

LERFOB

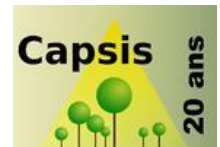


Comment inclure la stochasticité des événements climatiques extrêmes dans un modèle empirique de mortalité des tiges individuelles

Rubén MANSO

Mathieu Fortin, François Morneau, François Ningre

Journées CAQGIS. Nancy, 7 au 9 avril 2015



CAQSIG 2014 Gembloux

Objectif:

Simulateur de dynamique forestière pour des peuplements purs et mélangés de hêtre et chêne en France



Structure:

- Empirique
- Tige individuelle
- Compétition intra- et inter-spécifique
- Climat

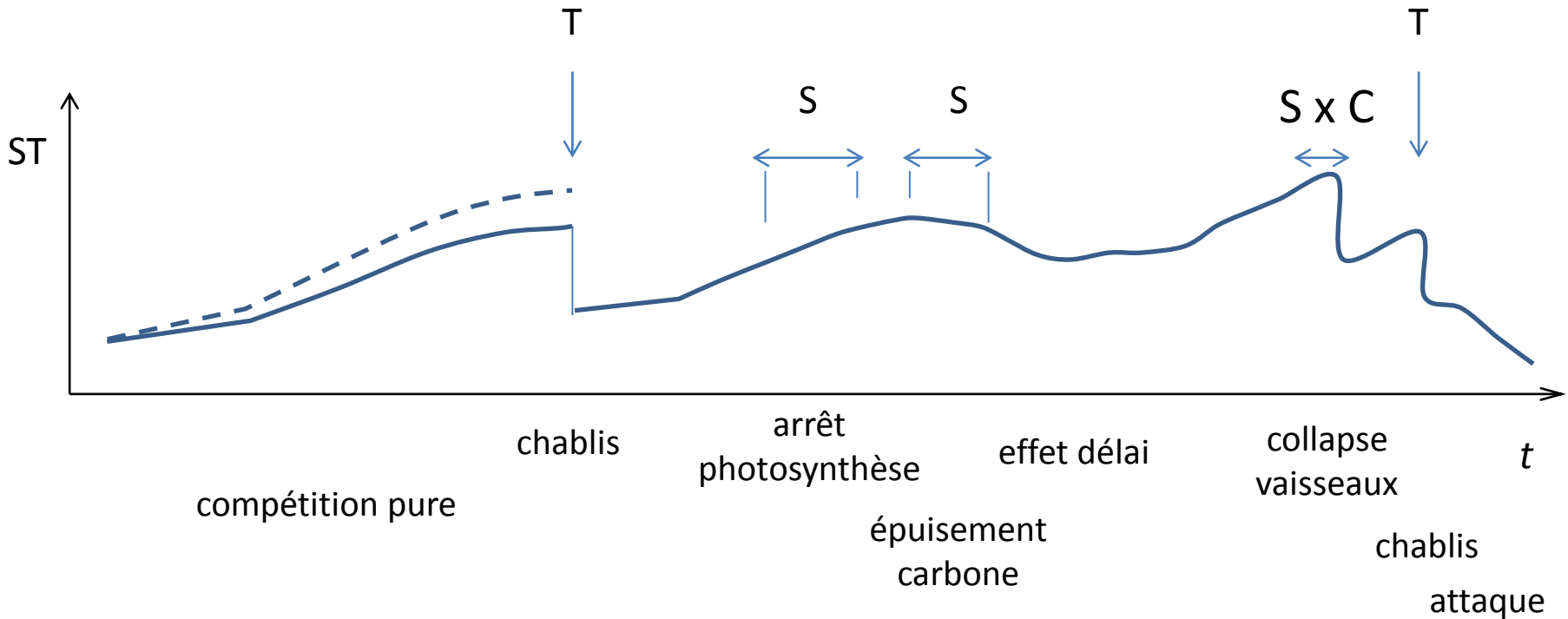
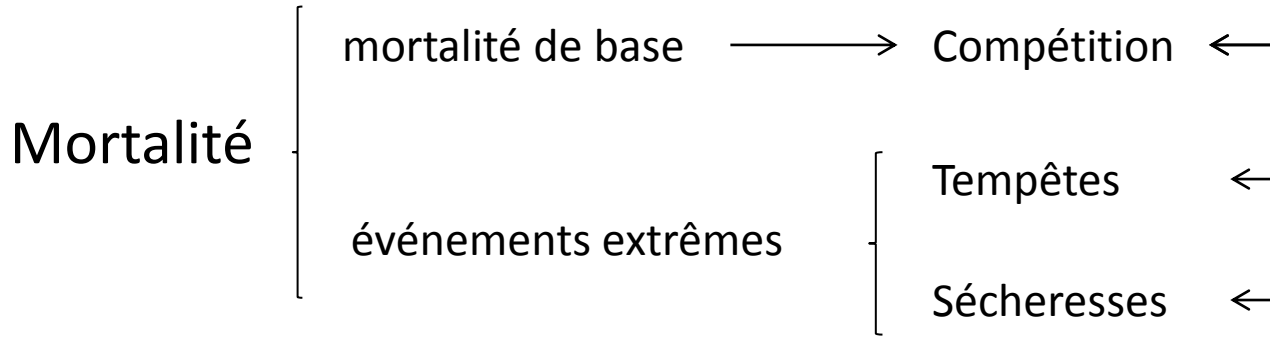
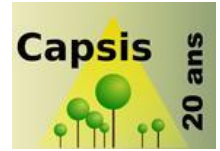
Module de croissance

