



Colloque scientifique

**SANTECOFOR**

**Santé des écosystèmes forestiers : enjeux de société**

Résumé des communications – Actes



21 et 22 mars 2023

GIP Ecofor, Muséum national d'Histoire naturelle

## Présentation colloque

Le colloque « Santé des écosystèmes forestiers : Enjeux de société » s'est inscrit dans le thème « Les forêts et la santé » de la Journée Internationale des Forêts 2023.

La notion de santé des écosystèmes ou de santé des forêts, après avoir été initialement définie dans une perspective de protection des forêts contre les ravageurs et les maladies, est aujourd'hui réexaminée à la lumière de nouveaux enjeux sociétaux mais aussi scientifiques et techniques. Entendue dans un sens très large, la santé des écosystèmes forestiers interroge la communauté scientifique sur les enjeux aussi bien environnementaux qu'économiques et sociaux. Dans le contexte des changements environnementaux globaux, les questions de stabilité, perturbation, dégradation, changement et résilience des forêts font l'objet de nombreux travaux. Les liens entre santé humaine, santé animale et fonctionnement des écosystèmes sont également un champ en plein développement dans le cadre de la problématique « **One Health** ». Réfléchir à la santé des écosystèmes forestiers est également connecté à des enjeux scientifiques et techniques concernant le monitoring et l'élaboration d'indicateurs pour une information intégrée sur l'état et la dynamique des écosystèmes.

D'une part, le colloque a eu pour objectif de faire un état des connaissances, mais aussi des controverses, sur la « santé » au sens large des écosystèmes forestiers, qu'il s'agisse des forêts – passées, présentes ou futures – en France ou dans toute autre situation à l'international, d'identifier l'impact de facteurs déstabilisants, tels que le déboisement et autres usages intensifs de ces espaces et de ces ressources, l'accélération du changement climatique, la prolifération des insectes ravageurs, etc.

D'autre part, face aux conséquences de ces bouleversements dans un contexte de changements environnementaux globaux, le colloque a donné l'opportunité de s'interroger sur les solutions envisagées (reboisement, restauration, conservation, naturalité, nouveaux usages, nouvelles façons d'envisager les relations à ses écosystèmes), ainsi que sur les enjeux sociétaux et économiques liés à des modes de gestion alternative des forêts.

Les deux journées ont été un succès, rassemblant plus de 160 participants. Ce colloque pluridisciplinaire, rassemblant sciences humaines et sociales ainsi que sciences biologiques et de l'environnement, a traité des enjeux des forêts tempérées et tropicales, en couvrant des dimensions variées.

Le colloque s'est déroulé en quatre sessions :

- Session 1 : **Santé des socio-écosystèmes forestiers : état des lieux** – 21 mars matin
- Session 2 : **Habiter et protéger la forêt** – 21 mars après-midi
- Session 3 : **Vulnérabilité et dépérissement** – 22 mars matin
- Session 4 : **Santé globale des forêts et des habitats : en prendre la mesure** – 22 mars après-midi

## Sommaire des présentations

Santé des écosystèmes forestiers : de quoi parle-t-on et de quoi devrait-on parler ?.....	5
État de conservation de la biodiversité forestière métropolitaine : peut-on vraiment dire que cela va bien ? .....	6
État des lieux de la santé de la forêt méditerranéenne française .....	6
Caractérisation de la capacité de résilience des forêts anciennes et des vieilles forêts par des approches de génétique, écologique et écophysiologique .....	7
Bois pourri et santé des forêts : exemple du mélange épicéa ( <i>Picea abies</i> (L.) Karst.) et mélèze ( <i>Larix decidua</i> Mill.) en forêt subalpine de Sainte-Foy-Tarentaise (Savoie) .....	7
Les recherches forestières françaises à l'épreuve des « pluies acides » (1981-1992) : écologie forestière, monitoring et santé des forêts.....	8
Les états de santé d'une forêt : boisement, restauration et conservation de la forêt domaniale de Rambouillet de l'Ancien Régime à nos jours.....	9
Les sols forestiers : objet d'attention historique de la foresterie française .....	9
Connaître, mesurer et modéliser la forêt tropicale de Guyane française .....	10
Quand l'Amazonie sort du bois .....	10
Analysis of the impact of ecosystem disturbances on the indigenous knowledge transfer process in the Congo Basin .....	11
L'intensité de perturbation dans les forêts néotropicales exploitées détermine les trajectoires de diversité post-exploitation .....	12
Le braconnage, une menace pour la santé des forêts tropicales : le cas des éléphants de forêt. ....	12
Poaching, a threat for the health of tropical forests: the forest elephant's case .....	12
Les effets de la pollution agricole en lisière de forêt tropicale : le stress oxydatif chez les chimpanzés comme révélateur des enjeux de santé globale .....	13
Forces et faiblesses du droit international pour la régulation du commerce des espèces de faune et flore tropicales .....	13
Étude de faisabilité d'une foncière solidaire appliquée à la forêt. La foncière solidaire pourrait-elle être un instrument pour protéger la biodiversité forestière ? .....	14
Impact positif du réseau Natura 2000 sur l'augmentation des très gros arbres .....	15
Santé des forêts – enjeux de société – les réponses apportées par l'ONF .....	16
Du concept de vulnérabilité à la perception des dépérissements forestiers par la société .....	16
Approche multiscalaire du dépérissement des forêts comtoises : adaptation au changement climatique et facteurs de résilience socio-spatiale .....	16
Chemical and morphological leaf defenses of <i>Quercus pubescens</i> after 10 years of amplified drought .....	17

Modélisation à base d'agents pour l'évaluation de stratégies de lutte contre les bioagresseurs à l'échelle des paysages forestiers : une application à la lutte contre les scolytes .....	18
Évaluer la vulnérabilité des habitats pour une meilleure adaptation des forêts au changement climatique .....	18
Le risque de dépérissement forestier : comment mieux le prendre en compte et le gérer. Exemple de l'outil Bioclimsol .....	19
Le dispositif BRAMM .....	19
Investigation et cartographie post-incendie forestière dans la région de Tissemsilt (Algérie) .....	20
L'état des forêts tropicales et la durabilité de leur gestion .....	21
Dynamique d'occupation des terres dans l'Amazonie Bolivienne ; une approche de modélisation socio-écologique de la déforestation .....	21
Gestion et perception de la population porcine férale de Martinique par différents acteurs pour une gestion durable du porc feral et des écosystèmes forestiers martiniquais : état des lieux et perspectives .....	21
Solutions innovantes mises en œuvre pour restaurer et assurer la santé d'une forêt : l'exemple du Bois-Landry .....	22
Les représentations professionnelles et sociales des tiques, miroir de la santé des écosystèmes forestiers : une approche socio-territoriale en Argonne .....	23
Projet Réconfort (ARD SYCOMORE) – Détecter et cartographier les dépérissements forestiers en Région Centre Val de Loire .....	24
Apport de la télédétection pour le suivi de la santé des forêts .....	25
Détermination et cartographie de la vulnérabilité des essences au changement climatique récent ..	26

## Santé des écosystèmes forestiers : de quoi parle-t-on et de quoi devrait-on parler ?

**Guillaume DECOCQ** (Université de Picardie Jules Verne)

Appliquée aux forêts, la définition de santé —un bon état physiologique assurant un fonctionnement régulier et harmonieux— souffre souvent d'une vision réductionniste et anthropomorphique. *Réductionniste*, car l'évaluation de la santé d'une forêt se limite à la santé de ses arbres, voire à celle de ses essences « objectifs ». *Anthropomorphique* car le bon état de santé d'une forêt est apprécié à travers l'intégrité physique et physiologique des arbres, sensée leur permettre d'atteindre une productivité maximale. Or extrapoler la santé d'un organisme à celle d'un écosystème est hasardeux. Le contexte politique très actuel de « l'adaptation des forêts aux changements climatiques » nous offre un terrain particulièrement intéressant : le dépérissement de certaines essences forestières (chênes, hêtres, épicéas...) est pris comme proxy d'un « dépérissement forestier », assimilé à une maladie induite par le « réchauffement » climatique. La question est : peut-on guérir la forêt en remplaçant les arbres « malades » ou susceptibles de l'être par des arbres exotiques supposés mieux adaptés ? A partir de cette question, je tente de montrer :

- en quoi la productivité est un indicateur partiel —et partial— de l'état de santé d'une forêt ; et pourquoi une approche plus intégrative, s'appuyant sur la qualité et la quantité des services écosystémiques délivrés serait plus pertinente ;

- pourquoi biodiversité de l'écosystème forestier est bien plus que la diversité des essences ; et comment elle peut être reliée aux (multi)services écosystémiques ;

- de quelle manière l'équilibre dynamique entre la biodiversité et les différents facteurs physico-chimiques qui définissent le milieu forestier (climat, substrat, topographie, etc.) est contrôlé en permanence par le réseau d'interactions de l'écosystème, qui lui assure un maximum d'homéostasie et de résilience face aux fluctuations et changements environnementaux ;

- comment ces changements environnementaux agissent sur l'écosystème soit comme un stress, soit comme une perturbation, modifiant directement ou indirectement la composition en espèces, c'est-à-dire la trajectoire dynamique (ou succession) de l'écosystème forestier ;

- pourquoi lorsque les capacités de résilience de l'écosystème sont dépassées, les modifications induites se soldent par une réduction de la multifonctionnalité et de la quantité ou de la qualité des services délivrés, que l'on peut modéliser à l'aide de la théorie des catastrophes ;

- pourquoi il est crucial de définir un état initial ou un état de référence pour mesurer l'état de santé d'une forêt.

Je conclus sur le danger d'une vision réductionniste et anthropomorphique de la santé des forêts, et le danger encore plus grand de négliger la dimension holobiontique de l'arbre et la dimension écosystémique de la forêt.

## État de conservation de la biodiversité forestière métropolitaine : peut-on vraiment dire que cela va bien ?

**Camille Gazay** (PatriNat, OFB–MNHN–CNRS–IRD)

L'état de la biodiversité forestière en France fait l'objet d'opinions contrastées, reflétant différentes perceptions des acteurs. Après une présentation des hauts-lieux de la biodiversité forestière métropolitaine, et leur couverture par les aires protégées, nous examinons l'état des espèces et habitats forestiers au travers des dernières évaluations réalisées dans le cadre des rapports communautaires (directives Habitats-faune-flore et Oiseaux), des listes rouges, et des indicateurs de l'Observatoire national de la biodiversité. Deux messages en résultent : 1) seule une faible proportion des habitats et espèces forestiers sont en état favorable mais, 2) comparativement à d'autres écosystèmes très impactés comme les prairies, la situation est moins critique. Nous discutons des facteurs qui peuvent expliquer cette situation, notamment l'histoire des forêts françaises et l'impact des pressions, relativement plus faible que sur d'autres écosystèmes. Enfin, nous abordons les limites des dispositifs de suivi pour bien mesurer l'état de la biodiversité forestière, et les perspectives en cours pour renforcer la surveillance de cet écosystème.

### Référence :

Touroult, J., **Gazay, C.**, Gigot, G., Rouveyrol, P., Witté, I. & Paillet, Y. 2021. Etat de conservation de la biodiversité forestière métropolitaine : peut-on vraiment dire que tout va bien ? *La revue annuelle d'Humanité et Biodiversité*, 6 : 25-35.

