

CHRONIQUE... EN RÉSUMÉ

Des thèses, des mémoires de fin d'études, des habilitations à diriger des recherches sont soutenus chaque année dans le domaine de la forêt et du bois. En faire connaître certains à nos lecteurs est l'objet de cette rubrique.

Construction d'un cadre de référence méthodologique pour piloter des Living Labs forestiers

par Maxence Arnould

- ⋮ Thèse soutenue publiquement le 8 décembre 2021 à l'ENSGSI (Nancy)
- ⋮ Directrice de thèse : Mme Laure Morel (université de Lorraine)
- ⋮ Codirectrice de thèse : M^{me} Meriem Fournier (INRAE Nancy)
- ⋮ Thèse consultable sur : <https://hal.science/tel-03703590/>

Les forêts françaises sont au cœur d'enjeux historiques, comme la production de bois et le renouvellement du patrimoine forestier, qui aujourd'hui se croisent avec des défis environnementaux, économiques et sociaux dans un contexte de changement climatique et de transition écologique (par exemple, la préservation des sols, de la biodiversité et des ressources en eau, la mise en place de forêts résilientes face à des risques inédits et extrêmes, etc.). Pour répondre à ces enjeux et défis, les décideurs publics ont formulé de nouvelles stratégies nationales et régionales qui traduisent un ensemble d'attentes envers le secteur forestier. Dans ce contexte, décideurs politiques et acteurs forestiers ont pris conscience qu'il était nécessaire d'innover collectivement pour s'adapter à cette situation inédite avec cohérence et organisation. Dans cette voie, le secteur forestier a annoncé son engouement pour les Living Labs, qui semblent être une opportunité de réponse intéressante à ce besoin grâce notamment à ses caractéristiques d'ouverture et de cocréation pour piloter l'innovation tout en impliquant les multiples parties prenantes ainsi que les utilisateurs dans des contextes de la vie réelle. L'ambition de cette thèse est de démontrer que

les approches Living Labs, souvent évoquées mais rarement pratiquées avec rigueur et méthode, procurent un cadre méthodologique performant et adapté pour impulser cette innovation collective et faire évoluer les usages des acteurs. Nous proposons de construire un cadre de référence méthodologique, selon une posture de recherche-action et basée sur l'approche Living Lab pour piloter l'innovation dans des contextes forestiers caractérisés comme complexes, multi-acteurs et multiéchelles (dans le temps et l'espace). Ce travail propose donc un transfert théorique et méthodologique de l'approche Living Lab vers l'amont du secteur forestier au travers de trois études de cas. Ce transfert est conduit par le développement de méthodes et outils adaptés au contexte forestier, tels que des personas pour caractériser les propriétaires forestiers privés ou encore une hybridation méthodologique avec une approche de spatialisation. Enfin, la discussion montre la pertinence de l'approche pour piloter les processus d'innovation dans des contextes forestiers multi-acteurs, multifonctionnel et incertain, en faisant émerger des idées inédites pour résoudre des points de blocage.

De l'homme et de la nature pour un droit humaniste de l'environnement

par Louis de Redon

- ⋮ Habilitation à diriger les recherches, soutenue le 4 février 2022 à AgroParisTech (Paris)

Le droit de l'environnement est un droit neuf qui plonge ses racines très loin dans notre histoire et notre culture juridique. Ce paradoxe s'explique par les profondes interactions entre les enjeux de la protection de la nature et les libertés fondamentales attachées à la personnalité : recherche du bonheur, liberté de procréation, droit de propriété, liberté de commerce et d'industrie, droit à la santé, droit au développement, etc.

Alors que de nombreux activistes écologistes, et parfois universitaires, remettent en question ces droits et libertés au nom de la protection de l'environnement, la lutte contre le changement climatique et le combat pour la protection de la biodiversité notamment se retrouvent mêlés à une nouvelle forme d'antihumanisme inquiétante pour l'avenir de nos sociétés humaines.