Module de mortalité



Mathilde

Introduction



Etat de l'art

Modèles que tiennent compte des événements extrêmes

- Approches mécanistiques
 - Données très spécifiques
- Approches empiriques
 - Basés sur très peu d'événements
 - Quelle validité pour d'autres magnitudes de l'événement?

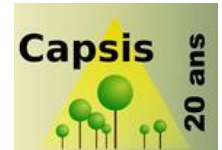
Modèles que considèrent « toutes » les causes de mortalité

- Description des effets des perturbations indirectement (e.g. taille de l'arbre)
 - Pas de distinction entre compétition intra- et inter-spécifique
-

Notre modèle de mortalité

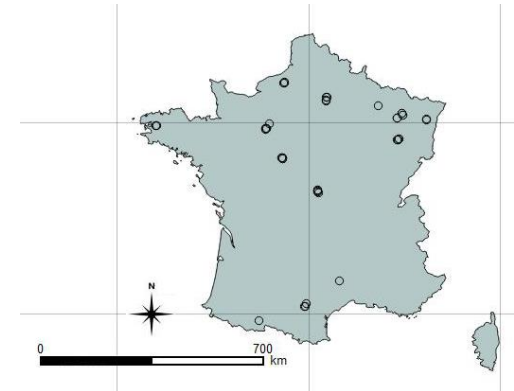
- Empirique
 - Effet de la compétition
 - Intra- et inter-spécifique
 - Effet des événements extrêmes
 - Concept de sévérité des dégâts \longrightarrow $\left\{ \begin{array}{l} \text{magnitude événement} \\ \text{vulnérabilité de la forêt} \end{array} \right.$
 - Intégration de la sévérité en tant que processus stochastique
-

Matériel et méthodes



- Réseau de placettes permanentes du LERFoB

Feature	Beech	Oak	Hornbeam	Others
Number of observations	65314	111083	3899	106
Number of dead trees	1424	1276	157	6
dbh (cm)	4.46 - 108.54	6.05 - 142.60	5.41 - 39.15	7.0 - 38.20
Basal area (m ² ha ⁻¹)	5.77-64.31	4.33-59.43	11.19- 56.42	11.61 49.06
Density (stems ha ⁻¹)	28-2620	34-2620	94-2155	172-2135
Interval length (years)	1-10	1-10	1-10	1-10



- Registres bibliographiques des événements extrêmes en France:

Tempêtes
Sécheresses

Date	Event
Summer 1961	Drought
Summer 1976	Drought
October 1987	Windstorm
Summer 1989	Drought
December 1999	Windstorm
Summer 2003	Drought
January 2007	Windstorm
January 2009	Windstorm

Matériel et méthodes

Objectif:

Estimer la probabilité qu'un arbre j soit mort à l'emplacement i au temps k

$$P(y_{ijk} = 1) = \pi_{ijk}$$

Contrainte des données: durée de l'intervalle

- Sont seulement connus les états au début et à la fin
 - L'approche **binomiale** s'y impose
-

