



**HAL**  
open science

# Effets d'une chronique de dépérissements forestiers sur le stock de bois mort ; Co-analyse opportuniste de 2 bases de données européennes

Christophe Bouget, Chloé Bard, Jérémy Cours

## ► To cite this version:

Christophe Bouget, Chloé Bard, Jérémy Cours. Effets d'une chronique de dépérissements forestiers sur le stock de bois mort ; Co-analyse opportuniste de 2 bases de données européennes. Réunion annuelle du Groupe des Entomologistes Forestiers Francophones, INRAE, Sep 2022, Lamotte-Beuvron, France. 33 p. hal-04186765

**HAL Id: hal-04186765**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04186765>**

Submitted on 24 Aug 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



# Effets d'une chronique de **dépérissements** forestiers sur le stock de **bois mort**

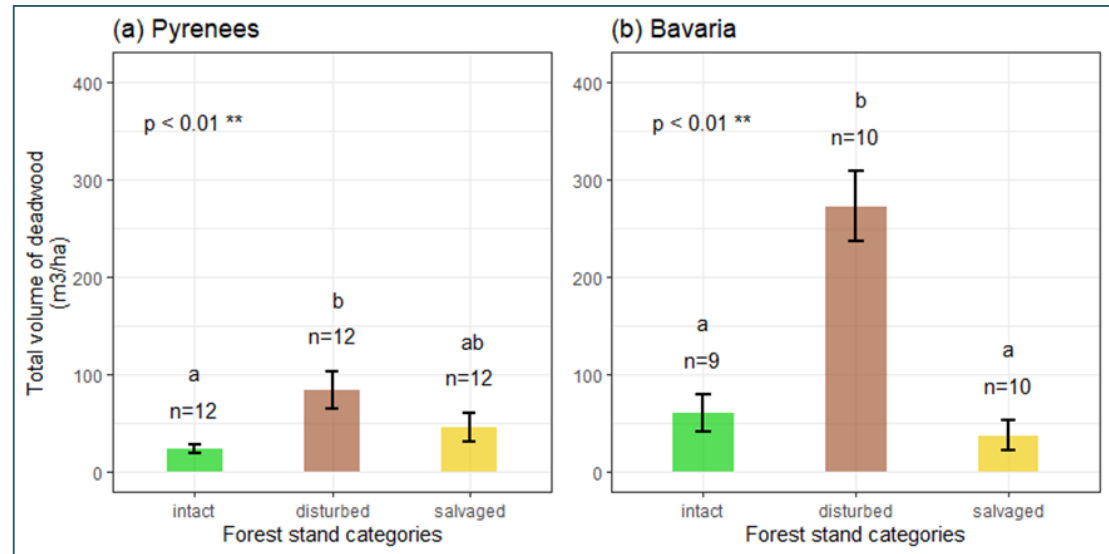


Co-analyse opportuniste de 2 bases de  
données **européennes**

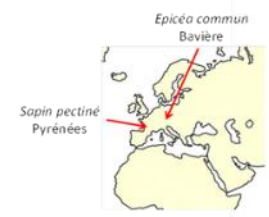
Bouget, C., Cours, J., Bard, C.

➤ Le stock de **bois mort local** est corrélé au niveau de **dépérissement contemporain**

Cas d'étude n°1



Cours et al. FEM 2021



France  
2017  
Silver fir



Treatment
declining stands (n=24 plots)
salvage (n=12 plots)
vital fir forest (n=20 plots)
<b>TOTAL</b>

Germany  
2016  
Spruce

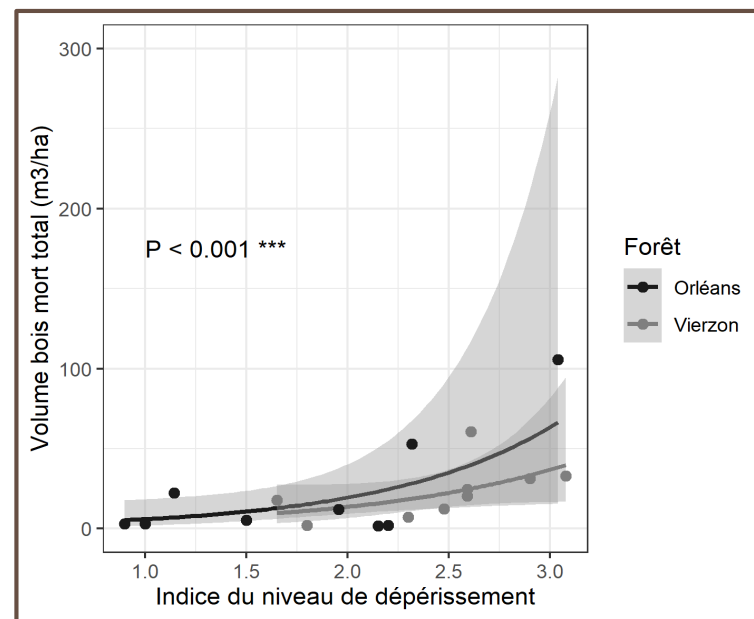
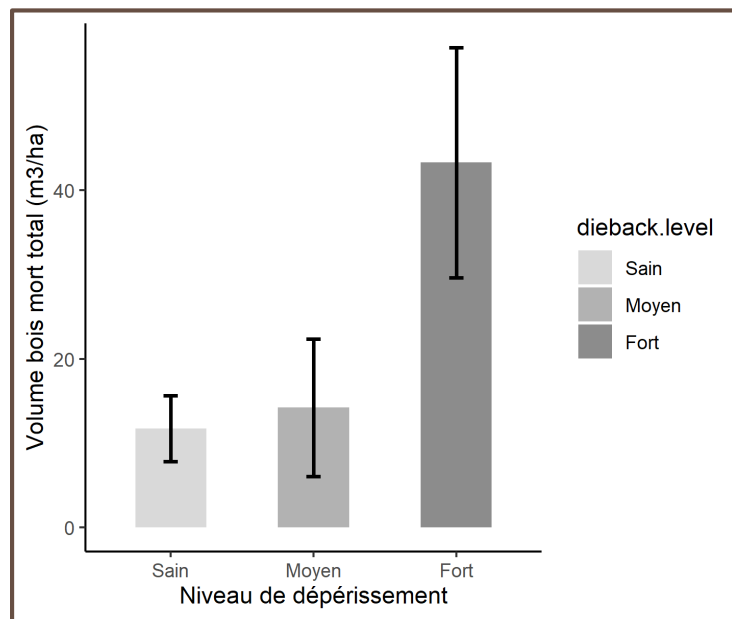


Treatment
lps forest (n=10 plots)
salvage (n=10 plots)
vital spruce forest (n=10 plots)
<b>TOTAL</b>