L'Homme est déclassé : soit qu'il est considéré comme un fléau pour notre planète, soit que les composantes de la nature lui soient opposées comme d'égales importance et valeur. Un nouveau mouvement philosophique d'origine anglo-saxonne, dit d'« écologie profonde » (*deep ecology*), se refuse même à considérer la double nature de l'Homme, biologique et métaphysique, et s'attache à une vision unitaire du vivant où *Homo sapiens* est appréhendé comme une espèce animale quelconque parmi tant d'autres.

De ce mauvais constat procède une remise en question inquiétante de la *summa divisio* opérée par notre droit depuis l'Antiquité entre les personnes et les choses. La nature est mythifiée, pour ne pas dire déifiée, en réaction à sa prétendue réification par le droit et les hommes. Il est opposé à une conception anthropocentrée du saisissement de la nature et de ses composantes par notre droit, une nouvelle vision juridique où planète, rivières, montagnes, écosystèmes et animaux disposeraient de la personnalité juridique. « La Nature » et « l'Animal » se verraient ainsi attribuer des droits, y compris des droits fondamentaux ; passant d'objets à sujets de droit.

En effet, de la confusion de l'être et de l'avoir naîtrait, pour de nombreux défenseurs de la nature, une société antispéciste où l'égalité du vivant devant la loi garantirait une meilleure

protection de l'environnement et mettrait un terme à plusieurs siècles d'exploitation de « la Nature » par « l'homme ». Le propos de cet essai interdisciplinaire est de démontrer qu'il n'en est rien. Bien au contraire. Si des évolutions juridiques sont nécessaires pour mieux protéger notre environnement, la forme de relativisme qui consisterait à dire que toutes les formes de vie se valent serait inefficace juridiquement, pour ne pas dire absurde, mais aussi dangereux pour l'État de droit.

Il appartient donc au droit de se réformer pour (ré)affirmer une hiérarchisation des valeurs et mieux appréhender les enjeux de la protection de l'environnement ; un environnement indispensable à notre survivance comme espèce et à la persistance d'un projet de civilisation humaniste. À défaut, tandis que les mouvements animalistes et d'écologie radicale se développent, le risque est bien d'entrevoir une société posthumaniste émerger, de manière insidieuse, sur des croyances que l'on pourrait qualifier de néoanimistes.

Des solutions existent pour éviter ce désastre juridique, éthique et moral ; des solutions juridiques respectueuses d'une appréhension humaniste de l'humanité mais aussi respectueuses des enjeux liés à la protection de l'environnement. Il nous appartient de nous en saisir au plus vite.

Conservation de la biodiversité à l'anthropocène : quels rôles de la gestion forestière, de l'histoire, du paysage et des changements climatiques ?

par Laurent Bergès

∴ Habilitation à diriger les recherches, soutenue le 3 mai 2022 à l'INRAE (Saint-Martin-d'Hères)

L'état actuel de la biodiversité, entrée dans sa 6^e crise d'extinction, et les impacts futurs des changements climatiques sur cette biodiversité, appellent une recherche en écologie de la conservation qui trouve un équilibre entre (1) l'approfondissement des connaissances sur les processus qui façonnent la biodiversité à différentes échelles et sur les effets des activités humaines sur ces processus et (2) la recherche de solutions pour la conservation de la biodiversité.

L'activité scientifique et technique de l'auteur a porté sur les relations entre les modes d'occupation du sol, les pratiques de gestion des milieux (forestiers principalement) et la biodiversité (flore vasculaire principalement) à différentes échelles spatiales et temporelles : du microhabitat, au paysage et à la région et sur le court, moyen et long terme (1-200 ans). Rattachée à la biologie/écologie de la conservation et plus largement aux solutions fondées sur la nature, son but est de mieux comprendre les mécanismes de réponse des espèces et des communautés aux pressions anthropiques et d'apporter des réponses sur la manière de mieux gérer les socioécosystèmes et les paysages pour conserver leur biodiversité.

Elle s'est structurée selon quatre domaines de recherche : l'écologie forestière, l'écologie du paysage, l'écologie historique et les stratégies d'aménagement à but de conservation. Dans ce mémoire, l'auteur présente les fondements théoriques accompagnés d'un état de l'art des connaissances, puis sa contribution à ces quatre domaines. En résumé,

même si les écosystèmes forestiers sont des espaces moins soumis aux menaces d'origine anthropique que d'autres milieux, ses recherches soulignent qu'ils ne sont pas épargnés par la gestion et par la fragmentation liée à la déforestation passée, aux infrastructures de transport, à l'urbanisation et aux diverses sources de pollutions (chimiques, dont azotées [dépôts atmosphériques], sonores et lumineuses).

