Forstliche Versuchs-
und Forschungsanstalt
Baden-Württemberg

Modèles de survie arbre individu basé sur des placettes permanentes expérimentales en Bade-Wurttemberg

Janet Maringer
Anne-Sophie Stelzer
Carola Paul
Axel Albrecht

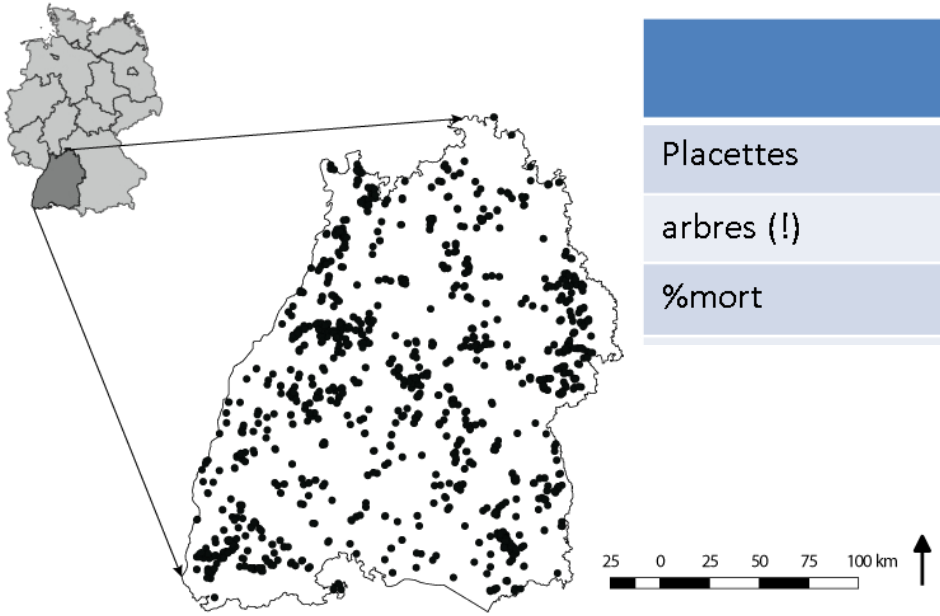
Project „SurvivalKW“ (Waldklimafonds)

FOREM2021

Mortalité par perturbation = f(changement climatique)?

Données – *2243 placettes, 473.501 arbres, 1929-2014*

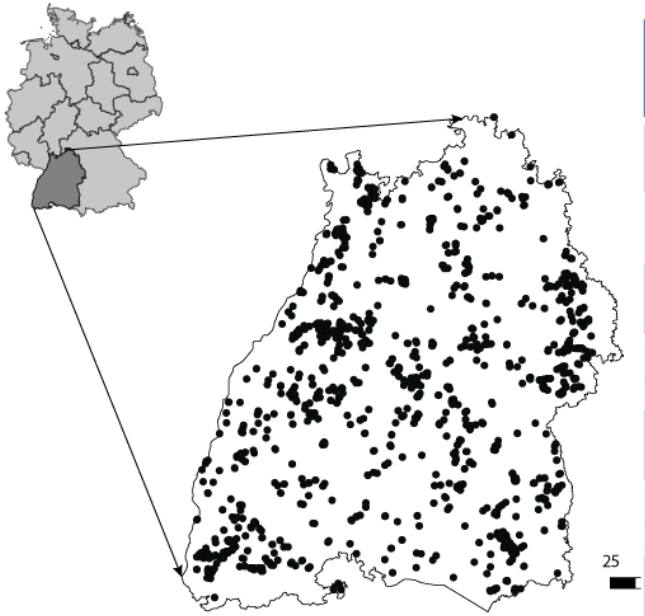
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg



	Hêtre	Douglas	Épicéa	Sapin	Chênes (p et s)
Placettes	815	493	**1180**	480	436
arbres (!)	84.527	84.775	**211.895**	60.1991	32.113
%mort	0,3	**9,3**	1,7	**6,1**	0,2

Données – *2243 placettes, 473.501 arbres, 1929-2014*

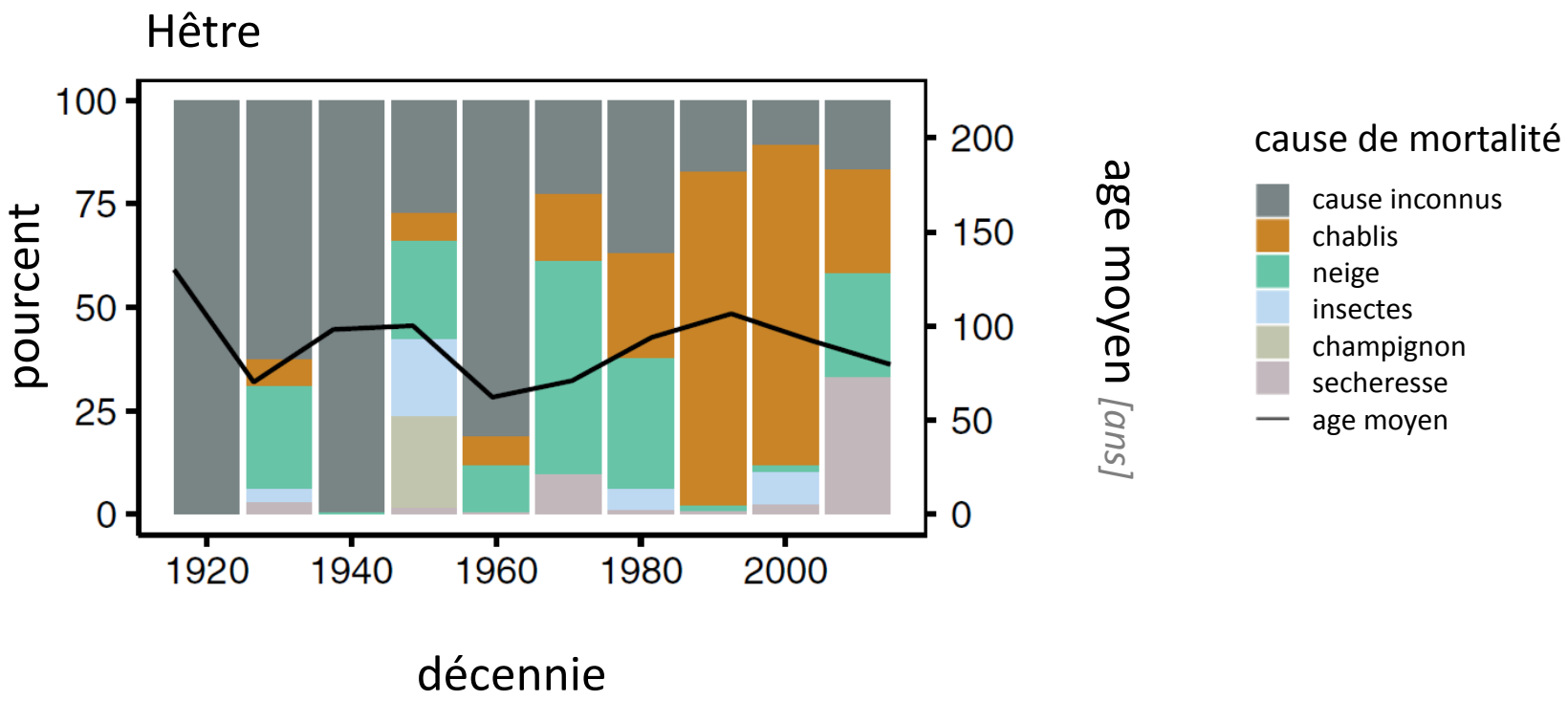
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg



	Hêtre	Douglas	Épicéa	Sapin	Chênes (p et s)
Placettes	815	493	**1180**	480	436
arbres (!)	84.527	84.775	**211.895**	60.1991	32.113
%mort	0,3	**9,3**	1,7	**6,1**	0,2
ø Dhp *[cm]*	20.3	21.6	21.5	23.5	18.8
ø hauteur arbre *[m]*	19.1	18.7	19.9	18.3	15.9
ø age peuplement *[ans]*	81.5	32.7	57.7	80.6	60.3
ø prélèvements relatifs *($G_{enlev}/G_{avantEcl}$)*	0.05	0.06	0.04	0.05	0.06
ø G *[m^2/ha]*	29.84	33.1	40.8	41	21.9
ø Evenness des essences	0.35	**0.06**	0.13	**0.42**	0.35

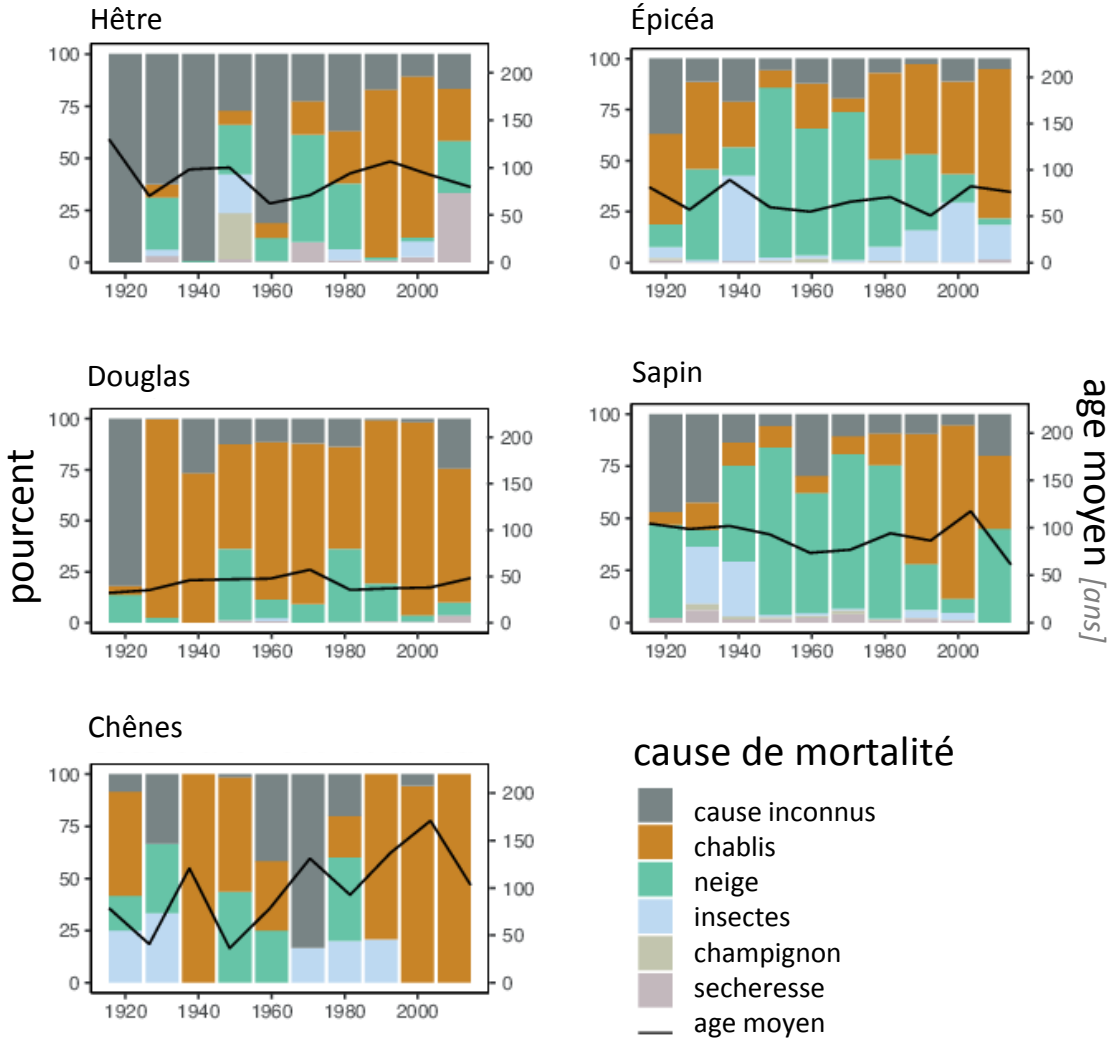
Données – *répartition des causes de mortalité*

