

Fig.1 : Mise en œuvre du cadre de comparaison pour deux modèles de distribution du Sapin : à l'échelle de la France et des grandes régions écologiques (Nikola Besic, colloque international Deepsurf, Nancy, 14/10/2021)

Quels modèles pour aider à l'adaptation des forêts au changement climatique ?

Responsable scientifique : Myriam Legay, UMR Silva

Partenaires Labex : Christian Piedallu, Julien Sainte-Marie, Vincent Badeau (UMR Silva), Nikola Besic (IGN-LIF), Alexandre Piboule (ONF-RDI), Hedi Kebli et Céline Perrier (CNPF)

Collaborations : Nicolas Picard (GIP Ecofor, co-coordonateur), Lushuang GAO, Beijing Forestry University

Actions thématiques concernées : WP2 WP4

Contexte —

Le changement climatique agit sur la physiologie des arbres et sur les interactions entre espèces au sein des écosystèmes forestiers. Il peut ainsi entraîner des modifications de la répartition des espèces et faire évoluer la composition floristique des peuplements. Les épisodes de sécheresse extrêmes, en particulier, impactent la démographie et la structure génétique des peuplements. Les risques d'incendie peuvent être accrus et le réchauffement, combiné aux transferts accidentels d'espèces par l'homme, facilite l'émergence de maladies ou d'insectes. Ces différents effets peuvent se combiner, en particulier suite aux événements climatiques extrêmes. L'adaptation des forêts devient ainsi un enjeu majeur des politiques publiques (cf. feuille de route pour l'adaptation des forêts au changement climatique, et volet forestier du plan de relance). Dans le même temps, le changement climatique n'est anticipable qu'avec de nombreuses incertitudes, notamment aux horizons des cycles forestiers (50 à 150 ans), de sorte que la gestion forestière doit s'adapter à une cible floue et mouvante. Les incertitudes doivent être connues et décrites, et une diversité de solutions doit être envisagée, en jouant sur l'ensemble des leviers d'adaptation : densité et régime des éclaircies, ressources génétiques (provenances, espèces, mélanges), voire révision des attentes et objectifs de la gestion forestière. Au-delà de l'identification de ces leviers, il faut en évaluer l'efficacité adaptative et les effets sur les services écosystémiques, en fonction des scénarios climatiques.

Les modèles mathématiques permettant de simuler l'influence du climat et de ses évolutions sur différentes variables de réponse des forêts (dans leur dimensions écologiques, économiques, voire sociales) permettent d'évaluer la gamme des évolutions possibles et d'éclairer les choix de gestion (Yousefpour et al. 2017). De ce point de vue, les modèles mathématiques, dans la diversité de leurs avantages et de leurs limites, représentent une des composantes de l'incertitude. La comparaison des projections peut ainsi donner une image de l'état des connaissances des impacts sur la forêt et des besoins d'acquisition de connaissances. Ces modèles dépendent par ailleurs de données d'observation et de suivi des forêts, qui conditionnent leur développement, leur calibration, et leur capacité à explorer de nouvelles hypothèses. Ces données sont en aval nécessaires à la validation des modèles, et de la confrontation aux évolutions constatées. Les modèles ou outils dérivés des modèles réellement accessibles pour la décision forestière restent cependant trop peu nombreux et trop peu diversifiés pour représenter l'incertitude des connaissances sur les projections. La diversité des modèles disponibles, et leurs intérêts respectifs potentiels dans l'aide aux différentes décisions d'adaptation méritent d'être exposés et expliqués afin de jeter les bases de la co-construction par les développeurs, chercheurs et gestionnaires d'un programme de développement d'outils d'aide à la décision.

Objectifs — Le projet MODADAPT vise à décrire la diversité des modèles forestiers sensibles au climat développés pour la forêt française, en relation avec les décisions forestières qu'ils permettent d'éclairer. L'objectif *in fine* est de proposer des axes de développement de l'assistance à la gestion forestière en climat changeant assistée par modèle.

Démarche — Les tâches consistent à (1) définir les méta-données à collecter pour chaque modèle et jeu de données afin de fournir des informations sur, entre autres, le niveau de description du peuplement forestier sur lequel ils s'appuient, les processus biologiques qu'ils modélisent, leur champ d'application (en termes d'échelle spatiale, de couverture des espèces, etc.), leurs variables de sortie, l'aptitude de ces variables de sortie à guider les leviers de l'adaptation des forêts au changement climatique, leurs variables et paramètres d'entrée, leurs performances prédictives et les incertitudes liées à leurs prédictions, leur robustesse, etc. (2) collecter des méta-données sur les modèles et les ensembles de données, puis réaliser la cartographie des modèles et des ensembles de données connexes ; (3) définir le cadre analytique pour une évaluation comparative des modèles ; (4) décrire et illustrer par des cas d'étude les situations de prise de décision dans le processus de gestion adaptative de la forêt qui pourraient être soutenues par des approches de modélisation ; (5) procéder à l'évaluation comparative de quelques modèles dans des cas appropriés ; et (6) proposer des recommandations pour d'outils d'aide à la décision pour l'adaptation des forêts au changement climatique.

Résultats marquants —

Les 6 premiers mois du projet (15/5/2021-5/12/2021), ont été consacrés à l'établissement du cadre méthodologique pour la comparaison des projections des modèles. Cette comparaison nécessite de pouvoir ramener les réponses de sortie des modèles comparés à une variable commune - la variable permettant de comparer le plus grand nombre de modèles de conceptions diverses étant la distribution des espèces d'arbres, considérée comme une variable synthétique de réponse au changement climatique (approche développée dans Cheaib et al., 2012).

