

Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT)

Doctorat sur mesure en modélisation en écologie

16^e Colloque du CEF

Un nouvel outil statistique pour évaluer la dynamique de la défoliation de la forêt boréale en fonction du climat

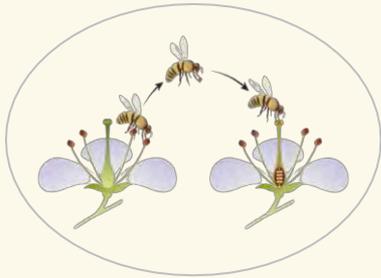
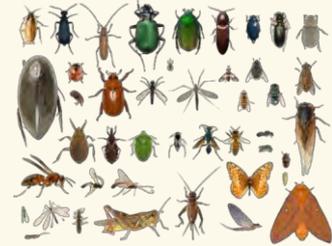
Auteurs :

Judicaël OSSE, Max DEBALY, Philippe MARCHAND et Miguel MONTORO GIRONA

Introduction

Contexte

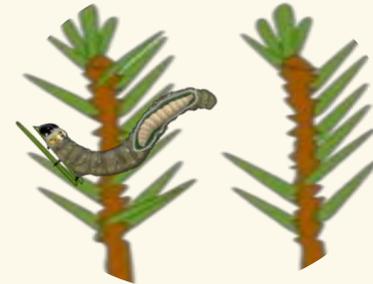
- Insectes constituent la majeure partie de la biomasse animale des forêts



Pollinisation



Saprophage



Défoliation

Introduction



Ravageurs forestiers



Changements climatiques

Contexte



Arbres (forêts)

Introduction

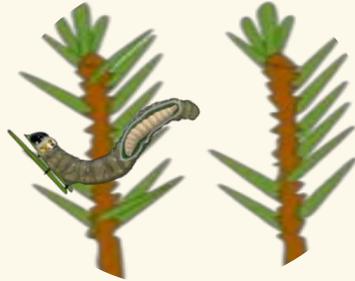


Contexte

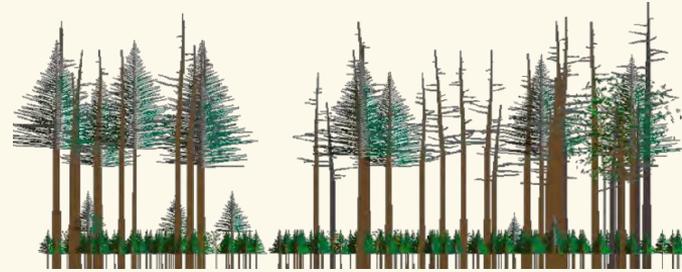
Amplification des perturbations naturelles dans les forêts



Feux de forêt



Épidémie d'insectes



Epidémie de TBE



*Choristoneura
fumiferana*



Introduction

Contexte

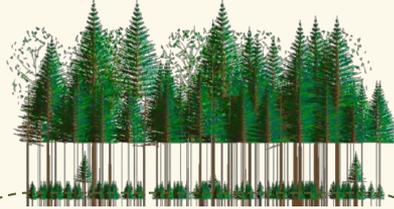


Températures

Précipitations

Perturbations

Hivers doux
Durée des saisons

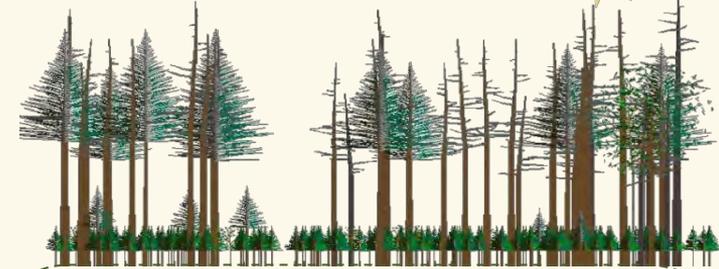


Interactions

- Insectes vs prédateurs
- Insectes vs hôtes

Vulnérabilité

- Stress hydrique
- Phénologie
- etc



Défoliation massive de la forêt

Mortalité des arbres

**Baisse capacité à séquestrer
CO2**



Introduction

Contexte

La TBE Impacte économiquement et écologiquement



**Défi boréal: L'adaptation, l'atténuation et la
prévision des impacts des changements climatiques &
la défoliation**

Nécessité d'avoir de meilleurs outils pour comprendre l'effet du climat sur la défoliation