À partir de la littérature et du bilan tiré de son activité, l'auteur propose un projet de recherche en 3 axes et 11 thèmes.

Le premier axe poursuivra les recherches en écologie historique forestière et contiendra six thèmes : (1) la reconnaissance de la valeur patrimoniale des forêts anciennes dans les politiques publiques de conservation, (2) l'analyse de la réponse d'autres groupes taxonomiques que la flore vasculaire à la continuité forestière, à partir d'analyses d'ADN environnemental et en s'intéressant aux espèces menacées, (3) l'identification des pratiques de gestion forestière pouvant être défavorables à la biodiversité typique des forêts anciennes, (4) l'analyse des arrière-effets de différents types d'usages agricoles anciens (pâturage vs culture) sur la composition spécifique et fonctionnelle de la flore du sous-bois, (5) la caractérisation de l'empreinte laissée par les pratiques forestières intensives passées sur la fertilité des sols et la composition spécifique et fonctionnelle de la flore du sous-bois, et (6) la quantification par voie empirique de la dette d'extinction et du crédit de colonisation des communautés de plantes de

sous-bois dans les paysages forestiers en mutation.

Un second axe s'intéressera aux stratégies de conservation de la biodiversité forestière à l'échelle du paysage, et se déclinera selon deux thèmes : (7) la mise en évidence du rôle patrimonial des zones forestières les plus éloignées des influences anthropiques et (8) l'approfondissement du rôle de la structure et de la composition du paysage sur la diversité multitaxonomique (spécifique et fonctionnelle) des communautés forestières. Dans ce second thème, l'auteur propose de tester l'hypothèse de la quantité d'habitat, l'hypothèse de l'hétérogénéité intermédiaire et enfin l'hypothèse du maintien de la diversité par la diversification des pratiques. Il envisage notamment de tester l'hypothèse de la quantité d'habitat à partir des graphes paysagers et des indices de quantité d'habitat atteignable, en s'appuyant sur ses travaux de conservation/restauration de la connectivité. Ces études consisteront notamment à rechercher quelles proportions et quelles configurations spatiales d'un ou plusieurs type(s) de gestion à l'échelle du paysage permettent de maximiser la diversité γ multitaxonomique.

Un troisième axe poursuivra les recherches sur la conservation et la restauration de la connectivité fonctionnelle et comprendra trois thèmes : (9) l'analyse des changements de connectivité fonctionnelle passés et futurs, avec la prise en compte des effets induits par les changements climatiques,

(10) l'application des outils de modélisation à trois enjeux de conservation de la biodiversité (le cadre méthodologique de l'objectif de non perte nette de biodiversité, le rôle des haies dans la connectivité forestière et l'élaboration de trames fonctionnelles de forêts matures) et enfin (11) des développements méthodologiques portant sur la validation de la qualité de précision de localisation des corridors à partir de données de présence d'espèces et, plus largement, sur la consolidation des modèles d'analyse de connectivité par la télé-détection, l'écologie du mouvement et la génétique du paysage. Ses futurs travaux viseront donc à croiser écologie forestière, écologie historique, écologie du paysage, stratégies d'aménagement à but de conservation et prise en compte des impacts des changements climatiques, au sein d'un projet qui reste ancré en écologie de la conservation. Trois considérations majeures, tirées de ses travaux, guideront la réalisation de ce projet : (1) les deux défis majeurs de l'érosion de la biodiversité et des dérèglements climatiques doivent être abordés conjointement ; (2) la plupart des activités humaines laissent une empreinte importante et parfois irréversible sur les écosystèmes, (3) l'espace disponible pour les activités humaines n'est pas infini, au même titre que l'ensemble des "ressources naturelles".

