

Actes du colloque

**Mieux produire et préserver
Quelles approches pour les forêts
au sein des territoires ?**



4 et 5 décembre 2012

École Normale Supérieure de Lyon, 15 Parvis René Descartes

**Mieux produire et préserver
Quelles approches pour les forêts
au sein des territoires ?**

Actes du colloque

4 et 5 décembre 2012

École Normale Supérieure de Lyon, 15 Parvis René Descartes

4 décembre

P. 4

- **Conférence introductive : vous avez dit multifonctionnel ?** *Paul Arnould*, Professeur des universités, ENS Lyon

SESSION 1.1.

Produire en connaissance de cause : *quelles sont les zones à enjeux, leurs potentialités, accessibilité et volumes sur pied ?*

P. 7

- Apports du Lidar pour l'estimation de la ressource et la desserte forestière. **Jean-Matthieu Monnet & Frédéric Berger** (Irstea)

P. 9

- Apport des données d'inventaire à l'évaluation de la ressource forestière française et son évolution récente. **Antoine Colin, Jean-Christophe Hervé, Claude Vidal, Stéphanie Wurpillot & Nathalie Derrière** (IGN)

P. 10

- Estimer les potentialités forestières pour une production durable. **Philippe Dreyfus** (Inra)

SESSION 1.2.

Produire en assurant offres et débouchés : *comment dynamiser le secteur forestier ?*

P. 12

- L'avenir des débouchés du bois. **Xavier Déglise** (Université de Lorraine)

P. 14

- Des propriétaires motivés ? Le point de vue du RESOFOP.

P. 15

- Quelle gouvernance pour soutenir les marchés du bois ? **Christophe Chauvin** (Irstea)

SESSION 1.3.

Produire avec une gestion appropriée : *comment adapter les modes de traitement, d'exploitation et de régénération ?*

P. 17

- Les progrès en sylviculture. **Thierry Sardin & Xavier Gauquelin** (ONF)

P. 19

- Évolution et adaptation des modes d'exploitation. **Paul Magaud** (FCBA)

P. 21

- Quel avenir sur les méthodes intensives de gestion ? **Alain Bailly, Alain Berthelot & Sébastien Cavaignac** (FCBA)

SESSION 2.1.

Préserver en appréhendant les facteurs environnementaux : *quelle gestion forestière pour réduire les impacts environnementaux et soutenir la biodiversité ?*

P. 22

- Gestion forestière et biodiversité : connaissances, pratiques et progrès possibles. **Christophe Bouget, Frédéric Archaux & Marion Gosselin** (Irstea)

P. 23

- Gestion forestière et sols : connaissances, pratiques et progrès possibles. **Francis Bigot de Morogues, Emmanuel Cacot** (FCBA) & **Jean-Jacques Brun** (Irstea)

5 décembre

SESSION 2.2.

Préserver en gérant les facteurs environnementaux : comment mieux prendre en compte les facteurs environnementaux et les conséquences des changements globaux ?

P. 24

- La notion de service écosystémique pour appréhender et gérer la diversité des facteurs environnementaux. **Jean-Luc Peyron** (Ecofor)

P. 25

- Impacts des changements d'usage sur la biodiversité et les sols. **Jean-Luc Dupouey, Sandrine Chauchard, Thomas Feiss** (Inra), **Xavier Rochel** (Université de Lorraine), **Laurent Bergès, Christophe Bouget & Thomas Cordonnier** (Irstea)

P. 26

- Impact du changement climatique sur la ressource forestière : quelles adaptations ? **Benoît Courbaud** (Irstea) & **Myriam Legay** (ONF)

P. 28

- La forêt au sein des territoires : quelle interface avec les autres milieux ? **Jonathan Lenoir & Guillaume Decocq** (Université de Picardie)

SESSION 3.1.

Produire et préserver en suivant les états et dynamiques : comment améliorer l'information nécessaire à un couplage effectif entre production et préservation ?

Pas de résumé

- Quels suivis à long terme et quels indicateurs à l'échelle des territoires ? **Guy Landmann, Jean-Luc Peyron** (Ecofor) & **Hervé Jactel** (Inra)

SESSION 3.2.

Produire et préserver en concertation avec les acteurs du territoire : comment créer une vision partagée des enjeux et des dynamiques sur les territoires ?

P. 29

- La démarche participative comme outil au service de l'apprentissage collectif. **Sylvie Lardon, Armelle Caron, Philippe Chambon** (Engref-Agroparistech) & **Monique Bouchaud** (Irstea)

Pas de résumé

- Comment gérer les conflits ? **Christine Farcy** (UC Louvain)

SESSION 3.3.

Produire et préserver avec des outils intégrateurs : comment raisonner la multifonctionnalité ?

P. 31

- La modélisation forestière au service de la multifonctionnalité à l'échelle du peuplement et du massif. **Patrick Vallet** (Irstea)

P. 33

- Structures et dynamiques forestières à l'échelle du paysage : changements temporels et analyse de l'hétérogénéité. **Mathilde Redon, Vincent Thiérier, Sandra Luque & Thomas Cordonnier** (Irstea)

P. 34

- Théorie de la viabilité. Application à la gestion d'un agroécosystème prairial. **Rodolphe Sabatier, Muriel Tichit** (Inra) avec **Jean-Denis Mathias** (Irstea) en discutant

P. 36

- Enjeux de la production jointe en forêt. **Nicolas Robert** (IGN, LEF)

Vous avez dit multifonctionnel ?

