

Rencontres FOREM 2-4 avril 2024 Nancy

Modélisation et cartographie de la vulnérabilité au changement climatique du sapin et de l'épicéa dans les Vosges

*Christian Piedallu, Donatien Dallery, Célia Bresson, Myriam Legay, Jean
Claude Gégout, Rodolphe Pierrat*

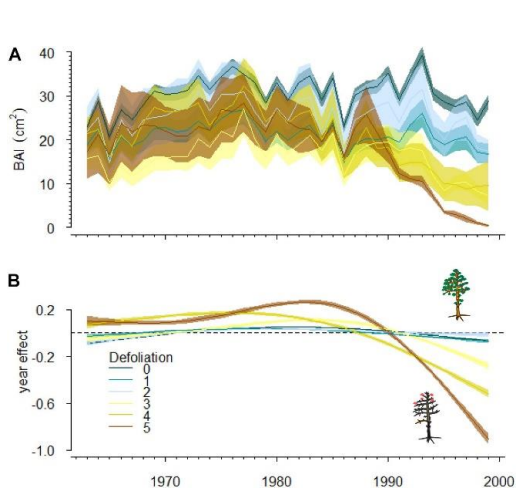
AgroParisTech Nancy-ONF

Mercredi 3 avril 2024

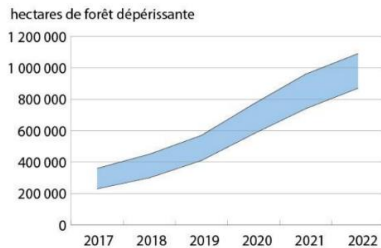


Une dégradation de l'état sanitaire des forêts

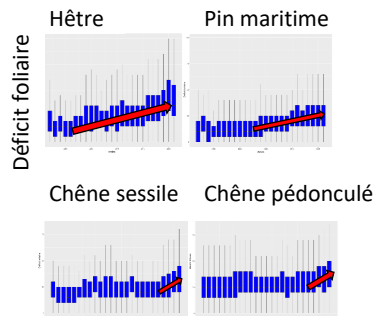
- Un déclin des forêts s'accroissant au cours des dernières années => différents biomes (Senf et al 2018, McDowell et al 2018, ...)
- ↘ de croissance, ↗ dépérissements (Gazol et al 2020)
- De nombreuses essences concernées (DSF, 2021)



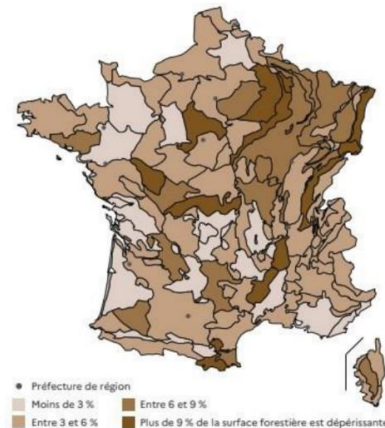
Croissance des sapins avec des niveaux de défoliation croissants, dans les Pyrénées (Gazol et al 2020)



Evolution de la surface forestière déclinante entre 2017 et 2022 (source IGN)



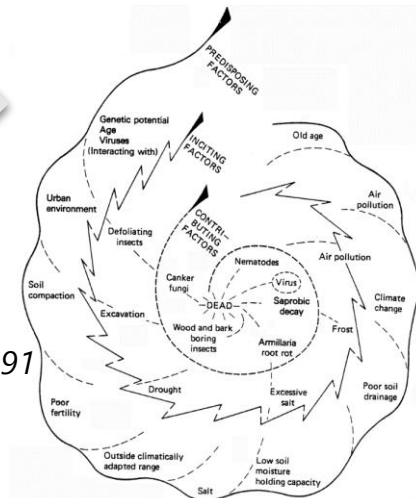
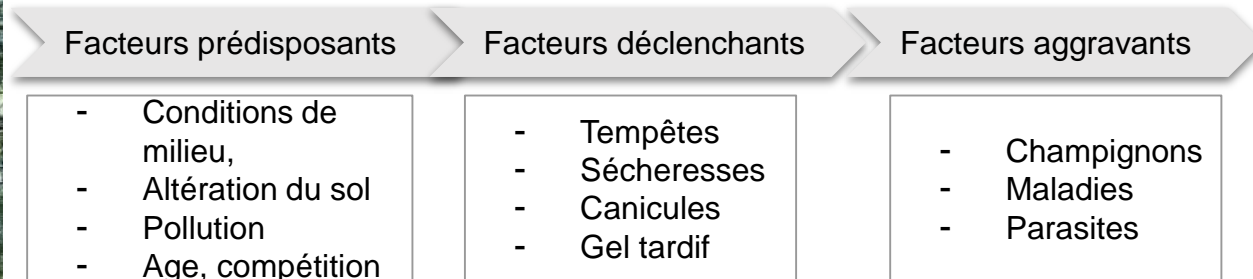
DSF, 2021