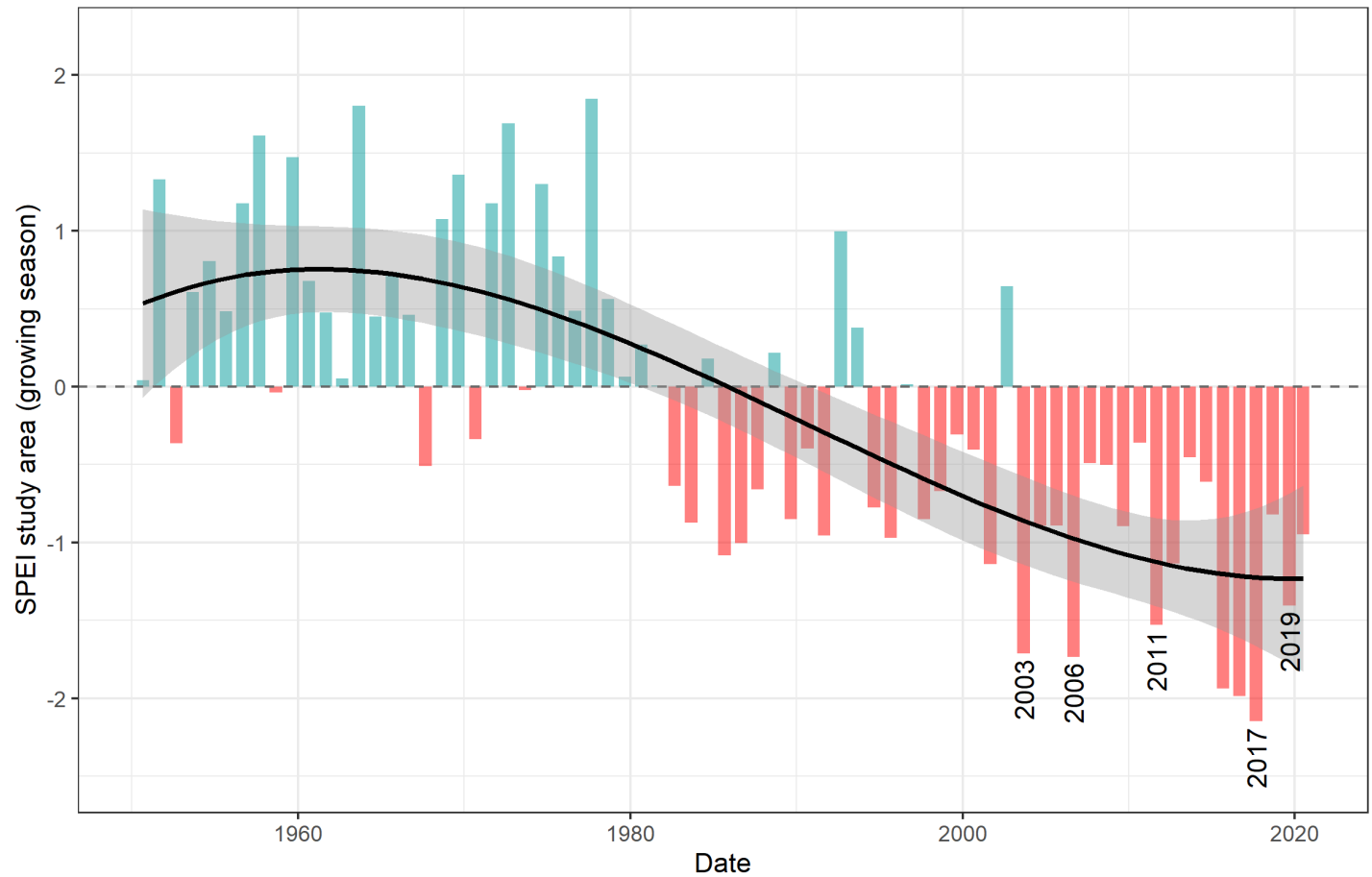
# ➤ Le stock de bois mort local est corrélé au niveau de dépérissement contemporain

## Cas d'étude n°2



# ➤ Quels effets écologiques d'une succession de dépérissements répétés?

Ex. : Anomalies thermiques/hydriques dans les Pyrénées



Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI) (Vicente-Serrano et al. 2010) evolution from 1950 to 2020 in the whole study area. Years marked by severe drought are inscribed under each bar; red: negative annual water balance (drought); blue: positive annual water balance (water surplus).

## ➤ Les questionnements écologiques

A.

Relations entre dépérissement contemporain et bois mort :

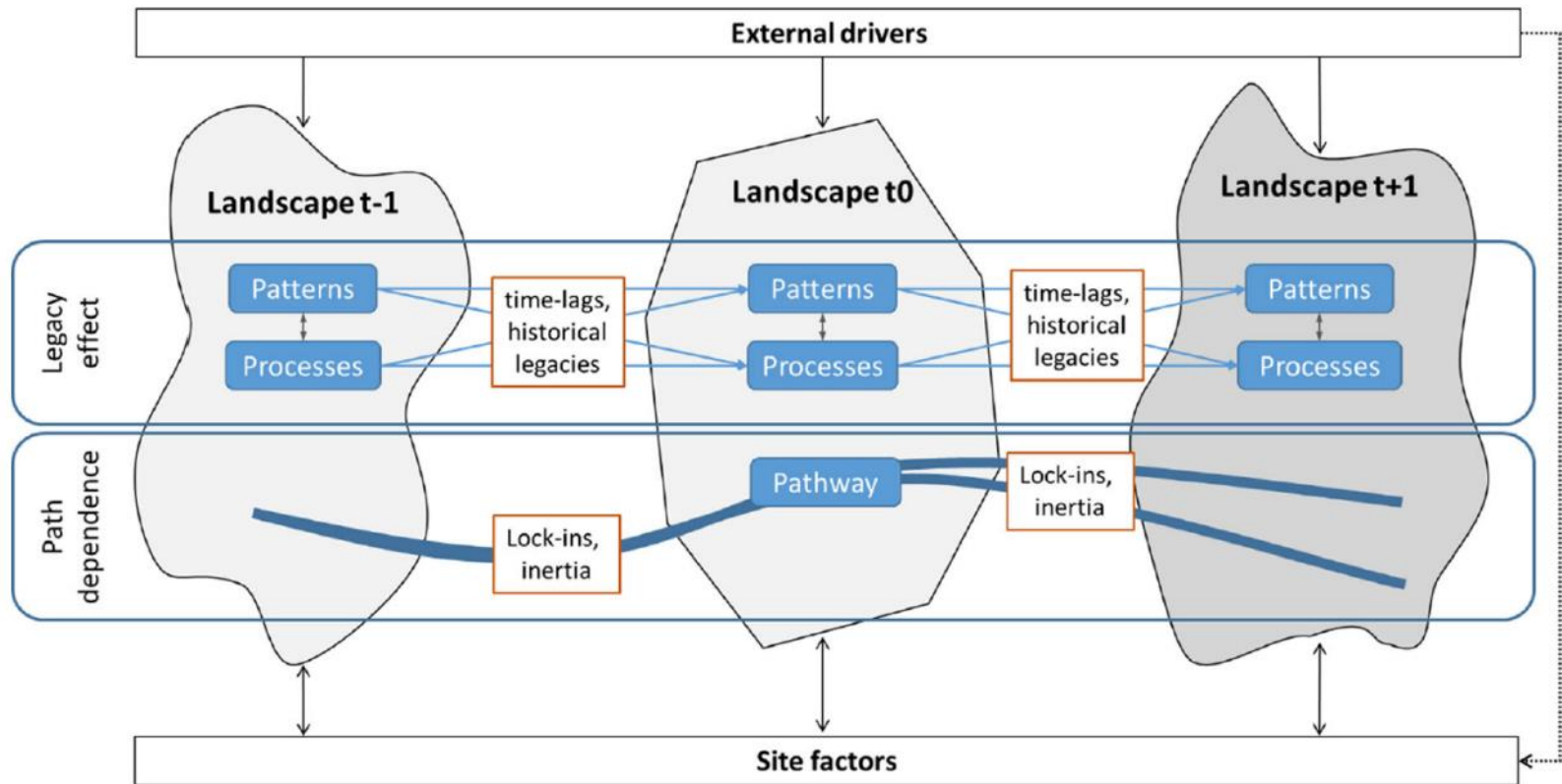
chênaie ligérienne (+/-),  
pessière bavaroise (++),  
sapinière pyrénéenne (+)

Quelle tendance générique peut être observée à l'échelle de la diversité des conditions forestières européennes ?

B.

Le stock de bois mort actuel est-il partiellement expliqué par l'historique des dépérissements passés ?

# ➤ Intérêts de l'écologie historique



Landscape Ecol (2021) 36:2317–2328  
<https://doi.org/10.1007/s10980-020-01163-w>