Les échanges sol-plante-atmosphère : Déploiement de l'approche résistive pour la modélisation, l'étude des processus et la mesure des échanges d'ammoniac, d'ozone et de pesticides

par Erwann Personne

∴ Habilitation à diriger des recherches soutenue publiquement le 2 juin 2022 à AgroParisTech (Paris)

∴ Consultable sur : <https://hal.science/tel-03736645/>

Les pollutions atmosphériques sont une problématique sociétale depuis de nombreuses années. D'un point de vue scientifique, les questions inhérentes à ces pollutions restent actuelles car la compréhension des mécanismes à l'origine des pollutions de l'air est encore incomplète, ce qui empêche une évaluation précise de ses effets ou de ses causes. Dans ce contexte, l'un des efforts scientifiques à développer porte sur l'étude des mécanismes au niveau de l'interface entre la biosphère continentale et l'atmosphère qui représente une source ou un puits de composés, voire les deux à la fois.

Le socle pour bâtir des réponses aux questions posées est fondé sur le couplage des mécanismes d'échanges d'énergie, d'eau et de polluants gazeux entre les couverts (éco ou agrosystèmes) et l'atmosphère. Les recherches résumées dans ce rapport précisent le déploiement des travaux de modélisation et de mesures, avec une approche dite résistive, pour améliorer la compréhension et la quantification des flux entre la biosphère et l'atmosphère à l'échelle de la parcelle, avec un intérêt particulier sur l'ammoniac, l'ozone et les pesticides.

L'originalité du travail réside dans le couplage des échanges entre énergie, eau et composés gazeux et la généralité de l'approche pour traiter des échanges des composés gazeux d'ammoniac, d'ozone et de pesticides.

Les perspectives de ce travail sont décomposées en deux axes de travail. Un premier axe est centré sur l'échelle de la parcelle mais avec une extension des études à des surfaces plus complexes telles que les parcelles de vignes ou les zones humides et en continuant d'élargir le spectre de composés gazeux étudiés, en premier lieu les composés organiques volatils qui jouent un rôle majeur dans le domaine de la pollution atmosphérique et de ses effets indirects sur l'effet de serre additionnel. Le second axe porte sur une extension du travail à des espaces urbains et périurbains pour tenir compte de l'artificialisation des surfaces de la biosphère. C'est d'abord à l'échelle des quartiers urbains que les premiers travaux sont engagés mais l'objectif est d'aborder à moyen terme l'organisation et la modification des usages des surfaces de la biosphère sous l'angle de la pollution atmosphérique et des changements climatiques. Cet axe de recherche répond à de nombreux enjeux : de la lutte contre l'augmentation de l'amplitude thermique et d'extension spatiale de l'îlot de chaleur urbain ou de l'îlot de pollution atmosphérique aux conséquences agronomiques ou écologiques de ces îlots, amplifiées souvent par le dérèglement climatique.

Caractérisation du comportement différé en cisaillement dans les panneaux en bois lamellé-croisé

par Charlotte Allemand

- Thèse soutenue publiquement le 27 juin 2022 à l'École des Ponts ParisTech (Paris)
- Directeur de thèse : M. Gilles Forêt (ENPC)
- Co-encadrant : M. Arthur Lebée (ENPC)
- Co-encadrant : M. Manuel Manthey (CSTB)
- Thèse consultable sur : <https://www.theses.fr/2022ENPC0017>

Ce travail de thèse porte sur l'étude du fluage de panneaux de bois lamellé croisé (CLT), un matériau largement utilisé dans la construction de bâtiments de grande hauteur. En raison de l'empilement orthogonal des couches de bois, la raideur à l'effort tranchant des panneaux est composée à la fois de la raideur en cisaillement longitudinal et de celle en cisaillement roulant. De plus, le bois est un matériau sujet au fluage et ce phénomène doit être étudié afin de concevoir correctement les constructions en bois.