Taux de dépérissement apparent des peuplements forestiers par silvoécocorégion, campagnes d'inventaire forestier 2018-2022 (source IGN)
Seuil individuel de l'arbre ≥ 50 % de branches mortes ; Seuil de peuplement ≥ 20 % arbres dépérissants

Comprendre les dépérissements, ce n'est pas simple

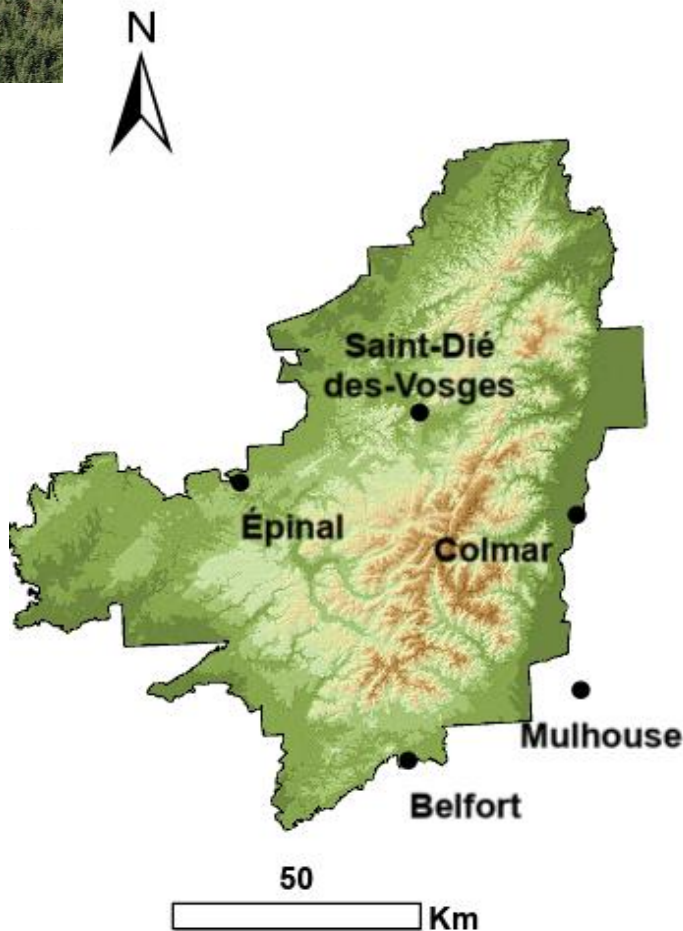
- De nombreuses causes possibles qui interagissent (Sinclair, 1965)



La spirale du déclin, Manion 1991

- *Enjeux scientifiques :*
 - Localiser les dépérissements, dynamique, volumes ...
 - Identifier les facteurs de risque et les seuils climatiques
- *Enjeu opérationnel :*
 - Evaluer la vulnérabilité des peuplements
 - Mise en place d'une gestion adaptative / anticiper ?

Les objectifs de cette étude



Sapin épicéa dans les Vosges
⇒ 9000 km² (200-1500 m d'altitude)
⇒ Substrats/climats variés

Objectifs :

- Cartographier les zones déperissant
- Identifier les critères de vulnérabilité
- Cartographier la vulnérabilité

Landsc. Ecol
<https://doi.org/10.1007/s10980-022-01570-1>

RESEARCH ARTICLE

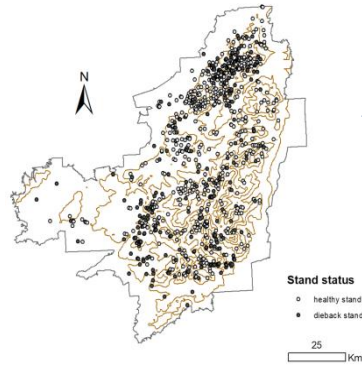


Spatial vulnerability assessment of silver fir and Norway spruce dieback driven by climate warming