La réflexion s'est orientée vers une comparaison entre modèles médiée par la comparaison des données de projection avec les données d'observation (c'est-à-dire données de présence/absence de l'IGN). Il s'agit de comparer les nuages de distribution observée / modélisée dans l'espace défini par les principaux axes de variance du modèle, d'une part, et dans l'espace défini par les principaux axes de variances des points de présence, d'autre part. La question se ramène alors à définir une métrique ou des métriques mesurant l'écart entre les deux nuages, les métriques ainsi générées permettant alors de comparer les modèles entre eux.

Les intérêts de cette approche seraient ainsi :

1. de permettre à chaque modèle de se confronter aux données d'observation sur cette base commune, plutôt que d'être comparé aux autres ;
2. en comparant les données dans l'espace des variables, et non en fonctions de leurs coordonnées spatiales, de rechercher une comparaison permettant d'accéder plus au fonctionnement des modèles que ne le ferait une évaluation classique de performance du modèle de type AUC ou TSS.

L'approche a été mise en œuvre sur la modélisation de la répartition de 3 essences (hêtre, sapin, épicéa) avec deux modèles (ClimEssence et des modèles de distribution développés par Christian Piedallu) - qui constituent donc ainsi les premiers jeux de données mobilisés pour un premier exercice de comparaison (tâche 5).

Les travaux sont suffisamment avancés pour entreprendre la rédaction d'un premier article méthodologique.

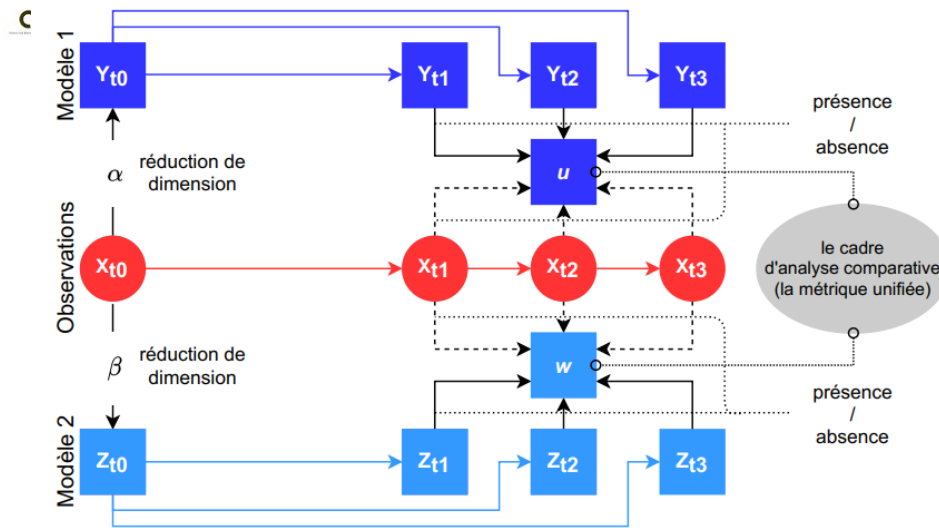


Fig. 2 Schéma de principe de l'approche de comparaison proposée

Difficultés rencontrées :

Le chargé de recherche recruté pour le projet a démissionné le 5/12/2021 pour cause de recrutement en contrat longue durée par l'IFN. Un nouveau recrutement a été lancé, qui a abouti à l'arrivée d'un nouveau chargé de recherche le 14 février 2022. Le RMT Aforce a donné un accord de principe au recul de la date de fin de projet au 13 février 2023. Lors que cet accord sera formalisé, demande sera faite aux autres financeurs (labex ARBRE et Région Grand Est), de bien vouloir accepter un décalage de la remise du rapport à la mi-février 2023 (sans prolongation de la période de financement pour ces deux financeurs).

Perspectives —

Les productions envisagées sont les suivantes :

- Un article méthodologique de présentation de l'approche de comparaison des projections réduites à la présence/absence
- Un article de positionnement présentant la diversité des modèles forestiers sensibles au climat et leur potentiel de contribution aux décisions forestières en contexte de changement climatique, et proposant des pistes de développement de l'aide à la décision basée sur la modélisation.

En aval du projet, les travaux réalisés pourront alimenter un séminaire d'échange entre praticiens, modélisateurs et financeurs, pour favoriser l'alignement de ces trois acteurs sur des lignes de développement partagées, en permettant :

- Aux praticiens de mieux comprendre la diversité des modèles et des éclairages qu'ils peuvent apporter ;
- Aux chercheurs de mieux appréhender les questions de gestion, de planification ou de stratégie forestière
- Aux financeurs d'identifier les axes de progrès

Enfin, le projet pourrait trouver une suite, qui consisterait à utiliser le cadre de comparaison de modèles conçu dans MODADAPT pour développer une approche d'agrégation de modèles.

Valorisation —

3 présentations ont été faites dans des réunions scientifiques, dont une dans un colloque international :

- 15/6/2021 : Présentation au séminaire FOREM (en ligne)
- 14/10/2021 : Présentation au Colloque international Deepsurf (Nancy)
- 7/12/2021 : Présentation à la journée annuelle d'animation scientifique du laboratoire SILVA (Nancy)

Il faut ajouter à cela la participation de Nikola Besic à la journée d'échange sur la modélisation forestière organisée par l'ADEME le 9 novembre à Paris.

Effet levier du projet —

Le financement du labex a permis d'agréger des financements de la part de la Région Grand Est (23 k€), d'une part, et du RMT Aforce (23 k€) d'autre part, de sorte que le financement du labex a été triplé.