



FOREsts Vulnerability to climate Evolution using Range Shifts of species

Prénom, Nom du porteur : Piedallu Christian (EcoSilva)

Partenaires Labex/collaborations : SILVA : Josep M.Serra Diaz, Jean-Claude Gegout, Myriam Legay, Celia Bresson, Eric Lacombe, Jean Luc Dupouey, Vincent Badeau, Joseph Le Villain, Ingrid Seynave, : INRAE-BEF : Laurent Saint André, IGN: Stephanie Wurpillot, CRPF : Sylvain Gaudin, Juliette Boiffin, Sabine Barets, Cyril Vitu, DSF : Romaric Pierrel

Action thématique concernée : WP2

Contexte —

Une augmentation de la mortalité des arbres est observée dans le monde entier, que ce soit en forêt tempérée, boréale, ou tropicale. Elle est corrélée dans différentes études à une augmentation des températures ou à une diminution de la disponibilité en eau. Actuellement, les forestiers basent les choix d'espèces sur des catalogues ou des guides de stations, mais ces études n'existent pas partout, et les cartographies sont coûteuses à réaliser. Même lorsque ces documents existent, les effets du changement climatique sont pris en compte de façon très simplifiée du fait du manque d'information concernant la vulnérabilité des espèces. La cartographie sur de larges surfaces du risque de mortalité en fonction du climat local et des propriétés du sol reste un challenge important. Les modèles de distribution des espèces nécessitent des données faciles à obtenir (présence ou absence des espèces), et relient les occurrences des espèces aux facteurs du milieu qui expliquent leur distribution, qui sont principalement liés au climat et aux caractéristiques des sols. Les paramètres climatiques qui sont sélectionnés dans les modèles de distribution permettent de calculer des probabilités de présence pour différentes périodes, et ainsi de déterminer des zones avec des changements de probabilité de présence en comparant les prédictions faites à différentes dates.

Objectifs —

Le but de cette étude est d'évaluer si les modèles de distribution sont des outils pertinents pour prédire la mortalité des arbres et ainsi anticiper les effets du changement climatique.

La disponibilité d'occurrences d'espèces à différentes dates, de séries temporelles décrivant le climat au cours des 50 dernières années, de cartes des propriétés des sols, et la présence d'importants dépérissements de conifères dans le massif Vosgien, représentent une opportunité forte pour évaluer l'intérêt des modèles de distribution pour cartographier la vulnérabilité des espèces dans un contexte de changement climatique

Démarche —

Nous nous sommes focalisés sur les montagnes des Vosges, dans le nord-est de la France, pour étudier la vulnérabilité du sapin et de l'épicéa. Nous avons sélectionné ces deux espèces car elles sont parmi les plus importantes dans cette région et elles montrent d'importants symptômes de déclin. Nous utilisons le jeu de données de l'inventaire forestier de l'IGN collecté avant 2005 (jeu de données IGN ancienne méthode) pour extraire les présences et les absences des espèces étudiées, à l'échelle française. Nous prenons en compte les informations climatiques de la période 1961-1987 (appelée ici « période de référence ») pour décrire les conditions climatiques antérieures au réchauffement climatique en France. A l'aide de modèles calibrés à l'échelle française, les probabilités de présence sont cartographiées pour le massif des Vosges, avec un jeu de données de variables environnementales (climat, sol) à haute résolution spatiale (taille de cellule de 50 m) existant pour cette zone. Les variables climatiques sélectionnées dans les modèles pour la période de référence sont calculées pour les conditions climatiques contemporaines (ici appelée « climat contemporain ») et cartographiées. L'évolution de la probabilité de présence entre la période de référence et le climat contemporain reflète les conséquences possibles du changement climatique récent sur la qualité de l'habitat de l'espèce. Nous évaluons ensuite si les zones avec des diminutions de probabilités de présence correspondent à des zones à fort dépérissement. Nous utilisons des images de télédétection "sentinelle 2" à 10 m de résolution pour identifier les zones de forte mortalité à l'échelle des Vosges. Les îlots de dépérissement sont délimités à l'aide de la classification automatique. Pour déterminer les espèces concernées, nous utilisons des cartes de peuplement identifiant les espèces dominantes produites par l'ONF pour les forêts publiques, et des photographies aériennes anciennes permettant d'identifier la composition du peuplement.

Résultats marquants —

- Des modèles et des cartes de distribution rétrospectives ont été réalisées avec 2 méthodes statistiques différentes, pour le sapin et l'épicéa (distribution totale et zone native uniquement) pour les périodes 1961-1987, qui ont été projetées pour les périodes 2014-2019, 2009-2019, 1999-2019 et 1989-2019. Des différences ont été calculées entre la période 1961-1987 et chacune des projections contemporaines.
- Les dépérissements ont été collectés par classification sur des images sentinel-2 de 2019.
- Le lien entre les dépérissements observés et les baisses de probabilités de présence est globalement faible pour les 2 essences testées, celles-ci ayant résisté mieux que prévu dans un certain nombre de secteurs
- Des différences apparaissent cependant selon la localisation, le lien est plus fort dans le sud du massif là où les dépérissements sont plus importants.
- Un modèle a été réalisé pour chaque essence afin d'expliquer les surestimations de mortalité induites par cette approche, mettant en évidence un effet fort de l'histoire du climat local et de son évolution pour expliquer ces différences

Principales conclusions incluant des points-clés de discussion —

- Un faible lien globalement entre les modèles rétrospectifs et les dépérissements actuels du sapin et de l'épicéa
- Ce faible lien est dû à une adaptation des peuplements en milieu chaud et sec qui résistent mieux aux effets du changement climatique, le climat ayant de plus évolué moins rapidement que dans les zones les plus touchées.
- Ce travail souligne l'importance de prendre en compte la dynamique temporelle de l'évolution du climat, les dépérissements étant occasionnés par une intensité de changement sur un pas de temps donné.
- Ce travail montre les limites de l'utilisation des SDM pour prédire les dépérissements qui doivent être utilisés avec vigilance lors d'une vision prospective pour les périodes futures.
- Ces résultats ne sont qu'une image de la situation à un temps t, les zones où les peuplements résistent mieux pouvant voire une subite dégradation de l'état de santé des arbres si des seuils physiologiques sont atteints. Une surveillance de ces peuplements sera nécessaire pour évaluer leur capacité à se maintenir dans le temps.



Perspectives —

Un travail similaire vient de commencer à l'aide de modèles basés sur les processus, et permettra dans le temps restant de ce projet d'évaluer si les performances prédictives sont meilleures avec cette approche. Ce travail est réalisé en collaboration avec Xavier Morin au CEFÉ de Montpellier et implique les modèles FORCEEPS, PHENOFIT et SUREAU dont le couplage est en cours de réalisation par les équipes du CNRS.

Valorisation — (**Scientifique** : publications, chapitre d'ouvrage, présentation lors de conférences...signaler d'éventuels prix) ; **économique** : enveloppe Soleau, brevet, licence... ; **diffusion** : communiqué de presse, interview, ...)

- *Le rapport de stage M2 d'Héloïse Benoit, étudiante AgroParisTech*
- *Deux comités de pilotage réalisés entre tous les membres de l'équipe, en mars 2022 et juin 2022*
- *Écriture d'un article scientifique concernant le premier volet de ce travail en cours*
- *Un deuxième article scientifique concernant l'usage des modèles mécanistes couplés est prévu*

Effet levier du projet —

- Développement de relations avec le CEFÉ de Montpellier et l'INRAE d'Avignon sur la thématique du couplage de modèles
- Développement de relations avec l'UMR Tetis sur le thème de la télédétection