Introduction

Problématique

- ❑ Données de défoliation disponibles au Québec prennent la forme d'une échelle ordinale
- ❑ Modèles (forêt aléatoire, GAM, etc.) existants pas adaptés:
 - Ne prend pas en compte le caractère ordinal
 - Ne prend pas en compte l'effet cumulatif



Introduction



Objectif



Fournir un outil statistique simple qui s'adapte facilement à la nature de la plupart des collections de données de défoliation

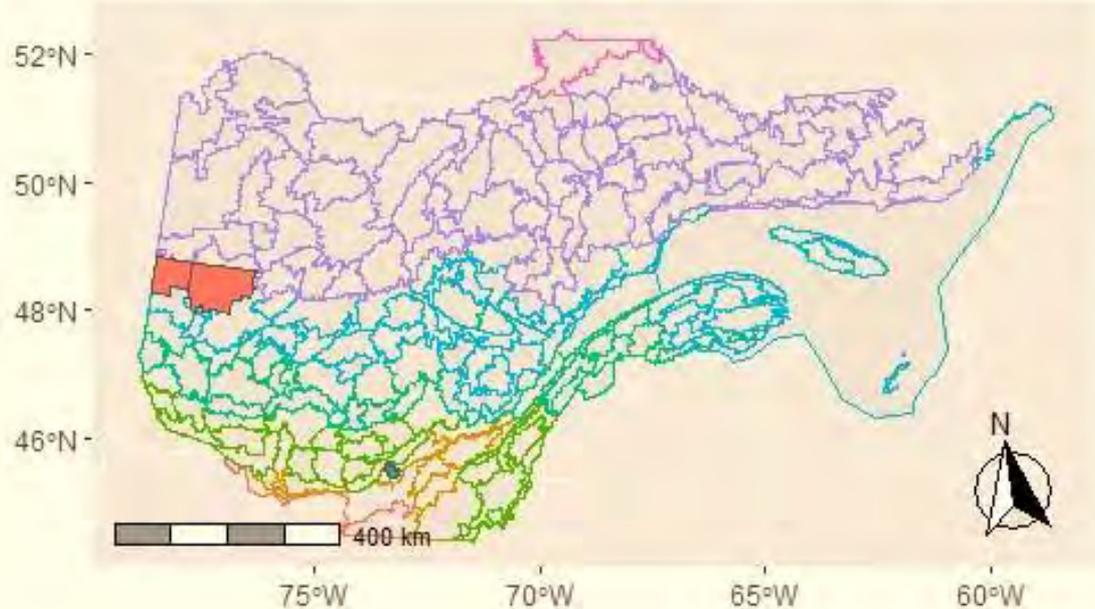
Modèle autorégressif pour étudier l'effet du climat sur l'intensité de la défoliation à Témiscamingue et Lanaudière