Cette thèse présente un protocole expérimental permettant de mesurer directement la raideur en cisaillement et leur fluage à une échelle pertinente pour un panneau de CLT. Deux campagnes expérimentales sont menées sur un bâti de fluage dans une salle climatique régulée à des températures et humidités constantes correspondant à une classe de service 1 de l'Eurocode 5. Tout d'abord l'étude de la mise en charge de cinq poutres sandwichs ayant l'âme en bois orientée dans le sens radial permet de mesurer un module de raideur en cisaillement roulant égal à (121 ± 15) MPa. Le fluage relatif est extrapolé en ajustant une loi puissance sur les déplacements différés mesurés pendant 8 mois. Un coefficient de fluage en cisaillement roulant est calculé à 50 ans égal à $2,8 \pm 0,2$. Dans un second temps, six poutres sandwichs sont mises en

charge sur le bâti de fluage. La mise en charge permet de mesurer un module de raideur en cisaillement longitudinal égal à (460 ± 108) MPa et le rapport entre ces modules et la densité du bois est cohérente avec la littérature. L'étude des rotations différées sur 181 jours ne permet pas de conclure sur l'évolution du fluage longitudinal pendant les expériences réalisées. Ainsi, lors de l'ajustement d'une loi puissance sur les déplacements différés, deux hypothèses sont faites. Lorsque le fluage longitudinal est supposé nul, le coefficient de fluage en cisaillement longitudinal estimé à 50 ans est calculé égal à $1,70 \pm 0,53$ et, dans le cas contraire, une valeur de $0,83 \pm 0,29$ est trouvée. Ces valeurs permettent de conclure que le fluage en cisaillement roulant est 1,5 à 3 fois supérieur à celui en cisaillement longitudinal.

Au regard de ces résultats, la proposition du coefficient de fluage proposé dans la prochaine version de l'Eurocode semble cohérente et sécuritaire. L'auteur propose cependant de différencier deux coefficients de fluage dans les normes de construction en classe de service 1. La définition de ces deux coefficients est compatible avec l'utilisation de la méthode *shear analogy* et semble pertinente pour un meilleur dimensionnement des panneaux de CLT.

Éléments pour l'analyse et le traitement d'images : Application à l'estimation de la qualité du bois

par Rémi Decelle

- Thèse soutenue publiquement le 5 juillet 2022 au LORIA (Vandœuvre-lès-Nancy)
- Directrice de thèse : M^{me} Isabelle Debled-Rennesson (LORIA, université de Lorraine)
- Directrice de thèse : M^{me} Fleur Longuetaud (Silva, université de Lorraine)
- Thèse consultable sur : <https://hal.science/tel-03794911/>

Dans le contexte du changement climatique et de son atténuation, du développement de la bioéconomie circulaire, et d'une pression accrue qui en découle sur la ressource en bois, un des axes de recherche prioritaire est l'optimisation de la transformation de cette ressource qui peut se faire à différents niveaux. L'objectif est d'extraire des informations sur la qualité du bois à partir de l'analyse de sections transversales de grumes ou billons de bois en forêt ou en scierie. Pour estimer cette qualité, trois caractéristiques visibles peuvent être extraites : le couple aubier/duramen, le couple moelle/centroïde et les informations relatives aux cernes (largeur moyenne, etc.).

Dans un premier temps, l'auteur s'intéresse à la segmentation du duramen. Il abordera cette segmentation à travers des réseaux de neurones convolutifs et des couches d'attention. Il propose une nouvelle couche d'attention pour les réseaux de neurones utilisant la morphologie mathématique moins souvent utilisée. Les couches d'attention ont permis aux réseaux d'être plus performants en se focalisant sur les informations les plus pertinentes.

Dans le deuxième temps, l'estimation de la position de la moelle est abordée. L'auteur propose une nouvelle approche originale basée sur l'algorithme des colonies de fourmis pour

estimer la position de la moelle. L'utilisation de cet algorithme permet de s'abstraire d'une étape habituelle, à savoir l'accumulation des normales aux tangentes des cerne. Dans une dernière partie, l'auteur présentera un travail en

géométrie discrète : un filtre directionnel. Il estime les segments les plus longs en tout point d'un ensemble connexe. Ce travail a pour objectif d'être appliqué dans l'estimation des caractéristiques des cerne.