RESEARCH ARTICLE

**How to consider history in landscape ecology: patterns, processes, and pathways**

Ulrike Tappeiner · Georg Leitinger · Anita Zariņa · Matthias Bürgi

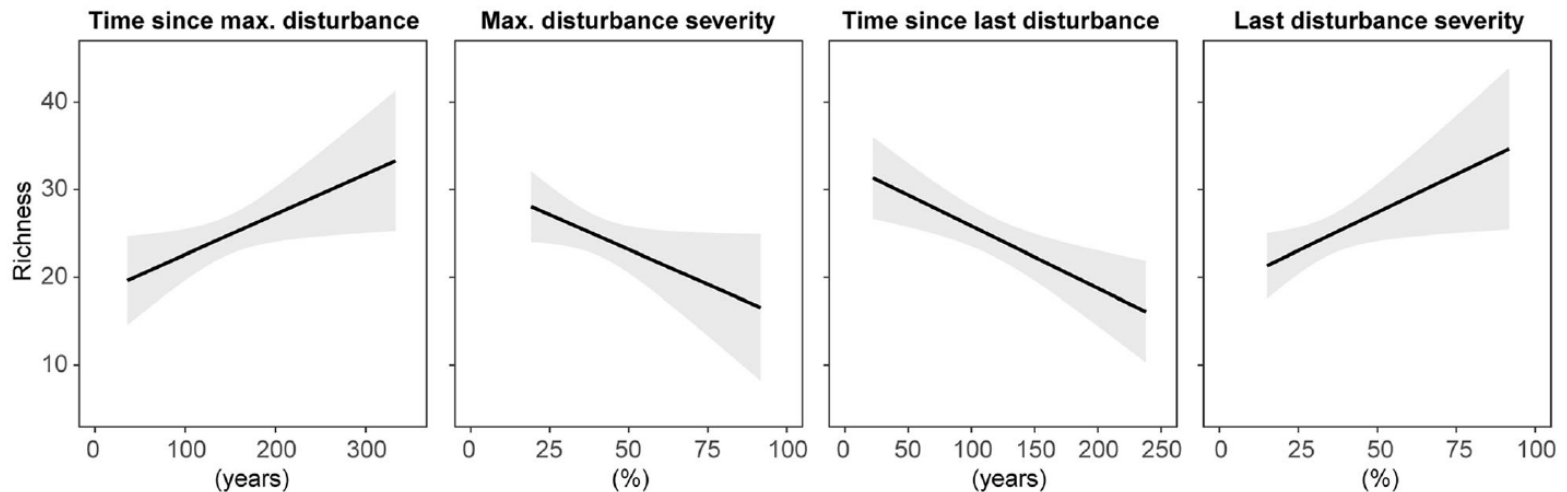
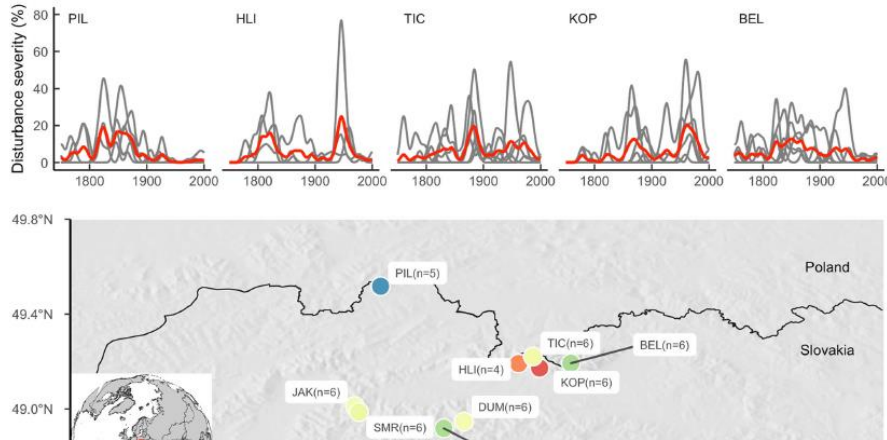
Effets différés (time lags), effets d'héritage (historical legacies), effets d'inertie ou de blocage (lock-ins)



# ➤ Analyse historique des effets des perturbations

## Historical Disturbances Determine Current Taxonomic, Functional and Phylogenetic Diversity of Saproxylic Beetle Communities in Temperate Primary Forests

Daniel Kozák,<sup>1\*</sup> Marek Svitok,<sup>2,3</sup> Michal Wiezik,<sup>2</sup> Martin Mikoláš,<sup>1</sup> Simon Thorn,<sup>4</sup> Arne Buechling,<sup>1</sup> Jeňýk Hofmeister,<sup>1</sup> Radim Matula,<sup>1</sup> Volodymyr Trotsiuk,<sup>1,5</sup> Radek Bače,<sup>1</sup> Křešimir Begovič,<sup>1</sup> Vojtěch Čada,<sup>1</sup> Martin Dušátko,<sup>1</sup> Michal Frankovič,<sup>1</sup> Jakub Horák,<sup>6</sup> Pavel Janda,<sup>1</sup> Ondrej Kameniar,<sup>1</sup> Thomas A. Nagel,<sup>1,7</sup> Joseph L. Pettit,<sup>1</sup> Jessika M. Pettit,<sup>1</sup> Michal Synek,<sup>1</sup> Adela Wieziková,<sup>2</sup> and Miroslav Svoboda<sup>1</sup>



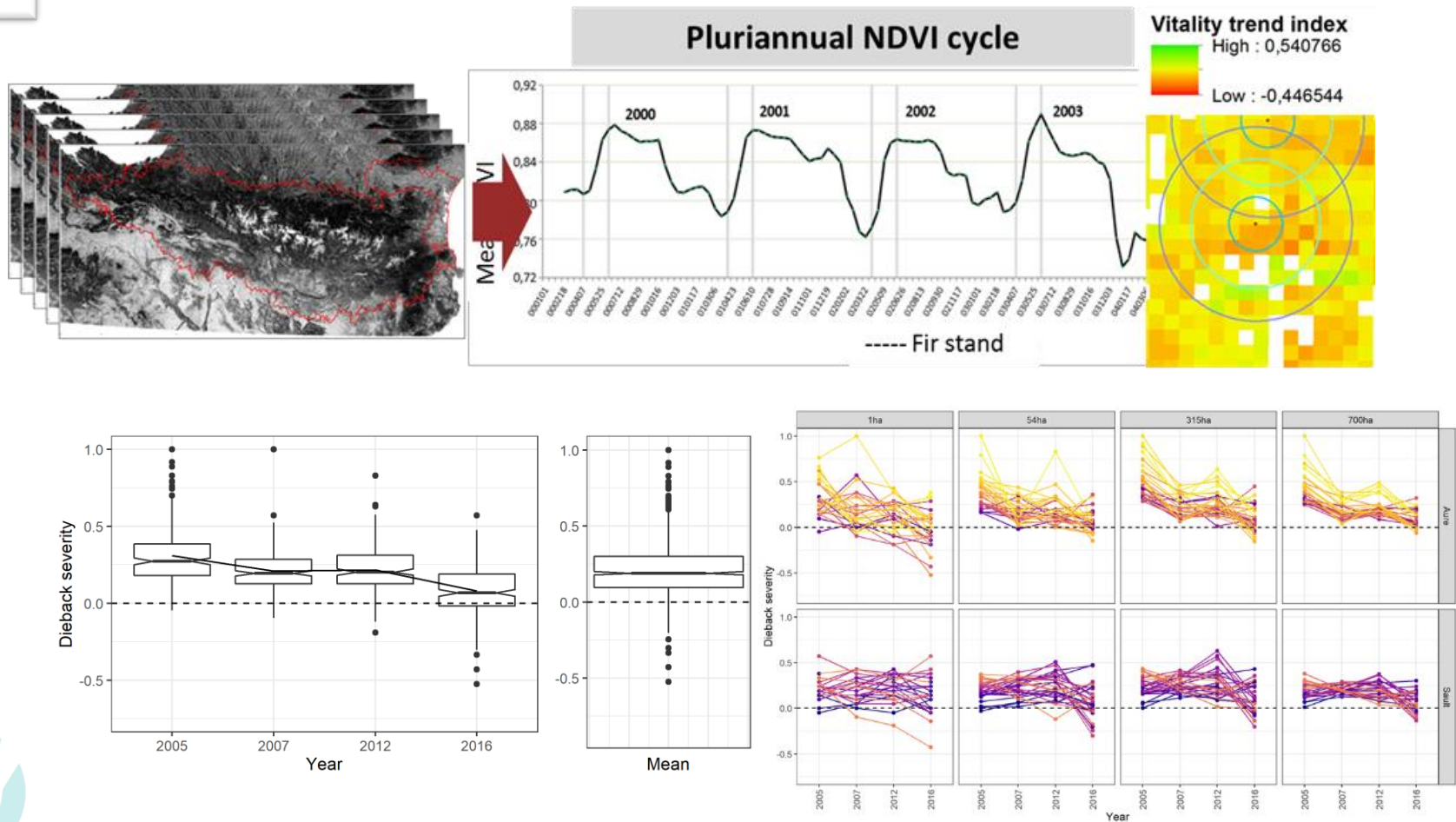
**Fig. 2.** Magnitude of disturbance effects on the taxonomic richness of current beetle communities based on linear mixed effects models. Each effect plot shows expected response to a particular variable keeping other variables constant at their mean value. Gray shading delineates 95% confidence limits



# ➤ Une première tentative infructueuse dans les Pyrénées



Variations temporelles du niveau de dépérissement des sapinières dans le paysage : données SG – MODIS finalement invalidées (Cours et al. 2020)



## ➤ L'opportunité du croisement de 2 bases de données européennes

### (i) État actuel du stock de bois mort

- données dendrométriques ponctuelles sur une partie des placettes européennes de niveau I (projet ForestFocus Biosoil 2006 ou 2007 ou 2008 ; Puletti et al. 2017, Galuzzi et al. 2019)

### (ii) Chronique du niveau de dépérissement

- mesures du protocole « défoliation » ICP-Forest depuis 1989 sur les placettes européennes de niveau I (16\*16 km)

## ➤ Nos questions

Le stock de **bois mort** local est-il corrélé aux dépérissements passés de façon **contexte-dépendante** (plaine vs montagne, feuillus vs résineux) ?