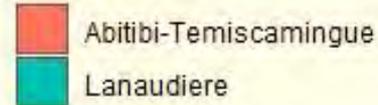
Matériels et méthodes



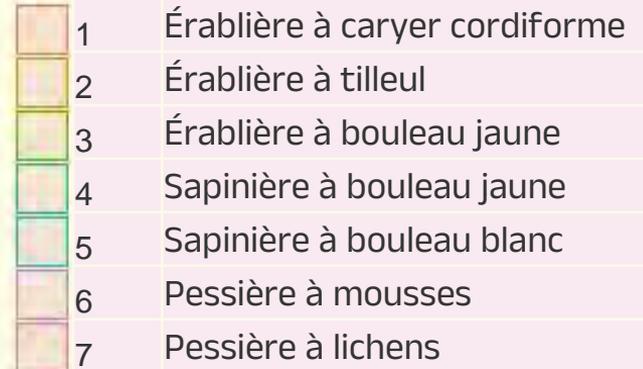
Zone d'étude



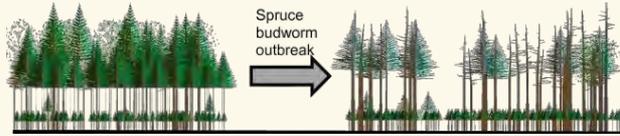
Study areas



Bioclimatic area*



Matériels et méthodes



Données de défoliation

Description des données

> [Front Plant Sci.](#) 2018 Dec 21;9:1905. doi: 10.3389/fpls.2018.01905. eCollection 2018.

Changes in Spatiotemporal Patterns of 20th Century Spruce Budworm Outbreaks in Eastern Canadian Boreal Forests

Lionel Navarro ¹, Hubert Morin ¹, Yves Bergeron ², Miguel Montoro Girona ¹ ³

Affiliations + expand

PMID: 30622551 PMCID: PMC6308396 DOI: 10.3389/fpls.2018.01905



https://figshare.com/articles/dataset/Untitled_Item/7887746

- ❑ Niveaux de défoliation:
 - ❑ 0- Absence de perte d'aiguilles
 - ❑ 1- perte de 1 à 35%
 - ❑ 2- perte de 36 à 70%
 - ❑ 3- perte de 71 à 100%



Matériels et méthodes

Description des données



Données climatiques

- Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique
- Station météo Témiscamingue à 25km du site forestier
- Station météo Lanaudière à 35km du site forestier



<https://www.nci.noaa.gov/>



Temp. Printemps & été



Pluie totale



Épaisseur neige

Matériels et méthodes

Modèle statistique



- Temp. Max & Min. print & été + le carré de chaq. variables
- Variation prin & été Temp. Max & Min. + carré
- Variation interannuelle Temp. Max & Min prin & été + carré



- Pluie totale
- Log de pluie totale



- Épaisseur de neige
- Log

Matériels et méthodes

Modèle statistique

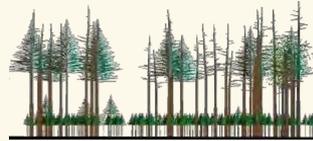
Au temps t on a:



Défoliation $j-1$

Avec probabilité associée $\pi_{j-1,t}$

Exemple $\pi_{1, 2022}$



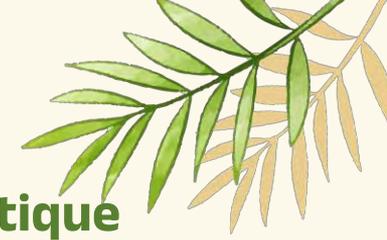
Défoliation j

Avec probabilité associée $\pi_{j,t}$

Exemple $\pi_{2, 2022}$

$$\log \frac{\pi_{j,t}}{\pi_{j-1,t}} =: \eta_{j,t} = \omega_j + \gamma^T X_{t-1} + \alpha^T \bar{Y}_{t-1} + \beta_j \eta_{j,t-1}$$

Matériels et méthodes



Modèle statistique

$$\log \frac{\pi_{j,t}}{\pi_{j-1,t}} =: \eta_{j,t} = \omega_j + \gamma^T X_{t-1} + \alpha^T \bar{Y}_{t-1} + \beta_j \eta_{j,t-1}$$

Intercept

Effets de la défoliation
de l'année précédente

Rapport de probabilités de
2 catégories successives

Effets autorégressifs



Variabes climatiques
et autres



Matériels et méthodes

Modèle statistique

- Existe-il un objet mathématique qui vérifie les conditions de nos équations ? :
 - Oui (valeur absolue de $\beta < 1$)
 - Pas de comportement chaotiques