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg



Données

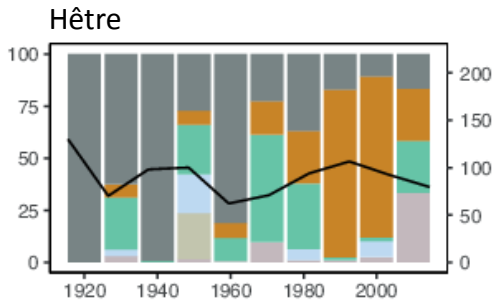
causes de mortalité

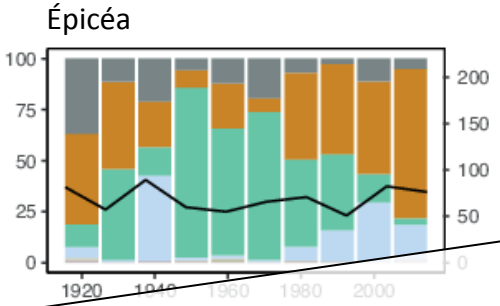


Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

Données

causes de mortalité





Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

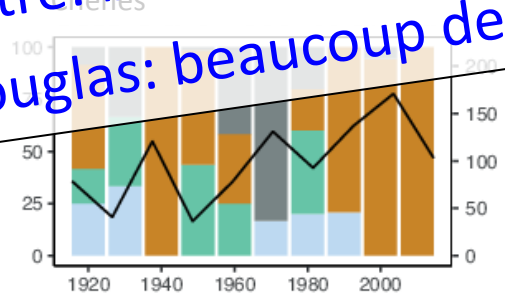
Fluctuation temporelle importante

Différences énormes entres les essences

Sapin/Épicéa: beaucoup de bris de neige

Hêtre: beaucoup de mortalité à cause inconnue

Douglas: beaucoup de chablis



cause inconnus
chablis
neige
insectes
champignon
secheresse
age moyen

Méthodes

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

estimateur Kaplan-Meyer non-paramétrique du temps de survie (survival time S(t)) (merci Jean-Marc Ottorini!)

- $\boldsymbol{S(t) = \prod_{i:t_i \leq t}(1 - \frac{d_i}{n_i})}$
- présentation **déscriptive** rapide du temps de survie sans covariables

accelerated failure time (aft) modèles

$$\boldsymbol{\lambda(t|\theta) = \theta\, \lambda_0\, (\theta\, t)}$$

$$p.e.\, avec\ \theta = exp(-[\beta_1 X_1 \ldots \beta_p X_p])$$

- Interprétation facile des coefficients
- bonne capacité de manier les *„right-censorings“* et les *„left truncations“*)
- bonne representation des covariables dynamique

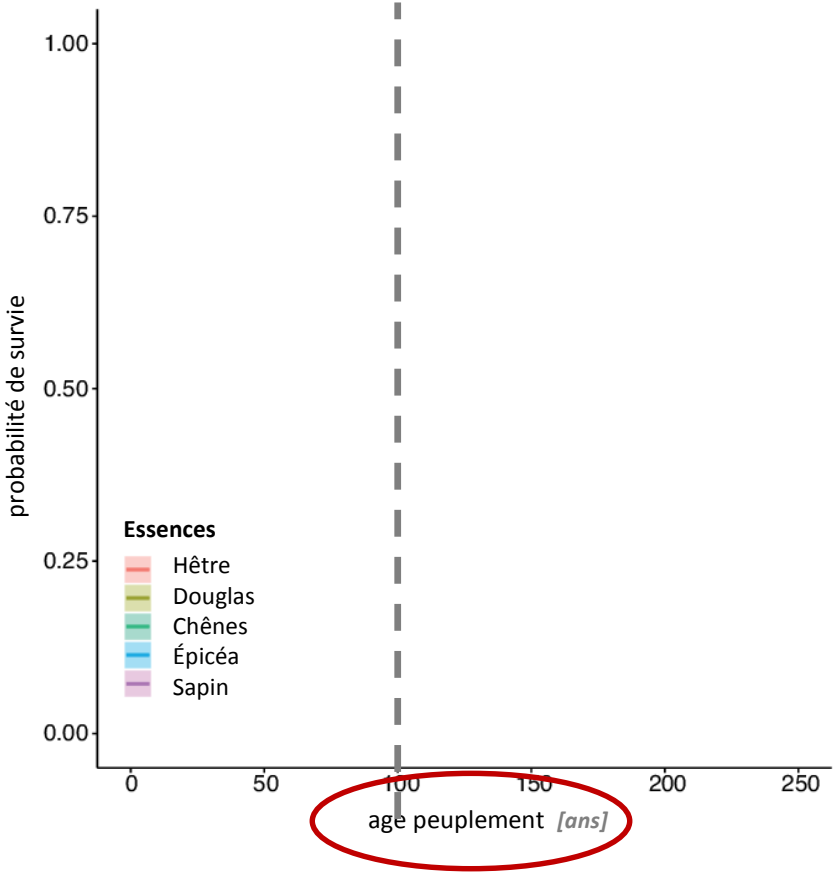
Données - *covariables*

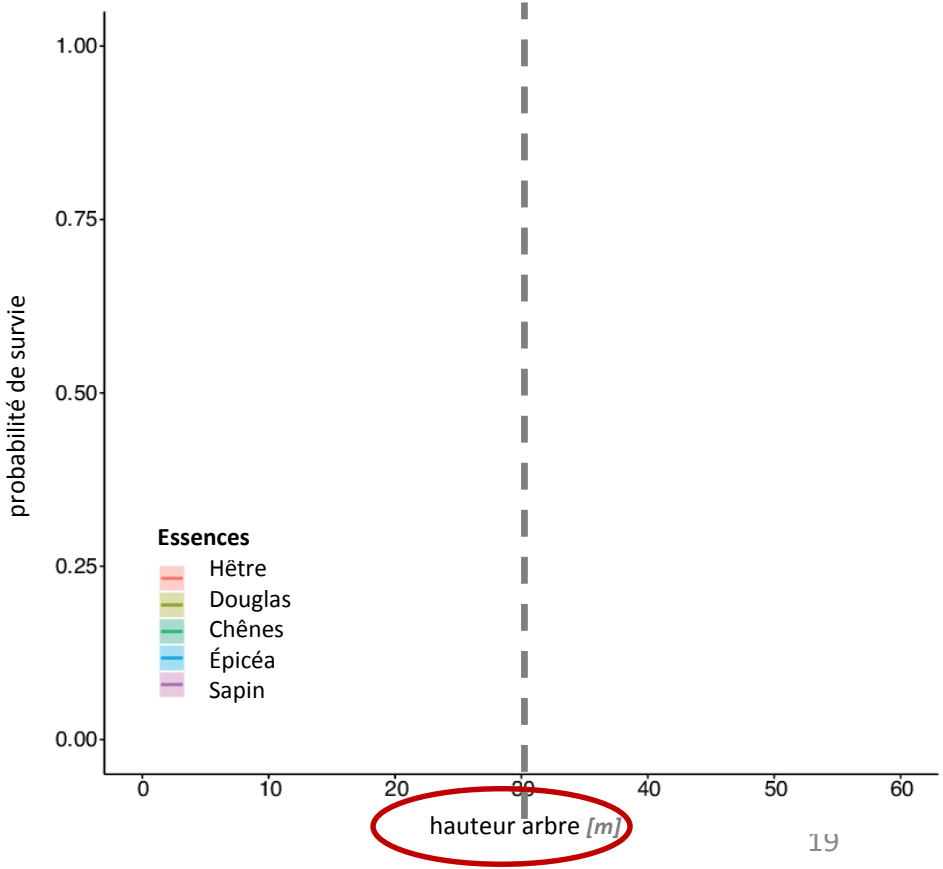
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

- **Climat:** Météo-DE-1km-grille *(moyennes / sommes et max/min mensuelles, indice deMartonne, moyennes / sommes quinquenalles et trentenaires glissantes)*
- **Sol:** capacité au champ utilisable, capacité d'échange en cations *(LGRB)*; saturation en bases, taux de caillou *(FVA)*; altitude, pentes, exposition*(Geobasisdaten)*
- **arbre/peuplement:** dhp, h, G, V, (rel)BAL, relTauxDePrélevement, diversité en essences, en dhp, et an h

resultats – *estimateur Kaplan-Meier (aucune covariable!)*

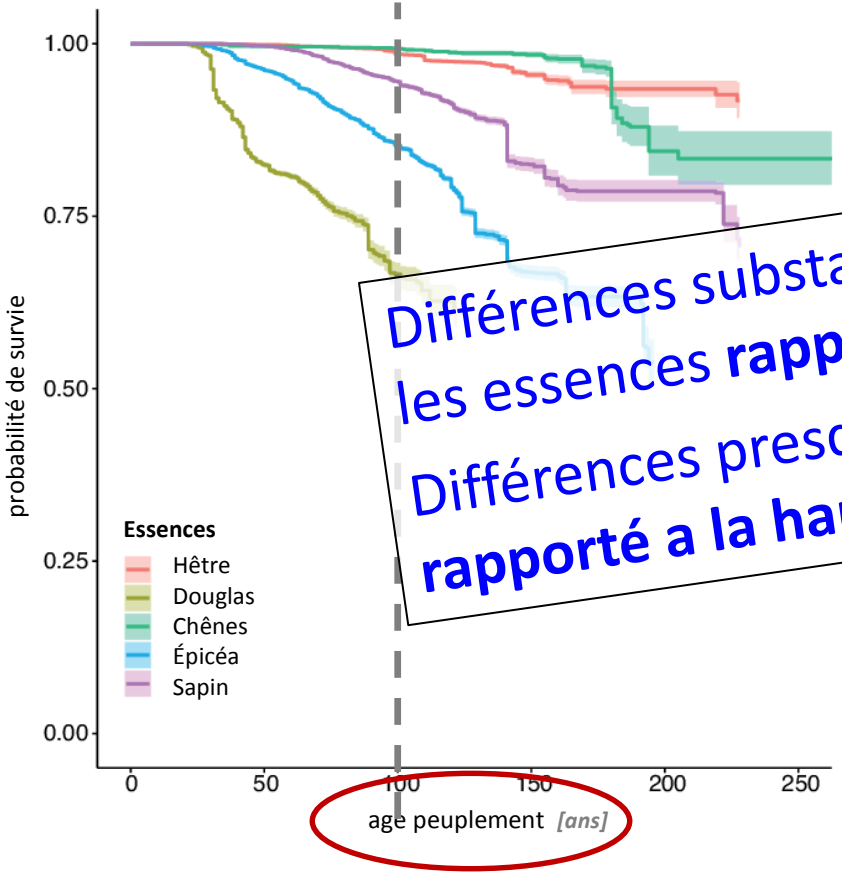
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

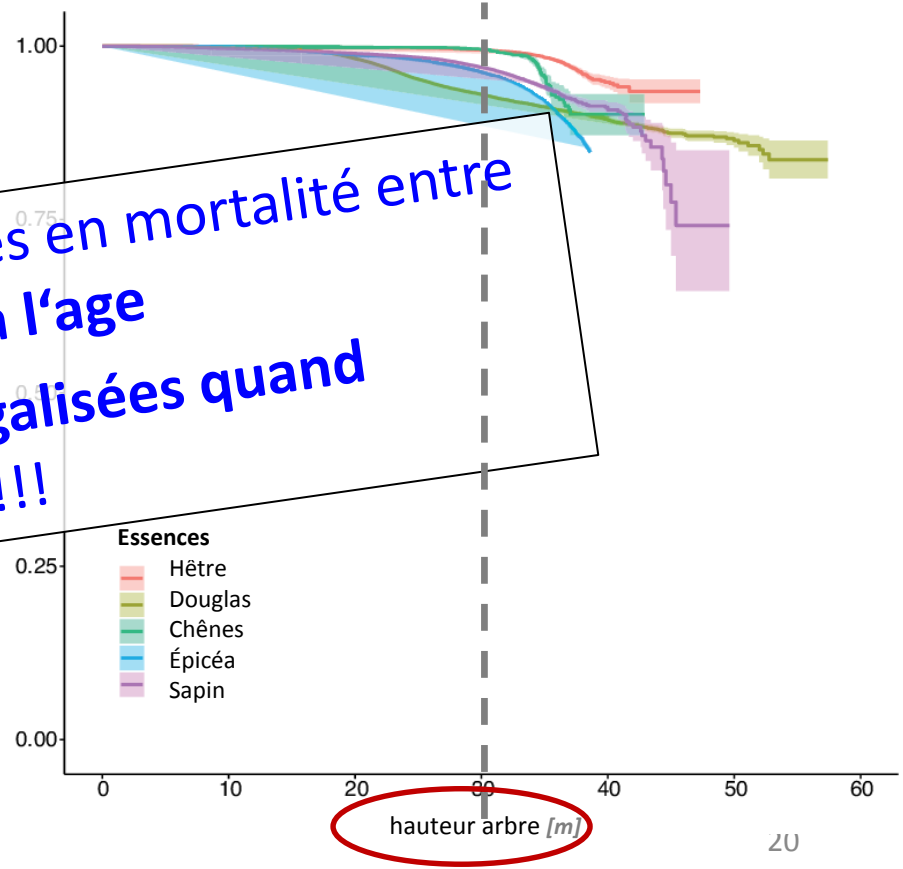




resultats – *estimateur Kaplan-Meier (aucune covariable!)*

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

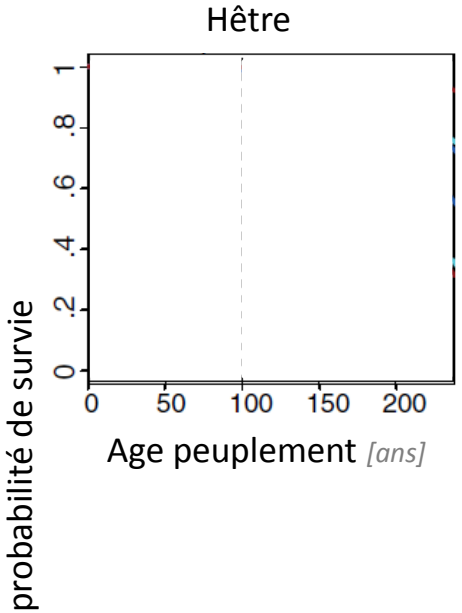




Différences substanielles en mortalité entre les essences **rapporté a l'age**

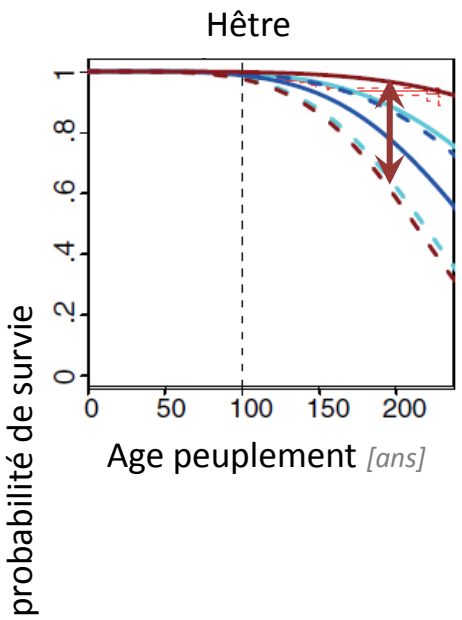
Différences presque **égalisées quand rapporté a la hauteur**!!!

Stat inférentielle – *modèle de survie: impact du **climat***



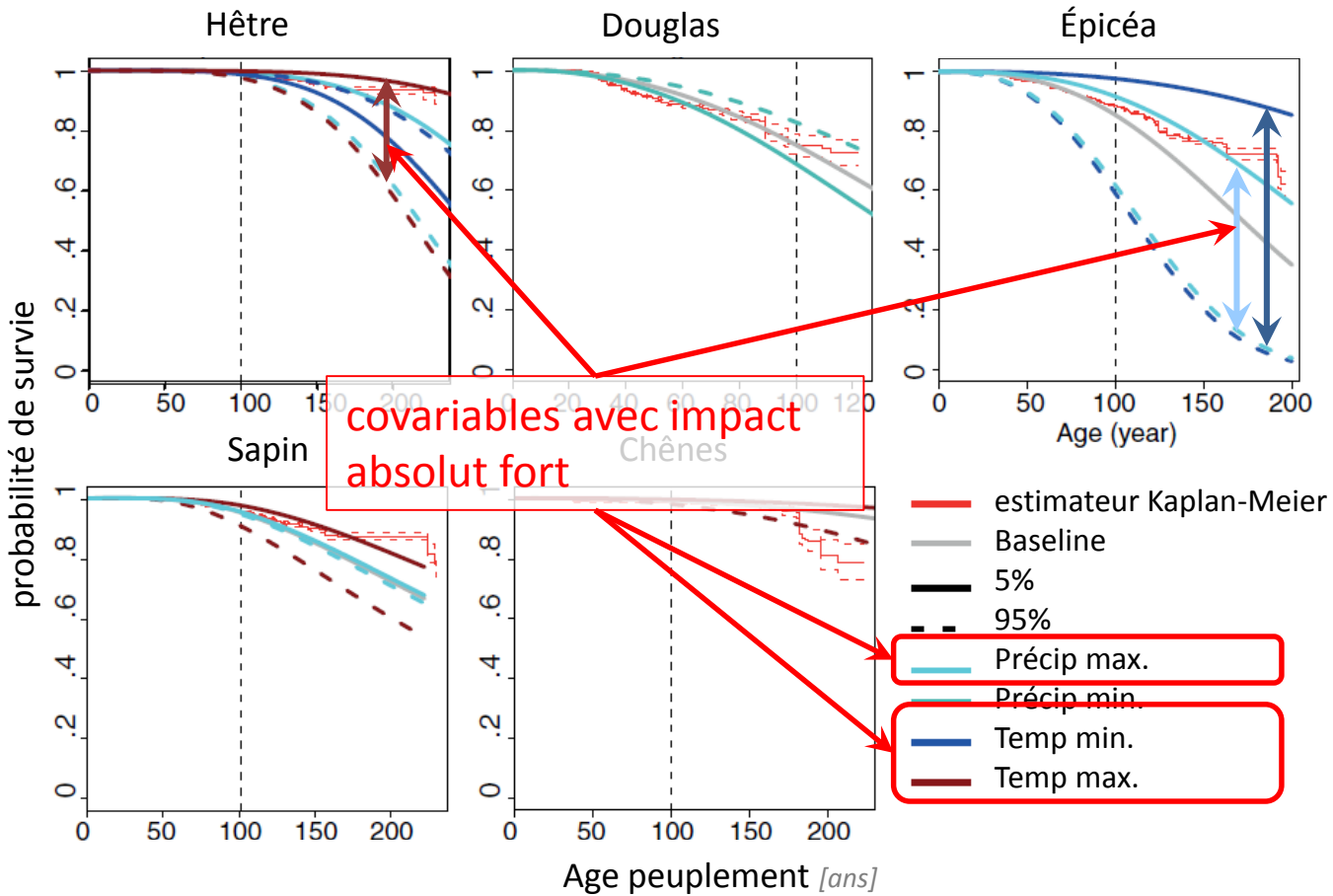
Stat inférentielle – *modèle de survie: impact du **climat***

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

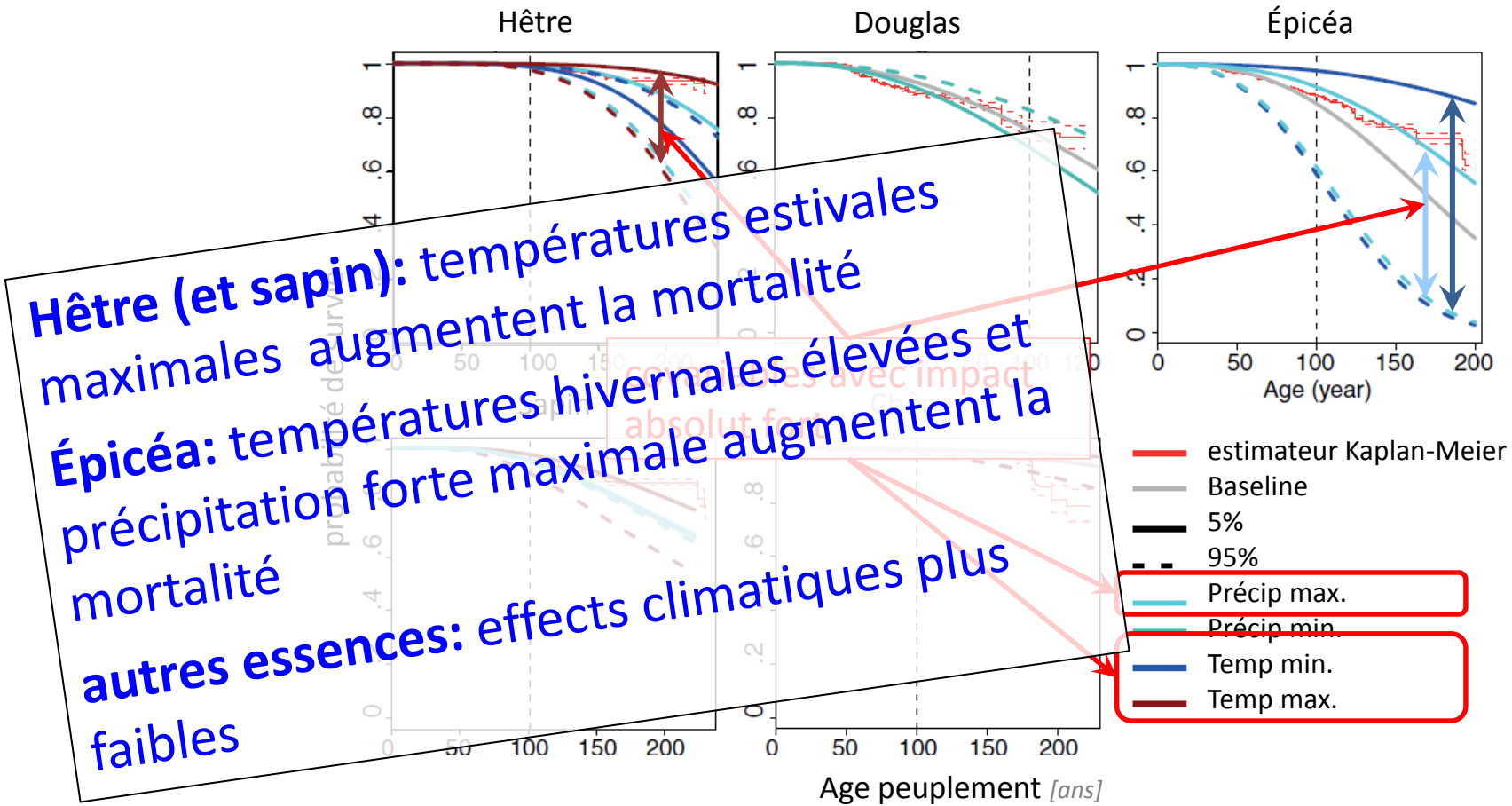


- estimateur Kaplan-Meier
- Baseline
- 5%
- 95%
- Précip max.
- Précip min.
- Temp min.
- Temp max.

Stat inférentielle – *modèle de survie: impact du **climat***



Stat inférentielle – *modèle de survie: impact du **climat***

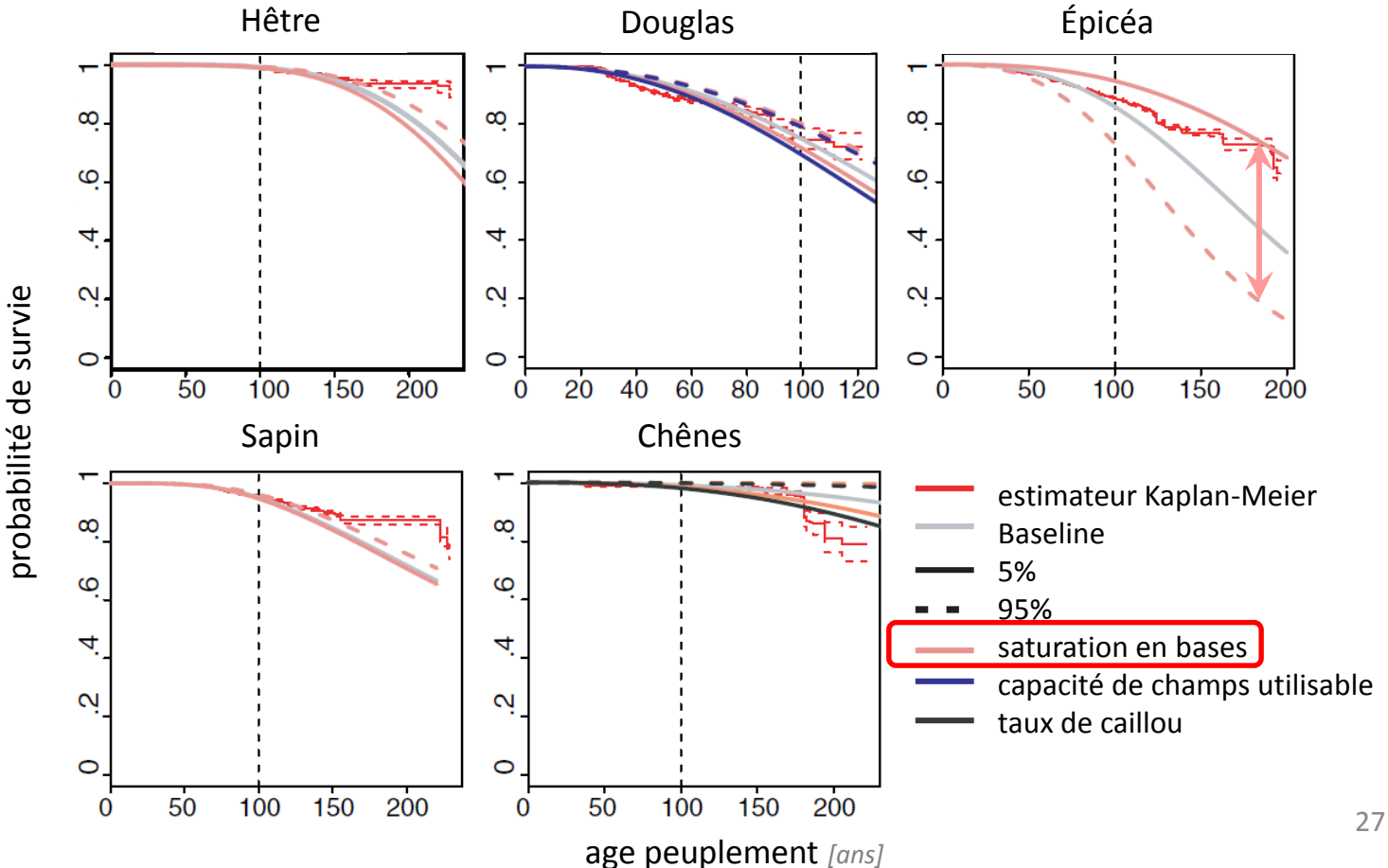


Hêtre (et sapin): températures estivales maximales augmentent la mortalité

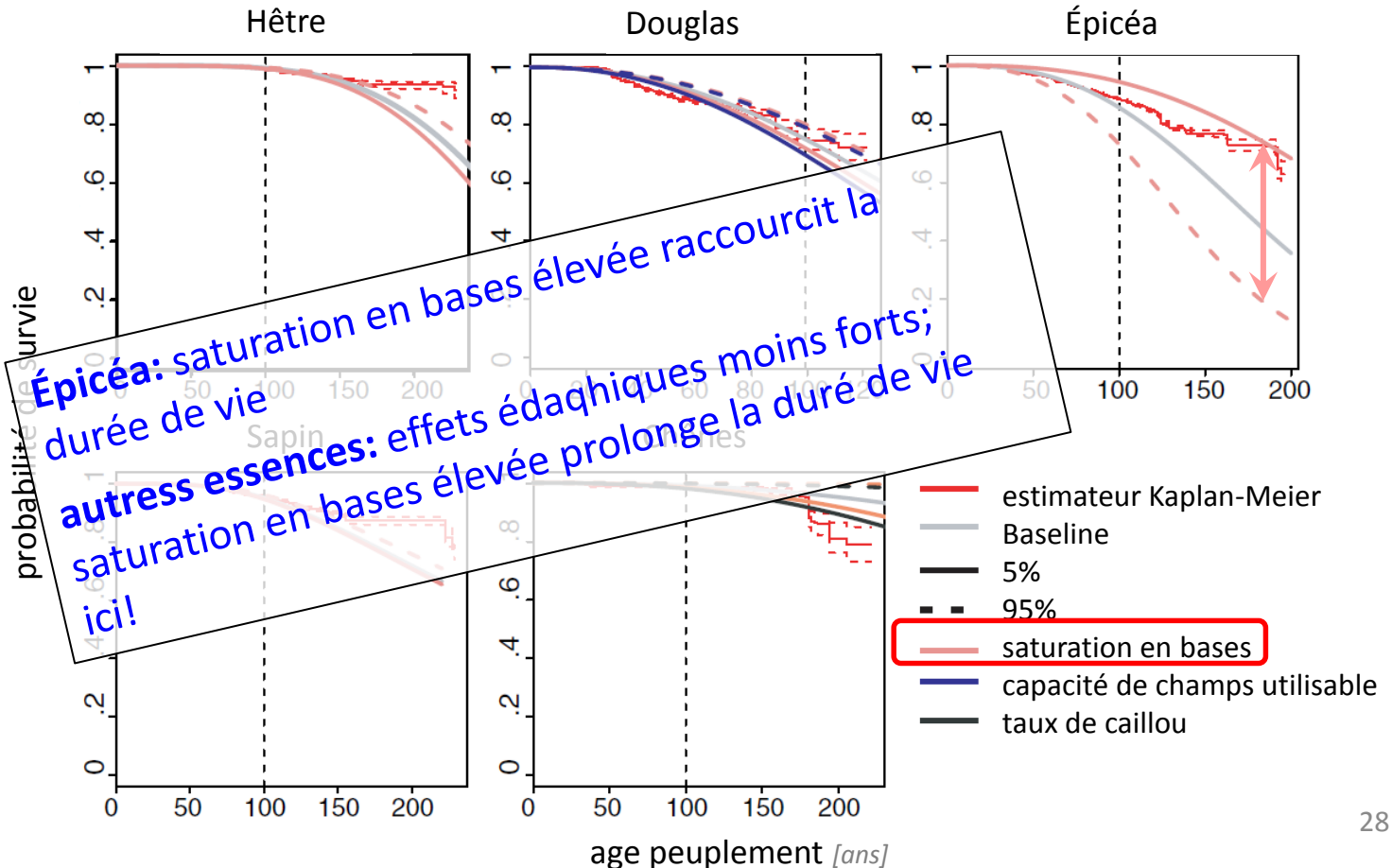
Épicéa: températures hivernales élevées et précipitation forte maximale augmentent la mortalité

autres essences: effects climatiques plus faibles

Stat inférentielle – *modèle de survie: impact du **sol***



Stat inférentielle – *modèle de survie: impact du **sol***



Épicéa: saturation en bases élevée raccourcit la durée de vie

autress essences: effets édaqhiques moins forts; saturation en bases élevée prolonge la duré de vie ici!

Stat inférentielle – *modèle de survie: impact des covariables arbre/peuplement* *[coefficients > 1: raccourcie, < 1: prolonge la durée de vie]*

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

	Hêtre	Douglas	Épicéa	Sapin	Chênes
Prélèvements relatifs *[$G_{pré}/G_{avantÉcl}$]*	-	-	1,12***	1,26***	1,45***
Dhp_{rel} des arbres enlevés	1,27***	-	-	-	-
Hauteur arbre *[m]*	-	-	-	0,87***	0,83***
Rang en hauteur	0,87***	-	-	-	-
G *[m^2/ha]*	-	1,07***	-	-	1,39***
Diversité en essences *[Evenness]*	-	-	0,94***	-	-
Diversité en diamètres *[Evenness]*	-	1,48***	-	-	-

***$p \leq 0.001$

Jugement

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

- Analyser toutes les causes de mortalité ensemble: moyennement interprétable
- modélisation par cause de mortalité beaucoup plus cher, mais beaucoup plus causale
- données de nos placettes: peuplements gerés, reguliers, plutôt monospécifiques
- covariables climatiques: effets forts *(hiver et éte)*
- covariables édaphiques: moins forts *(ceux qui étaient disponibles)*
- prélèvements/éclaircies réduisent la stabilité des peuplements à court terme
- effets stabilisants à long-terme ne sont pas quantifié *(seulement de façon indirect par la hauteur de l'arbre)*

Conclusions?

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

- Feuillus!
- Si résineux, il faut limiter les dimensions *(age,hauteur, dhp)*
- Densité du peuplement élevée = mortalité élevée *(chê, dgl)* → marteler
- Éclaircies fortes dans les jeunes peuplements *(pas les vieux)*
- améliorer la saturation en bases? *(pas pour l`épicéa)*

European Journal of Forest Research
https://doi.org/10.1007/s10342-020-01328-x

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

ORIGINAL PAPER

Ninety-five years of observed disturbance-based tree mortality modeled with climate-sensitive accelerated failure time models

Janet Maringer[1,2] · Anne-Sophie Stelzer[1] · Carola Paul[3] · Axel T. Albrecht[1]

Received: 3 March 2019 / Revised: 20 September 2020 / Accepted: 15 October 2020
© The Author(s) 2020

Abstract

Modeling disturbance-based tree mortality is becoming increasingly important in the discussion of how to adapt forests to climate change and to preserve their ecosystem services and mitigate the risk of economic losses. In this study, we fitted species-specific interval-censored Accelerated Failure Time models for five major tree species to derive the influence of climate, soil, silvicultural measures, stand and tree characteristics on survival times. We coded all disturbance-based mortality causes as events and analyzed 473,501 individual trees distributed across 2248 long-term (1929–2014) forest growth and yield plots in southwestern Germany. We observed different survival probabilities among tree species with Douglas-fir having the lowest survival probability at age 100 years, followed by Norway spruce and Silver fir. Contrastingly, beech and oak had survival probabilities above 0.98 at age 100 years. Most important factor influencing these survival times was climate. Higher summer temperature shortens the survival time of beech, Silver fir and oak, while Norway spruce suffers more from warmer and wetter winters. Beside climatic factors, base saturation showed a significant positive relationship to survival time for all investigated tree species, except for Norway spruce, which had shorter survival times with increasing cation exchange capacity of the soil. Additionally, short-term effects of destabilization after thinning were found. In conclusion, favoring broadleaved tree species, avoiding heavy thinning in older stands and limiting tree age reduce the probability of disturbance-based tree mortality. However, some of the effects found that cause-unspecific mortality modeling has limited potential to describe the mortality–climate change relation.

Keywords Survival analysis · Tree mortality · Disturbances · Climate warming

Forstliche Versuchs-
und Forschungsanstalt
Baden-Württemberg

Merci

Landes
Forst
Verwaltung
BW