## État des lieux de la santé de la forêt méditerranéenne française

**Maxime Cailleret**<sup>1</sup>, B. Boutte<sup>2</sup>, J-B. Daubrée<sup>2</sup>, J. Lemaire<sup>3</sup>, N. Martin-StPaul<sup>4</sup>, M. Ostle<sup>1</sup>, B. Prévosto<sup>1</sup>, L. Veuillen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UMR RECOVER, INRAE, Aix-Marseille Université, Aix-en-Provence

<sup>2</sup> Département Santé des Forêts, Pôle inter-régional Sud-Est, Avignon

<sup>3</sup> Centre National de la Propriété Forestière, Institut pour le Développement Forestier, Aix-Marseille Université, Lyon

<sup>4</sup> URFM, INRAE, Avignon

Ces dernières années, un phénomène massif de dépérissement forestier a été observé dans de nombreux biomes, se traduisant par une baisse de la croissance des arbres, une augmentation de leur déficit foliaire et des taux de mortalité.

En s'appuyant sur des données récoltées dans le cadre de différents suivis menés par INRAE, le DSF et CRPF, nous présenterons le cas de la région méditerranéenne française, marquée par une forte augmentation des températures et de l'intensité, la durée et la fréquence des sécheresses. Malgré leur grande tolérance à la sécheresse, le pin sylvestre, le pin d'Alep et le chêne vert présentent une baisse de croissance et un déficit foliaire élevé (de 40% à 50% en moyenne).

La plupart des peuplements sont concernés par ce phénomène; les arbres les plus touchés sont généralement situés à basse altitude, en conditions topo-édaphiques défavorables (exposition sud, forte pente, sol superficiel), et affectés par des agents biotiques comme le gui ou la chenille processionnaire. Nos travaux montrent que le processus de dépérissement est multifactoriel et doit être étudié à une échelle spatiale fine.

## Caractérisation de la capacité de résilience des forêts anciennes et des vieilles forêts par des approches de génétique, écologique et écophysiological

**Caroline Scotti-Saintagne**, B. Algoet, T. Boivin, W. Brunetto, M. Cailleret, C. Drénou, B. Fady ; P. Fernandez, O. Gilg, N. Goux, G. Granget, F. Jean, L. Larrieu, F. Lefèvre, V. Marsaudon, N. Martin-Saint-Paul, M. Parizat, M. Pringarbe, A. Roig, G. Sajdak, J-M. Savoie , I. Scotti, N. Turion, N. Touhami.

Le bouleversement climatique interroge sur la santé des écosystèmes forestiers, en particulier leur capacité d'adaptation en lien avec l'évolution des pratiques sylvicoles. Les transformations induites par les programmes d'adaptation, notamment la substitution d'essence, modifient leur fonctionnement. Cette étude évalue la résilience des forêts anciennes aux changements environnementaux, en particulier des vieilles forêts peu impactées par des pressions de sélection humaine. Quarante peuplements de hêtre, de sapin pectiné et de pin de Salzmann sont étudiés. Leur maturité est caractérisée par l'Indice de Biodiversité Potentielle et leur résilience par des indicateurs de capacité à évoluer (santé, reproduction, diversité génétique). Un zoom est réalisé sur un gradient de trois niveaux d'anthropisation dans deux massifs où sont aussi mesurés des indicateurs de résistance à la sécheresse (approche dendrochronologique) et de biodiversité (avifaune, flore et entomofaune). La caractérisation du potentiel adaptatif des vieilles forêts permettra de démontrer l'enjeu que représente leur préservation pour la résilience des écosystèmes forestiers.

## Bois pourri et santé des forêts : exemple du mélange épicéa (*Picea abies* (L.) Karst.) et mélèze (*Larix decidua* Mill.) en forêt subalpine de Sainte-Foy-Tarentaise (Savoie)

**Nicolas Bernier** (MNHN, Département Adaptation du Vivant), Jean-Yves Trosset (Supbiotech, Bio-Informatique Research Laboratory)

La coexistence du mélèze et de l'épicéa est interrogée à la lumière des multiples pressions (climatiques et humaines notamment) que subissent les forêts subalpines. **L'hypothèse énoncée par cette étude est que l'impact de la durée d'ensoleillement, de la végétation concurrente et de la forme d'humus (les trois composantes majeures de la niche de régénération) s'exerce à l'échelle du mètre.**

Nous avons procédé en forêt communale de Sainte-Foy-Tarentaise (sous gestion de l'Office National des Forêts) à un double échantillonnage afin de comparer les conditions autorisant ou non la régénération de ces deux espèces. Un premier échantillonnage aléatoire de 306 jeunes arbres de 10 à 300 cm de haut (conditions de régénération) a été superposé à un échantillonnage régulier non sélectif (219 points). L'effort d'échantillonnage est réparti entre 10 placettes de moins d'un hectare chacune contenant au minimum une cinquantaine de jeunes arbres permettant une comparaison des niches de régénération avec l'altitude.

Les analyses multivariées montrent un fort contraste de condition d'humus à l'échelle du mètre entre les micro-sites investis par jeunes arbres comparé au voisinage. Ainsi par exemple, en moyenne, 75% de la niche constituée des souches de bois pourri est occupée par la régénération soit 36% des jeunes arbres étudiés avec peu d'écart entre les deux espèces d'arbres. Dans plusieurs placettes, la proportion des souches de bois pourri occupée par des jeunes arbres monte à 100% démontrant ainsi la limitation de la régénération naturelle par manque de bois pourri. A l'opposé, les humus de la série des Mor-Moder occupent 64% des surfaces de végétation basse alors que sous les jeunes arbres, la fréquence de ces formes d'humus tombe à 20%. Epicéa et mélèze occupent des niches de régénération voisine démontrant une forte concurrence entre les deux espèces.



Cette étude démontre le rôle important du bois pourri dans la régénération forestière contrariant ainsi la vision d'une forêt s'écroulant sous l'accumulation de sa nécromasse (phase de « sénescence »). Notre rapport aux forêts doit donc se nourrir d'un dilemme qui interroge l'impact réel de l'exportation de bois sur la santé de cet écosystème. Les humus de forme Mull et Amphi (forme intermédiaire entre le Mull et le Moder) sont aussi favorables à la régénération (43% sous régénération contre 27%) **mais ces humus deviennent rares au-delà de 1800 m d'altitude.**

Dans le détail, les niches de régénération du mélèze et de l'épicéa n'expriment que de faibles différences mettant ainsi en évidence une situation de forte concurrence entre les deux espèces. Ainsi l'analyse discriminante (2 niveaux de croissance X 2 espèces) sépare uniquement les jeunes arbres selon leur vitesse de croissance indépendamment de l'espèce. L'étude de la végétation ne montre pas un appauvrissement de la flore au contact des jeunes conifères (niveau de diversité végétale comparable). **Par contre, les niveaux d'équitabilité de la flore sont supérieurs sous les arbres, résultat sans doute lié à l'impact négatif d'un fort taux de recouvrement en éricacées sur les autres végétaux (jeunes arbres compris).** Contrastant avec les conditions d'installation, les conditions de croissance ne sont que marginalement dépendantes des humus et de la végétation (ANOVA). Globalement, **le mélèze montre un plus fort taux de croissance que l'épicéa** (2cm/ans contre 1.7cm). Si comme attendu, la durée d'ensoleillement est le premier facteur déterminant les taux de croissance des jeunes arbres, l'analyse statistique semble indiquer que les épicéas sont favorisés par des microsites bien ensoleillés en juin alors que **les mélèzes sont favorisés par des ensoleillements tardifs.** L'explication pourrait tenir dans le caractère caduc du feuillage de ce dernier.

Enfin, les taux de croissance des deux essences ne sont pas diminués avec l'augmentation de l'altitude. En conclusion l'étude met en évidence une distinction entre les conditions d'installation et les conditions de croissance des jeunes arbres. Le rôle capital du bois pourri est souligné tant pour l'épicéa que pour le mélèze, et d'une manière plus générale, l'étude démontre un faible niveau de différenciation des deux niches de régénération.

## Les recherches forestières françaises à l'épreuve des « pluies acides » (1981-1992) : écologie forestière, monitoring et santé des forêts

*Antoine Dolez (post-doctorant au laboratoire MESOPOLHIS (UMR 7064), à l'institut « Sociétés en mutation en Méditerranée » (SoMuM) et au Plan Bleu)*

Au début des années 1980, des dépérissements forestiers constatés dans plusieurs régions d'Europe alertent le monde forestier sur une possible « mort des forêts » (das Waldsterben), dont la cause serait attribuée aux « pluies acides ». C'est un moment charnière dans l'évolution des recherches forestières françaises qui, pour statuer sur la gravité du phénomène, développent de nouveaux savoirs scientifiques et adoptent de nouvelles pratiques d'observation et de gestion. On assiste alors (1) à la mise en place de réseaux d'observation des écosystèmes forestiers (comme le réseau RENECOFOR<sup>1</sup>) et de réseaux de surveillance sanitaire des forêts (comme le département Santé des forêts), (2) au développement de l'écologie forestière et de modèles écophysiologiques fonctionnels, et (3) à l'adoption d'une doctrine de gestion pour appréhender la « santé » des forêts<sup>2</sup> (Bouleau et Barthod, 2016<sup>3</sup>). Cette communication d'histoire des sciences retrace la manière dont la controverse sur les « pluies acides » a eu des effets durables sur l'évolution et la structuration des recherches forestières françaises et sur le concept de « santé » des forêts.

<sup>1</sup> Réseau National de suivi à long terme des ECOSystèmes FORestiers

<sup>2</sup> La doctrine des trois facteurs : prédisposant, déclenchant et aggravant

<sup>3</sup> Bouleau G et Barthod C (2016) « Point de vue d'un acteur français sur la controverse des pluies acides (1983-1991) » Vertigo, 16(2) [En ligne] consulté le 16/05/2020 [<http://journals.openedition.org/vertigo/17672>]



#### Référence :

Thèse de sociologie et d'histoire des sciences de l'Université Grenoble Alpes : *Connaître et gérer les forêts, anticiper leurs futurs. Enquête au cœur des infrastructures de recherche forestière françaises* (<https://hal.ird.fr/IEPG/tel-03411095v1>)

## Les états de santé d'une forêt : boisement, restauration et conservation de la forêt domaniale de Rambouillet de l'Ancien Régime à nos jours

**Raphaël Devred** (doctorant en histoire et humanités environnementales, CHCSC – UVSQ)

Cette communication vise à interroger la notion d'états de santé pour la forêt domaniale de Rambouillet entre le XVIIIe et le XXIe siècle du point de vue de l'histoire et des humanités environnementales<sup>1</sup>. Au XVIIIe siècle l'idée qu'une forêt en bonne santé est une forêt parfaitement boisée se met en place<sup>2</sup>. Mais les résistances des acteurs locaux et environnementaux : paysans, gibiers, sols et climats empêchent le boisement systématique. Il faut attendre les XIXe et XXe siècles pour que la forêt soit « restaurée<sup>3</sup> » dans son état de peuplement continu d'arbres par les forestiers. La radiographie diachronique de la forêt de Rambouillet d'après les archives de sa gestion permettra de suivre ce que signifie la bonne santé d'une forêt et sa conservation pour et par les forestiers sur l'intervalle de trois siècles<sup>4</sup>. Cette étude s'intéressera notamment aux matérialités de la mise en place des programmes de conservation en terre domaniale : (re)boisement, enrésinement, peuplement, exploitation, tout en les situant dans les dynamiques nationales et globales de l'histoire de la conservation de la nature et des écosystèmes forestiers en particulier<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> QUENET Grégory, *Qu'est-ce que l'histoire environnementale ?*, Seyssel, Champ Vallon, 2014 ; BLANC Guillaume, DEMEULENAERE Élise et FEUERHAHN Wolf (dir.), *Humanités environnementales. Enquêtes et contre-enquêtes*, Paris, Publications de la Sorbonne, 2017.

<sup>2</sup> Les atlas d'aménagement forestier de la forêt de Rambouillet en sont les principales preuves d'applications locales : Archives départementales des Yvelines, 2604 W 77 : Atlas du comte de Toulouse, Etat du marquisat de Rambouillet et des réunions qui ont été faites pour être érigé en duché pairie : registre atlas (réalisé de 1708 à 1722) et ADY, 2604 W 78 : Atlas de la réformation générale des bois de la maîtrise de Rambouillet (1778-1782).

<sup>3</sup> FRESSOZ Jean-Baptiste, LOCHER Fabien, « Régénérer la nature, restaurer les climats : François-Antoine Rauch et les *Annales Européennes de physique végétale et d'économie publique*, 1815-1830 », *Le temps des médias*, 25, 2015, p. 52-69.

<sup>4</sup> Cette communication s'appuie sur le corpus documentaire rassemblé autour du travail de thèse en cours sur l'histoire du domaine de Rambouillet du XVIIIe au XXIe siècle, en particulier des fonds des Eaux et Forêts et de l'Office national des Forêts conservés aux archives départementales des Yvelines (sous-série 60J, 6Q, et W) et à l'Unité territoriale de l'ONF à Rambouillet et le travail mené avec les forestiers de l'UT depuis 2019.

<sup>5</sup> MARAGE Damien, *La forêt dans tous ses états : de la conservation à l'évaluation territoriale*, œuvre scientifique inédite pour l'habilitation à diriger des recherches en Géographie, Université Paris 1 – Panthéon-Sorbonne, 2018 ; DECOCQ Guillaume, KALAORA Bernard, VLASSOPOULOS Chloé, *La forêt salvatrice : reboisement, société et catastrophe au prisme de l'histoire*, Ceyzérieu, Champ vallon, 2016.

## Les sols forestiers : objet d'attention historique de la foresterie française

**Charlotte Glinel** (Centre de Sociologie des Organisations (Sciences Po – CNRS), doctorante contractuelle)

Dans la lutte actuelle contre le réchauffement climatique et sa constitution en problème public, les forêts et le secteur de la foresterie française se retrouvent enrôlés au premier rang. Dans ce contexte, la mise sur agenda du problème public climatique des sols forestiers, de plus en plus reconnus pour leurs capacités de stockage de carbone, a difficilement émergé (Fournil et al. 2018). Pourtant, la question des sols constitue une préoccupation omniprésente pour l'ensemble des acteurs de la filière forestière, attentifs au délicat équilibre entre érosion, conservation, fertilité et exploitation des forêts. Cette attention s'est accrue au cours des vingt dernières années, en réaction à la mécanisation exponentielle qu'a connue l'exploitation du bois, notamment résineux, entraînant le tassement des sols, et des effets potentiellement délétères sur la santé des écosystèmes forestiers exploités. Certes, les acteurs publics nationaux, gouvernementaux et non-gouvernementaux, relaient les promesses de

stockage de carbone dans la biomasse vivante et morte des sols dans les orientations de gestion sylvicole. Surtout, les gestionnaires forestiers publics et privés accordent une place centrale aux savoirs pédologiques dans leurs prises de décision sur le terrain, et ont adapté leurs pratiques d'exploitation et de contrôle des chantiers en conséquence (ex : mise en place des cloisonnements). Cette attention commune pour un même objet recouvre des expertises parfois contradictoires et fait écho à l'importance historique des sols dans la constitution de la foresterie française à l'image, dès la fin du XIXe siècle, des programmes de Restauration de terrains de montagne (RTM). Ceux-ci avaient pour objectif de lutter, par le reboisement, contre l'érosion des sols, tout en se les appropriant (Krautberger, 2010 ; Kalaora et al. 2016).

Dès lors, afin de saisir comment le travail et les savoirs des gestionnaires prennent soin de forêts rendues d'autant plus vulnérables par le réchauffement climatique d'une part, la mécanisation de l'exploitation d'autre part, nous proposons d'analyser le cas de l'attention portée au sol, comme clef de santé des écosystèmes forestiers. Une approche croisée de la sociologie des sciences, du travail et de l'action publique permet de mieux symétriser les travailleurs, techniciens, scientifiques, et politiques, des différents maillons de la filière forêt-bois. A partir d'une enquête de terrain fondée sur des observations de travail dans des forêts publiques et privées, de colloques professionnels, d'entretiens et d'archives, cette contribution cherchera à mettre en évidence les expertises professionnelles qui sous-tendent la compréhension des dynamiques socio-écologiques pour appuyer des décisions de gestion portant sur les sols et l'organisation des chantiers. Il s'agira de montrer comment ces expertises du sol s'affrontent, s'interpénètrent, s'ignorent parfois et s'enracinent dans le temps long de la foresterie française.

## Connaître, mesurer et modéliser la forêt tropicale de Guyane française

**Alexandre Gaudin** (AgroParisTech, UMR SENS)

Une littérature scientifique existe déjà pour enrichir la notion de *santé* des forêts de nouvelles connaissances acquises sur les écosystèmes (Blandin, 2009) et sur les liens que les sociétés tissent avec les milieux dont elles dépendent (Piron, 2018). Néanmoins, cette réflexion aborde peu l'instrumentation de l'action environnementale, alors qu'elle est un relai essentiel entre compréhension des écosystèmes et décisions de gestion. Cette communication portera sur un dispositif de suivi de la forêt tropicale (Guyane), aujourd'hui pièce d'un réseau international (ForestPlots.net *et al.*, 2021). Nous nous pencherons sur différents aspects de cette infrastructure (histoire des choix socio-techniques et organisation du travail de mesure et de modélisation). Nous soulignerons alors la manière dont elle conditionne et médiatise la représentation faite des milieux forestiers et les actions de gestion (Latour, 1992). Ce travail vise à comprendre plus largement dans quelle mesure la rationalité propre à l'infrastructure rencontre l'imaginaire collectif des institutions politiques et sociales (Castoriadis, 1999 [1975]).

### Références :

BLANDIN Patrick, 2009, *De la protection de la nature au pilotage de la biodiversité*, Paris, Ed. Quae.  
CASTORIADIS Cornelius, 1999 [1975], *L'institution imaginaire de la société*, Paris, Seuil / Points.  
ForestPlots.net *et al.*, 2021, « Taking the pulse of Earth's tropical forests using networks of highly distributed plots », *Biological Conservation*, 260, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108849>  
LATOUR Bruno, 1992, *Aramis et l'amour des techniques*, Paris, La Découverte.  
PIRON Sylvain, 2018, *L'occupation du monde*, Bruxelles, Zones Sensibles.

## Quand l'Amazonie sort du bois

**Stéphen Rostain** (Directeur de recherche au CNRS, laboratoire « Archéologie des Amériques », Paris)

La folie extractiviste occidentale vide de manière critique les veines végétales et les entrailles du sol de l'Amazonie depuis plus d'un siècle, tout en perpétuant la légende d'une jungle sauvage jusqu'alors

oubliée des humains. Il est pourtant présent en Amazonie depuis plus de 13 000 ans et, si l'on parle souvent de l'incroyable biodiversité de la plus grande forêt tropicale du monde, on oublie presque toujours qu'elle s'accompagne d'une richesse culturelle tout aussi grande. Autrefois beaucoup plus peuplée, l'Amazonie a été profondément transformée par les Amérindiens, qui prenaient le soin de permettre la résilience d'un paysage dynamique. Sur la base de leur pensée animiste, ils ont conçu des relations étroites avec les autres entités vivantes de la forêt, notamment les plantes et les animaux. Cette intime interaction a abouti à une science extrêmement fine des qualités végétales notamment, menant par exemple à fonder leur régime sur la culture d'une plante vénéneuse : le manioc. Le bois constitue la matière première privilégiée de bien des industries et besoins des habitants de la forêt, qui appréhendent ce couvert forestier avec une grande subtilité. Ils ont ainsi transformé en douceur mais très profondément cet univers chlorophyllien, mais également le sol même qu'il ont foulé, tout en favorisant une préservation et une discrétion qui explique pourquoi ces modifications nous ont si longtemps échappé. Explorer le monde amazonien aboutit à découvrir les échanges privilégiés entre nature et culture dans la grande forêt pluviale.

## Analysis of the impact of ecosystem disturbances on the indigenous knowledge transfer process in the Congo Basin

**Richard Sufo Kankeu** (Laboratoire ESO, Le Mans université)

Natural forests are being lost and impacted worldwide, through deforestation (habitat destruction) and degradation mainly due to anthropogenic origin, with agriculture being the top one. A combination of various factors including underlying drivers (population growth, economic development, agricultural commodities) and direct drivers (mining, agriculture, infrastructure, firewood, charcoal) has largely impacted the forests of the Congo basin and contributed to the disruption of the ecosystem balance and the disappearance of certain species. In this article, we aim to show the impact that deforestation and degradation could have on the transfer of knowledge in the Congo basin especially in DRC, Cameroon and Gabon. Based on local botanic knowledge, we assessed species of interest especially those useful for the local population livelihood. It appears that, the human impact on forest and mainly forest logging have disrupted the ecosystem and endangered. Species like *Irvingia gabonensis*, *Ricinodendron heudelotii*, *Dacryodes edulis*, *Baillonella Toxisperma*, *Tetrapleuratetraptera* are identified as main endangered and are lacking in the surrounding village where elders can show to youth. The ancestral knowledge is disappearing in the absence of sample school and young people able to take control of these knowledge. Urbanization and technological development have thus indirectly accelerated the creation of barriers for this transfer of knowledge. Domestication of these endangered species and creating interest in the younger generation are some of the solutions proposed to cope the problem.

### Reference:

- Kissinger, G., Herold, M., & De Sy, V. (2012). Drivers of deforestation and forest degradation. *A synthesis report for REDD+ Policymakers*, 48(10.1016).
- Geist H., Lambin E., 2001. What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence. Land-Use and Land-Cover Change (LUCC) Project, International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP). LUCC Report Series: 4.
- Hosonuma N., Herold M., De Sy V., De Fries R.S., Brockhaus M., Verchot L., Angelsen A., Romijn E., 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environmental Research Letters*, in review
- Eba'a Atyi, R., Hiol Hiol, F., Lescuyer, G., Mayaux, P., Defourny, P., Bayol, N. Pokem. Saracco F., Sufo Kankeu R. & Nasi, R. (2022). *Les forêts du bassin du Congo: État des Forêts 2021*. CIFOR.
- Sufo Kankeu, R., Demaze, M. T., Krott, M., Sonwa, D. J., & Ongolo, S. (2020). Governing knowledge transfer for deforestation monitoring: Insights from REDD+ projects in the Congo Basin region. *Forest policy and economics*, 111, 102081.

## L'intensité de perturbation dans les forêts néotropicales exploitées détermine les trajectoires de diversité post-exploitation

**Elliott Maurent** (CIRAD, Université de Montpellier, UR Forêts & Sociétés ; CATIE, Unidad Bosques y Biodiversidad en Paisajes Productivos, Costa Rica ; AgroParisTech)

Parmi les perturbations anthropogéniques en forêts tropicales, l'exploitation sélective consiste à collecter quelques arbres d'intérêt commercial et à laisser l'écosystème se régénérer naturellement. Afin d'estimer l'effet de l'intensité de cette perturbation sur les trajectoires de diversité des arbres, nous avons construit un modèle de récupération de la diversité taxonomique et fonctionnelle. Nous appliquons ce cadre méthodologique à des trajectoires de diversité de Shannon, calculées à partir d'inventaires forestiers permanents, en forêts exploitées et anciennes d'Amérique tropicale. Les premières conclusions soulignent un éloignement des valeurs de diversité post-exploitation par rapport aux valeurs de forêt ancienne, d'autant plus fort que l'intensité de perturbation augmente. Ces résultats suggèrent d'exploiter à faible intensité, de réduire les dégâts liés à l'exploitation, et d'avoir des cycles de repos suffisamment longs pour permettre la régénération forestière.

### Références :

Marcon, E., Hérault, B., 2015. Entropart: An R Package to Measure and Partition Diversity. Journal of Statistical Software 67, 1–26. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i08>  
Maurent, E., Hérault, B., Pioniot, C., Derroire, G., Delgado, D., Finegan, B., Aubry-Kientz, M., Amani, B.H.K., Ngo Bieng, M.A., In review. A unified framework to model recovery in disturbed tropical forests.  
Pioniot, C., Derroire, G., Descroix, L., Mazzei, L., Rutishauser, E., Sist, P., Hérault, B., 2018. Assessing timber volume recovery after disturbance in tropical forests – A new modelling framework. Ecological Modelling 384, 353–369. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.05.023>

## Le braconnage, une menace pour la santé des forêts tropicales : le cas des éléphants de forêt.

### Poaching, a threat for the health of tropical forests: the forest elephant's case

**Marie Sigaud** (UMR 7206, MNHN)

Natural ecosystems have been degraded by human activities leading to unprecedented rates of biodiversity loss and altered functioning of entire ecosystems. Tropical forests are bastions of biodiversity and wilderness, regulators of climate, providers of food and timber. Yet these forests are increasingly imperiled. Habitat loss, encroachment of human activities always deeper in the forest as well as subsistence and commercial hunting of wildlife across the tropics is rapidly driving many species to the brink of extinction at both local and global scales. The loss of ecosystem engineers species resonate across the landscape leading to large scale consequence such as shift in vegetation patterns contributing to global warming. Large herbivores shape the structure and function of landscapes and environments in which they occur but today 60% of remaining large-bodied herbivores are threatened with extinction and nearly all suffer from range reduction due to overhunting, anthropogenic climate change and habitat loss. The extent to which overhunted tropical forests are capable of sustaining varied ecological and socioeconomic functions in the long term is at best uncertain.

Human activities have reduced the distribution and abundance of elephants worldwide, but the most precipitous declines have occurred among African forest elephants (*Loxodonta cyclotis*). In Central Africa, forest elephant numbers dropped of 62% from 2002 to 2011, and current populations persist at only 10% of their potential size occupying less than 25% of their potential range. Latest census provided global estimates of ~100 000 remaining forest elephants, with Gabon identified as containing over 50% of the remaining individuals with a quasi-continuous distribution of elephants across its territory. Forest elephant play a main role in the ecosystem and their loss will most likely contribute to

the homogenization of forest structure and decreases in carbon stocks. Forest elephants, like many other species, are experiencing increasing contact with humans inside and outside of protected areas due to poaching pressure, resource extraction, agricultural expansion and increased urbanization. Infrastructure expansion into forested ecosystems enable hunters to reach previously inaccessible population.

The “Forest Snitches” project is a collaborative project with the Ecology and Conservation Sciences Center (CESCO) from the French National Museum of Natural History (MNHN) and the Gabonese National Park Agency (ANPN). This project investigates how poaching pressure influences fine scale space use of forest elephants and how these behavioral adjustments can be used to help improve anti-poaching strategies and preserve “healthy” tropical forests.

## Les effets de la pollution agricole en lisière de forêt tropicale : le stress oxydatif chez les chimpanzés comme révélateur des enjeux de santé globale

**Sabrina Krief<sup>1,2</sup>, Shelly Masi<sup>1</sup>, Petra Spirhanzlova<sup>1,2</sup>, Chloé Couturier<sup>1,2</sup>, Edward Asalu<sup>3</sup>, David Costantini<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> UMR 7206 CNRS/MNHN/P7, Eco-Anthropologie, Hommes et Environnements, Muséum National d'Histoire Naturelle, Musée de l'Homme, Paris, France

<sup>2</sup> Sebitoli Chimpanzee Project, Kibale National Park, Fort Portal, Ouganda

<sup>3</sup> Uganda Wildlife Authority, Plot, 7 Kira Rd, Kampala, Ouganda

<sup>4</sup> UMR 7221 Unité Physiologie Moléculaire et Adaptation, Muséum National d'Histoire Naturelle/ CNRS, Paris, France

En Afrique, dans les zones intertropicales, l'agriculture intensive se développe rapidement aux dépens des forêts, impliquant notamment une réduction et une fragmentation des habitats de la faune sauvage et une proximité accrue entre les humains et les non-humains. Parmi les conséquences indirectes de l'expansion agricole rapide, celles de la pollution environnementale sont encore méconnues. Dans ce contexte, le chimpanzé se révèle être une espèce sentinelle, utile pour l'évaluation de l'état des forêts et plus spécifiquement des risques pour la santé. En effet, ils sont (1) dépendants de ces habitats notamment pour se nourrir et dormir, (2) particulièrement sensibles aux agents pathogènes humains et (3) de bons modèles biologiques phylogénétiquement proches des humains, permettant d'estimer les risques potentiels de la pollution environnementale sur la santé humaine.

En Ouganda, à Sebitoli, au nord du parc national de Kibale, nous avons étudié l'exposition aux produits phytosanitaires et la santé de chimpanzés dont le territoire forestier jouxte des zones cultivées. L'analyse de l'eau des rivières au cours de trois campagnes montre la présence récurrente de 12 à 15 polluants, alors que celle des poils des chimpanzés révèle 60 pesticides. Le dosage des biomarqueurs de stress oxydatif dans les urines des individus montre des dommages oxydatifs mutagènes pouvant potentiellement expliquer les malformations faciales observées chez les chimpanzés utilisant fréquemment la lisière la plus exposée à la pollution agricole. Ces résultats représentent un signal d'alerte pour les humains de cette zone, à savoir les agriculteurs, mais également pour les consommateurs de ces produits, localement et à l'international. Réduire la pollution environnementale dans les zones de lisière forestière est un enjeu de santé publique pour la biodiversité et pour les sociétés contemporaines.

## Forces et faiblesses du droit international pour la régulation du commerce des espèces de faune et flore tropicales

**Marta Abegón Novella\*** & Symphorien ONGOLO\*\*

\* Département de droit international, Université de Barcelone – Espagne

\*\* IRD - SENS, Université Paul-Valéry Montpellier – France

La préservation **des écosystèmes forestiers** est de plus en plus menacée par la marchandisation des espèces de faune et de flore sauvages en risque d'extinction. Ce phénomène induit une perturbation de ces socio-écosystèmes avec diverses conséquences, y compris pour la **santé humaine**. La Convention CITES<sup>1</sup> adopté en 1973 vise à réguler le commerce international des spécimens d'animaux et de plantes sauvages menacées. Malgré l'existence de cet instrument juridique, l'accélération du commerce transnational des espèces menacées s'est amplifiée par la **mondialisation**. La demande croissante de la **Chine**<sup>2</sup> en matière première est à ce titre souvent associée à la surexploitation de la biodiversité forestière. A partir de l'exemple de quelques espèces menacées, cette communication vise à analyser les forces et faiblesses de la Convention CITES et du droit international en général comme levier potentiel de durabilité<sup>3</sup> de la biodiversité tropicale.

<sup>1</sup> <https://cites.org/eng>

<sup>2</sup> Alain Karsenty. 2021. « Géopolitique des forêts du monde : quelles stratégies de lutte contre la déforestation? », Études de l'Ifri, Ifri, juin 2021.

<sup>3</sup> Cordonier Segger, M-C., D.A., Wardell, A., Harrington. 2023. *CITES as a Tool for Sustainable Development* Cambridge University press: <https://www.cambridge.org/fr/academic/subjects/law/environmental-law/cites-tool-sustainable-development?format=HB>

## Étude de faisabilité d'une foncière solidaire appliquée à la forêt. La foncière solidaire pourrait-elle être un instrument pour protéger la biodiversité forestière ?

**Paul Bresteaux**

Dans un contexte où l'érosion de la biodiversité est un sujet de plus en plus à l'ordre du jour, les commanditaires du projet ont vu dans le dispositif de foncière solidaire une potentielle réponse aux problèmes que cette érosion pose pour les sociétés humaines. Une foncière solidaire peut être définie comme une structure abstraite, dont la forme concrète peut varier, mais qui fonctionne selon une logique bien précise : l'acquisition de foncier, grâce à de l'argent mobilisé auprès des citoyens ou des structures de la finance solidaire, en vue d'y mener des projets non lucratifs à forte utilité sociale et environnementale. Un tel dispositif, en vue de répondre à des objectifs de conservation, est intéressant à plusieurs égards : son impact sera potentiellement important, l'acquisition de foncier étant un des moyens les plus efficaces pour atteindre des objectifs de préservation de la biodiversité, qui plus est dans un pays où le droit de propriété est considéré comme une sorte de « méta-institution » ; en mobilisant les circuits financiers citoyens et solidaires – toujours plus actifs avec le temps, notons-le – il constitue une solution pertinente au besoin de financer un service d'intérêt général dans un contexte global de retrait de l'État. En l'état actuel de la réglementation, un dispositif de ce type pourrait être mis en place dans le secteur forestier. A l'instar des foncières d'Habitat et Humanisme ou de Terre de liens, une foncière solidaire forestière gagnerait à naître sous la forme d'une société en commandite par actions (SCA), forme juridique qui permet d'assurer que soit respectée sur le long terme la mission environnementale et sociale poursuivie au moment de sa création. Elle pourrait être couplée à un réseau d'associations et à un fonds de dotation, lesquels participeraient, financièrement mais pas seulement, à l'acquisition de forêts et au développement de projets en faveur de la biodiversité. Afin de financer les activités de conservation, par nature non rentables, il est possible d'imaginer faire appel à des financeurs issus du secteur privé. Le modèle de Reforest'Action, qui fait l'intermédiaire entre des projets de reforestation ou de création de forêts et des entreprises qui débloquent des fonds sans attente de retour sur investissement, a été étudié et apparaît intéressant, même s'il est encore marqué par quelques lacunes. Si un tel projet peut a priori être mené à bien, se pose désormais la question



de la ou des personnes qui le porteront. Or, un savant mélange de compétences scientifiques et financières, de liens sociaux entretenus avec les acteurs de la forêt française, ou encore de légitimité politique, semble être requis. Mais le travail de recherche ne s'est pas arrêté à la simple faisabilité d'une foncière solidaire forestière. Grâce notamment à la tenue d'un grand nombre d'entretiens c'est tout un diagnostic du marché foncier forestier et de ses acteurs qui a été mené, avec pour objectif d'en dégager les lignes structurantes, les logiques rationnelles et les potentiels conflits à l'oeuvre. C'est ce qu'a permis la mobilisation de l'Analyse stratégique pour la gestion environnementale (ASGE), cadre théorique qui s'ancre dans les sciences de gestion et qui, focalisé en premier lieu sur la performance environnementale, se veut un guide pour la réflexion et pour l'action. Le diagnostic mené a ainsi révélé l'existence de deux grandes catégories d'investisseurs sur le marché foncier forestier, dont les stratégies ont été analysées au prisme des grands enjeux de conservation en forêt. La première est celle des « institutionnels », acteurs historiques qui perçoivent la forêt essentiellement comme un actif financier, ce qui les pousse à mettre l'accent sur la fonction de production des forêts, souvent au détriment de la biodiversité. En réaction à cette première catégorie d'investisseurs, se sont mis en place depuis quelques années un certain nombre de « groupements forestiers écologiques et citoyens », dont le fonctionnement et l'esprit sont très proches d'une foncière solidaire forestière telle qu'elle a été imaginée au cours de ce travail de recherche. Plus petites, ancrées dans les territoires, ces structures placent la question écologique au coeur de leur action, en cherchant non seulement à montrer qu'une sylviculture suivant les cycles naturels de la forêt peut être rentable, mais aussi à mettre en oeuvre une gestion qui ne soit pas tournée seulement vers la fonction de production des forêts. Nombreuses d'entre elles sont encore récentes, et gagneraient à être accompagnées sur les enjeux de biodiversité auxquels elles cherchent à répondre. C'est la raison pour laquelle, en conclusion de l'étude, est prônée la mise en place d'une « coopérative de moyens », sous la forme juridique d'un groupement d'intérêt économique, dont l'objectif serait en premier lieu de créer une synergie entre acteurs de la gestion forestière, acteurs de la recherche et acteurs publics. Des sujets aussi essentiels que la recherche sur les liens entre biodiversité et services écosystémiques, la mise en place d'une fiscalité forestière plus favorable à la biodiversité, l'expérimentation de mécanismes de paiements pour services écosystémiques ou d'obligations réelles environnementales, pourront alors être poussés plus en avant.

**Référence** : Bresteaux, P., Étude de faisabilité d'une foncière solidaire appliquée à la forêt. *La foncière solidaire pourrait-elle être un instrument pour protéger la biodiversité forestière ?*, Thèse professionnelle, AgroParisTech, 2021.

## Impact positif du réseau Natura 2000 sur l'augmentation des très gros arbres

**Lise Maciejewski<sup>1,2</sup>, Yoan Paillet<sup>3</sup>, Isabelle Witté<sup>2</sup>, et Jean-Claude Gégout<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Université de Lorraine, AgroParisTech, INRAE, UMR Silva

<sup>2</sup> OFB, MNHN, CNRS, PatriNat

<sup>3</sup> Univ. Grenoble Alpes, INRAE, Lessem

Nous avons comparé les caractéristiques dendrométriques de 155 sites Natura 2000 français répartis sur tout le territoire métropolitain tempéré et montagnard avant et après leur désignation, grâce à plus de 23 000 relevés de l'inventaire forestier national. Nous avons montré que, depuis la mise en place du réseau, l'augmentation de la quantité des très gros arbres sur les zones où ils sont présents est significativement plus forte dans le périmètre du réseau Natura 2000 qu'à l'extérieur. Ainsi, nous avons mis en évidence que les actions de conservation mises en place dans les forêts au sein du réseau Natura 2000, qui sont gérées et exploitées, ont déjà eu des effets positifs sur les très gros arbres, considérés comme une caractéristique de vieilles forêts, et utilisés aussi comme indicateur de biodiversité et du bon état de conservation des habitats forestiers.



## Santé des forêts – enjeux de société – les réponses apportées par l'ONF

**Hubert SCHMUCK<sup>1</sup>, Régine TOUFFAIT<sup>2</sup>, Edouard JACOMET<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Direction territoriale Grand Est et Correspondant-Observateur du Département Santé des Forêts

<sup>2</sup> Direction Générale - Direction Forêt et Risques Naturels

L'ONF, gestionnaire des forêts publiques est confronté depuis plusieurs années à de nombreuses situations de dégradation de la santé des forêts qu'il gère (déséquilibre forêt/ongulés persistant, dépérissements liés au changement climatique, introduction de nouveaux ravageurs ou pathogènes en lien avec les échanges commerciaux mondialisés).

Parallèlement, les attentes de la société sont de plus en plus nombreuses et pour certaines, peuvent paraître contradictoires (forêts à enjeux récréatifs et/ou environnementaux, stockage de Carbone, alimentation d'une filière offrant de nombreux emplois, ...).

Une fois dressé un état des lieux (situations déjà constatées, problèmes potentiels), nous allons présenter les outils et réponses déjà mises en œuvre, et explorer quelques pistes envisageables pour pouvoir faire perdurer une gestion multifonctionnelle et durable.

Afin de répondre aux mieux aux différentes attentes exprimées, ces propositions ne pourront être mises en œuvre efficacement que si elles sont acceptées par une grande majorité.

## Du concept de vulnérabilité à la perception des dépérissements forestiers par la société

**Nathalie Bréda** (UMR 1434 SILVA, Centre INRAE Grand Est, Nancy)

Les dépérissements forestiers sont des périodes de dysfonctionnement pluriannuel, avec dégradation de l'apparence des arbres, de leur croissance, de plusieurs fonctions physiologiques et services écosystémiques, sans nécessairement entraîner la mort des arbres. Leur étude est ancienne, puisqu'ils sont décrits périodiquement, en dehors de tout contexte de changement climatique. Ces phases de dépérissement font souvent la une des médias, parce que le grand public perçoit et s'émue ces dégradations visuelles de l'état des arbres, sans nécessairement en comprendre l'origine. Depuis 2018, les crises sylvo-sanitaires récentes, dues à une succession d'épisodes de sécheresse intense, n'ont pas manqué d'alerter à nouveau le grand public, les gestionnaires forestiers et les scientifiques.

L'exposé présentera l'évolution au cours du temps des cadres conceptuels dans lesquels les scientifiques étudient les dépérissements, pour en comprendre l'origine, mieux les gérer et réduire leur occurrence. Aujourd'hui, les dépérissements sont analysés dans le cadre générique d'analyse de risque et de crise, cadre qui sera présenté et explicité. Les aléas inducteurs sont souvent multiples, d'origines climatiques et biotiques. Les composantes de la vulnérabilité sont à rechercher à différents niveaux d'organisation de l'écosystème, voire du socio-écosystème. Si la vulnérabilité est une composante majeure du risque, le concept est en revanche difficile à communiquer et partager avec l'ensemble des acteurs, en outre parce que ses métriques sont complexes voir floues. Nous ouvrirons la discussion sur les écarts entre l'analyse scientifique des dépérissements forestiers et la compréhension qu'en a le grand public aujourd'hui, à travers sa propre perception d'usager de la forêt et son interprétation des informations relayées par les médias.

## Approche multiscalaire du dépérissement des forêts comtoises : adaptation au changement climatique et facteurs de résilience socio-spatiale

Carole Bégeot<sup>1</sup>, Éric Bernard<sup>2</sup>, Coralie Bertheau<sup>1</sup>, Philippe Binet<sup>1</sup>, Olivier Girardclos<sup>1</sup>, Xavier Girardet<sup>2</sup>, Éric Lucot<sup>1</sup>, **Damien Marage**<sup>2</sup>, Arnaud Mouly<sup>1</sup>, Sébastien Nageleisen<sup>2</sup>, Julien Parelle<sup>1</sup>, Fabienne Tatin-Froux<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Franche-Comté, Laboratoire Chrono-environnement UMR 6249 CNRS

<sup>2</sup> Université de Franche-Comté, Laboratoire ThéMA UMR 6049 CNRS

Les impacts du changement climatique sur les socio-écosystèmes des forêts comtoises remettent déjà en cause leur multifonctionnalité indispensable à leur résilience écologique, économique et sociale, notamment depuis la crise sanitaire récente des peuplements d'épicéas. Face à ces changements, les acteurs de la filière doivent prendre des décisions en univers incertain. Les arbres sont soumis à des changements à long terme et à des risques à plus court terme qui doivent être surveillés. La vitalité des forêts dépend de multiples facteurs biotiques et abiotiques en synergie. Adossé à la Zone atelier Arc jurassien (ZAAJ), un **observatoire des forêts sentinelles comtoises** a été initié afin de comprendre les mécanismes multiscalaires de dépérissement ou d'acclimatation et d'en observer leurs conséquences, de l'arbre au paysage afin d'accompagner les gestionnaires dans leurs décisions. Six sites, se répartissant sur un gradient altitudinal et possédant différentes stratégies de gestion (*i.e.*, mixtes, monospécifiques, libre évolution), ont été sélectionnés. Les essences ciblées sont le hêtre (*Fagus sylvatica*), l'épicéa commun (*Picea abies*) et le sapin pectiné (*Abies alba*). Divers suivis (*e.g.*, microclimatiques, pédologiques, physiologiques, dendrométriques et génétiques) et inventaires (*e.g.*, floristiques, entomologiques et fongiques) sont menés à la fois par les équipes de recherche mais également par les étudiants des parcours SVT ou de géographie pour lesquels l'observatoire est un **chantier école**. Le couplage de ces différents modèles multiscalaires permettra d'améliorer l'aide à la décision pour renforcer la résilience des forêts comtoises et d'envisager les perspectives d'évolution de ces massifs dans le cadre des profondes mutations climatiques et socio-économiques et paysagères à l'échelle régionale.

#### Références :

- Brunette, M., Foncel, J., Kéré, E. (2016) Attitude face au risque et décision de récolte des propriétaires forestiers privés français. *Revue Forestière Française*, Vol. LXVIII, No. 3, p. 259-268.
- Brunette, M., Hanewinkel, M., Yousefpour, R. (2020) Risk aversion hinders forestry professionals to adapt to climate change. *Climatic Change*, Vol. 162, No. 4 p. 2157-2180
- Joly, D., Gillet, F. (2017) Interpolation of temperatures under forest cover on a regional scale in the French Jura Mountains. *Int. J. Climatol.* 37, 659–670. <https://doi.org/10.1002/joc.5029>
- Joly, D., Richard, Y. (2019) Frequency, intensity, and duration of thermal inversions in the Jura Mountains of France. *Theor. Appl. Climatol.* 138, 639–655. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-02855-3>
- Savary et al. (2021a) Analysing landscape effects on dispersal networks and gene flow with genetic graphs. *Mol. Ecol. Resour.* 21: 1167–1185.

## Chemical and morphological leaf defenses of *Quercus pubescens* after 10 years of amplified drought

**Justine Laoué**, M. Havaux, B. Ksas, G. Gea Izquierdo, S. Dupouyet, J.P. Orts, A. Tonetto, C. Fernandez, E. Ormeno

IMBE (Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie) - Aix-Marseille Université - CNRS

Climate change in the Mediterranean region implies long and recurrent drought episodes, marked by a decrease (~ - 30%) in annual precipitation by the end of this century. To evaluate the capacity of forests to cope with a drier climate, our study was conducted on *Quercus pubescens* using the rain exclusion system set up since April 2012 at the Oak Observatory at the Observatoire de Haute Provence (O<sub>3</sub>HP, South France) from the ANAEE net. Such system allows to reduce by ~30% the annual precipitation and prolong the dry season according to climatic projections. We emphasize the impact

of 10 years of rain exclusion on physiological, morphological, and chemical traits along the seasonal cycle with a focus on summer. As expected, *Q. pubescens* exhibited a physiological slowing down when submitted to rain exclusion which was compensated by morphological modifications, while chemical defenses responded to seasonality rather than limited precipitation.

## Modélisation à base d'agents pour l'évaluation de stratégies de lutte contre les bioagresseurs à l'échelle des paysages forestiers : une application à la lutte contre les scolytes

**Stéphane Krebs** (Université de Lorraine, Université de Strasbourg, AgroParisTech, CNRS, INRAE, UMR Bureau d'Economie Théorique et Appliquée (BETA))

Les bioagresseurs constituent une source importante de vulnérabilité des écosystèmes forestiers. Leur diffusion et leur contrôle à l'échelle des paysages sont rendus complexes par l'existence de boucles de rétroaction entre des processus biologiques, techniques et humains. Dans ce travail exploratoire, un cadre d'analyse est proposé pour évaluer et hiérarchiser des stratégies de lutte contre un bioagresseur à l'échelle d'un paysage forestier. Le modèle développé (*agent-based model*) vise à tenir explicitement compte des processus spatiotemporels à l'oeuvre en matière de diffusion du bioagresseur et de la manière dont ces processus sont impactés par les mesures de lutte mises en place. Les différents scénarii d'intervention sont ensuite hiérarchisés sur la base de critères économiques. L'application porte sur l'évaluation de trois stratégies de lutte contre les scolytes : absence d'intervention, lutte préventive (éclaircies), lutte curative (repérage et élimination des arbres scolytés).

## Évaluer la vulnérabilité des habitats pour une meilleure adaptation des forêts au changement climatique

**Ceridwen DUPONT-DOARE<sup>1</sup>**, Thomas BRUSTEN<sup>1</sup>, Ingrid BONHEME<sup>2</sup>, Christian PIEDALLU<sup>3</sup>, Thomas FEISS<sup>1</sup>, Eric SEVRIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre National de la Propriété Forestière, Institut pour le Développement Forestier

<sup>2</sup> Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), Direction des Opérations et des Territoires, Département d'analyse des forêts et des haies bocagères, chargé de l'observatoire

<sup>3</sup> UMR 1434 Silva INRAE-AgroParisTech-Université de Lorraine, Département SIAFEE-UFR FAM

Dans le contexte de changement climatique, les outils disponibles pour évaluer les risques se concentrent majoritairement sur les essences, sans vision intégrative de la vulnérabilité des écosystèmes forestiers. Pour faire face aux pressions que ces derniers subissent, il est impératif d'appréhender leur vulnérabilité afin de mieux les accompagner dans les bouleversements en cours au travers de la sylviculture adaptative.

Nous proposons une méthode d'évaluation<sup>1</sup> de la vulnérabilité climatique des habitats forestiers applicable tant à l'échelle territoriale qu'à l'échelle du peuplement. Cette méthode adopte une approche par indices, relatifs aux différentes composantes de la vulnérabilité (exposition, sensibilité, potentiel adaptatif). Ces indices reposent sur des projections climatiques, de la modélisation, des caractéristiques propres à chaque habitat et aux essences qui les structurent, ou encore des données sur le peuplement. Les indices sont combinés pour caractériser le niveau de vulnérabilité de chaque habitat, qui détermine les recommandations de gestion adaptative préconisées pour atténuer les effets du changement climatique.

<sup>1</sup> Dupont-Doaré et al. (2022). Assessment of habitat vulnerability for a better adaptation of forests to climate change. Poster présenté dans le cadre de l'International Conference on Ecological Sciences, « Ecology and Evolution : New perspectives and societal challenges », Metz, France.

## Le risque de dépérissement forestier : comment mieux le prendre en compte et le gérer. Exemple de l'outil Bioclimsol

**Benjamin Cano<sup>1,3</sup>, Jean Lemaire<sup>1,3</sup>, FX Saintonge<sup>2</sup>, Maxime Cailleret<sup>3</sup>, Bernard Prévosto<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Centre National de la Propriété Forestière, Institut pour le Développement Forestier, Aix-Marseille Université, Lyon

<sup>2</sup> Département Santé des Forêts, Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire (DGAL)

<sup>3</sup> UMR RECOVER, INRAE, Aix-Marseille Université, Aix-en-Provence

Ces dernières années, les aléas climatiques se succèdent et battent sans cesse de nouveaux records donnant un visage plus manifeste au changement climatique. Tous les écosystèmes sont impactés. En Europe comme en France, dépérissements et mortalités des arbres ne cessent de s'accroître<sup>1</sup>.

Face à ces risques, il est indispensable de proposer des outils de diagnostic novateurs. Nous proposons lors de cette intervention de présenter Bioclimsol<sup>2</sup> qui évalue le risque de dépérissement des principales essences forestières françaises à l'échelle de la parcelle.

Nous détaillerons les données nécessaires à l'utilisation de l'outil, la démarche statistique et les sorties du modèle, en prenant l'exemple développé en Région Centre Val de Loire<sup>3</sup> sur le pin sylvestre.

Nous montrerons également comment, par son approche collaborative et sa configuration modulaire, l'outil propose de mettre en place des modes de gestion adaptative pour faire face aux risques de tous ordres dans ce contexte de dérèglements climatiques.

<sup>1</sup> DSF <https://agriculture.gouv.fr/evolution-et-analyse-des-mortalites-observees-par-le-dsf-analyse-du-taux-de-mortalite-releve-sur-les>

Senf et al. 2018. <https://www.nature.com/articles/s41467-018-07539-6>

Allen et al. 2010. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037811270900615X>

<sup>2</sup> Lemaire J. et Cano B. 2022 <https://www.foretpriveefrancaise.com/publications/voir/849>

Lemaire et al. 2022 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112722005370#>

<sup>3</sup> Rosa et al. 2022 Avenir du pin sylvestre en région Centre-Val de Loire. Forêt Entreprise 264.

<https://www.foretpriveefrancaise.com/publications/voir/849>

## Le dispositif BRAMM

**Sébastien Leblond<sup>1</sup>, C. Meyer<sup>1</sup>, A. Paris<sup>2</sup>, E. Lara<sup>3</sup>, R. González-Miguéns<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> PatriNat - MNHN / OFB / CNRS (mousses, biosurveillance)

<sup>2</sup> UMR 7245 - MNHN / CNRS (métabolomique)

<sup>3</sup> Real Jardín Botánico de Madrid / CSIC (microorganismes)

Les activités industrielles et agricoles sont responsables d'une grande quantité d'émissions de polluants atmosphériques qui, à terme, mettent en danger la santé publique et les écosystèmes. Pour caractériser les effets de la contamination atmosphérique, des méthodes standardisées de biosurveillance se sont développées. Parmi les organismes bioaccumulateurs, les mousses, de par leurs propriétés morphologiques et physiologiques (absence de système racinaire et de tissus conducteurs développés), sont reconnues comme d'excellents capteurs des métaux atmosphériques. Leur pérennité ainsi que leur tolérance aux fortes teneurs métalliques en font des témoins continus de la pollution et les rendent disponibles toute l'année pour des études de biosurveillance.

Le dispositif BRAMM (acronyme de Biosurveillance des Retombées Atmosphériques Métalliques par les Mousses) est un programme de biosurveillance de la qualité de l'air coordonné par l'UMS PatriNat. Il permet de cartographier, à l'échelle nationale (France métropolitaine), les niveaux de concentrations en contaminants (éléments métalliques et azote) accumulés dans des mousses. Des campagnes quinquennales de prélèvements et d'analyses de mousses, sont réalisées depuis 1996. La dernière campagne, menée en 2021, a permis d'analyser les concentrations en 26 éléments chimiques dans des

mousses collectées sur 405 répartis sur l'ensemble du territoire. Ces sites sont localisés en milieu rural et forestier sous couvert arboré, loin des sources locales de pollution.

La concentration d'un élément dans une mousse permet d'estimer le niveau d'exposition du brin de mousse vis-à-vis des contaminants atmosphériques. Toutefois, elles ne peuvent être directement exprimées sous la forme de risques pour les écosystèmes et la santé humaine. C'est pourquoi dans le cadre de la campagne BRAMM\_2021, nous tentons d'identifier et de quantifier les effets dus au dépôt atmosphérique et de développer de nouveaux indicateurs pertinents de la qualité de l'air.

Les effets de l'exposition chronique des mousses aux contaminants atmosphériques ont été caractérisés par analyse métabolomique. Pour chaque échantillon de mousse prélevé, un profil métabolomique est produit. Les prises d'empreintes sont effectuées par FIA-ESI-MS et FIA-ESI-MS/MS avec détection des ions en modes positif et négatif sur un extrait hydrosoluble. L'approche novatrice développée ici porte sur i) la détection d'un ensemble de métabolites issus du métabolisme primaire ou secondaire susceptibles de caractériser l'état physiologique des mousses et ii) la détection d'une variation coordonnée du profil métabolomique en lien avec un état donné d'exposition des mousses aux contaminants atmosphériques.

Les mousses abritent une grande diversité de microorganismes qui jouent un rôle important dans la survie de la plante. Ces micro-organismes ont des sensibilités variables aux polluants, et la composition de leurs communautés donne des indications sur le fonctionnement et l'état de santé de la mousse. La diversité taxonomique du microbiome muscinal (cyanobactéries, micro-organismes eucaryotes et amibes à thèque) a été caractérisée par métabarcoding. Les PCR ont été réalisées sur la région v4 du gène 18S rRNA (protistes en général), le COI (Arcellinida, amibes à thèque) et le 16S chloroplastique (cyanobactéries et eucaryotes photosynthétiques). Pour les Arcellinida, un protocole spécifique par séquençage d'un marqueur mitochondrial (cytochrome oxydase) apporte une résolution taxonomique au niveau de l'espèce. Les amplicons obtenus sont séquencés par séquençage massif MiSeq (Illumina). Les relations entre concentrations en contaminants, variables métabolomiques, paramètres environnementaux et diversité du microbiome muscinal seront établies en utilisant différentes modélisations statistiques.

Le projet a été financé par le MTE, l'ADEME (projet Biplate) et l'OFB (projet MoMie).

## Investigation et cartographie post-incendie forestière dans la région de Tissemsilt (Algérie)

**Driss Haddouche<sup>1,2</sup>, El-Hadj TIR<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Département des Ressources Forestières, Université de Tlemcen, Algérie.

<sup>2</sup> Laboratoire de Recherche N°31 GCESFD22M-Tlemcen, Equipe n°2 ECES, Algérie.

Les feux sont classés parmi les plus dévastateurs de la forêt et touchent la quasi-totalité des régions du monde en affectant plusieurs domaines : sociale, économique et environnementale. Souvent, les conditions écologiques et climatiques accentuent ce problème et compliquent davantage la restauration naturelle des écosystèmes forestiers.

Ainsi, pour tenter d'en assurer une meilleure conservation et restauration, l'objectif principal de cette étude est de proposer une stratégie pour endiguer les incendies de forêt dans la région de Tissemsilt (Nord-ouest Algérien). Pour cela, l'identification des motifs d'incendie de forêt (approche 1) et la cartographie spatiotemporelle (approche 2) ont été testées. La première, consacrée à l'utilisation de la méthode statistique Delphi, a été basée sur un sondage, destiné exclusivement aux praticiens forestiers. La seconde, consacrée à la cartographie de la régénération forestière post-incendie, a été basée sur une analyse spatiale diachronique [Période : 1987-2016], en exploitant deux images satellitaires (Landsat 5/Capteur TM, 1987 et Landsat 8/Capteur OLI/TIRS, 2016).

Les résultats obtenus par la première approche nous ont permis de dégager 06 causes d'incendies, les plus probables pour les forêts de Tissemsilt. Il en ressort en tête les intérêts pour l'occupation des sols, la récolte de miel et la négligence liée aux travaux agricoles et d'aménagement sylvicoles. Les résultats de la seconde approche montrent une réduction considérable de la classe forêt avec 81,72% et de la classe maquis avec 48,48%. Alors que, la zone de maquis clair et vide a augmenté avec un taux de 117,11% et 39% respectivement.

## L'état des forêts tropicales et la durabilité de leur gestion

**Plinio Sist** (*Directeur de l'unité Forêts et Sociétés au Cirad*)

Les forêts tropicales représentent environ la moitié des forêts du monde. Derrière l'appellation forêts tropicales se cachent en réalité de nombreux types de forêts, de la forêt tropicale humide à la forêt sèches des savanes sahéliennes ou du plateau central brésilien en passant par les forêts marécageuses, semi-décidues et les forêts de mangrove le long des côtes. On estime que les forêts tropicales abritent entre 75 et 80 % de la biodiversité terrestre et sont donc de ce fait les écosystèmes terrestres les plus riches. Malheureusement, depuis plusieurs décennies, les forêts tropicales disparaissent à un rythme alarmant puisque 400 millions d'ha ont disparu lors des 10 dernières années (1990-2020), dont plus de la moitié sont des forêts tropicales humides. Au problème de la déforestation s'ajoute celui de la dégradation qui affecte des surfaces équivalentes à celles de la déforestation. Il est donc urgent de lutter à la fois contre la déforestation et la dégradation des forêts tropicales en proposant des pratiques de gestion durables et des programmes de restauration des paysages forestiers capables de répondre aux besoins des populations et permettant d'améliorer de façon significative leurs conditions de vie. Le succès de ces pratiques dépende néanmoins de conditions de base incontournables dont la première est une volonté politique forte de lutte contre la déforestation et l'exploitation illégale.

## Dynamique d'occupation des terres dans l'Amazonie Bolivienne ; une approche de modélisation socio-écologique de la déforestation

**Molina-Vargas Rafaela M.<sup>1</sup>**, Thébault Elisa<sup>1</sup>, Gounand Isabelle<sup>1</sup>, Lafuite Anne-Sophie<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sorbonne Université, CNRS, IRD, INRAE, Université Paris Est Créteil, Université Paris Cité, Institute of Ecology and Environmental Sciences (iEES-Paris)

Le changement d'occupation de terres est l'un des principaux facteurs qui affecte les forêts tropicales, leur fonctionnement et leur santé. La forêt Amazonienne est l'un des écosystèmes les plus riches en biodiversité et elle est essentielle pour la stabilité climatique de la région. Alors que l'importance écologique de l'Amazonie est reconnue et que des modèles récents étudient les rétroactions entre les dynamiques forestières et hydro-climatiques en réponse à la déforestation, les facteurs socio-économiques directs (e.g. décisions humaines liées à l'exploitation agricole ou à la conservation) et indirects globaux (e.g. commerce mondial) sont peu pris en compte dans ce contexte. La plupart des analyses sur la déforestation amazonienne se concentrent sur le Brésil, alors qu'elle se produit également en Bolivie, où les caractéristiques hydro-climatiques et socio-économiques sont en partie différentes. Ce projet de thèse, débuté en octobre 2022, vise à faire une première synthèse et à modéliser la dynamique et les moteurs de la déforestation dans l'Amazonie bolivienne, en intégrant les rétroactions forêt/climat et les moteurs socio-économiques.

## Gestion et perception de la population porcine férale de Martinique par différents acteurs pour une gestion durable du porc feral et des écosystèmes forestiers martiniquais : état des lieux et perspectives



**Nicolas DEGRAS, Julie LABATUT, Jean-luc GOURDINE (INRAE)**

Le porc feral de Martinique, sa relation aux différents espaces écologiques de l'île (forêt, savane, zones agricoles et urbaines) et les problématiques et pratiques liées à cet animal sont des objets de recherche qui ont été peu traités par la bibliographie scientifique. Notre étude révèle en quoi cette population pose des questions de gestion aux frontières entre différents espaces administrés, entre le sauvage et le domestique, la loi et le hors la loi. Selon l'expertise du Parc Naturel Régional de Martinique (PNRM), les porcs ferals vivent en liberté sur la partie nord de l'île qui borde les flancs du volcan de la Montagne Pelée et font l'objet d'une chasse semblable à celle réalisée par les flibustiers présents en Martinique à la fin du XVIIIe siècle. D'après la bibliographie, les écosystèmes forestiers des versants Nord-Ouest de la Montagne Pelée, constitués d'une biodiversité exceptionnelle sont protégés par plusieurs statuts de protection complémentaires mais aux réglementations différentes et pilotés par des institutions diverses (Conservatoire du Littoral et ONF notamment) : Réserve biologique Intégrale et Site Classé de la Montagne Pelée. La présence observée mais non réglementée du porc feral dans ces hotspots de biodiversité peut avoir un impact sur la faune et la flore et cela a suscité notre attention sur le mode de gestion et de régulation de ce mammifère. Peu d'informations sont disponibles dans la bibliographie sur la pratique de la chasse au porc feral en Martinique et son cadre juridique. De plus, l'absence du porc feral sur la liste des espèces chassables de Martinique a renforcé notre questionnement sur le statut juridique de la pratique de la chasse au porc feral et son mode de gestion actuelle par les différents acteurs de Martinique. L'objectif de cette étude était de réaliser un état des lieux de la gestion et de la perception de la population porcine férale de Martinique par les différents acteurs. Un total de 62 personnes ont été enquêtées par l'intermédiaire d'entretiens individuels semi-directifs en suivant un échantillonnage par boule-de-neige. Les résultats obtenus permettent d'établir que la pratique de la chasse au porc feral est une coutume très localisée en Martinique, confidentielle et héritée d'une transmission de savoir intergénérationnel. Le porc feral est perçu par les chasseurs comme un emblème, un patrimoine culturel et gastronomique à préserver. La population porcine férale de Martinique est régulée uniquement de façon informelle par les chasseurs de porcs ferals et les agriculteurs ayant eu des dégâts sur leurs cultures vivrières. Cette pratique de chasse n'est pas reconnue par la fédération départementale des chasseurs de Martinique, car le porc feral est une espèce domestique. Le statut domestique de cette population ensauvagée depuis plusieurs siècles, constitue le frein majeur à sa régulation institutionnelle. Selon les autorités compétentes, ni le porc feral, ni la chasse informelle qui est associée ne sont compatibles avec les orientations de protection des zones protégées en vigueur. Le PNRM a initié depuis 2016 une démarche de domestication du porc feral de Martinique pour le préserver et le valoriser à travers un marché de niche. La mise en place d'orientations de gestion spécifiquement adaptées au contexte martiniquais et tenant compte des particularités insulaires tropicales dans ces dimensions historiques et culturelles semble impérative pour assurer l'intégrité des écosystèmes forestiers martiniquais et de son patrimoine biologique et culturel.

## **Solutions innovantes mises en œuvre pour restaurer et assurer la santé d'une forêt : l'exemple du Bois-Landry**

**Théo Le Marchand, C. Launay, B. Monthuir, S. Hermeline, J.-F. Gerard, M.-F. Maublanc**

Le domaine du Bois-Landry (Eure et Loir) couvre 1160 ha boisés, principalement feuillus (chênes), en conversion vers la futaie mélangée à couvert continu. Sa vocation est la production de bois d'œuvre, l'activité cynégétique centrée sur le chevreuil et l'accueil du public en hébergements insolites, le tout sous la contrainte du renouvellement des peuplements et de la préservation de la biodiversité. Avant 2000, la population de chevreuils était gérée de façon à assurer son abondance, empêchant toute régénération forestière. La reprise de la gestion par le propriétaire a permis de rétablir l'équilibre forêt-chevreuils grâce à une collaboration avec le CEFS (INRAE), qui a conseillé et analysé la mise en



œuvre d'une gestion adaptative basée sur le suivi de plusieurs indicateurs de changements écologiques.

La gestion actuelle permet une production sylvicole diversifiée de qualité, une activité sociale au travers d'une chasse modernisée et d'un tourisme vert, tout en favorisant la biodiversité. Le territoire est aussi un site de formation visant à sensibiliser le public et les gestionnaires à la prise en compte de la biodiversité dans la gestion des forêts.

#### Mémoire et publications des auteurs :

Le Marchand T. 2021. Etude de l'efficacité économique de la gestion forestière multifonctionnelle appliquée au cas du domaine du Bois Landry. Mém. ENSA, Bordeaux, 36p + annexes.

Maublanc M.L., Picot D., Gerard J.F., Goulard M., Ballon P., Hamard J.P., Bideau E. 2021. Using shrubs as nurse-plants to reduce browsing and fraying damage by roe deer: an experimental approach. *J. Sust. For.*, 1-14.

Maublanc M.L., Bideau E., Launay C., Monthuir B., Gerard J.F. 2016. Indicators of Ecological Change (IEC) as efficient tools for managing roe deer populations: a case study. *Eur. J. Wildl. Res.*, 62: 189-197.

Launay C., Bideau E., Monthuir B., Maublanc M.L., Gerard J.F. 2015. Gestion des populations de chevreuils par ICE: l'expérience du domaine du Bois-Landry. *Country side*, 158: 12-14.

Launay C., Bideau E., Monthuir B., Maublanc M.L., Gerard J.F. 2015. Gestion des populations de chevreuils par ICE: l'expérience du domaine du Bois-Landry. *Silva Belgica*, 5: 26-29.

## Les représentations professionnelles et sociales des tiques, miroir de la santé des écosystèmes forestiers : une approche socio-territoriale en Argonne

*Philippe Hamman, Aude Dziebowski (Institut d'urbanisme et d'aménagement régional, Faculté des sciences sociales & laboratoire Sociétés, acteurs, gouvernement en Europe (SAGE), UMR 7363, CNRS / Université de Strasbourg)*

La proposition croise deux axes de l'appel, autour des perceptions et enjeux sociétaux face à la « santé des forêts », et en matière d'instruments de leur gestion.

Nous avons conduit en 2021-2022 une recherche sociologique<sup>1</sup> sur les représentations des tiques et de la maladie de Lyme, impliquant un grand nombre d'acteurs<sup>2</sup> et valant miroir de la santé des écosystèmes forestiers. Le terrain de l'Argonne, entre Ardennes, Marne et Meuse<sup>3</sup>, est caractérisé par une faible anthropisation, de nombreuses forêts et une activité sylvicole et cynégétique importante, autant d'occasions de rencontres humains-tiques. Nous avons croisé des observations *in situ* et 30 entretiens avec quatre groupes d'acteurs : forestiers, mais aussi chasseurs, agriculteurs et associatifs. Notre propos aborde les débats sur la « santé » des socio-écosystèmes forestiers en deux temps :

1- L'on se demande d'abord ce que nous disent les perceptions territorialisées des tiques sur les rapports sociétaux à la forêt et à sa santé, comme espace de travail ou de loisir et comme relation à la nature et à sa gestion. L'on analyse (i) les registres avancés par les différents acteurs à la présence de tiques, attestant des connexions entre décisions humaines et dynamiques écologiques (dérèglement climatique, exploitation forestière, agrainage, vs. équilibre forêt-gibier et vision systémique...) ; (ii) les perceptions relatives des zones de concentration, selon les peuplements forestiers, sous-bois, friches, zones humides, hautes herbes, etc. ; et (iii) la mise en relation avec d'autres problématiques pouvant prendre le pas sur les tiques (chenilles processionnaires, scolytes, chalarose du frêne...).

2- Un focus porte ensuite sur les représentations et les pratiques professionnelles à l'échelle de l'ONF, exemplaires d'une mise en responsabilité individuelle face à la question des tiques, à la fois vis-à-vis (i) de ses personnels (santé et sécurité au travail...) et (ii) des usagers de la forêt. Des transactions pratiques, autour des objets-frontières de cette mise en responsabilité, nous retiennent : contrôles corporels, précautions de vêtements couvrants et limites des « bonnes pratiques », tire-tiques... ; ainsi que les dispositifs informatifs et préventifs sur site, ce qu'ils affichent ou non. En effet, il ne s'agit pas, par une « communication inquiète », d'inverser les représentations sociales positives d'une nature idéalisée au sens environnemental, pas plus que d'une forêt « dynamique » pour les professions sylvicoles ou en matière de développement local.

<sup>1</sup> Au sein d'un projet IdEx « Université et Cité » en Sciences participatives soutenu par l'Université de Strasbourg.

<sup>2</sup> <https://oscahr.unistra.fr/billets/rencontrer-les-partenaires-du-projet-collaboratif-index-tiques>

<sup>3</sup> <https://oscahr.unistra.fr/parcours-geographiques/sites-dint%C3%A9r%C3%AAt-projet-index-tiques>

## Projet Réconfort (ARD SYCOMORE) – Détecter et cartographier les dépérissements forestiers en Région Centre Val de Loire

Florian Mouret<sup>1,2,3</sup>, David Morin<sup>2</sup>, Hilaire Martin<sup>4</sup>, Milena Planells<sup>2</sup> et **Cécile Vincent-Barbaroux<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Laboratoire de Biologie des Ligneux et des Grandes Cultures (LBLGC), USC1328 INRAE (Ecodiv), Université d'Orléans

<sup>2</sup> Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère (CESBIO)

<sup>3</sup> Université de Toulouse III – Paul Sabatier

<sup>4</sup> EFNO - Ecosystèmes forestiers, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE)

Dans un contexte d'accélération préoccupante des dépérissements forestiers sur plusieurs essences d'intérêt économique (DSF 2020a), les enjeux de gestion associés aux dépérissements sont extrêmement importants. Une première étape dans la gestion de ces crises est de pouvoir rapidement les détecter et quantifier leur intensité et leur ampleur spatiale. La détection et quantification des dépérissements est actuellement principalement réalisée au travers de relevés de terrain. Une bonne caractérisation à l'échelle d'un massif nécessite la mobilisation d'une quantité importante de personnel et/ou un temps consacré aux relevés importants. Une alternative économe en temps et en personnel, et permettant d'avoir une information à grande échelle et précise est l'emploi de l'imagerie satellite. Différentes méthodes cartographiques basées sur l'analyse d'images satellites à différentes résolutions spatiale et temporelle se sont avérées suffisamment robustes pour réaliser une extrapolation spatiale des niveaux de défoliations de massifs de chênes (Belouard et al. 2018) et de conifères (Lambert et al. 2013, Dutrieux et al. 2021). De même l'utilisation d'images Sentinel 2 a également permis une bonne restitution du niveau de dépérissement des chênes sessiles et pédonculés à l'échelle d'un massif (Champeau 2018) ou d'une région (Alarcon 2020, Alarcon et Vincent-Barbaroux 2021). Toutefois, les méthodes employées permettaient difficilement de réaliser une cartographie rétrospective en l'absence de données de référence spécifiques : le modèle de classification obtenu à partir des données de référence d'une année s'appliquant peu aux images d'une autre année (Townsend et al. 2012, Belouard 2018).

Le projet RECONFORT a pour ambition de caractériser l'ampleur du phénomène de dépérissement sur la région Centre-Val de Loire au travers de l'analyse d'images satellites, même sur les zones où les données de terrain font défaut. L'approche utilisée vise à croiser les données terrain multisource de dépérissement sur des essences feuillues et résineuses avec les données radars et optiques, (Constellation Sentinel 1 et 2), afin de développer un algorithme de détection robuste des dépérissements à l'échelle de la région. Pour cela toutes les observations terrain disponibles basées sur le protocole DEPERIS (Goudet et al. 2018) ont été utilisées, en particulier les données du Département de la Santé des Forêts (DSF 2020b), de l'ONF, du CNPF et de la coopérative Unisylva, mais également celles provenant des placettes de suivi du GIS Coopérative des données (réseaux d'expérimentation sylvicole pour la recherche et le développement, associant INRAE, AgroParisTech, CNPF, FCBA, ONF, CPFA) et des réseaux de suivi des peuplements forestiers d'INRAE dont OPTMix. Ces différents réseaux permettent d'avoir un historique de l'état sanitaire des arbres dans différentes zones de la région Centre-Val de Loire avec certains réseaux peu ou pas atteints par le dépérissement qui sont utilisés comme référence en termes d'état sanitaire de la forêt en région. De plus certains relevés ont fait l'objet de mesures environnementales complémentaires permettant de mieux identifier les facteurs prédisposants au risque de dépérissement.

Grâce à l'ensemble de ces données, un modèle multi années et multi-tuiles a été élaboré tout d'abord sur les chênaies. Il nécessite l'utilisation des 10 bandes des images Sentinel 2 acquises sur deux années sur n'importe quelle zone de la région afin de détecter les zones de dépérissements. Les premiers résultats montrent un pourcentage de bonne classification d'environ 81% sur tout le territoire de la

région Centre-Val de Loire et des départements limitrophes. Plus particulièrement, 89% des placettes saines sont correctement détectées (72% pour les placettes dépérissantes), avec une précision de 81% (82% pour les placettes dépérissantes). Les cartes de dépérissement des chênaies entre 2019 et 2022 sont en cours de production.

#### Références :

- Alarcon Aurore, 2020. Détection et quantification des dépérissements de chênes en région Centre-Val de Loire. Rapport de stage ingénieur ENSG, 44 pages et annexes.
- Alarcon Aurore et Cécile Vincent-Barbaroux, 2021. Télédétection au service de la cartographie de l'état sanitaire des chênaies en région Centre-Val-de-Loire. Lettre DSF n° 57.
- Bélouard Thierry, Hubert Schmuck, Louis-Michel Nageleisen, and Dominique Guyon, 2018. Cartographie des défoliations du massif forestier du pays des étangs en lorraine : Apports potentiels de la télédétection. *Revue Forestière Française*, 5 : 473-486.
- Champeau Teddy, 2018. Détection et quantification des dépérissements en forêt de Vierzon par analyse d'images satellites. Poster de stage de master 1.
- DSF (2020a). Lettre du DSF : situation sanitaire des forêts à mi-année, Département de la Santé des Forêts, juillet 2020: 8 pages.
- DSF (2020b). Une enquête pour évaluer la santé de 85 massifs de chêne, Département Santé des Forêts, juillet 2020: 5 pages.
- Dutrieux Raphael, Jean-Baptiste Féret, Kenji Ose, 2021. Mise au point d'une méthode reproductible pour le suivi généralisé des dégâts de scolytes par télédétection satellitaire. *Les Rendez-Vous Techniques de l'ONF*, vol. 69/70 : 39-46.
- Goudet Morgane, François-Xavier Saintonge, Louis-Michel Nageleisen, 2018. Quantifier l'état de santé de la forêt, méthode simplifiée d'évaluation. Note de service, DGAL/SDQSPV.
- Lambert Jonas, Christophe Drenou, Jean-Philippe Denux, Gérard Balent, and Véronique Cheret, 2013. Monitoring forest decline through remote sensing time series analysis. *GIScience & remote sensing*, 50(4) : 437–457.
- Philip A. Townsend, Aditya Singh, Jane R. Foster, Nathan J. Rehberg, Clayton C. Kingdon, Keith N. Eshleman, Steven W. Seagle, 2012. A general Landsat model to predict canopy defoliation in broadleaf deciduous forests. *Remote Sensing of Environment* 119 : 255–265.

## Apport de la télédétection pour le suivi de la santé des forêts

Thierry Bélouard (DSF), Jean-Baptiste Féret (INRAE, UMR TETIS), Raphaël Dutrieux (INRAE, UMR TETIS), Michel Chartier (CNPF), Anne Jolly (ONF)

Le développement de plusieurs programmes spatiaux, en particulier le programme Européen Copernicus, offre des perspectives nouvelles pour le suivi sanitaire des forêts par télédétection. Ainsi, les images Sentinel-2 (S2) avec leur résolution spatiale fine, leur richesse spectrale dans le domaine optique et une fréquence de revisite de 5 jours permettant d'estimer et suivre quasiment en temps réel des indicateurs liés à la teneur en chlorophylle, le contenu en eau et la vitalité des arbres, deviennent une source précieuse d'information pour le suivi de la santé des forêts.

En France, plusieurs méthodes, basées sur l'analyse de séries temporelles S2 ont été développées récemment, portant sur la détection de dégâts de scolytes, les dépérissements du châtaignier, l'état sanitaire du chêne.

Le suivi sylvo-sanitaire par télédétection est toutefois confronté à des limites (erreurs de détection, observation limitée à la partie de la canopée ayant accès à la lumière), faisant du travail d'observation sur le terrain une composante essentielle de ces approches.

#### Références :

- Bélouard T., Gentils M., Jolly A. (2021). Suivi des dégâts de scolytes par télédétection dans le Nord-Est de la France à l'initiative du Ministère chargé des forêts – ONF Rendez-Vous Techniques n° 69-70, 2021, pp. 28-36
- Chéret V., Goulard M., Hamrouni Y., Chartier M. (2019). Faisabilité du diagnostic de l'état sanitaire des peuplements par télédétection, le châtaignier en Dordogne. *Forêt entreprise*, n° 247, pp. 46-50.
- Dutrieux R., Féret J.-B., Ose K. (2021). Mise au point d'une méthode reproductible pour le suivi généralisé de dégâts de scolytes par télédétection satellitaire – ONF Rendez-Vous Techniques n° 69-70, 2021, pp. 37-44
- Dutrieux R., Féret J.-B., De Boissieu F., Ose K. (2022). Early detection of bark beetle outbreak on Spruce forest with Sentinel-2 time-series analysis: an open-source framework for operational monitoring, *ForestSat 2022 – Session: Forest Health*.

## Détermination et cartographie de la vulnérabilité des essences au changement climatique récent

Christian Piedallu<sup>a\*</sup>, Adrien Taccoen<sup>a</sup>, Donatien Dallery<sup>a</sup>, Célia Bresson<sup>a</sup>, Myriam Legay<sup>a</sup>, Jean-Claude Gégout<sup>a</sup>, Rodolphe Pierrat<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Université de Lorraine, AgroParisTech, INRAE, Silva, Nancy

<sup>b</sup> ONF, DT Grand-Est

\* AgroParisTech - Centre de Nancy

Suite au déclin des forêts constaté ces dernières années, la nécessité de caractériser les causes des dépérissements et mettre au point des outils permettant de mieux adapter les peuplements aux changements de climat en cours se fait pressante. A partir des données d'inventaire de l'IGN ou d'images sentinel-2, nous avons cherché à identifier les facteurs corrélés à la mortalité pour les 43 essences les plus communes et évalué la pertinence de cartes de vulnérabilité élaborées à l'échelle de la grande région naturelle. Après avoir pris en compte les facteurs liés à la compétition, à la structure et à la composition des peuplements, une surmortalité liée au changement climatique et particulièrement à l'augmentation des stress thermiques et hydriques est mise en évidence pour un nombre important d'espèces à l'échelle nationale. A l'échelle du massif Vosgien, l'utilisation d'images sentinelle-2 et de photographies aériennes a permis un inventaire des zones de sapin et d'épicéa dépérissantes et de réaliser des cartes de vulnérabilité pour ces deux essences. Une validation avec les données de produits accidentels de l'ONF a permis d'évaluer la pertinence de ces cartes. Leur utilité pour les gestionnaires forestiers sera discutée.

### Références :

Piedallu, C., Dallery D., Bresson C., Legay M., Gégout, J.C, Pierrat R., Spatial vulnerability assessment of silver fir and Norway spruce dieback driven by climate warming, *"Landscape Ecology"*, sous presse  
Taccoen, A., Piedallu, C., Seynave, I., Gégout-Petit, A., Nageleisen, L.M., Bréda, N., Gégout, J.C., 2021. Climate change impact on tree mortality differs with tree social status, *Forest Ecology and Management*, 489  
Taccoen A, Piedallu C., Seynave I., Perez V., Gégout-Petit A, Nageleisen LM, Bontemps JD, Gégout J.C., 2019. Background mortality drivers of European tree species: climate change matters, *Proceedings of the royal society B*, 286, 1900, 1-10

## Conclusion