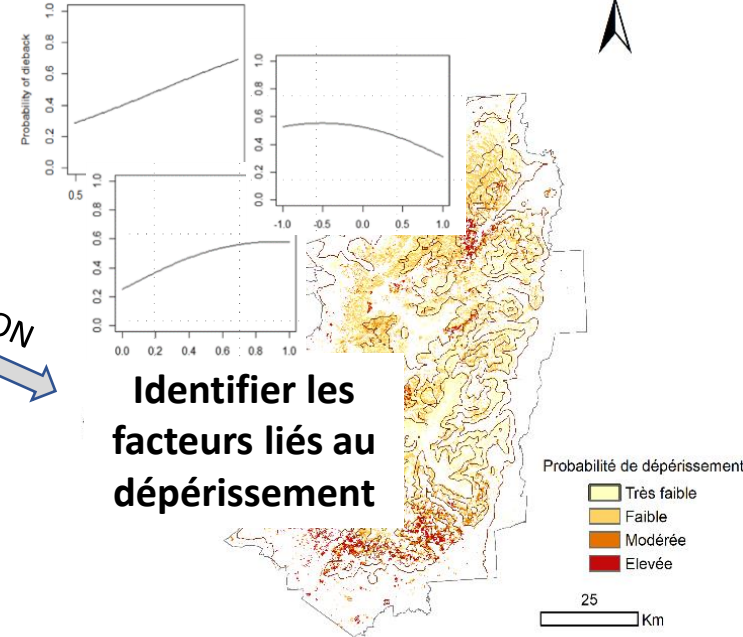
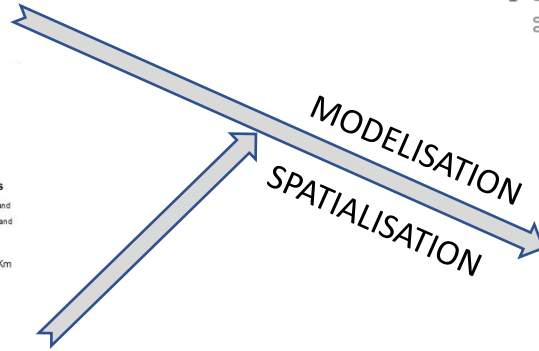
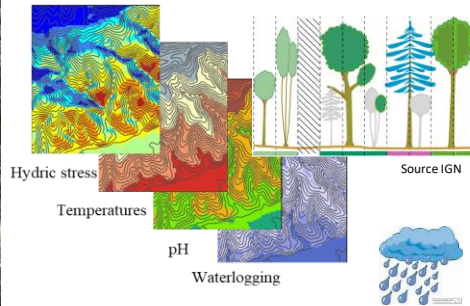
Christian Piedalla[✉] · Donatien Dallery ·
Célia Bresson · Myriam Legay ·
Jean-Claude Gégout · Rodolphe Pierrat

Principe général de l'étude

Mortalité observée

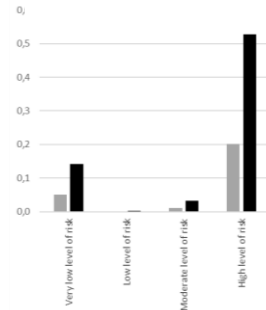


Description des conditions locales



Identifiaer les facteurs liés au dépérissement

Cartographier la vulnérabilité



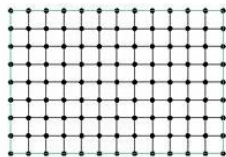
Validation indépendante

Un suréchantillonnage des zones déperissant



Sentinel-2 2019

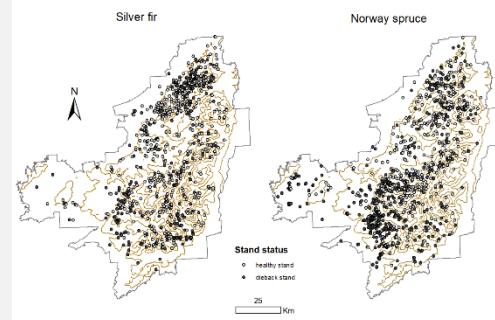
- Collecte de données : image satellitale + photo aérienne + modèles spatialisés



Tirage 1000+1000 placettes



Essences



Sapin
N=872
(362 dep)

Epicéa
N = 1043
(627 dep)

De nombreuses variables évaluées

- 112 variables spatialisées pour un modèle GLM par essence



12 variables
énergétiques



2 variables
nutrition sols



9 variables
topographiques

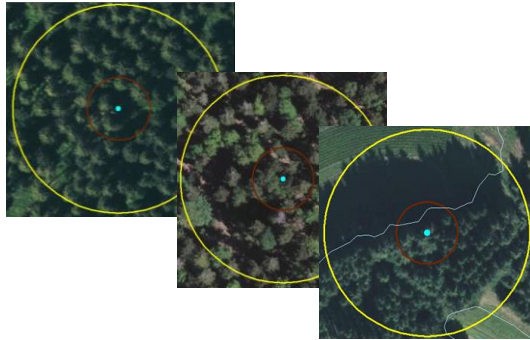
1 variable
géologie



2 variables
d'engorgement



24 variables
hydriques



6 variables peuplement
(mélange, densité;
structure, lisières, ...)

