielle