

Testing vulnerability of commercial Tree Species to water stress in forests of the Guiana Shield

Loic Louison, Stéphane Traissac, Bruno Hérault

Abstract

XXXXXXXXXXXXXXXXXX

Keywords: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

1. Introduction

2. Materiels and Methods

2.1. Site Characteristics

2.2. Data

5 The datasets of Guyafor were used in this study. Guyafor is a network of forest research permanent plots. This network is dedicated to long term studies in forest dynamics and biodiversity. It includes 45 plots distributed on 10 sites mainly in the coastal area of French Guiana. 157 800 trees above 10 cm of diameter at breast height (DBH) are monitored within 235 ha at regular intervals
10 (2 to 4 years).

2.3. Model

The joint growth-mortality model used is based on 2 sub-models : the mortality model and the Growth model.

2.3.1. Mortality model

15 We use the mortality individual model is a non-linear hump-shaped growth model developed by [?] and used by Fargeon and al [?]. At each time step t an individual tree i of species j may die with probability $p_{i,j,t}$.

$$\begin{aligned}
 p_{i,j,t} = & \text{logit}^{-1} \left((\theta_{m_0} + \mathcal{P}_0) + \theta_{m_1} \times \log \left(\frac{AGR_{i,j,t-1}+1}{\widehat{AGR_{i,j,t-1}+1}} \right) \right. \\
 & + \theta_{m_2} \times \frac{DBH_{i,j,t}}{DBH_{max_j}} + \theta_{m_3} \times \left(\frac{DBH_{i,j,t}}{DBH_{max_j}} \right)^2 + (\theta_{m_4} + \mathcal{P}_{j_{m_4}}) \times Water_t \\
 & \left. + (\theta_{m_5} + \mathcal{P}_{j_{m_5}}) \times ABGL_{i,j} + (\theta_{m_6} + \mathcal{P}_{j_{m_6}}) \times Water_t \times ABGL_{i,j} \right) \quad (1)
 \end{aligned}$$

where :

$$\mathcal{P}_0 \sim \mathcal{N}(0, \sigma_0);$$

$$20 \quad \mathcal{P}_{j_{m_k}} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_k) \text{ for } k = 4, 5, 6;$$

\mathcal{P}_0 is the random effect related to the parameter θ_{m_0} .

$\mathcal{P}_{j_{m_k}}$ is the random effect related to the commercial species j of mortality model for $k = 4, 5, 6$.

2.3.2. Growth model

25 The growth individual-based model is nonlinear model developed by

$$\begin{aligned}
 \log(\widehat{AGR_{i,j,t-1}} + 1) = & \left((\theta_{c_0} + \mathcal{G}_1) + \theta_{c_1} \times DBH_{max_j} + ((\theta_{c_2} + \mathcal{G}_{j_{c_2}}) \times Water_t \right. \\
 & \left. + (\theta_{c_3} + \mathcal{G}_{j_{c_3}}) \times ABGL_{i,j} + (\theta_{c_4} + \mathcal{G}_{j_{c_4}}) \times Water_t \times ABGL_{i,j} \right) \\
 & \times e^{\left(-\frac{1}{2} \left[\log \left(\frac{DBH_{i,j,t-2}}{\theta_{c_5} \times DBH_{max_j,s}} \right) / (\theta_{c_6} \times WD_j) \right]^2 \right)} \quad (2)
 \end{aligned}$$

où

$$\log(AGR_{i,t-1} + 1) = \log(\widehat{AGR}_{i,t-1} + 1) + \varepsilon_{i_{js}}$$

where :

$$\mathcal{G}_{c_1} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_{c_1});$$

$$\mathcal{G}_{j_{c_k}} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_k) \text{ for } k = 2, 3, 4.$$

$Water_t$ is a covariate related to the water stress undergone tree at time t . Its
30 spatial calculation scale is the site with temporal variability (average annual
index calculated between two inventory dates).

$ABGL_{i_j}$ is a covariate related to the loss of biomass from the forest plot due to
logging for each individual tree i from each commercial species j at stand level.

It includes trees removed from the forest plot and from trees died during
35 and immediately after the harvesting.

La variable \mathcal{G}_{c_1} est un effet aléatoire mis sur le paramètre θ_{c_0} .

La variable $\mathcal{G}_{j_{c_k}}$ est un effet aléatoire mis sur la $j_{c_k}^{\text{ème}}$ espèce commerciale dans
le modèle de croissance où k va de 1 à 4.

La variable WD_j est la densité du bois de l'espèce où son échelle de
40 calcul est spécifique. Elle n'a pas de variabilité spatiale ou temporelle.

La variable DBH_{max} est le diamètre maximum (en pratique le percentile à 95
%) atteint par l'espèce sur un site donné. Cette variable n'a pas de variabilité
temporelle. Si le nombre d'individus sur le site est trop faible on attribut le
 DBH_{max} sur l'ensemble du dispositif Guyafor.

45 Le réel $p_{i,t}$ correspond à la probabilité de mourir entre $t - 1$ et t .

Nous avons utiliser des techniques d'inférence bayésienne (maximisation de la
vraisemblance du modèle) pour déterminer les paramètres θ de chaque variable.

2.4. Inference and Selection Method

2.5. Quantifying vulnerability

50 3. Results

XXXXX PARTIE A TRADUIRE EN ANGLAIS XXXXXXXX

3.0.1. Résultats sur la vulnérabilité démographique des espèces étudiées

Les résultats obtenus pour toutes espèces confondues, montre qu'il existe une vulnérabilité générale au stress hydrique pour la croissance, qui est plus faible
55 lorsque le stress hydrique augmente. Par contre le résultat moyen pour la mortalité est contre-intuitif. En effet lorsque le stress hydrique augmente la probabilité de mourir baisse significativement. Des études précédentes (voir Aubry-Kientz et al [XXX]) avaient trouvé des résultats similaires. Une explication est que la mortalité par chablis des arbres serait diminuée en cas de faibles
60 précipitations.

Ces résultats généraux varient peu lorsque l'on fait une analyse espèce par espèce. La figure ?? présente la valeur des paramètres spécifiques de vulnérabilité sur modèle de croissance et de mortalité.

Partie A, Les espèces insensibles au stress hydrique, voire qui profite de périodes
65 sèches : pas d'exemple dans notre étude.

Partie B, Les espèces sensibles au stress hydrique pour la mortalité uniquement : pas d'exemple dans notre étude.

Partie C, Les espèces sensibles au stress hydrique pour la croissance et la mortalité, comme *Carapa Guianensis* (Carapa).

Partie D, Les espèces sensibles au stress hydrique pour la croissance uniquement, comme *Dicorynia guianensis* (Angélique) ou *Sterculia pruriens*

Des espèces sont significativement vulnérables (au seuil de 5%), uniquement pour la croissance. En effet, les intervalles de confiance des paramètres, représentés par les traits, incluent souvent le 0 (recouvrement avec les axes des impacts
75 nuls), comme par exemple pour le Carapa (*Carapa Guianensis*) vis-à-vis de la mortalité.



Figure 1: Vulnérabilité démographique des 16 espèces étudiées. Traits pointillés : axes d'impact nul ; Points : médiane du paramètre pour chaque espèce ; Traits : amplitude des paramètres entre les percentiles à 2.5 et 97.5 % ; Partie A, B, C, et D, zones du graphe délimitées par les deux axes d'impact nul, voir explication dans le texte

3.1. XXXXX

4. Discussion

5. References

80 References

- [1] Hérault, B., Bachelot, B., Porter, L., Rossi, V., Bongers, F., Chave, J., Paine, C.E.T., (2011) Functional traits shape ontogenetic growth trajectories of rain forest tree species, *Journal of Ecology*, 99, pp 1431-1440
- [2] Wagner, F., Hérault, B., Stahl, C., Bonal, D., Rossi, V., (2011) Modeling water availability for trees in tropical forest *Agricultural and Forest Meteorology*, 151, pp 1202-1213

85

- [3] Wagner, F., Rossi, V., Stahl, C., Bonal, D., Hérault, B., (2012) Water Availability Is the Main Climate Driver of Neotropical Tree Growth *Agricultural and Forest Meteorology*, 151, pp 1202-1213
- 90 [4] Aubry-Kientz, M., Rossi, V., Wagner, F., Hérault, B., (2015) Identifying climatic drivers of tropical forest dynamics *Biogeosciences Discuss.*, 12, pp 1-31
- [5] Fargeon, H., Aubry-Kientz, Brunaux, O., Desctoix, L., Gaspard, R., Guitet, S., Rossi, V., Hérault, B., (2016) Vulnerability of Commercial Tree Species
95 to Water Stress in Logged Forests of the Guiana Shield *Forests*, 7, 5, 105
- [6] H., Aubry-Kientz, Rossi, V., Boreux, J.-J., Hérault, B., (2015) A joint individual-based model coupling growth and mortality reveals tha tree vigor is a key component of tropical forest dynamics *Ecology and Evolution*, 5, 12, pp 2457-2465