28 variables
anomalies
climatiques



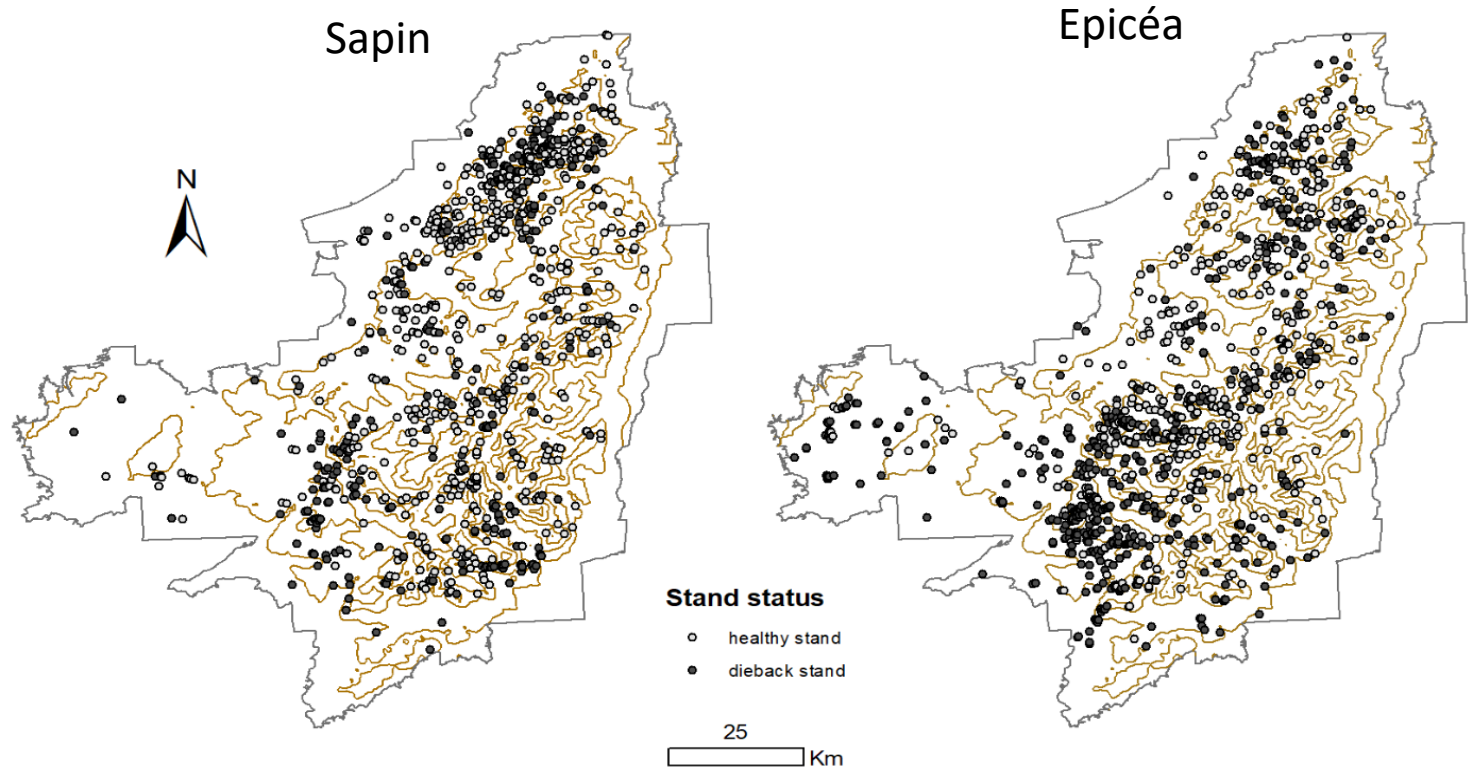
28 variables
tendances
climatiques



$$P(\text{dep})_i = f(\text{peuplement}) + f(\text{station}) + f(\text{climat}) + f(\text{évol. climat})$$

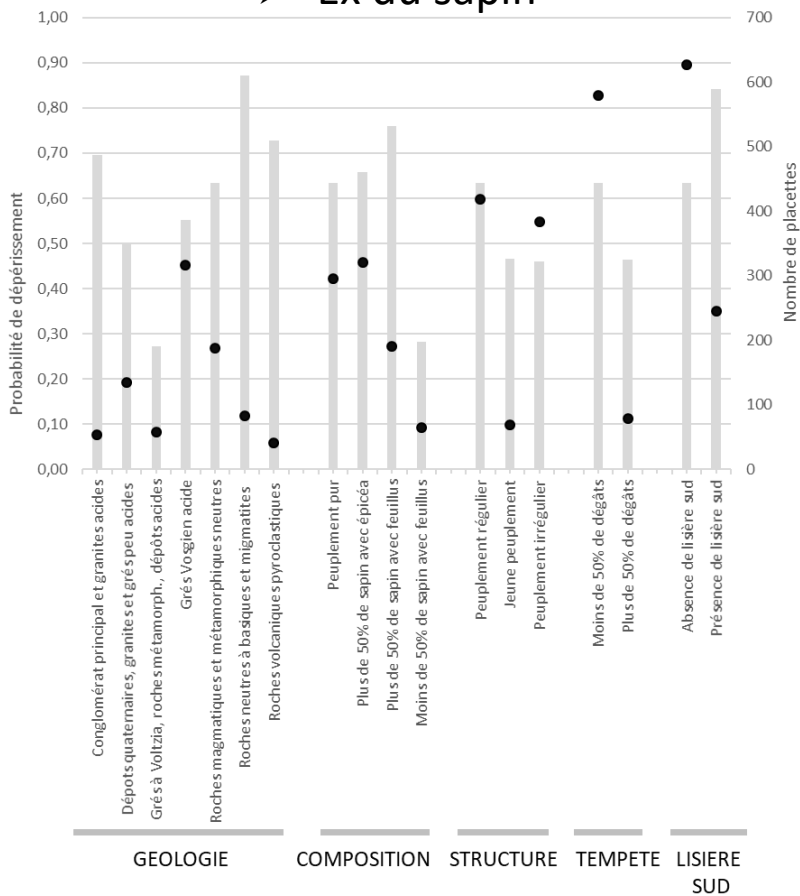
Une distribution du dépérissement non homogène sur le massif