La multifonctionnalité : question d'actualité, préoccupation de toujours Des siècles d'héritages

Paul ARNOULD, professeur de géographie, ENS de Lyon

En France, la gestion multifonctionnelle des forêts est un véritable acquis culturel.

Elle s'inscrit dans un contexte historique où les héritages du passé, depuis l'Ancien Régime et les grandes ordonnances royales successives prises sous François 1er, Henry IV et surtout sous Louis XIV, permettent de comprendre les débats récents.

Elle est inscrite dans l'intitulé de la dernière loi forestière de 2001.

Elle avait été progressivement énoncée, affirmée, théorisée dans une série de rapports faisant suite à celui précurseur et visionnaire de Bertrand de Jouvenel, juriste, politologue et économiste fondateur de la revue de prospective *Futuribles*, intitulé « Vers la forêt du XXIème siècle », publié en 1978. L'idée d'une tri fonctionnalité des forêts françaises, implicite auparavant dans de nombreux travaux, s'est progressivement imposée dans les têtes, les textes, les discours, les aménagements et la législation.

Depuis lors les rapports successifs de Jean-Claude Monin, président de la fédération des communes forestières et surtout de Jean-Louis Bianco, député des Alpes maritimes, ancien président de l'Office National des Forêts, ont entériné cette façon ambitieuse de gérer les forêts. Ceux de Roger Duroure, député des Landes et de Dominique Juillot, industriel, envisagent prioritairement l'aspect monofonctionnel de la production de bois et des enjeux économiques. Tous ont cependant contribué à nuancer, enrichir préciser la notion de multifonctionnalité comme pivot des politiques publiques forestières.

Pourtant derrière cette floraison récente de travaux faisant de la multifonctionnalité une référence incontournable il est possible de formuler l'hypothèse qu'elle n'est pas, quoique l'on puisse en penser, une idée nouvelle, mais bien au contraire une préoccupation de toujours.

Le succès de la notion en France peut s'expliquer de multiples façons en liaison avec des données d'actualité.

Une des plus simples tient à la magie d'un mot qui semble laisser ouvertes une foule de possibilités.

Dans le monde forestier, mais plus encore dans le « grand public », le mono a plutôt mauvaise presse. Les forêts mono spécifiques ont été vouées aux gémonies. Les travaux sur le peuplier et la peupleraie le démontrent. Ceux sur les peuplements mono spécifiques de résineux le confirment. Les taillis à courte ou à très courte rotation (saules, robiniers) sont considérés comme des itinéraires techniques plus proches de l'agriculture industrielle que de la sylviculture. Avoir osé comparer la conduite de la forêt à celle d'un champ de maïs avait provoqué, en son temps stupeur, indignation et réprobation.

De façon caricaturale on peut désormais parler, avec cette ambition affirmée haut et fort de tendre vers une gestion résolument multifonctionnelle, de l'émergence d'une véritable tyrannie des trois « pros » :

1 • **pro**, comme produisons du bois, la fonction de toujours, faisant du matériau bois jadis un matériau à tout faire tout à la fois source d'énergie industrielle, de chauffage domestique et matériau de construction.

2 • **pro**, comme protégeons, la fonction écologique ou environnementale, de plus en plus prégnante dans une société d'urbains, mais s'affirmant récemment depuis les années 1960/70 avec la montée des préoccupations environnementales.

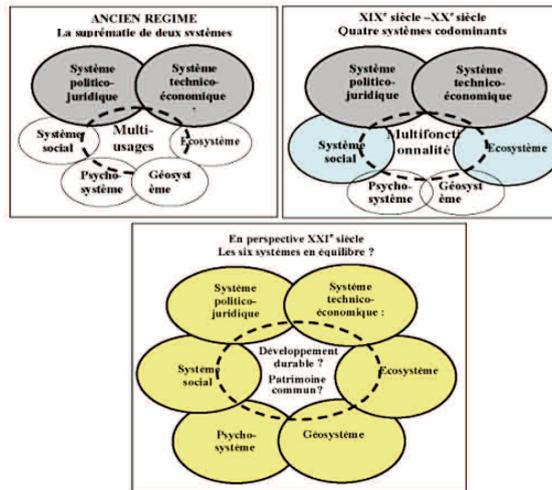
3 • **pro**, comme promenons-nous dans les bois, le symbole d'une fonction d'accueil et de loisirs, passée d'un loisir aristocratique sous l'Ancien régime à un loisir bourgeois au XIXème siècle réservé à une élite. Désormais, le passage a été effectué vers une fréquentation de masse, surtout depuis 1936 avec l'instauration des congés payés et depuis les années 1950, avec l'avènement de la civilisation de l'automobile.

Ce trio magique de la multifonctionnalité est aussi celui du développement durable et de ses trois « piliers » : économique, écologique et social. Ils sont entrés en résonance. Ils ont fonctionné comme des slogans mobilisateurs, mais aussi mystificateurs en laissant croire que le fait de le dire et de le constater suffisait pour y parvenir.

Ils sont apparus comme un progrès par rapport à des catégories binaires simples mais forcément réductrices. En effet, longtemps les raisonnements par binômes ont eu leurs adeptes : feuillus et résineux, propriété privée et propriété publique, forêt et biodiversité, sols et forêts, eaux et forêts, hommes et forêts... Cette manière simple de catégoriser permet toujours d'aborder de façon claire et efficace le fait forestier. Elle a ses limites, dans la mesure où elle ne prend pas en compte la notion de système qui est fondamentale pour cerner la complexité de l'objet forêt.