Si on exprime π_{ijk} en termes de l'analyse de durée de vie:

$$1 - \pi_{ijk} = \frac{S_{ijk}}{S_{ij,k-1}} = \frac{e^{-\sum_1^t h_{ijk}(X\beta)}}{e^{-\sum_1^{t-1} h_{ijk}(X\beta)}} = e^{-\Delta t_{ik} \cdot e^{f(X\beta)}}$$

Après la transformation log-log complémentaire:

$$\log\left(-\log(1 - \pi_{ijk})\right) = X\beta + \log(\Delta t_{ik})$$

Matériel et méthodes

Étalonnage du modèle

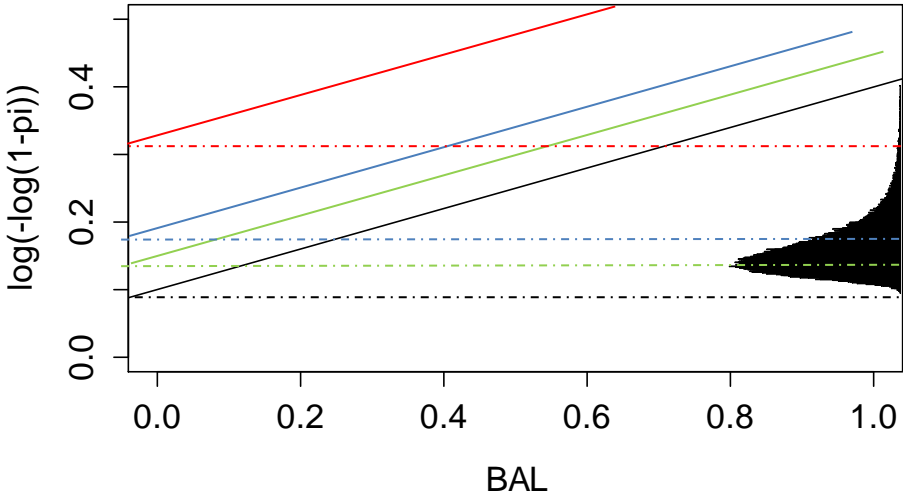
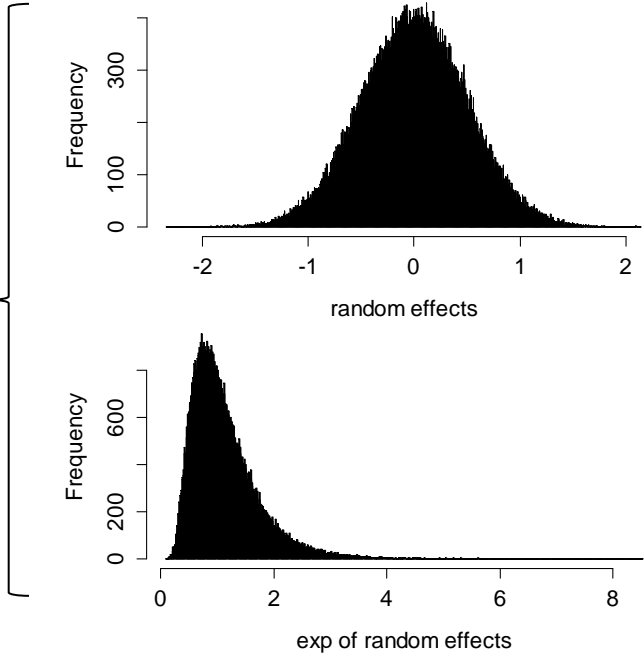
$$\log(-\log(1 - \pi_{ijk})) =$$

$$\begin{aligned} & \beta_0 + \beta_{1,oak} + \beta_{1,beech} + \beta_{1,hornbeam} + \longrightarrow \text{espèce} \\ & + \beta_{2,0} dbh_{ijk} + \\ & + (\beta_{3,0} + \beta_{3,oak} + \beta_{3,beech} + \beta_{3,hornbeam}) \cdot \log(dbh_{ijk}) + \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \longrightarrow \text{taille} \\ & + (\beta_{4,0} + \beta_{4,oak} + \beta_{4,beech} + \beta_{4,hornbeam}) \cdot BAL_{oak,ijk} + \\ & + (\beta_{4,0} + \beta_{4,oak} + \beta_{4,beech} + \beta_{4,hornbeam}) \cdot BAL_{beech,ijk} + \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \longrightarrow \text{compétition} \\ & + \beta_6 Windstorm_{ijk} + \beta_7 Drought_{ijk} + \longrightarrow \text{événements extrêmes} \\ & + (\beta_{8,0} + \beta_{8,oak} + \beta_{8,beech} + \beta_{8,hornbeam}) \cdot Cut_{jk} + \longrightarrow \text{éclaircie} \\ & + \beta_9 \log(\Delta t_{jk}) \longrightarrow \text{durée intervalle} \end{aligned}$$

Matériel et méthodes

$$\beta_6 \text{Windstorm}_{ijk} = \beta'_6 \cdot e^{u_k} \text{Windstorm}_{ijk}$$

$$\beta_7 \text{Drought}_{ijk} = \beta'_7 \cdot e^{v_k} \text{Drought}_{ijk}$$



Distribution de la sévérité des dégâts

Résultats

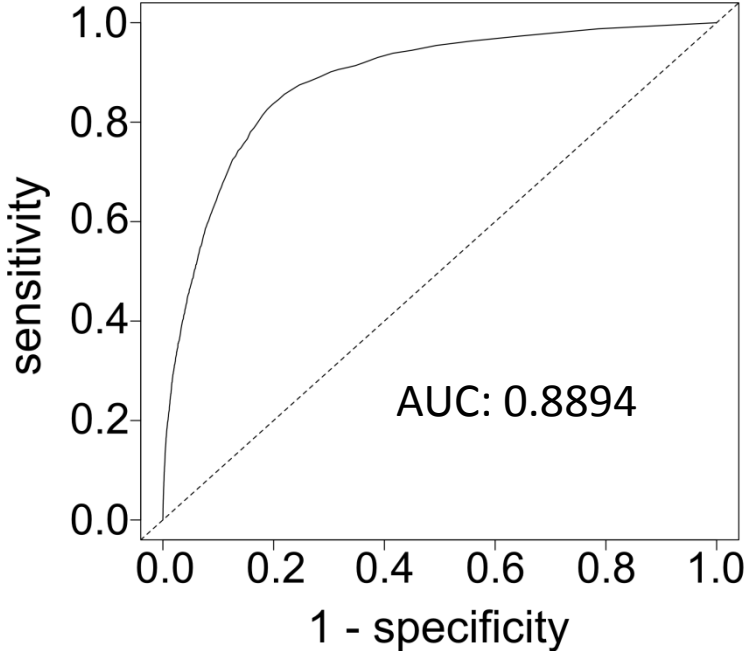
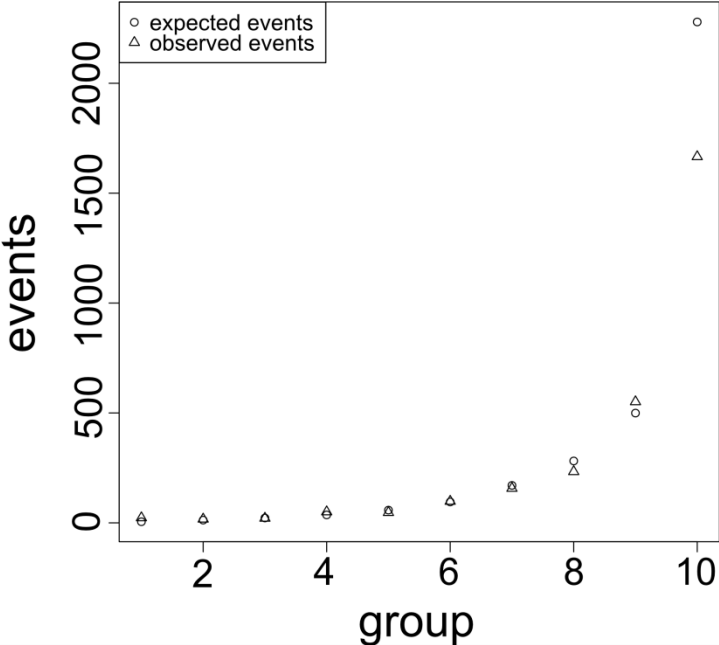
Étalonnage définitif

$$\log(-\log(1 - \pi_{ijk})) =$$

$$\begin{aligned}
 & \beta_0 + \beta_{1,oak} + \beta_{1,beech} + \beta_{1,hornbeam} + \longrightarrow \text{espèce} \\
 & + \beta_{2,0} dbh_{ijk} + \\
 & + (\beta_{3,0} + \beta_{3,oak} + \beta_{3,beech} + \beta_{3,hornbeam}) \cdot \log(dbh_{ijk}) + \left. \begin{array}{l} \longrightarrow \text{taille} \end{array} \right\} \\
 & + (\beta_{4,0} + \beta_{4,oak} + \beta_{4,beech} + \beta_{4,hornbeam}) \cdot BAL_{oak,ijk} + \left. \begin{array}{l} \longrightarrow \text{compétition} \end{array} \right\} \\
 & + BAL_{beech,ijk} + \\
 & + \beta'_6 \cdot e^{u_k} W_{ijk} + \beta_7 D_{ijk} + \longrightarrow \text{événements extrêmes} \\
 & + (\beta_{8,0} + \beta_{8,oak} + \beta_{8,beech} + \beta_{8,hornbeam}) \cdot Cut_{jk} + \longrightarrow \text{éclaircies} \\
 & + \beta_9 \log(\Delta t_{jk}) \longrightarrow \text{durée intervalle}
 \end{aligned}$$

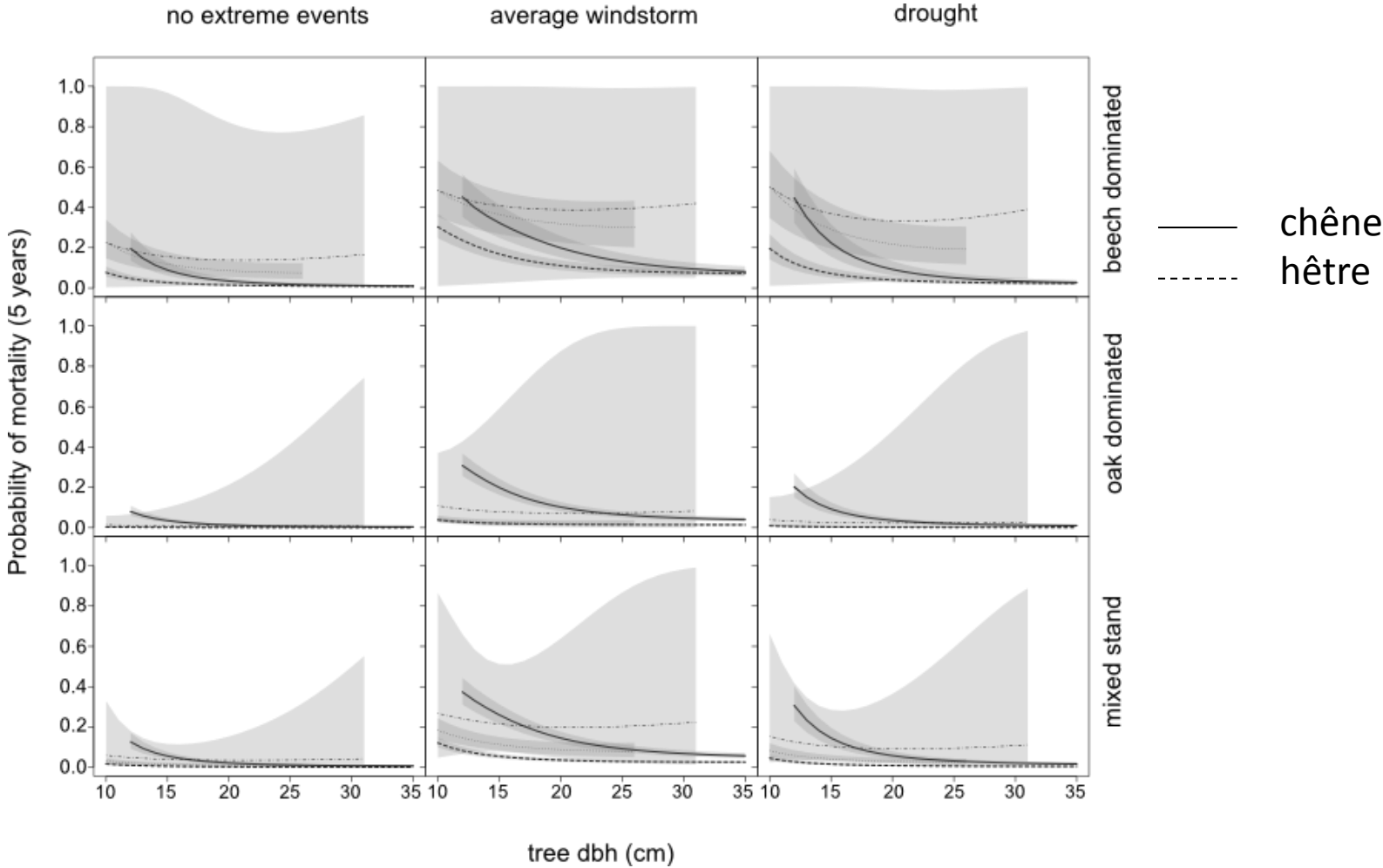
Résultats

Evaluation du modèle



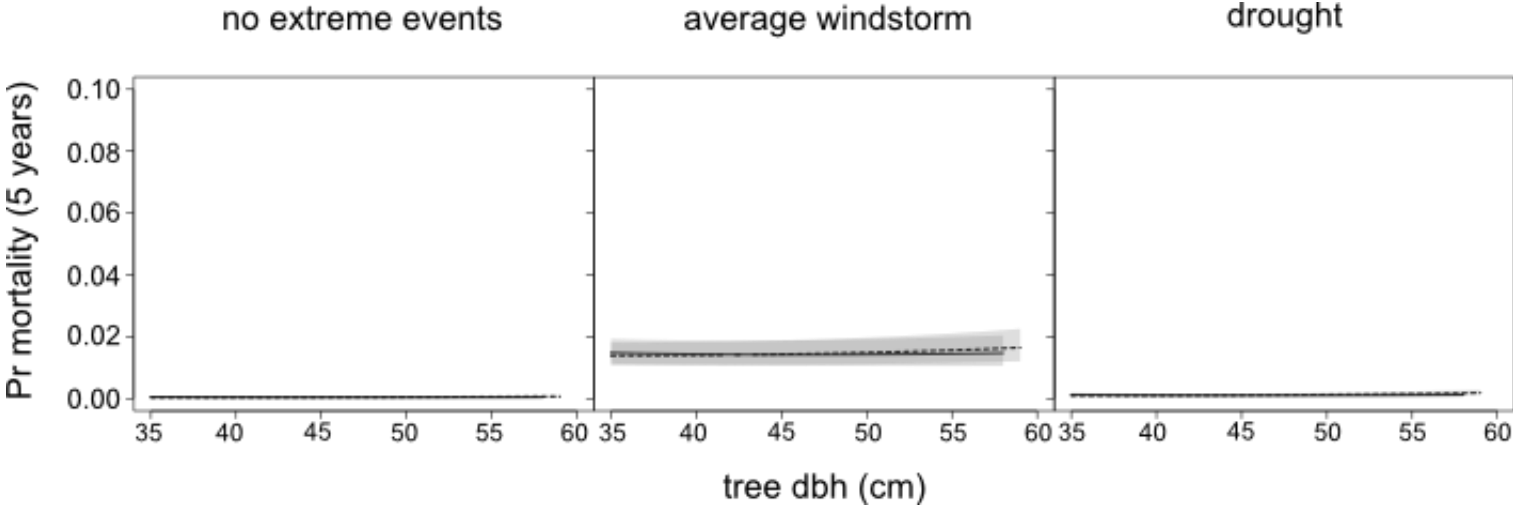
Résultats

Effets: Arbre dominé



Résultats

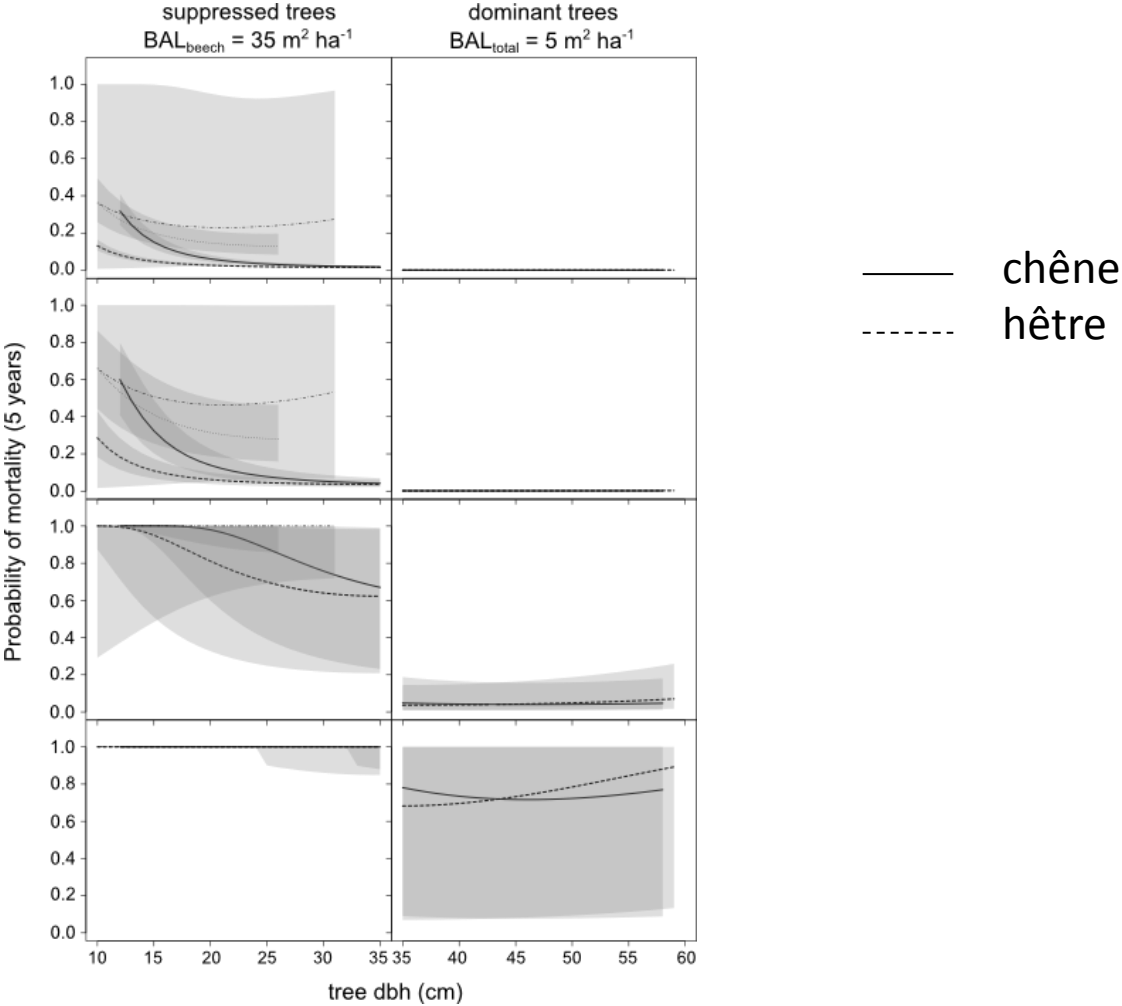
Effets: Arbre dominant



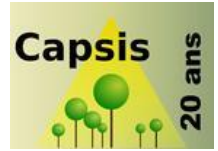
— chêne
- - - hêtre

Résultats

Effet de la tempête (50^e, 75^e, 95^e and 99^e percentiles)



Conclusions



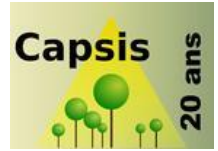
Avantages

- Distribution des effets, non des causes: très peu de données nécessaires
- Simulation stochastique évidente
- Simulation déterministe sous différents scénarios de probabilité de dégâts
- Généralisable au-delà des événements connus

Limitations

- Distribution basée sur le climat de 1950-2000
 - Corrélacion spatiale inconnue (développement possible à partir des BLUPs)
 - Simulation à long terme: quelle fréquence d'occurrence de tempêtes?
 - Interaction tempête-variables d'arbre/peuplement non saisie
 - Difficile adéquation à la sécheresse:
 - peu de stochasticité au niveau spatial
 - effets complexes et sur le long terme
-

Conclusions



Qualité des prédictions sous une tempête moyenne

- Bonne discrimination entre des tiges mortes et survivantes
 - Surestimation de la mortalité pour certains intervalles
 - Mortalité due à la sénescence impossible à prévoir
 - Description logique du système de compétition chêne-hêtre
-

Merci de votre attention

Financement:

- Convention ModelFor2 de l'Office National de Forêts
 - Projet FORWIND de l'Agence Nationale de la Recherche
 - Conseil Régional de Lorraine
 - L'UMR 1092 LERFoB bénéficie d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'avenir portant la référence n° ANR-11-LABX-0002-01 (Laboratoire d'Excellence ARBRE)
-