Mobiliser efficacement la biomasse forestière : une analyse conceptuelle et empirique des conditions de sécurisation de l'approvisionnement en bois des scieries en France

par Ghenima Amer

- ⋮ Thèse soutenue publiquement le 14 octobre 2022 à AgroParisTech (campus de Clermont-Ferrand)
- ⋮ Directeur de thèse : M. Philippe Jeanneaux (VetAgroSup, UMR Territoires)
- ⋮ Thèse consultable sur : <https://theses.hal.science/tel-04000357>

La réalisation des enjeux socioéconomiques et environnementaux du secteur forêt-bois est indissociable du développement de ses industries. En France, la sécurité de l'approvisionnement des industries du bois est l'un des défis majeurs que doit relever la filière. Les études de disponibilité de la ressource bois, les études du comportement des propriétaires forestiers privés et les études d'optimisation des chaînes d'approvisionnement offrent des éléments de compréhension utiles à l'analyse de cette problématique. Dans cette thèse, nous proposons une approche plus intégrative basée sur la théorie des coûts de transaction, en mobilisant une double approche conceptuelle et empirique centrée sur les scieries. Dans un premier article, nous proposons un cadre d'analyse global à la problématique de sécurisation de l'approvisionnement en bois, issu de l'économie néoinstitutionnelle. Nous montrons ainsi que les caractéristiques physiques de la ressource, les interdépendances entre les marchés, et le comportement des vendeurs de bois sont à l'origine d'incertitudes qui pèsent sur l'approvisionnement en bois. Le cadre

développé suggère que les contrats d'approvisionnement peuvent être un dispositif de sécurisation efficace. Dans un deuxième article, nous mettons en évidence l'impact des caractéristiques physiques de la forêt et du régime de la propriété forestière sur la production de sciage. En mobilisant des modèles de panel spatial, nous montrons que ces facteurs sont prépondérants pour la sécurité de l'approvisionnement des scieries mais qu'il existe des disparités entre feuillus et résineux et que les effets jouent à différentes échelles spatiales. Dans un troisième article, nous analysons l'efficacité des contrats d'approvisionnement dans la sécurisation de l'approvisionnement des scieries à travers une enquête menée auprès de scieurs de différents territoires de France. Les résultats montrent que l'efficacité des contrats d'approvisionnement est relative et dépend fortement du type d'acheteur. L'ensemble de ces éléments nous amène à conclure que croiser l'économie néoinstitutionnelle et l'analyse des facteurs marchands classiques est une stratégie particulièrement féconde pour comprendre l'efficacité des stratégies d'approvisionnement.

The role of mesophyll conductance in the regulation of photosynthesis under ozone-induced oxidative stress in poplar: ecophysiological, anatomical and biochemical aspects

par Ricardo Joffe

- ⋮ Thèse soutenue publiquement le 16 novembre 2022 à l'université de Lorraine –
- ⋮ Faculté des Sciences et Technologies (Vandœuvre-lès-Nancy)
- ⋮ Directeur de thèse : M. Yves Jolivet (université de Lorraine)
- ⋮ Directeur de thèse : M. Anthony Gandin (université de Lorraine)
- ⋮ La thèse sera consultable sur : <https://www.theses.fr/s287416>

L'ozone (O_3) est l'un des polluants atmosphériques les plus nocifs et les plus répandus, qui affecte considérablement la photosynthèse et donc le rendement des cultures et la santé des plantes dans le monde entier. La conductance de diffusion du CO_2 dans le mésophylle des feuilles (g_m) est largement considérée comme un facteur limitant majeur de la photosyn-

thèse dans des conditions de stress ou non. Ce travail vise à étudier les effets du stress oxydatif induit par l' O_3 sur la g_m et à déchiffrer les mécanismes sous-jacents de sa régulation au niveau physiologique, anatomique et biochimique. Plusieurs génotypes de l'arbre modèle *Populus × canadensis* Moench ont été soumis à une exposition chronique à l' O_3 à 120 ppb