La multifonctionnalité doit être toujours située à la croisée de systèmes interagissant et changeant dans le temps et dans l'espace

Une grille de lecture systémique



L'avenir des débouchés du bois

Le multifonctionnel a donc supplanté le trifonctionnel qui a eu son heure de gloire et plus ou moins disqualifié le binaire, par trop réducteur.

Il concerne une gamme élargie de biens et de services. Le Millenium Ecosystem Assessment a contribué à lui donner ses lettres de noblesses. Le modèle graphique en anglais des services multiples est devenu une référence mondiale incontournable.

Les fonctions forestières d'après le Millenium Ecosystem Assessment (2005)



Functional groupings (e.g. MEA 2005, de Groot et al. 2002)

Forestterraneé 27-28 novembre 2008 - Domaine départemental de l'Etang-des-Aulnes

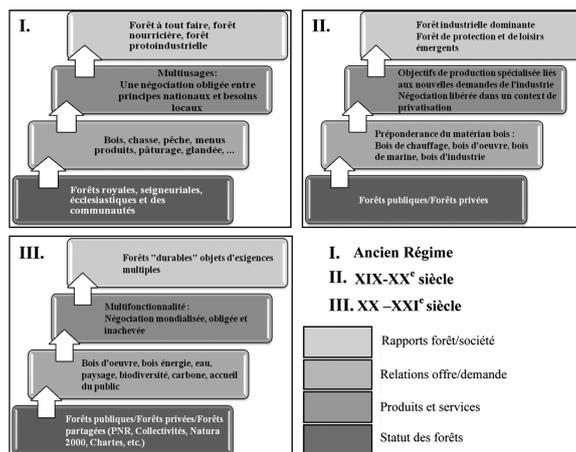
Pourtant, en sus de ces explications par le contexte actuel, nous formulons l'hypothèse que la multifonctionnalité n'est pas sortie du chapeau magique d'un prestidigitateur de la chose forestière à Rio ou lors des conférences européennes sur la forêt mais qu'il vient de loin, en particulier du système usager de l'Ancien Régime. Il est passé par une période que l'on peut qualifier de tentations de la mono fonctionnalité, du XIX ème siècle. Il est une résurgence de courants de pensée et de faire qui puisent leurs racines loin dans l'histoire forestière française.

Pour situer les débats actuels trois moments décisifs de l'histoire forestière sont mobilisés sous forme de trois modèles graphiques formalisant les déterminants du côté des produits des acteurs et des territoires :

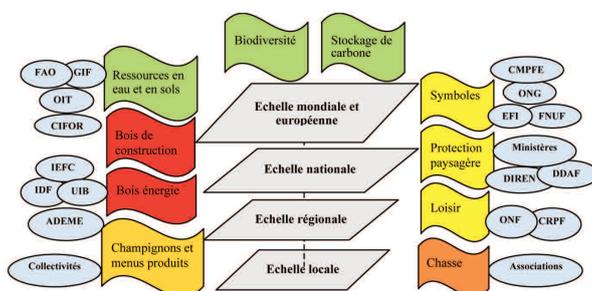
- 1669 La grande ordonnance sur le fait des eaux et forêts dite de Colbert
- 1827 Le code forestier
- 2001 La dernière loi forestière

La question de l'articulation entre les maillages administratifs et les seuils écologiques est sous-jacente à ces différents modèles.

Trois moments historiques pour situer le cheminement de l'idée de multifonctionnalité



La multifonctionnalité, des produits diversifiés, des territoires emboîtés, des acteurs multiples



La formule magique, issue du Grenelle de l'environnement, « Produire plus tout en protégeant mieux », est une trouvaille qui permet de réconcilier le souci de rentabilité économique avec la volonté de viabilité écologique ? La dimension sociale est passée sous silence dans ce slogan mobilisateur. Quoiqu'il en soit la multifonctionnalité est désormais liée à de nouveaux concepts émergents comme ceux de services écosystémiques, ceux de résilience, ceux de trame verte et bleue, issus des notions de corridor de l'écologie du paysage et de réseaux de l'analyse spatiale. Les interrogations croisées entre ces champs de recherche sont en constante évolution.

La multifonctionnalité reste une notion qui unit ou divise les forestiers, mais ne les laisse pas indifférents. Elle les force à réfléchir sur leurs futurs choix de gestion.

Bibliographie sommaire

ARNOULD P. et CALUGARU C., 2009. La production durable de biens et services en forêt méditerranéenne : une mise en perspective historique ; in Forêt Méditerranéenne, XXX, n° 2, p. 115-122.

BIANCO J.L., 1998. La forêt : une chance pour la France. Rapport forestier, La documentation française, 108 pages

BOURGENOT L. (sous la dir.), 1987. Les Eaux et Forêts du 12^{ème} au 20^{ème} siècle. Paris, Éditions du CNRS, 767 pages.

BREDIF H., 2008. Contribution à l'élaboration d'une approche stratégique de la multifonctionnalité. Synthèse et recommandation. FCBA

CORVOL A., 1987. L'homme aux bois. Histoire des rapports de l'homme et de la forêt. XVII^{ème}-XX^{ème} siècle, Paris, Fayard, 585 p.