➤ Classification images sentinel-2 : environ 90% succès



L'impact climatique diffère selon le peuplement

➤ Ex du sapin



➤ Effet peuplement = 40%

Moins dépérissement (sapin/épicéa) :

- Fort mélange avec des feuillus (ou en mélange pour épicéa)
- Peuplement jeune ou irrégulier
- Pas de lisère (sud)
- Sur certaines unités géologiques (20%)

Performances du modèle :

Sapin

D ²	AUC	Seuil	Kappa	Succès	Sensibilité	Spécificité
0,2	0,78	0,44	0,41	71%	66%	75%

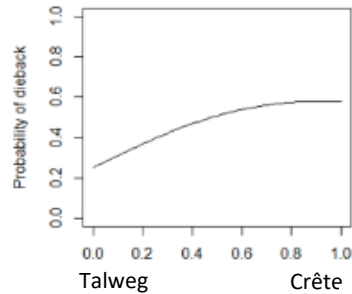
Epicéa

D ²	AUC	Threshold	Kappa	Success	Sensitivity	Specificity
0.21	0.80	0.59	0.43	72%	72%	72%

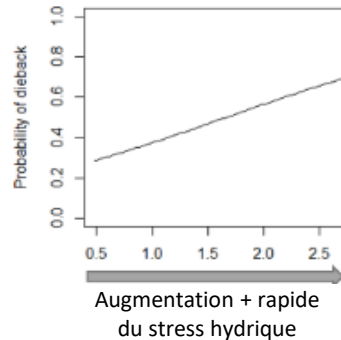
Un effet du stress hydrique à différentes échelles

➤ Env. 40% du modèle, exemple du sapin

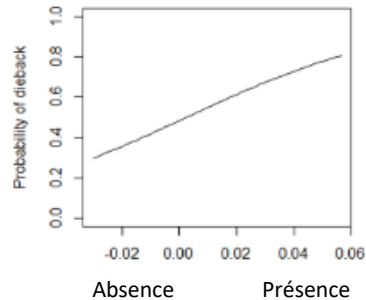
Position topographique



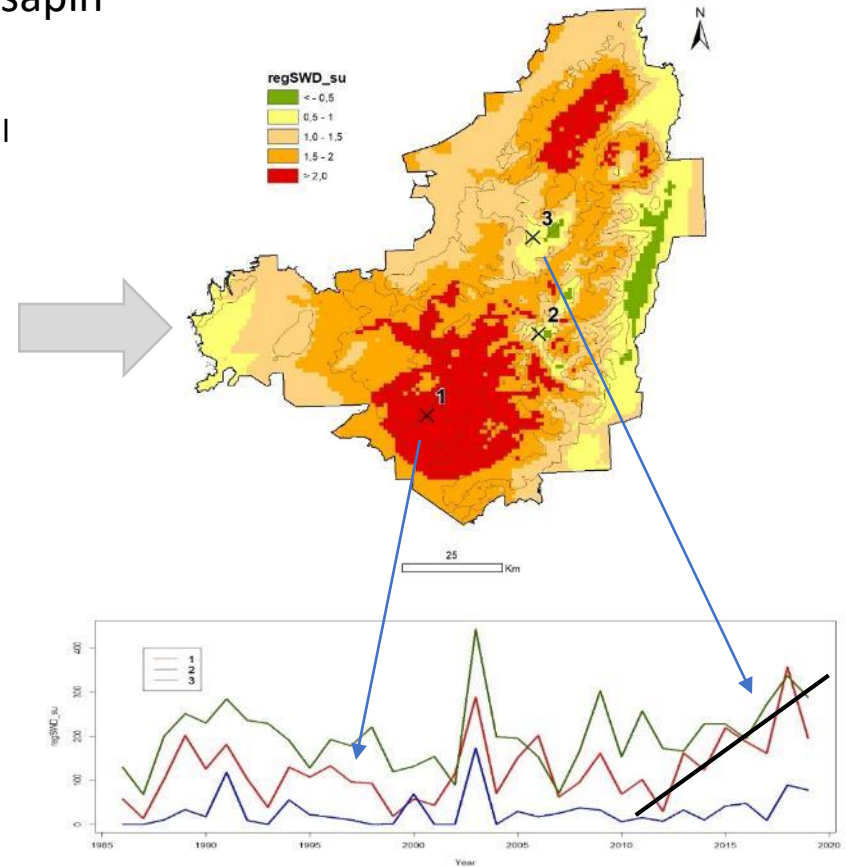
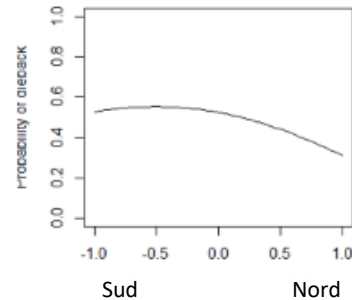
Evolution
du stress hydrique estival