pendant 21 jours dans des conditions contrôlées dans des chambres phytotroniques afin d'analyser les échanges gazeux, le pool d'antioxydants et les changements structuraux et ultrastructuraux des feuilles. L'O₃ chronique provoque une diminution substantielle de g_m , qui est un facteur limitant majeur du taux d'assimilation net (A_{net}), devant la conductance stomatique au CO₂ (g_{sc}) et de la capacité maximale de carboxylation de l'enzyme Rubisco (V_{cmax}). Les pools totaux des principaux antioxydants, l'ascorbate et le glutathion, ne sont pas liés au g_m , quant au malondialdéhyde (MDA), il pourrait, comme molécule signal, atténuer la diminution du g_m causée par l'O₃. Au niveau ultrastructural, la diminution de g_m serait à mettre en relation avec des caractéristiques subcellulaires, notamment l'épaisseur de la paroi cellulaire et du cytoplasme, l'espacement interchloroplastique ainsi que le rapport entre les chloroplastes exposés et la surface du mésophylle (S_c/S_m). La relation observée entre le g_m et

l'anatomie, mais aussi la réponse du g_m à l'O₃, dépendent du génotype chez le peuplier. Enfin, lors d'une exposition aiguë à l'O₃ d'un seul génotype à 200 ppb pendant 2 x 6 h avec une période de récupération intermédiaire, les niveaux d'expression de plusieurs anhydrases carboniques (CA) facilitant la diffusion du CO₂ ont été suivis. Dans ces conditions, g_m est très sensible à l'O₃ à court terme mais présente un certain degré de résilience après le stress. La réponse du niveau d'expression de l' α -CA4 au traitement appliqué peut suggérer l'implication des CAs dans la régulation à court terme du g_m . Ce travail souligne l'importance de g_m comme limitation majeure de l' A_{net} mais aussi la nécessité de sa prise en compte dans une évaluation globale de la photosynthèse. Ces résultats suggèrent également que g_m pourrait être une cible très prometteuse pour l'ingénierie végétale afin d'améliorer le rendement photosynthétique et la résistance au stress des cultures de plein champ et de la biomasse.

La végétation concurrente de la régénération forestière : évaluation des surfaces colonisées, modélisation de l'abondance et de l'impact sur la régénération ligneuse à l'échelle de la France

par Noé Dumas

- ⋮ Thèse soutenue publiquement le 15 décembre 2022 à AgroParisTech (Nancy)
- ⋮ Directrice de thèse : M^{me} Catherine Collet (INRAE – centre Grand-Est Nancy)
- ⋮ Codirecteur de thèse : M. Jean-Luc Dupouey (INRAE – centre Grand-Est Nancy)
- ⋮ Thèse consultable sur : <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-03957202/>

Le renouvellement forestier est une étape clef dans la vie des peuplements forestiers car il permet le maintien à long terme de la forêt, et des services écosystémiques qui lui sont associés. Parmi les facteurs susceptibles d'impacter négativement le renouvellement, la colonisation par des espèces végétales concurrentes peut ralentir la régénération ligneuse, voire la bloquer pendant plusieurs décennies.

L'objectif de cette thèse est d'estimer l'impact, à une échelle régionale à nationale, de la végétation concurrente sur la régénération ligneuse. La thèse est principalement basée sur l'utilisation des données de l'Inventaire forestier national français (IFN).

Une première étape, utilisant les résultats d'une enquête auprès de gestionnaires forestiers, a permis de dresser une liste des principales espèces concurrentes pour la régénération ligneuse, et de déterminer les surfaces sur lesquelles chaque espèce est présente avec une forte abondance. La Ronce (*Rubus fruticosus*), la Fougère aigle (*Pteridium aquilinum*) et la Molinie bleue (*Molinia caerulea*) sont les principales espèces concurrentes en France, et sont chacune présentes à forte abondance dans plus de 300 000 ha des forêts à faible couvert de canopée en France.

Afin de mieux comprendre l'écologie des espèces concurrentes, le rôle de l'ouverture de la canopée sur la probabilité de présence et de forte abondance des espèces concurrentes a été étudié. Pour une majorité d'espèces, le couvert de la canopée a un effet faible sur la probabilité de présence des

espèces. À l'inverse, l'abondance des espèces est fortement corrélée au couvert de la canopée, un couvert important étant pour la majorité des espèces concurrentes associé à une plus faible abondance.