DE JOUVENEL B., 1978. Vers la forêt du XXI^e siècle, rapport forestier, 149 pages

DEVEZE M., 1961. La vie de la forêt française au XVI^{ème} siècle, Paris, Imprimerie nationale, 325 p.

DUBY G. et WALLON, 1975. Histoire de la France rurale, Paris, Le Seuil, 4 tomes

DUROURE R., 1982. Propositions pour une politique globale forêt bois, rapport forestier, RFF, N° spécial, 104 p.

JOUVENEL B., 1978. Vers la forêt du XXI^e siècle, rapport forestier, 149 p.

MONIN J.C., 2003. Décentralisation et politique forestière-Propositions de mesures pour les communes forestières, rapport réalisé à la demande de FNCOFOR, 135 p

PEYRON, J.L. (sous la coordination de), 1999. L'aménagement forestier, hier, aujourd'hui, demain, Revue Forestière Française, numéro spécial

Apport du LiDAR pour l'estimation de la ressource et la desserte forestière

Jean-Matthieu MONNET, Sylvain DUPIRE et Frédéric BERGER

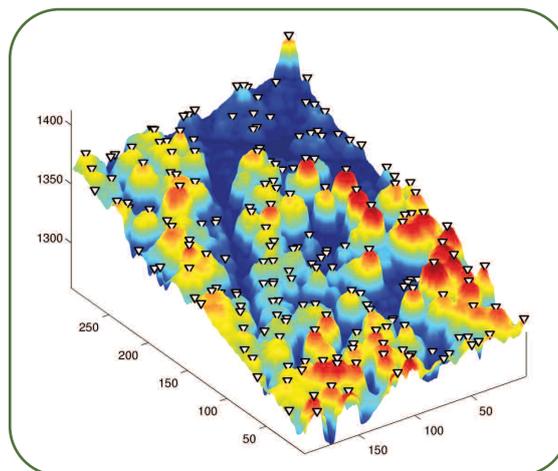
Centre Irstea de Grenoble, Unité de Recherche Écosystèmes montagnards

La technologie

Le scanner laser (ou LiDAR) aéroporté est une technique de télédétection qui a connu un fort développement ces dix dernières années. Elle permet de caractériser le sol et les éléments de la surface terrestre (végétation, bâtiments...) sous la forme d'un nuage de points en trois dimensions où chaque point représente un objet se trouvant dans la trajectoire de l'une des impulsions laser émises par le scanner. Les points sont ensuite classés en deux catégories : points appartenant au sol et points appartenant au sursol (végétation et constructions).

La visualisation et l'exploitation de données tridimensionnelles n'étant pas aisées, deux modèles numériques d'élévation sont habituellement calculés à partir du nuage de points. Avec les points appartenant au sol, on construit un modèle numérique de terrain (MNT). Le modèle numérique de surface (MNS) est lui calculé à partir des points classés « sursol ». En faisant la différence entre les deux, on obtient un modèle numérique de canopée (MNC) qui représente la hauteur de la végétation.

Détection des sommets d'arbres sur un modèle numérique de canopée LiDAR



Accessibilité et desserte forestière

La technologie LiDAR est à l'heure actuelle celle permettant les relevés topographiques les plus précis tout en couvrant des zones relativement étendues. Ceci est lié à la capacité des impulsions laser de pénétrer dans le couvert forestier et de détecter le sol même en milieu boisé. Le MNT à haute résolution est un atout considérable pour le forestier de terrain confronté à la question de l'accessibilité aux parcelles forestières.

À partir du MNT, il est possible d'afficher un aperçu ombré, de calculer une carte des pentes et surtout les courbes de niveau d'équidistance 5 m ou inférieur. Ces cartes sont utiles pour identifier rapidement les problèmes liés à la topographie (sauts rocheux, fossés, rugosité du terrain) lors de la préparation d'opérations qui nécessitent d'évoluer hors du réseau de desserte.

Ces mêmes cartes peuvent être utilisées pour identifier des chemins d'accès non répertoriés et mettre à jour les fichiers vectoriels de desserte forestière. Dans le cas d'un projet de tracé routier, son affichage sous Système d'Information Géographique (SIG) avec les informations topographiques LiDAR permet de mieux préparer le repérage terrain et de calculer des volumes théoriques de déblai/ remblai.

Dans le cas d'un projet d'exploitation par câble, le profil en long peut être extrait du modèle numérique de terrain pour évaluer la faisabilité de l'implantation de la ligne et notamment les possibles points d'implantation de mâts secondaires.

À plus grande échelle et dans une optique de planification de la desserte, le MNT constitue la principale donnée d'entrée pour la modélisation de l'exploitabilité d'un massif, par exemple au travers de l'utilisation du modèle Cartuvi^[1] qui cartographie l'accessibilité par tracteur forestier.

Cartographie de la ressource

Alors que les images optiques apportent principalement une information qualitative sur les peuplements forestiers, la télédétection LiDAR mesure directement la structure géométrique du couvert végétal. Les zones où les arbres sont les plus hauts sont rapidement identifiables sur le modèle numérique de canopée, ce qui facilite la prospection des zones à enjeu de récolte.

L'information géométrique, disponible à une résolution métrique sur l'ensemble d'un massif, est valorisable également pour améliorer les procédures de cartographie de l'occupation du sol. Quand la définition de la forêt est basée sur des critères géométriques (taux de couvert, hauteur de végétation, surface minimale, élongation...), une délimitation objective et automatisée devient possible. Ceci est particulièrement intéressant dans les zones à forte fragmentation et dans les milieux ouverts. La classification en types de peuplement (ex. multi-strate, bistrate et monostrate), déjà possible à partir d'images optiques est également améliorée grâce aux informations géométriques LiDAR.