Engorgement temporaire

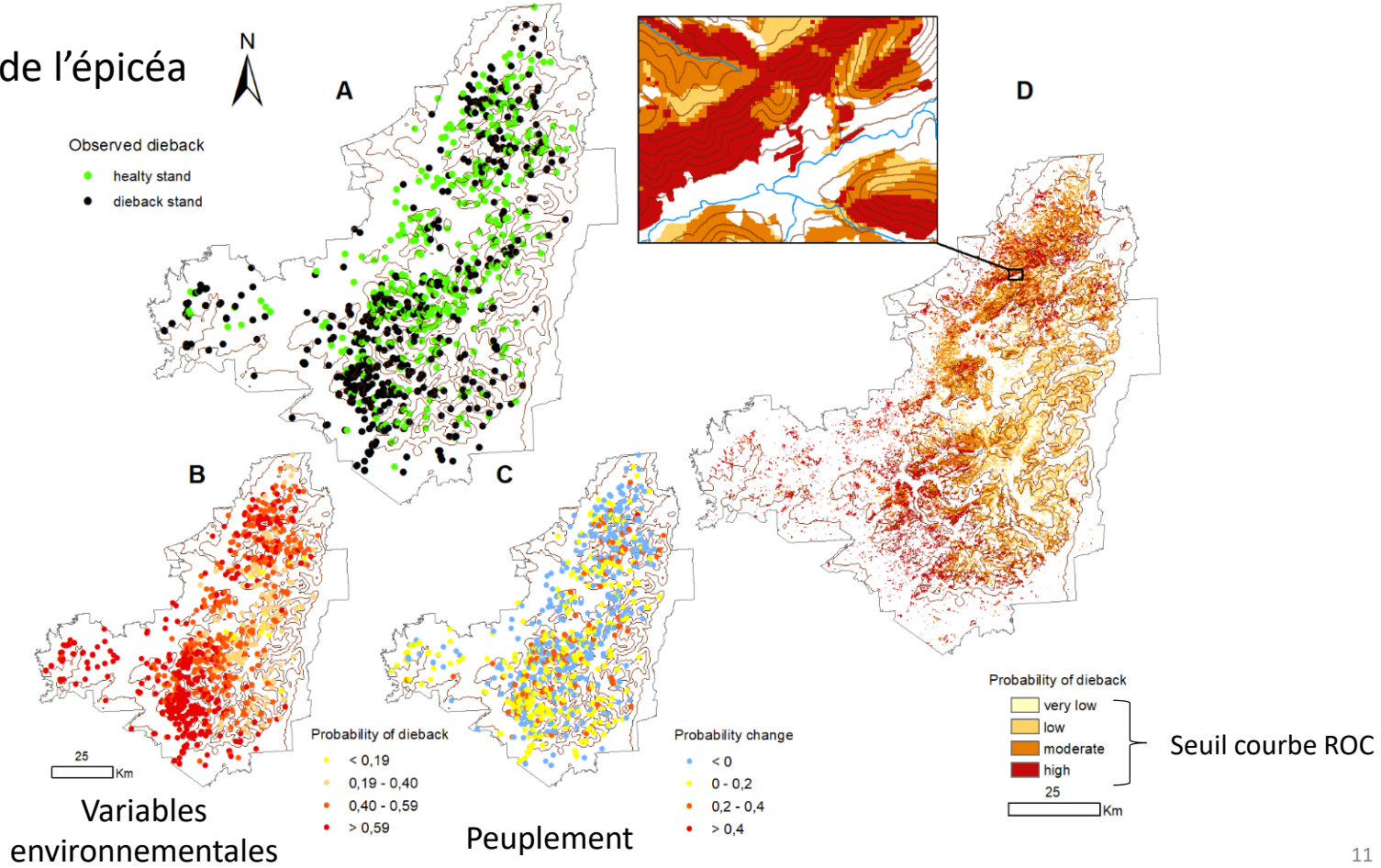


Cosinus de l'exposition

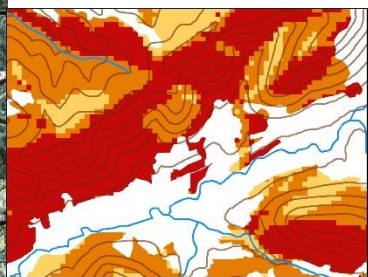


Cartographie des différents effets

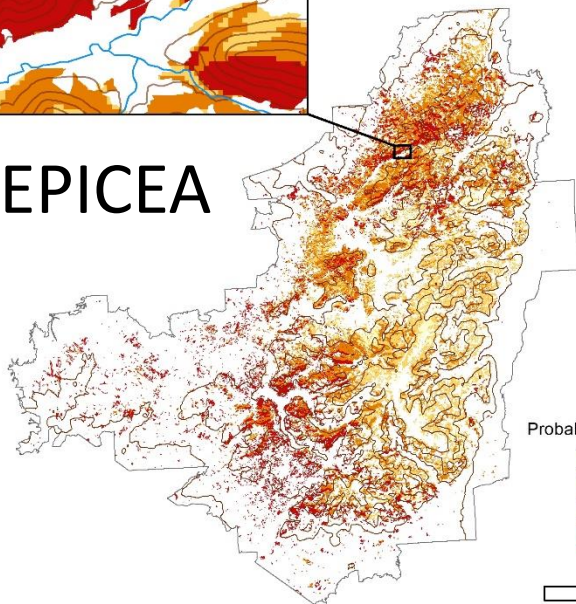
➤ Ex. de l'épicéa



Zones vulnérables



EPICEA

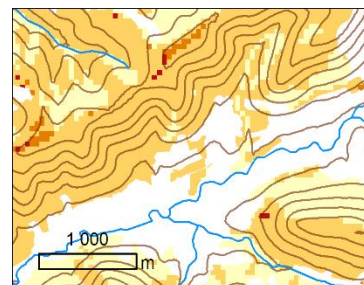


