



Optimisation des méthodes de bioindication par les plantes de la qualité des sites forestiers

Responsables scientifiques : Paulina PINTO (UMR Laboratoire D'Etude des ressources Forêt-Bois LERFOB) , Ingrid SEYNAVE (UMR Ecologie et Ecophysiologie Forestières)

Partenaires Labex : Jean-Luc Dupouey, Pierre Montpied (UMR EEF), Jean-Claude Gégout, Christian Piedallu, Jean-Claude Pierrat (UMR LERFOB), ONF Département RDI : Myriam Legay, Claudine Richter, Vincent Boulanger

Collaborations : Irstea : Yan Dumas, Sandrine Perret, FCBA : Sébastien Cavaigna, CRPF-IDF : Eric Paillssa, Pierre Gonin

Contexte — L'utilisation de la végétation du sous-bois pour estimer les caractéristiques stationnelles et les potentialités forestières remonte à près d'un siècle. En France, l'aménagement forestier repose sur une cartographie des stations, identifiées principalement par des critères floristiques, mais dont la définition demeure qualitative. Elle ne peut donc être reliée ni aux modèles déterminant les possibilités de présence ou de croissance des essences forestières ni aux modèles d'évolution des qualités nutritionnelles sous l'effet des changements globaux. Depuis la fin du 20^{ème} siècle, des méthodes existent pour formaliser le caractère bioindicateur des espèces par rapport aux paramètres environnementaux. En France, des valeurs indicatrices (VI) de l'acidité (pH), et de la nutrition azotée (C/N) et minérale (S/T) ont été définies pour 510 espèces communes de la flore forestière à partir de la base de données EcoPlant. Mais ces valeurs indicatrices, qui permettent d'estimer le pH, le C/N et le S/T d'un site à partir d'un inventaire floristique, restent peu utilisées dans la gestion forestière, principalement à cause de l'exigence en temps et en expertise botanique des méthodes d'acquisition de données.

Objectifs — Nous avons cherché à déterminer s'il était possible de réduire le temps d'acquisition des données flore sur le terrain en vue d'estimer l'acidité, la disponibilité en éléments minéraux et en azote du sol par bioindication.

Démarche — Nous avons comparé les mesures de sol pour le pH, les rapports C/N et S/T de l'horizon 0-5cm de 470 placettes avec les mêmes variables estimées à partir d'inventaires floristiques croissants en temps et des VI de la base de données EcoPlant. Nous avons également étudié sur 54 placettes des réseaux GisCoop l'effet de la pression d'échantillonnage sur la qualité de la bioindication, d'une part en faisant varier la surface des placeaux d'inventaire floristique (de 40 à 400m²) et d'autre part en faisant varier leur nombre (de 1 à 9).

La performance des prédictions a été évaluée par le carré du coefficient de corrélation linéaire (R^2) entre les valeurs mesurées et prédites et la racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (REQM) des prédictions.

Résultats marquants —

- Réalisation de 4 dispositifs regroupant 470 relevés chronométrés avec des mesures complètes de sol en laboratoire, répartis à échelle nationale et dans trois forêts du nord-est de la France.
- Ce jeu de données puissant a permis de mettre en évidence que 80 % de la précision maximale de prédiction par bioindication est obtenue après 4-5 minutes (6-12 espèces inventoriées) pour les trois variables étudiées (pH, S/T et C/N). Ces résultats sont indépendants de la capacité nutritionnelle des sols et la précision est presque la même aux échelles locale et nationale.
- Rédaction, mise en œuvre d'un protocole pour la caractérisation écologique de sites expérimentaux et la description stationnelle dans le cadre de l'aménagement forestier.

Principales conclusions incluant des points-clés de discussion —

- Lorsque l'objectif est d'estimer les ressources nutritionnelles du sol par bioindication avec les plantes, et en particulier de les cartographier, il est possible de réduire considérablement le temps consacré aux relevés floristiques et en conséquence de diminuer les coûts associés.
- Pour estimer le pH moyen d'une surface d'environ 1/3 d'hectare, il a été montré que (i) on note toujours un gain dans la qualité de prédiction en passant de 4 à 5 placeaux ; au-delà de 5 placeaux, le gain est beaucoup plus faible et (ii) on n'observe pas de différence significative de la qualité de la prédiction selon la surface des placeaux.
- La qualité d'estimation des paramètres de fertilité du sol dépend du nombre d'espèces inventoriées pour la bioindication mais est indépendante de la surface de la placette sur laquelle elles ont été inventoriées.

Perspectives —

- Test et déploiement du protocole optimisé en temps pour l'acquisition des données floristiques en vue de cartographier les caractéristiques de sol à l'échelle de la forêt dans le cadre de la gestion forestière (Projet ForManClim en partenariat avec l'ONF).
- Le protocole de caractérisation écologique des sites expérimentaux du GIS Coop, déjà appliqué aux réseaux Chênes, Douglas et Pin laricio, sera testé sur le réseau Pin maritime qui compte de nombreux sites en Aquitaine. Les données sont en cours de traitement pour évaluer la qualité de la bioindication dans des contextes de gestion intensive sur milieu acide.