Pour extraire des informations quantitatives à partir de données LiDAR, on distingue deux principales approches. La première, dite « surfacique », consiste à établir des relations empiriques entre des indices statistiques du nuage de points LiDAR sur une zone donnée et les paramètres du peuplement forestier sur cette même zone (ex. surface terrière). Cette méthode nécessite des relevés de terrain géo-référencés pour calibrer les relations qui serviront ensuite à produire la cartographie sur l'ensemble du massif. La précision d'estimation obtenue à l'échelle du pixel (taille d'environ 25 m) dépend du paramètre forestier et du massif. Sur la zone des Quatre Montagnes (nord Vercors, site du projet FORGECO), les précisions suivantes ont été obtenues pour la hauteur dominante (7 %), le diamètre moyen (14 %), la surface terrière (19 %), le volume à l'hectare (22 %) et la densité de tiges (25 %).

La deuxième approche est basée sur l'identification des arbres et sur l'estimation de leurs caractéristiques individuelles. Plusieurs algorithmes existent pour cela, l'un des plus robustes consistant à assimiler les sommets d'arbres aux maximums locaux du modèle numérique de canopée^[3]. On peut ainsi extraire la position, la hauteur, la surface et le volume du houppier. Les arbres identifiés (30 à 90 % selon la structure du peuplement) sont principalement les arbres dominants qui représentent généralement plus de 80 % de la surface terrière.

Perspectives

Les données obtenues par scanner laser aéroporté sont directement utilisables par le gestionnaire forestier pour améliorer sa connaissance de la topographie et des zones à enjeu. Elles sont également utiles comme données de travail sous SIG et servent de données d'entrée pour la modélisation de l'accessibilité ou la cartographie de la ressource forestière. Ces deux aspects, accessibilité et ressource, peuvent ensuite faire l'objet d'une analyse conjointe, apportant une valeur ajoutée supplémentaire aux données LiDAR.

Malgré les enjeux liés à une meilleure connaissance de la ressource forestière et de ses conditions de mobilisation, le développement de la technologie LiDAR reste lent en France, du fait de verrous organisationnels mais aussi méthodologiques. En l'absence d'une politique nationale ou régionale d'acquisition, la donnée reste couteuse, et le montage de projets au coup par coup nécessite de fédérer de multiples acteurs. Par ailleurs, la complexité et la diversité des peuplements forestiers en France requièrent encore une phase de validation de méthodes déjà éprouvées dans d'autres pays.

Bibliographie

^[1] CLOUET, N., BERGER, F., MONNET, J.-M. & DESCROIX, L., 2010. CARTUVI : un modèle sous SIG pour la cartographie des surfaces débardables en zone de montagne. *Revue Forestière Française*, 62(2), 155-170

^[2] NÆSSET, E., 2004. Practical large-scale forest stand inventory using a small-footprint airborne scanning laser. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19, 164-179

^[3] POPESCU, S. & WYNNE, R., 2004. Seeing the trees in the forest: using LiDAR and multispectral data fusion with local filtering and variable window size for estimating tree height. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70, 589-604

Apport des données d'inventaire à l'évaluation de la ressource forestière française et son évolution récente

*Antoine COLIN, Jean-Christophe HERVÉ, Claude VIDAL,
Stéphanie WURPILLOT & Nathalie DERRIÈRE, IGN*

Résumé court

La mise en perspective des données de l'inventaire forestier de l'IGN révèle les évolutions structurelles de la forêt française depuis plusieurs décennies, à savoir un accroissement continu de la superficie boisée et une hausse progressive du stock de bois sur pied. Cette dynamique de fond se traduit par le développement d'une nouvelle ressource bois.

Les démarches entreprises pour l'atténuation des effets du changement climatique replacent la forêt au coeur des débats, pour les effets vertueux de l'usage du bois et de la biomasse.

Les décisions politiques prises notamment depuis le Grenelle de l'environnement (2007) visent un développement soutenu de la récolte de bois à l'horizon 2020. Des moyens importants ont été mis en place, notamment par le développement du bois-énergie dans le respect des utilisations traditionnelles du bois.

L'atteinte de ces objectifs ambitieux passera donc par la mobilisation de nouvelles ressources, en veillant à la mise en oeuvre de pratiques de gestion durable des ressources, c'est-à-dire en favorisant le renouvellement des forêts et en s'assurant que le potentiel de récolte supplémentaire est soutenable pour les écosystèmes. Les regards se portent dès lors vers les ressources bois en devenir : où sont-elles localisées ? Quelles sont leurs caractéristiques en termes d'essences et de diamètres ? Sont-elles facilement exploitables ?

L'évaluation de l'état actuel du volume sur pied, et l'analyse de sa dynamique récente, confirment la possibilité pour la ressource française de supporter l'augmentation de prélèvement attendue. Toutefois, pour que cette hausse soit structurelle et durable, elle doit être ciblée sur les essences et les régions qui le permettent. Les récoltes supplémentaires sont majoritairement situées dans le Nord-Ouest, le Massif-Central et ses régions périphériques. D'une façon générale, les résineux sont plus fortement exploités que les feuillus et les augmentations de prélèvements envisageables sont plus limitées. Près des deux tiers des prélèvements supplémentaires potentiels sont situés dans des zones facilement exploitables. Le verrou essentiel à l'augmentation des prélèvements n'est donc pas la disponibilité de la ressource, ni globalement les conditions d'exploitations, mais plutôt les débouchés à trouver.