Probabilité de dépérissement

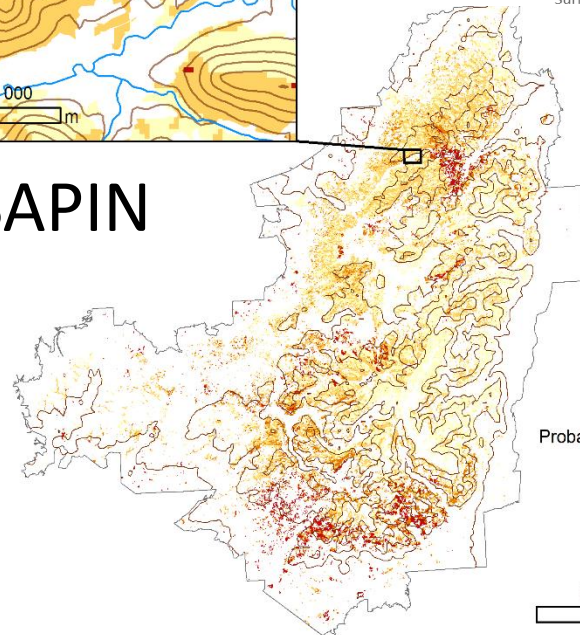


25 Km

33% des peuplements très vulnérables



SAPIN

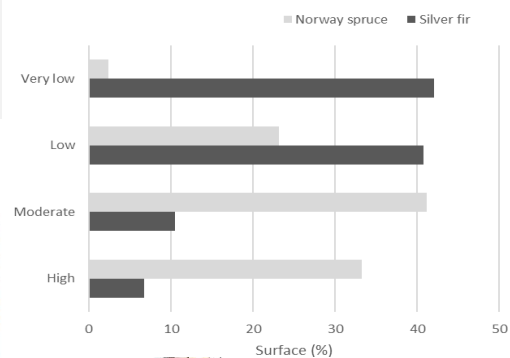


Probabilité de dépérissement

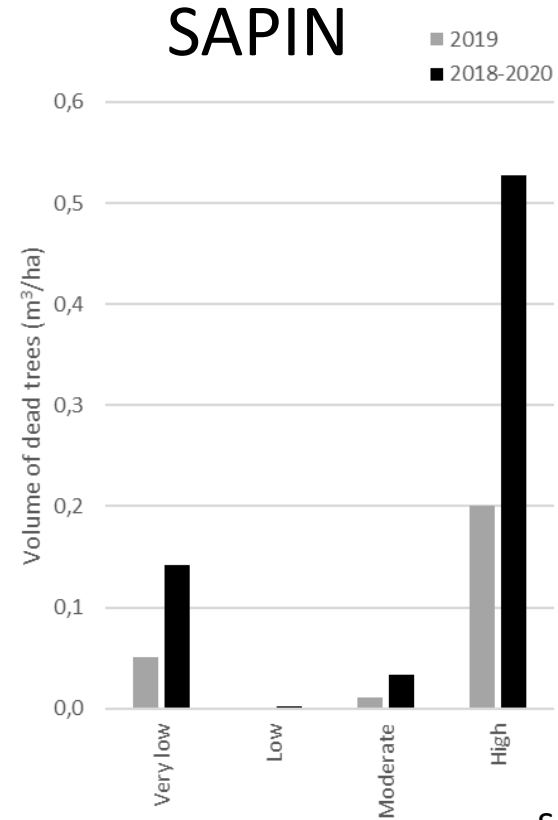
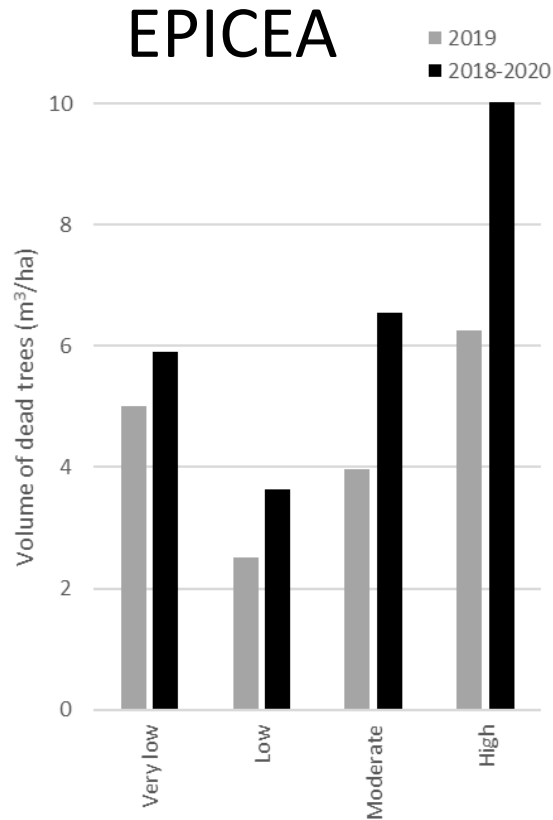