Valorisation —

• Scientifique

Publications

Pinto P.E., Dupouey J.L., Hervé J.-C., Legay M., Wurpillot S., Montpied P., Gégout J.-C. (2016) Optimizing bio-indication of forest soil characteristics using plant communities. *Ecological indicators* 71: 359-367.

Seynave I., Bailly A., Balandier P., Bontemps J.D., Cailly P., Cordonnier T., Deleuze C., Dhote J.F., Ginisty C., Lebourgeois F., Merzeau D., Paillassa E., Perret S., Richter C., Meredieu C. (2017) GIS Coop: Multi-institutional silvicultural experimental networks aimed at supporting modeling for forest management in a changing environment. *Annals of Forest Sciences* (accepted).

Presentations colloques internationaux

Pinto P.E., Dupouey J.L., Gégout J.C., Hervé, J.C., Legay M (2015) Optimizing floristic survey for plant bio-indication of forest soil characteristics. Abstracts of the 58th Annual Symposium of the International Association of Vegetation Sciences : Understanding broad-scale vegetation patterns. p 298. Brno, Czech Republic, 19-24/07/2015. (Poster and lightning talk).

Encadrement d'étudiants

Akodad M. (2013). Détermination du pool d'espèces en vue de la prédiction des pH et C/N. Rapport de Master2 Mathématiques et applications. Université de Strasbourg, UFR Mathématique Informatique. 40 p. http://dumas.ccsd.cnrs.fr/docs/00/85/89/45/PDF/AKODAD_.pdf

• Diffusion

Publications et autres valorisations

Pinto P., Dupouey J.L., Gégout J.-C., Hervé J.-C., Legay M., Montpied P., Piedallu Ch., Pousse, N., Wurpillot S. Nouveaux outils pour la caractérisation stationnelle basés sur l'optimisation de la bioindication par les plantes. (Soumis 07/11/2017) *Rendez-vous Techniques*.

Seynave I., Richter C., Perret S., Cecchini S. (2014) GIS Coopérative de données sur la croissance des peuplements forestiers. Protocole pour la caractérisation écologique des dispositifs et des placettes du GIS, 70 p.

Autres présentations et séminaires

Seynave I., Bontemps J.D., Cailly P., Cavaignac S., Cordonnier T., Daviller S., Lafond V., Meredieu C., Morneau F., Paillassa E., Perret S., Richter C. 2014. CoopEco : Un groupe pour la caractérisation écologique des dispositifs du GIS Coop. Le Chêne sessile comme exemple. Colloque « Le GIS Coop : 20 ans d'expérience pour imaginer les sylvicultures de demain », Paris, 2 et 3/10/2014.

Pinto P. 2015. Séminaire Labex ARBRE « Nouveaux outils d'aide à la décision forestière dans un contexte de changement climatique ». Modérateurs invités : Ponette Q. (Université de Louvain), Picard O. (IDF), Lacombe E. (AgroParistech). Nancy, France, 23/06/2015. Ce séminaire a réuni 40 participants : Chercheurs de l'INRA, de l'IGN, Enseignants chercheurs d'AgroParisTech, membres de la RDI et Gestionnaires de l'ONF, ainsi que des représentants de la forêt privée, d'ECOFOR et du réseau AFORCE.

Effet levier du projet —

Dans le cadre de l'évaluation des conditions stationnelles, les résultats de notre étude devraient rendre les méthodes de bioindication plus facilement accessibles aux forestiers pour **évaluer la qualité du site en utilisant les espèces végétales**. Dans un contexte environnemental changeant, l'applicabilité à l'échelle locale des méthodes quantitatives de bioindication, qui relie la qualité du site aux modèles de distribution et de productivité des essences, pourrait être utile aux décideurs forestiers pour effectuer le choix des essences à cultiver, en tenant compte des effets attendus du changement climatique sur les essences en place. Ces applications à différentes échelles spatiales (du niveau de la forêt au niveau national) renouvellent l'utilité des méthodes de bioindication pour la gestion des forêts et la caractérisation et le suivi à long terme des réseaux d'expérimentation.

Ces travaux ont contribué à la mise en place d'un protocole pour la caractérisation écologique des sites expérimentaux du Groupement d'Intérêt Scientifique Coopérative de données sur la croissance des peuplements forestiers (GIS Coop) qui a été mis en œuvre à partir de 2014. En 2016, le ministère en charge de la forêt, qui soutient le GIS Coop depuis sa création en 1994, a réévalué sa subvention de manière à soutenir le déploiement de ce protocole sur tous les nouveaux sites expérimentaux (4 à 6 nouveaux sites par an).