Ces travaux fournissent des premiers éléments concrets et identifient les principaux facteurs limitant (maturité de la ressource, zones climatiques et conditions d'exploitabilité) pour cibler les ressources exploitables. Ce diagnostic reste à affiner localement.

Estimer les potentialités forestières pour une production durable

*Philippe DREYFUS - Unité de Recherche Écologie des Forêts Méditerranéennes -
INRA, Centre PACA, Avignon*

L'évaluation des potentialités de production des surfaces forestières, à l'échelle de la parcelle, de la forêt ou d'une région, est un défi ancien. Il se complique avec l'évolution du climat, de l'atmosphère ou des sols, ce qui incite à recourir à de nouvelles approches et à de nouveaux outils.

En France, il existe, depuis des décennies, une forte expertise et des outils opérationnels organisés autour de la notion de « station forestière ». Les typologies et catalogues de stations couvrent la majorité des surfaces forestières métropolitaines et débouchent souvent sur des cartes de stations à l'échelle de la forêt. En un point donné, la station est déterminée et identifiée par des caractéristiques du relief (altitude, exposition, topographie) et du climat, de la géologie et du sol ; la composition floristique peut être utilisée comme indicateur de tout ou partie de ces caractéristiques. En complément, des études de potentialités ont permis de préciser, pour chaque type de station, la production potentielle des essences selon les conditions de milieu.

Mais ces relations « station-production » sont encore loin de couvrir l'ensemble des surfaces forestières^[3]. La hauteur dominante atteinte à un âge de référence reste un indicateur indirect couramment utilisé : peu dépendante de la densité et de la sylviculture dans les formations homogènes (régulières, équiennes, monospécifiques), la croissance en hauteur dominante reflète, pour une essence donnée, le caractère plus ou moins favorable du milieu abiotique en terme de production potentielle (la production réelle peut être plus faible si le couvert est incomplet sur des périodes longues).

Les contextes climatiques (températures, précipitations), atmosphériques (teneur en CO₂) et pédologiques (dépôts azotés, par ex.) changent indéniablement et significativement^[1]. Dans le même temps, on observe une amélioration des connaissances et des méthodes (bases de données stationnelles, dendrométriques, autécologiques, climatiques, évaluation de la production sans l'intermédiaire de la hauteur dominante...), ainsi que des techniques (informatique, géomatique, statistique spatiale, météorologie...).

De nombreux travaux de recherche visent ainsi l'élaboration de nouveaux outils, mieux adaptés à une vision dynamique et prospective, et offrant une vision territoriale qui permet de considérer les évolutions spatio-temporelles du milieu selon les échelles et les pas de temps de la décision en matière de gestion forestière. Ces outils prennent notamment la forme de cartographies automatiques fondées sur des relations statistiques et sur des fonds cartographiques (relief, géologie, climat).

Les méthodes de diagnostic de terrain se perfectionnent également et peuvent contribuer à ces cartographies, ou les compléter. Les cartes produites sont des estimations des caractéristiques stationnelles, ou même d'indices de productivité lorsqu'on intègre dans leur calcul des modèles de réponse des essences aux différents facteurs. Elles sont une composante clé pour la simulation (à l'aide de modèles de croissance, de dynamique forestière, de processus) de l'évolution des peuplements, à la fois en fonction d'un milieu changeant et en réponse aux choix d'aménagement forestier et de sylviculture^[2].

Le défi, pour le maintien d'une production durable, est de prendre en compte les évolutions escomptées ainsi que la grande marge d'incertitude qui subsiste en terme climatique (tendance et variabilité) et même sur la réponse des essences à l'évolution défavorable ou favorable des divers facteurs et de leurs interactions, selon les lieux et les périodes^[4, 5]. Maintenir le service de production de bois, et les autres services rendus par les formations forestières, nécessite d'adapter le choix des essences à favoriser (voire à implanter), non seulement en fonction de leur productivité potentielle, mais également en fonction de leur capacité de survie : les potentialités forestières sont à considérer, évaluer et prédire, sous ces deux angles.

Les gestionnaires manquent actuellement d'un outil opérationnel qui puisse les aider au choix des essences en contexte de changement climatique. Un tel outil devrait combiner des modèles stationnels - décrivant l'évolution des stations selon les scénarios climatiques et des modèles d'impact sur les différences essences (y compris exotiques) et provenances (davantage sélectionnées sur une origine géographique correspondant à notre climat futur), à la fois en terme de survie et en terme de croissance et de production potentielle.

Au niveau national ou régional, avec une résolution spatiale relativement grossière, les effets climatiques sont les plus nets et les plus déterminants et on attend, en sortie d'un tel outil, une aire potentielle (par essence, déclinée selon les scénarios émissions X modèles climatiques) et, si possible, une performance (production potentielle). Un tel outil faciliterait la planification à large échelle : évolution de la ressource régionale, nationale, anticipation et planification de changements d'essence (avec ou sans plantation), évolution des directives, et - si nécessaire et envisageable économiquement, techniquement et socialement -, organisation des efforts de reboisement, prévision de production massive de plants.