25 Km

7 % des peuplements très vulnérables



Correspondance avec les produits accidentels



Source : ONF

Que faut il en retenir ?

- Méthode optimisant inventaire des zones de dégâts
- Résultats cohérents avec observations de terrain
- Evaluation améliorée si informations locales peuplement
- Amélioration de la caractérisation des peuplements => TDT, Lidar
 - Peuplements +/- résistants (structure, mélanges) => à étudier
 - Importance facteurs hydriques, ↗ dépérissements :
 - ✓ Faible alimentation eau
 - ✓ Forte dynamique ↗ stress hydriques
 - ✓ Zones peu habituées aux stress hydriques
 - Acclimatation zones de basse altitude => combien de temps ?
 - Evolution court terme ?, pessimiste long terme (GIEC, 2022)
 - ↘ productivité, ↗ risque incendie, ↗ dépérissements => remise en cause certains services écosystémiques dont stockage carbone

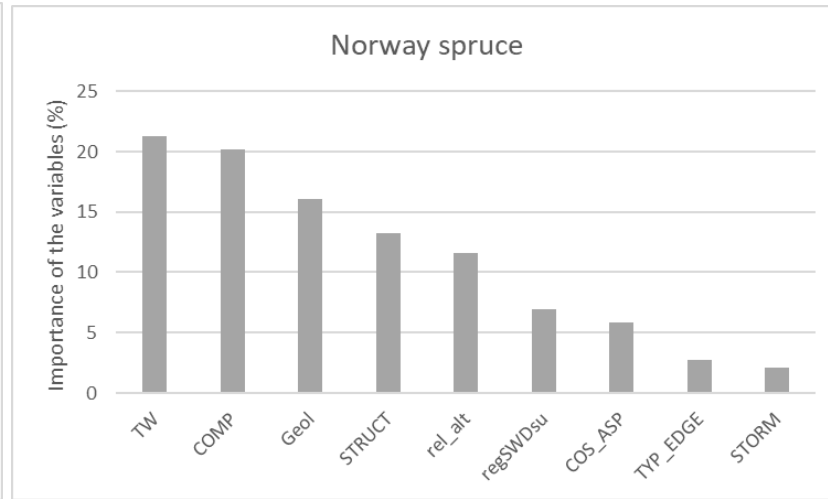
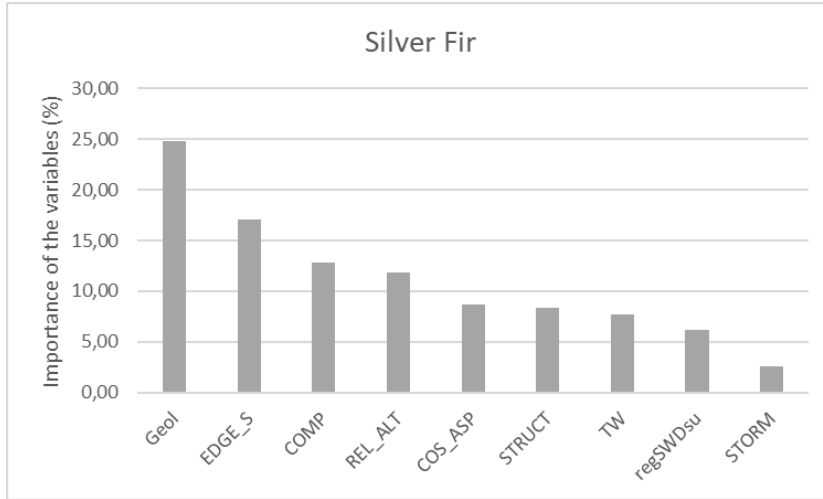


Rencontres FOREM 2-4 avril 2024 Nancy

Merci pour votre attention ...



Rencontres FOREM 2-4 avril 2024 Nancy



Relative importance of the variables selected in the silver fir and Norway spruce models.