# Le jeu de données

# ➤ Les données “bois mort” de Biosoil

Fig. 2 Distribution of the ICP forest LI-BioDiv dataset unit used in this study (3311 plots)

## Biosoil Biodiversity project (ForestFocus 2005-2008)

3243 level I-subplot 2 (ICP Forests LI-sub2)

19 European Countries involved were **France**, Belgium, Germany, Italy, the UK, Ireland, Denmark, Spain, Sweden, Austria, Finland, Hungary, Poland, Slovak Republic, Lithuania, Czech Republic, Slovenia, Latvia, and Cyprus

Annals of Forest Science (2019) 76: 68  
<https://doi.org/10.1007/s13595-019-0832-0>

DATA PAPER


## A dataset of forest volume deadwood estimates for Europe

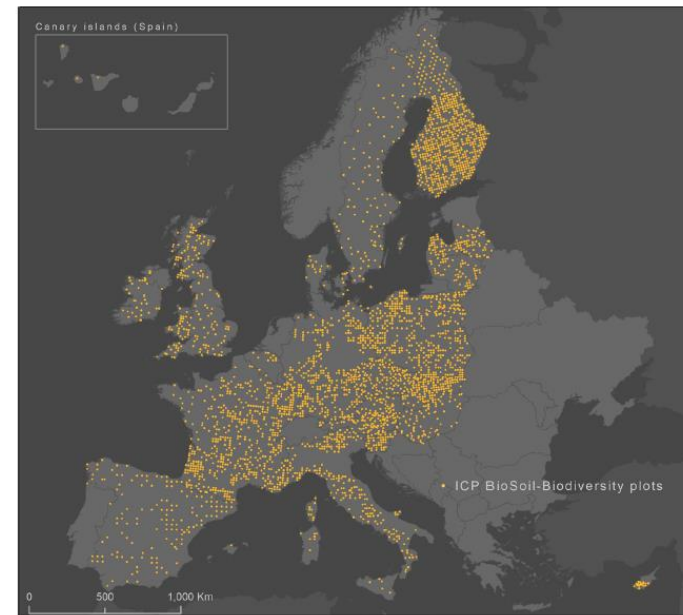
Nicola Puletti<sup>1</sup>  · Roberto Canullo<sup>2,3</sup> · Walter Mattioli<sup>1</sup> · Radosław Gawryś<sup>4</sup> · Piernaria Corona<sup>1</sup> · Janusz Czerepko<sup>4</sup>

European Journal of Forest Research (2019) 138:831–845  
<https://doi.org/10.1007/s10342-019-01205-2>

ORIGINAL PAPER

## A plot-level exploratory analysis of European forest based on the results from the BioSoil Forest Biodiversity project

Marta Galluzzi<sup>1</sup>  · Francesca Giannetti<sup>1</sup> · Nicola Puletti<sup>2</sup> · Roberto Canullo<sup>3</sup> · Duccio Rocchini<sup>4</sup> · Annemarie Bastrup-Birk<sup>5</sup> · Gherardo Chirici<sup>1</sup>



Journal of Maps



ISSN: (Print) 1744-5647 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/tjom20>

## Deadwood distribution in European forests

Nicola Puletti, Francesca Giannetti, Gherardo Chirici & Roberto Canullo

To cite this article: Nicola Puletti, Francesca Giannetti, Gherardo Chirici & Roberto Canullo (2017) Deadwood distribution in European forests, Journal of Maps, 13:2, 733-736, DOI: 10.1080/17445647.2017.1369184

# ➤ Le protocole « Bois mort » de Biosoil

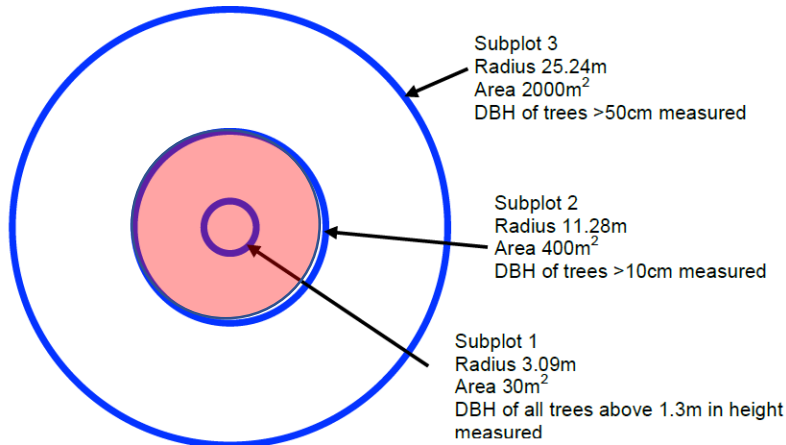


Figure 14: Biosoil subplots and measurement protocol for DBH measurements

Deadwood was assessed over an area of 400 m<sup>2</sup> (subplots 1 and 2).

= standing and lying dead trees, coarse woody debris (CWD), snags, and stumps

All dead trees were treated as snags.



Coarse woody debris (diameter, length, species type, decay class)

m

D > 10 cm

Snags (diameter, height, species type, decay class)

m

h > 130 cm; D > 10 cm

Stumps (diameter, length, species type, decay class)

m

h < 130 cm; D > 10 cm

Fine woody debris (diameter, height, species type) : optional (seulement 10 pays)

o

5 < D ≤ 10 cm

## ➤ Données ICP forests

“mean\_defoliation\_total at the plot scale” = proxy du niveau de dépérissement de la placette

"Annual surveys of crown condition" de 1989 à aujourd'hui

Sur la maille 16\*16, relevés annuels de défoliation sur 5852 placettes dans 42 pays

<http://icp-forests.net/page/largescale-forest-condition>

### Tree crown condition:

- 24 selected trees : predominant, dominant and co-dominant individuals with a minimum height of 60 cm and without significant mechanical damage
- Annual visual evaluation of the defoliation and discoloration of each tree crown = percentage of needle/leaf loss in the assessable crown as compared to a reference tree with full foliage, using a sliding scale of 5%.
- mean\_defoliation\_total at the plot scale = proportion of trees scored as 'damaged', i.e. with a defoliation rate of more than 25%

## ➤ Sélection des placettes croisant données continues ICP-defoliation 1989-2008 et BioSoil-DWD 2005-2008

**Table 1** Percentage of Li-BioDiv plots chosen from ICP level I network

Country	ICP level I plots (*)	Li-BioDiv plots	%
Austria	136	135	99
Belgium	29	10	34
Cyprus	15	15	100
Czech Republic	205	146	71
Denmark	25	26	> 100
Estonia	97	96	99
Finland	931	630	68
France	553	548	99
Germany	451	425	94
Hungary	74	78	> 100
Ireland	32	36	> 100
Italy	265	239	90
Latvia	207	95	46
Lithuania	82	62	76
Slovak Republic	111	112	> 100
Slovenia	45	45	100
Spain	620	272	44
Sweden	790	795	> 100
UK	89	167	> 100

UK set up a new network for the BioSoil Forest Biodiversity project. (\*) Number of ICP level I plots were derived from Lorenz et al. (2005); Michel and Seidling (2016, 2017) as the maximum number of plots surveyed between 1992 and 2016

Country	DWD	
	TOT	GEO
France	504	504
Belgium	10	10
Germany	212	212
Italy	179	176
UK	121	119
Ireland	35	21
Denmark	5	5
Spain	92	86
Sweden	85	85
Austria	128	128
Finland	577	577
Hungary	74	74
Poland	408	390
Slovak Republic	104	101
Lithuania	58	57
Czech Republic	142	142
Slovenia	40	40
Latvia	88	88
Cyprus	19	16
Canaries islands	4	3
	2885	2834

Données européennes disponibles sur requête à : Programme Co-ordinating Centre (PCC) of ICP Forests in Eberswalde, Germany

Mais tableaux de données hétérogènes (identifiants placette, systèmes de coordonnées géographiques, encodage des covariables...)



# ➤ Sélection/harmonisation/nettoyage des données appariées ICP-defoliation et Biosoil-DWD

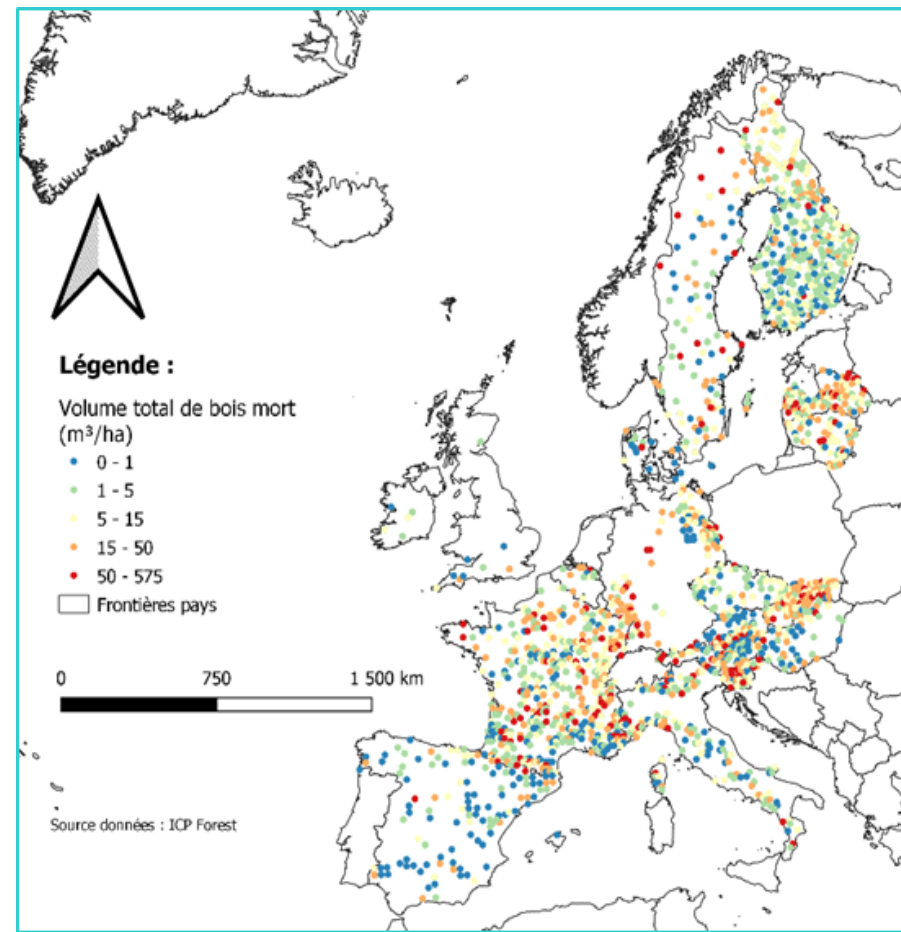
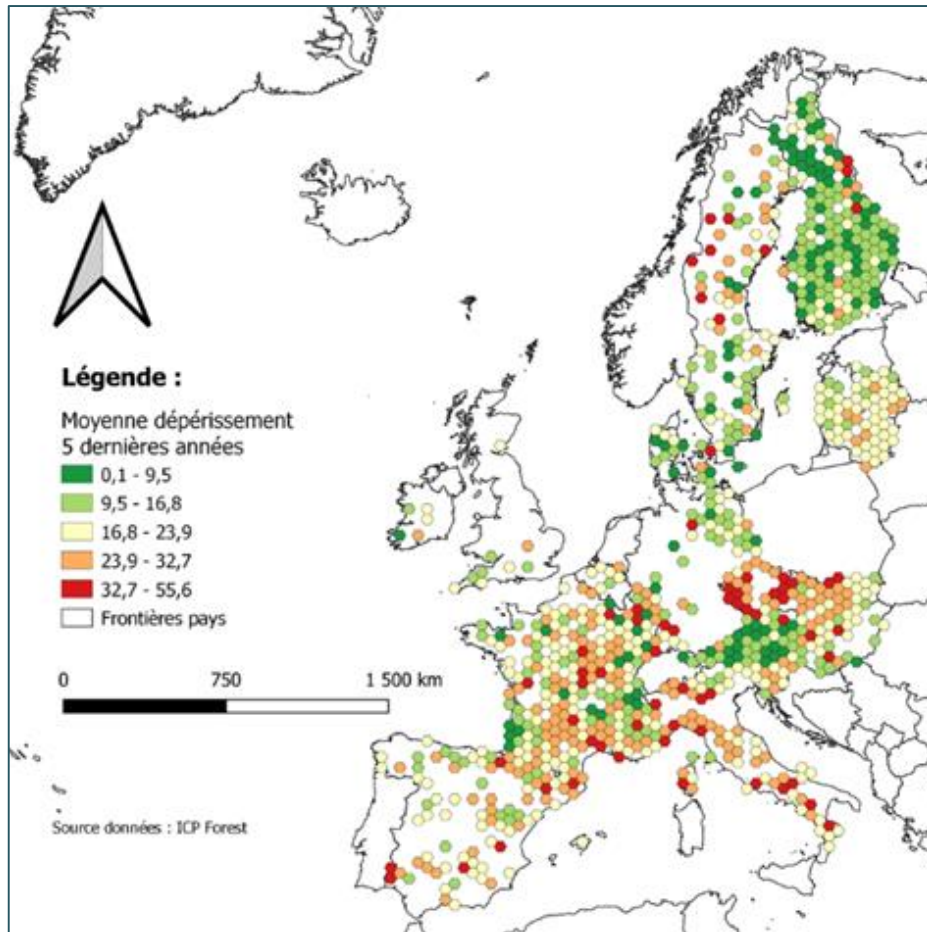
- 10 ans [1995-2005, 1996-2006, 1997-2007] N= 1804
- 5 ans 2001-2005 N= 2070
- 15 ans 1991-2005 N= 1399

Durée de la chronique continue jusqu'à (n-1) : de 3 à 21 ans

	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Total
Austria		5						54					6	66						131
Belgium															10					10
Canaries (Spain)										1		3								4
Cyprus			7	8																15
Czech Republic			1		12	52	14		1	4	4	21	12	16	1					138
Denmark				2		1	1		1						16					21
Finland	6	8	6	4	3	3	8	2	55			42	238							375
France	1	1	5	2	9	8	2	4	10	17	22	1	3	3	234	177				499
Germany			1	1	9			3	2	3	1	1		18	37	33	4			113
Hungary		1		2	2	2								53						60
Ireland															5					5
Italy	7	4	5	3	4	46	6					5		5	15	98				198
Latvia			3	1		2		3	1				11	71						92
Lithuania	1			1							1	56								59
Slovak Republic	1	1	2	1		2									1	71	26	2		107
Slovenia	2						1		7	31										41
Spain					2	33		2		5	1	1	3		2	22	21	58	1	151
Sweden	1	2	2		2	1		2	58	31	1									100
United Kingdom		1													8	3				12
<b>Total général</b>	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>32</b>	<b>25</b>	<b>43</b>	<b>150</b>	<b>32</b>	<b>70</b>	<b>135</b>	<b>61</b>	<b>61</b>	<b>130</b>	<b>273</b>	<b>232</b>	<b>329</b>	<b>404</b>	<b>51</b>	<b>60</b>	<b>1</b>	<b>2131</b>

Austria	125
Belgium	10
Czech Republic	57
Denmark	17
Finland	337
France	461
Germany	102
Hungary	53
Ireland	5
Italy	132
Latvia	90
Lithuania	57
Slovak Republic	99
Slovenia	40
Spain	116
Sweden	94
United Kingdom	9
<b>Total général</b>	<b>1804</b>

# ➤ Le jeu de données





# Méthodes

# ➤ Les prédicteurs = variables descriptives du dépérissement

Métriques synthétiques décrivant de manière univariée la chronique de défoliation sur les années précédant la mesure Biosoil (ICP 1991-2008)

Soit un **pic** défini comme une année où le niveau de défoliation était supérieur à un seuil relatif (i.e. dépassant le 3e quartile = 25%)

Avec des chroniques sur 10 ans :

- La valeur de défoliation dépasse 25% en moyenne 2.5 années
- Dans 8% des placettes, la défoliation est supérieure à 25% sur toute la durée de la chronique (pic permanent)
- Dans 48% des placettes, la défoliation est inférieure à 25% sur toute la durée de la chronique (aucun pic)

- Niveau à l'année n-1
  - Niveau à l'année n-2
  - Niveau à l'année n-3
  - Moyenne sur 2 dernières années
  - Moyenne sur 3 dernières années
  - Moyenne des 5 années proches
  - Moyenne des 5 années lointaines
  - Moyenne arithmétique
  - Moyenne géométrique
  - Aire sous la courbe
  - Pente régression linéaire
  - Maximum
  - Nombre total d'années sous pic
  - Nombre de pics
  - Durée du pic le plus long
  - Durée entre dernier pic et année Biosoil
- Année clé
- Cumulatif
- Passé proche
- Passé proche vs lointain
- Cumulatif
- Tendance
- Intensité et répétition
- Effet immédiat ou non

# ➤ Les covariables Biosoil

## Covariables écologiques

### Gestion (regroupée en 2 classes)

- recently.harvested = Managed (within the last 10 years)
- no.recent.harvest = Unmanaged (no evidence) + Management (evidence but for more than 10 years ago)

### Age moyen (regroupé en 3 classes)

- Mature [>100 yrs]
- Midaged [41-100 yrs]
- Young [1-40 yrs]

### Altitude (quantitative continue)

### Essence dominante

### Groupe d'essence dominante

- Coniferous
- Deciduous
- mixed

## Covariables spatiales

- Année mesure bois mort
- Pays
- Coordonnées (lat,lon)

## ➤ Les variables réponses

1. Volume total de bois mort
2. Volumes par type de bois mort
  1. fresh deadwood = (Vm3\_dec1) + (Vm3\_dec2)
  2. decayed deadwood = (Vm3\_dec4) + (Vm3\_dec5)
  3. standing deadwood = (Vm3\_SDT = standing dead trees) + (Vm3\_snag)
  4. ground-lying deadwood = (Vm3\_LDT = lying dead trees) + (Vm3\_cwd = coarse woody debris)

Variables quantitatives continues positives, avec une forte proportion de zéros

Type de bois mort	Proportion de zéros exacts
Total	11 %
Frais	33 %
Carié	31 %
Debout	60 %
Gisant	37 %

## ➤ Analyse par Glmm

- Effets **aléatoires** (année Biosoil, pays)
- Effets **fixes** : stratégie de régression additive Dredge + contrôles de **colinéarité** entre prédicteurs et covariables
- Comparaisons successives de modèles alternant les prédicteurs ou les combinaisons de prédicteurs par AIC (Critère d'Information Akaike) et BIC (Critère d'Information Bayésien) – significativité des effets
- Analyses de **magnitude** des effets

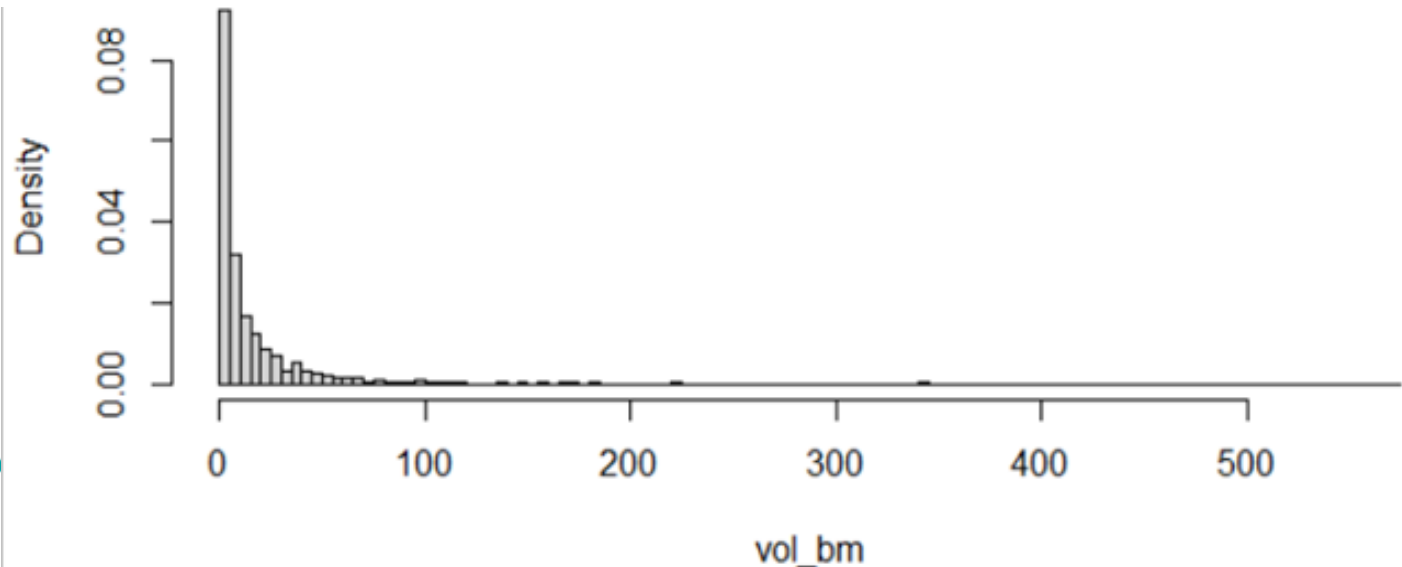
## ➤ Quel GLMM ? Choix d'une loi de distribution de probabilités

Comment traiter la variable réponse à distribution non gaussienne sans la discrétiser ?

- Variable réponse positive non discrète
- Quantité importante d'observations en 0 -> *0-inflated methods* ?
- Distribution continue pour les observations supérieures à 0

```
> summary(vol_bm)
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 0.000  1.495   5.924  17.940  18.779  574.452
> length(vol_bm)
[1] 1804
```

Histogram of vol\_bm

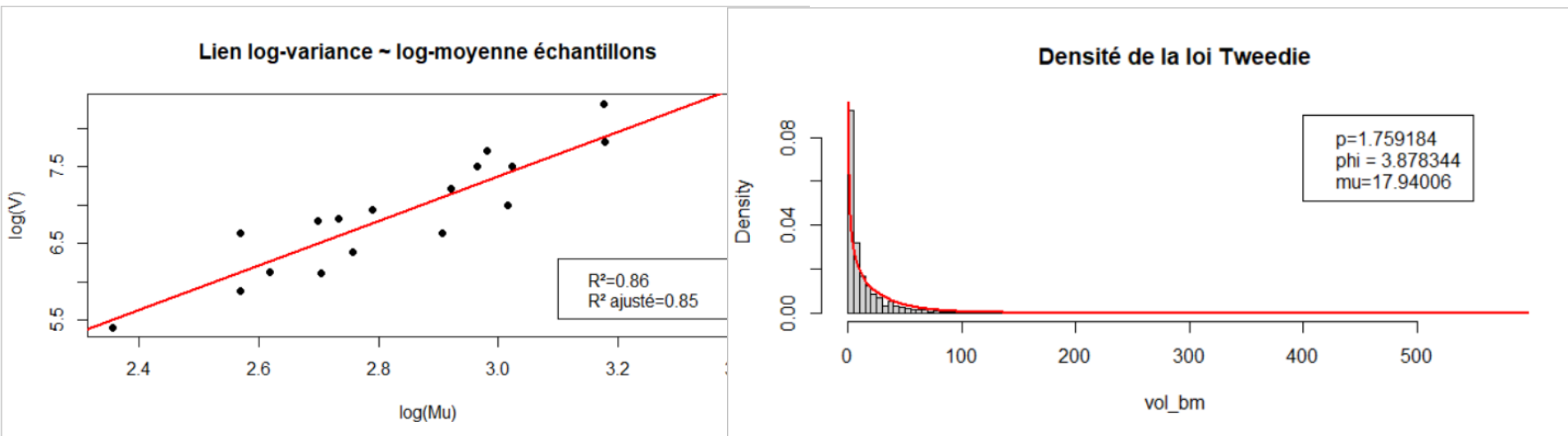




## ➤ Quel GLMM ? Choix d'une loi de distribution de probabilités

- Lien linéaire entre log-variance et log-moyenne d'échantillons aléatoires de la variable réponse (tirages de  $n=100$ )