Au niveau local, avec une résolution beaucoup plus fine, il est nécessaire d'affiner la connaissance des facteurs climatiques en tenant compte des forts décalages à courte distance liés à altitude, à l'exposition, au confinement et aux effets de masque, et de prendre en compte la variété des conditions de topographie et de sol. En sortie, un tel outil devrait fournir une réponse différenciée selon la valeur de ces facteurs, en tout point de l'espace concerné, dans une optique de choix local (parcelle), dans le cadre d'un aménagement forestier, des essences objectifs à privilégier. Comme le sol est important à cette résolution, et comme il n'est cartographiable automatiquement que de manière approximative, et uniquement pour certaines caractéristiques (la réserve utile maximale, mais sans doute pas le rapport C/N, le pH, etc.), l'outil devrait permettre à l'utilisateur de fournir ses propres compléments d'information, recueillis sur le terrain (idéalement à partir d'un plan d'échantillonnage suggéré préalablement par l'outil sur la base des cartographies automatiques).

L'élaboration d'un tel outil devrait mobiliser les équipes compétentes dans les domaines indiqués : même si des connaissances manquent encore pour nombre d'espèces et de situations stationnelles, elle devrait être entreprise sans attendre, car, chaque jour, les gestionnaires ont à faire des choix - des paris - qui engagent l'avenir sur des décennies.

Références citées

^[1] Agence Européenne pour l'Environnement, 2012. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. <http://www.eea.europa.eu/fr/pressroom/newsreleases/le-changement-climatique-est-apparent>

^[2] DREYFUS Ph., 2012. Joint simulation of stand dynamics and landscape evolution using a tree-level model for mixed uneven-aged forests. *Annals of Forest Science*, 69:283-303. DOI: 10.1007/s13595-011-0163-2.

^[3] IGN - Inventaire forestier, 2012. Typologie des stations forestières - Cartes de couverture géographique des documents. <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?article680>

^[4] GAUDIN S., 2007. Prise en compte du changement climatique dans les guides et catalogues de stations : première approche. Centre Régional de la Propriété Forestière de Champagne-Ardenne. www.crfp.fr/crfpchampagne/pdf/Climat.pdf

^[5] LEGAY M., LADIER J., 2008. La gestion forestière face aux changements climatiques : premières orientations d'adaptation en forêt publique. *Forêt Méditerranéenne*, 29 (2), 1-14

L'avenir des débouchés du bois

Xavier DÉGLISE, LERMaB Université de Lorraine
xavier.deglise@univ-lorraine.fr

De très nombreux rapports ministériels, présidentiels (une quarantaine en 30 ans, dont près de un par an depuis les dernières années!) ont émis des recommandations pour développer les industries du bois et les usages du matériau. Aucune de ces contributions ne semble avoir donné des résultats et jamais une analyse de l'impact de chacun de ces travaux n'a été réalisée. Néanmoins, le plus complet pour répondre à la question posée date de février 2012 et traite des nouveaux produits issus du bois et des évolutions à échéance 2020 ⁽¹⁾.

De nouveaux produits et usages permettent de prévoir un avenir des débouchés du bois pour développer une industrie capable de valoriser un patrimoine forestier en expansion. Ce qui semble manquer c'est une véritable volonté pour donner une dimension industrielle à ce secteur pourtant porteur d'avenir, toujours deuxième poste de déficit du commerce extérieur.

On peut classer les débouchés du bois en 4 catégories ^(1,2) en fonction de "l'intensité" de transformation du matériau:

1 • Bois massif

Son utilisation principale est dans le secteur construction où la consommation de bois et l'innovation dans les produits et procédés sont les plus fortes. On a vu ainsi apparaître des bois reconstitués, tels que les bois contrecollés, les panneaux laminés (LVL), à larges copeaux (triplé) remplaçant avantageusement le bois massif. Plus récemment, les poutres en I et le bois soudé ⁽²⁾ permettent des assemblages sans colle. Le matériau bois peut être également modifié, pour donner des panneaux durables à l'extérieur, (bois acétylé, Thermowood, bois-plastiques, bois huilé...). L'utilisation du bois en aménagement intérieur présente un potentiel de développement important avec des produits très élaborés, esthétiques et apportant un confort de vie... notamment avec les parquets, panneaux décoratifs et à propriétés spécifiques, avec greffage de molécules. Les innovations constructives permettent d'envisager des constructions d'immeubles multi-étagés, d'utiliser des bois humides (bois abové).

L'ameublement est également un débouché important, même si la tendance actuelle favorise la mixité des matériaux. L'innovation se situe le plus souvent dans l'usage croissant de MDF et les procédés de finitions durables et écologiques (finitions UV poudres sans solvant par exemple).

Pour le secteur de l'emballage l'innovation est relativement faible, même si certains produits (tonneaux) sont à haute valeur ajoutée et exportés.