- Paramètres estimés avec une vraisemblance



Matériels et méthodes

Modèle statistique

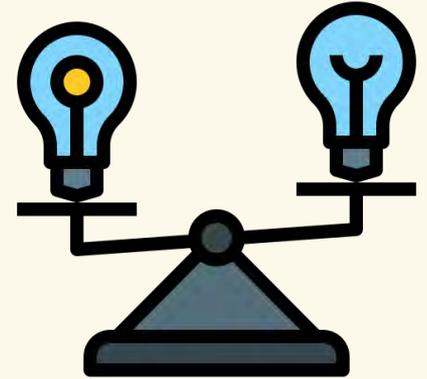
- + de 16 000 modèles / site
- Validation de chaque modèle par le test du Portemanteau
- Sélection du meilleur modèle avec **Portemanteau + AIC**



Matériels et méthodes

Modèle statistique

- ❑ Comparaison des modèles des 2 sites :
 - ❑ Test de t student pour comparer les coef.
 - ❑ Chi 2 pour les 2 modèles



Résultats

□ Effet temp. non linéaire

□ Effet temp. change a 1 seuil

□ Structure autorégressive \neq
2 régions

	number of parameters = 14		n = 72	
	Témiscamingue parameters (t-stat)	Matawinie parameters (t-stat)	Comparison of both models t-statistics	sig. code
ω_1	-0.684 (-0.005)	17.808 (0.635)	0.144	
ω_2	-35.239 (-0.160)	-2.233 (-0.084)	0.149	
ω_3	-35.745 (-0.163)	-6.407 (-0.244)	0.133	
$\Delta temp. max. spring$	56.351 (0.564)	31.206* (2.299)	0.254	
$\Delta temp. min. summer$	-2.454 (-0.366)	1.248 (1.061)	0.543	
$\Delta temp. max. summer$	-58.714*** (-3.820)	-67.179* (-2.198)	0.253	
<i>Square of $\Delta temp. max. spring$</i>	-10.742 (-0.568)	-4.794* (-2.203)	0.317	
<i>Square of $\Delta temp. max. summer$</i>	12.927*** (4.966)	15.404* (2.219)	0.338	
α_1	34.638 (0.341)	3.201* (2.004)	0.310	
α_2	40.594 (0.357)	25.209*** (3.264)	0.136	
α_3	42.134 (0.367)	27.066*** (3.111)	0.132	
β_1	0.839 (1.348)	0.263 (0.669)	0.824	
β_2	0.811*** (4.212)	-0.985*** (-52.428)	9.288	***
β_3	0.693*** (3.614)	-0.009 (-0.005)	0.460	
AIC :	48.162	90.400	comparison stat : 12006.0***	
portemanteau stat :	2.238	0.082	comparison p-value : $< 10^{-5}$	
portemanteau p-value :	0.524	0.994		



Discussion et perspectives



- ❑ Premier modèle à étudier l'intensité de la défoliation
- ❑ Modèle applicable en écologie au-delà du cas d'étude:
 - Étude de la mortalité des arbres dans les forêts suivant un traitement
- ❑ Utiliser les distributions *a priori* sur les paramètres du modèle pour effectuer une analyse bayésienne des données de défoliation
- ❑ Élargir l'analyse du processus de défoliation à l'échelle du Québec





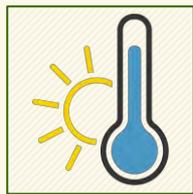
Merci de votre attention

Avez-vous des questions ?

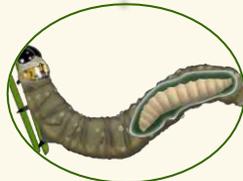
Forêts, Faune
et Parcs

Québec





Dynamique
de la TBÉ



Ennemie
naturel de
la TBÉ



Phénologie



Résistance
des hôtes
de la TBÉ