Ajustement à une Poisson-Gamma composée mixte (Tweedie, 1987)



# ➤ Inclusion d'un argument d'AutoCorrélation Spatiale

## Structure de dépendance spatiale des données

```
> testSpatialAutocorrelation(sim,latitude,longitude)
```

DHARMA Moran's I test for distance-based autocorrelation

data: sim

observed = 0.03693425, expected = -0.00055463, sd = 0.00178142, p-value < 2.2e-16

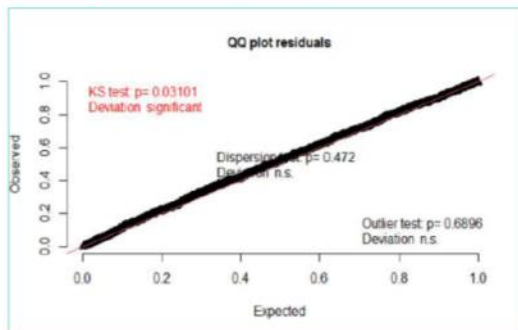
alternative hypothesis: Distance-based autocorrelation

## Spatial autocorrelation decaying exponentially with distance between pixels

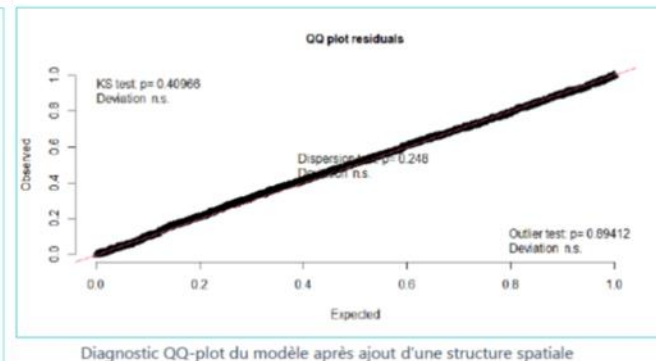
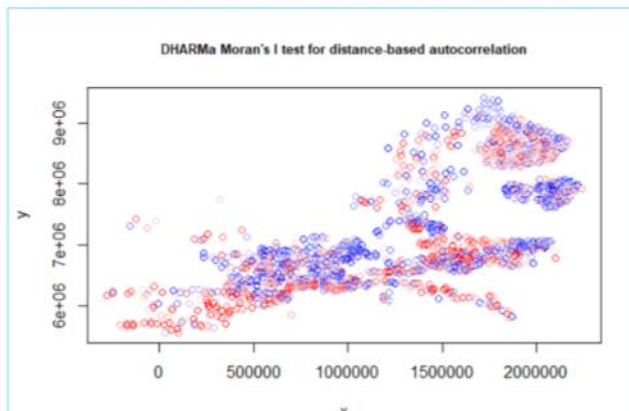
```
Family: tweedie ( log )  
Formula: vol_bm ~ der5 + temps_dps_pic + age_biosoil + altitudeHM2 + tree_genus2 +  
essdom + managed + (1 | country) + (1 | id_placette) + exp(pos + 0 | ID)  
Data: tableur
```

AIC	BIC	logLik	deviance	df.resid
13117.7	13249.6	-6534.8	13069.7	1780

### ➤ Diagnostic de validation des modèles

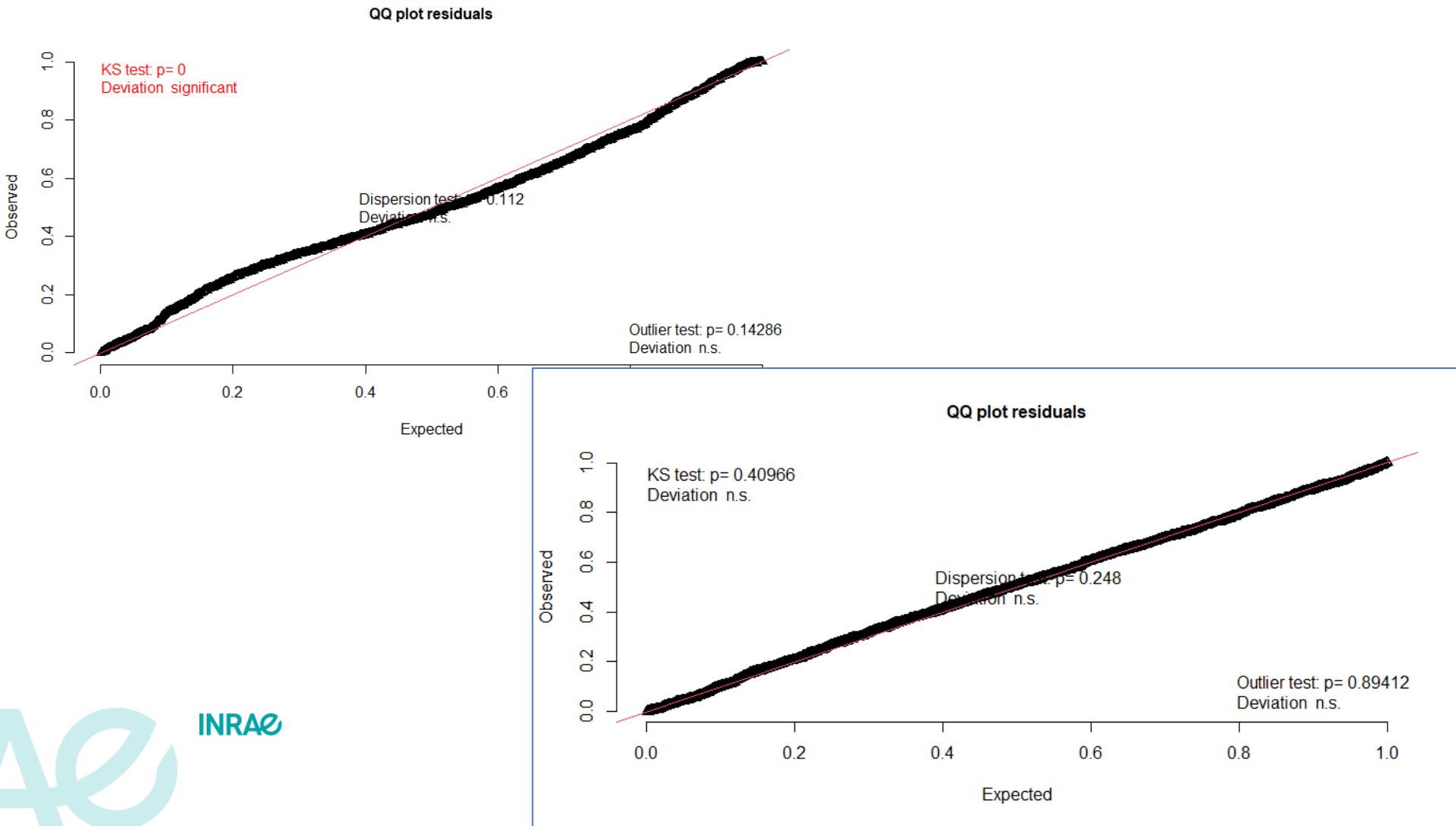



### ➤ Corrélation des résidus selon leur longitude et latitude



# ➤ Diagnostic et amélioration des modèles

Gestion de la surdispersion par addition du niveau placette dans les effets aléatoires





# Résultats

# ➤ Certaines métriques synthétiques du dépérissement passé ont un effet significatif et prépondérant sur le bois mort

Volume total de bois mort

Effet du dépérissement **plus faible** que la classe d'âge du peuplement, mais **significatif** et **plus fort** que l'intensité de gestion ou l'essence dominante