L'effet de la végétation concurrente sur le recouvrement de la régénération ligneuse a ensuite été modélisé à l'échelle de la France pour les trois principales espèces. Une forte abondance de *P. aquilinum* et *M. caerulea* est associée à une diminution relative du recouvrement de la régénération ligneuse d'environ 30 % et 40 % respectivement, par rapport à des situations où ces espèces sont présentes à faible abondance. À l'inverse, *R. fruticosus* a un effet plus ambivalent sur la régénération ligneuse. Le recouvrement de régénération ligneuse augmente en moyenne légèrement pour des abondances de *R. fruticosus* intermédiaires, et diminue sensiblement pour une forte abondance de cette espèce.

Enfin, la probabilité de présence et de forte abondance des trois principales espèces concurrentes a été modélisée, afin d'identifier les conditions de fortes abondances et de prédire la localisation des surfaces potentiellement impactées par l'apparition de ces trois espèces lors de l'ouverture de la canopée. La difficulté de modéliser précisément la présence mais surtout le niveau d'abondance de ces espèces a conduit à des modèles de faibles capacités prédictives, ne permettant pas d'obtenir des estimations robustes des conditions à fort risque d'invasion par les trois espèces étudiées. En conclusion, cette thèse a montré que les problèmes de ré-

génération ligneuse liés à des espèces de végétation concurrente sont présents sur des surfaces notables dans les forêts françaises. *P. aquilinum* et *M. caerulea* ont globalement un effet négatif marqué sur la régénération ligneuse quelle que soit leur abondance, tandis que l'effet de *R. fruticosus* n'est

globalement négatif que pour de fortes abondances. Enfin, cette thèse a également démontré l'importance de modéliser séparément la présence et l'abondance, et identifié les principaux facteurs à mieux prendre en compte pour mieux modéliser l'abondance des espèces.

Acclimatation des arbres au changement des sollicitations mécaniques induites par le vent suite à une éclaircie dans un peuplement de Hêtre

par Joël Dongmo

- ⋮ Thèse soutenue publiquement le 13 décembre 2022 à AgroParisTech (Nancy)
- ⋮ Directrice de thèse : M^{me} Meriem Fournier (INRAE – centre Grand-Est Nancy)
- ⋮ Codirecteur de thèse : M. Thiery Constant (INRAE – centre Grand-Est Nancy)
- ⋮ La thèse sera consultable sur : <https://www.theses.fr/s303524>

Si l'accès aux ressources telles que la lumière ou l'eau détermine le potentiel de croissance des arbres, l'allocation de la biomasse produite est fortement influencée par les stimulus mécaniques perçues par la plante. La réponse des arbres aux stimulus mécaniques tels que ceux induits par le vent est appelée thigmomorphogénèse. Cette réponse a surtout été étudiée sur de très jeunes plants en conditions contrôlées, et seulement peu en conditions naturelles. Cette étude est la première à étudier la croissance d'un arbre dans un peuplement de feuillus ayant pour objectif de quantifier l'importance de l'effet thigmomorphogénétique en tant que facteur de croissance dans un contexte sylvicole. Pour ce faire, quarante arbres répartis en quatre groupes de dix arbres chacun ont été sélectionnés dans un peuplement dense de *Fagus sylvatica* L. âgé de 35 ans. Chaque groupe était soumis à un des traitements suivants : éclaircie sans haubanage, éclaircie avec haubanage, haubanage et témoin.

En ce qui concerne l'allocation de la croissance, les résultats montrent que 45 % de la croissance volumique du tronc ainsi que 61 % de la croissance radiale des racines des arbres éclaircis sont dus aux stimuli mécaniques induits par le vent. Par ailleurs, la distribution de la surface des cernes suivant la hauteur de l'arbre est sous un fort contrôle mécanosensitif. À l'opposé, aucun effet des sollicitations mécaniques ni de l'éclaircie n'a été observé sur la croissance axiale. Concernant l'anisotropie circonférentielle de la croissance, l'étude ne permet pas de mettre en évidence un effet thigmomorphogénétique, malgré l'identification des secteurs dominants pour les vents et les déformations fortes. L'hypothèse avancée est que la variabilité directionnelle des déformations perçues est trop grande pour induire une réaction de croissance orientée dans une direction précise comme c'est le cas en conditions contrôlées.



Licence Creative Commons
Attribution - 4.0 International (CC BY 4.0)