Models			AIC	
Null model			13237	
single-variable models	dieback variables	~ <b>last5</b>	13205	<b>2</b>
		~ <b>time.peak</b>	13212	<b>3</b>
	environmental covariables	~age	13198	<b>1</b>
		~altitude	13236	<b>5</b>
		~tree.genus	13226	<b>4</b>
		~tree.group	13248	<b>6</b>
		~management	13249	<b>7</b>
multiple-variable model	best additive model	~ <b>last5</b> + age + altitude + tree.genus	13125	
	best multiplicative model	~ <b>last5</b> + <b>time.peak</b> + age + altitude + tree.genus + tree.group + age* <b>last5</b>	13105	

- Le dépérissement des 10 dernières années affecte le volume de bois mort total, debout, gisant, frais mais pas **carié**

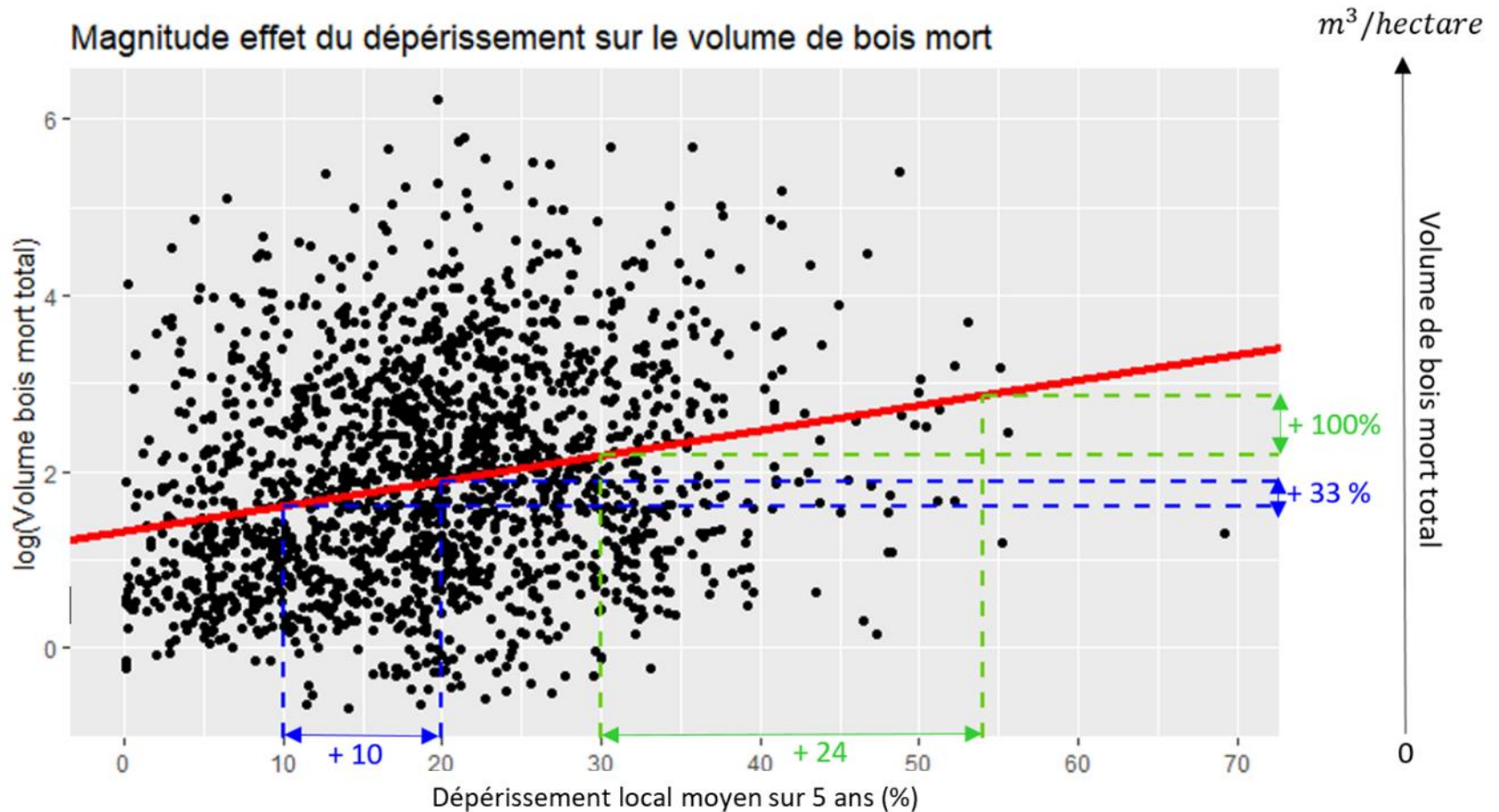
Response variable			AIC
Total deadwood		Null model	13237
	best model	<b>~last5 + time.peak + age + altitude + tree.genus + tree.group + age*last5</b>	13105
Standing deadwood		Null model	7589
	best model	<b>~last5</b>	7537
Lying deadwood		Null model	9808
	best model	<b>~time.peak + age + tree.genus + tree.group</b>	9666
Fresh deadwood		Null model	9823
	best model	<b>~last5 + time.peak + age + tree.genus + age*last5 + tree.genus*last5</b>	9755
Decayed deadwood		Null model	8565
	best model	<b>~age + altitude + tree.genus</b>	8515

## ➤ L'augmentation du dépérissement entraîne une augmentation du volume de bois mort

- *last5* (moyenne du dépérissement sur les 5 dernières années sans compter l'année Biosoil)
  - estimateur **positif**
  - plus le dépérissement au cours des 5 dernières années a été important, plus il y a de bois mort sur la placette
- *time.peak* (durée entre le dernier pic de dépérissement et l'année Biosoil)
  - estimateur **négatif**
  - plus la durée entre l'année du dernier pic et l'année de mesure du volume est important – i.e plus le pic de dépérissement est ancien – moins il y a de bois mort sur la placette

## ➤ Magnitude de l'effet du dépérissement sur le volume local de bois mort

Sur l'ensemble des placettes européennes, le VBMT local est en moyenne **33%** IC99[21-47%] plus élevé quand le % de dépérissement local dans le passé récent est accru de 10





## ➤ Les effets du dépérissement sur le bois mort varient avec le **contexte** forestier

Last5 et volDWD sont **plus élevés** en moyenne et **plus variables** en feuillus

Effet du dépérissement plus fort en conifères qu'en feuillus

Variable	Type	nb of plots	null.model	Last5	
			AIC	AIC	magnitude [CI.99%]
Tree.group	deciduous	656	4858	4854 *	<b>+20%</b> [+1%+43%]
	mixed	201	1536	1530 *	<b>+45%</b> [+6%+95%]
	conifer	947	6870	6830 **	<b>+46%</b> [+28%+67%]
Tree.genus	Quercus	332	2192	2174 **	<b>+68%</b> [+29%+116%]
	Fagus	180	1483	1484 <sup>ns</sup>	
	Betula	71	527	529 <sup>ns</sup>	
	Pinus	574	3989	3976 **	<b>+43%</b> [+16%+75%]
	Picea	408	3054	3023 **	<b>+62%</b> [+33%+95%]

L'effet du dépérissement est significatif en chênaie, pessière et pineraie mais ni en hêtraie, ni en boulaie

## ➤ Les effets du dépérissement sur le bois mort varient avec le **contexte** forestier

Relation dépérissement / bois mort significative dans les peuplements jeunes mais pas matures

Variable	Type	nb of plots	null.model		Last5	
			AIC	AIC	magnitude [CI.99%]	
Age	mature	379	3024	3025 <sup>ns</sup>		
	midaged	1059	7858	7853 *	<b>+18%</b> [+2%+37%]	
	young	315	1961	1947 **	<b>+50%</b> [+19%+89%]	
Management	recently.harvested	1017	7609	7581 **	<b>+37%</b> [+20%+56%]	
	no.recent.harvest	707	5052	5042 **	<b>+26%</b> [+8%+47%]	

Effet du dépérissement légèrement plus fort dans les peuplements récemment exploités

## ➤ Conclusion

Relations dépérissement / bois mort :  
plutôt un déterminisme de court terme (passé récent)

Le **niveau moyen de dépérissement des 5 dernières années** et **l'ancienneté d'un éventuel pic de dépérissement** sont davantage structurants pour le stock de bois mort que :

- Le niveau de dépérissement très récent
- Les niveaux de dépérissement plus anciens
- l'intensité d'un pic de dépérissement passé ou le nombre de pics de dépérissements durant les 10 dernières années
- La moyenne ou le cumul du dépérissement durant les 10 dernières années