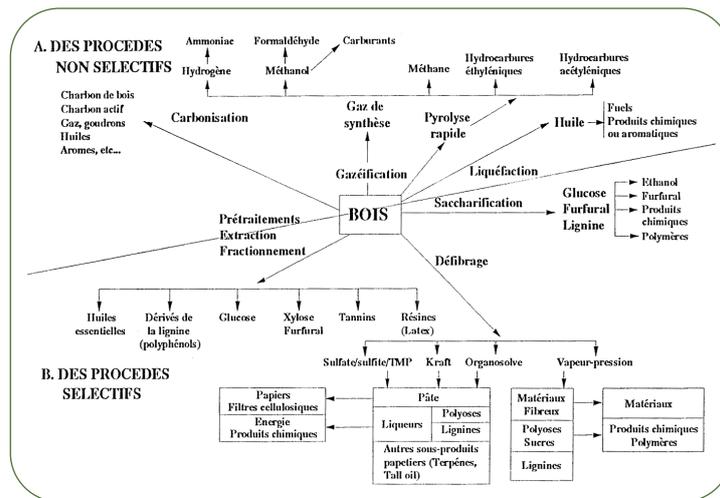
2 • Bois fibre

C'est probablement le secteur où les innovations sont les plus importantes, notamment avec les fonctionnalisations des copeaux et fibres constitutives des panneaux (panneaux de particules, copeaux orientés, fibres)... On peut ainsi obtenir des matériaux isolants ou à propriétés fonctionnelles originales. Les composites fibres de bois et polymères utilisant les méthodes de fabrication de la plasturgie ont dès à présent des débouchés importants en aménagement extérieur des habitations. Le développement des constructions bois se traduit par la nécessité de disposer de matériaux isolants et ignifuges. Les fibres de bois remplacent les fibres de verre et le polystyrène, pour l'isolation. Les papiers et cartons composés de fibres de cellulose peuvent acquérir également de nouvelles propriétés pour l'électronique imprimée et les matériaux barrière et fonctionnels.

3 • Chimie du bois

Jusque vers les années 1950, la chimie du bois a été la principale source de produits chimiques industriels. Depuis quelques années, on assiste à une renaissance de cette "xylochimie" sous la forme de chimie extractive pour la chimie fine, à partir de métabolites secondaires du bois, et de bioraffineries qui seront issues des unités de pâte à papier. Les produits issus de la chimie fine concernent de nombreux extractibles, comme les tannins à propriétés antioxydantes, sources d'adhésifs verts et de mousses ignifuges, les molécules à propriétés neutraceutiques (ex . bouleau) et pharmaceutiques, en particulier des anti-cancéreux (nœuds d'épicéa).

Les bioraffineries déboucheront sur une chimie qui peut remplacer totalement la pétrochimie à terme :



Elles seront un débouché important pour la diversification de l'industrie papetière en valorisant de façon optimale tous les constituants du bois...notamment à partir des feuillus, relativement peu utilisés en papeterie et dont les débouchés en bois massif sont plus faibles que les résineux utilisés en construction. On peut ainsi en parallèle obtenir de la cellulose pure, utilisable en emballage alimentaire (viscose), sous forme de cellulose nano-cristalline (nanocellulose) à propriétés remarquables, équivalente au Kevlar, utilisable comme charge (nanowhiskers) alimentaire ou non, comme mousse ou gel... La lignine peu modifiée peut être envisagée pour l'obtention de fibres de carbone, d'adhésifs phénoliques et polyuréthanes, d'antioxydants industriels et même de charbons actifs. Le concept de bioraffinerie se développera de pair avec le prétraitement du bois par des procédés à la vapeur, acides ou organosolubles. C'est ainsi que l'on pourra valoriser les hémicelluloses résiduelles, notamment sous forme d'éthanol.

4 • Bioénergie

Elle devrait concerner principalement la valorisation ultime des produits bois en fin de vie, si l'on veut éviter une déstabilisation des industries du panneau et de la pâte, où la valeur ajoutée est notablement plus élevée !

Les granulés de bois, correspondent à un marché en expansion et permettent de valoriser non seulement les déchets bois, mais les déchets organiques, les poudres de charbon et les coupes lourdes pétrolières.

La gazéification, procédé d'avenir (découvert au XIX^{ème} siècle !) permet d'obtenir du gaz naturel de synthèse et des carburants Fischer Tropsch : essence, diesel. Éventuellement mélanger du charbon de bois avec du charbon minéral, des coupes lourdes autoriserait l'utilisation d'installations de taille industrielle, plus rentables économiquement en produisant des volumes de carburant plus importants. En effet, les volumes qui pourraient être obtenus uniquement à partir de bois ne correspondent pas à l'ordre de grandeur de la consommation actuelle de carburants, à moins d'utiliser toute la ressource bois disponible. C'est ainsi que 20 Mm³ de bois ne donneraient que 3 MTEP, moins de 10 % de la consommation de carburants. Améliorer la collecte et le traitement des déchets, produits bois en fin de vie, permettrait d'en accroître les volumes.

L'utilisation de bois forestier est à proscrire car il faut certainement revoir les conditions d'application de la "neutralité carbone", une TEP bois produisant en fait, près de deux fois plus de CO₂ qu'une TEP de gaz !

L'utilisation du matériau bois est une des meilleures solutions pour stocker le carbone et lutter contre le réchauffement climatique. On connaît la solution pour développer les usages du bois en privilégiant la technicité, la qualité et le "design" des produits.

Bibliographie

[1] http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Etude_bois_-_PIPAME_-_Rapport_final_complet.pdf

[2] CELZARD A. et LEBAN J-M., 2012. De nouveaux matériaux à base de bois : un contexte, des exemples. Innovations Agronomiques 18, 17-29

Des propriétaires forestiers motivés ? Le point de vue de RESOFOP

Résumé court

Le Réseau d'observation économique de la forêt privée (RESOFOP) a pour objectif de faire progresser la connaissance sur les caractéristiques, les comportements, les attentes et les besoins des propriétaires forestiers privés. Il dépend à la fois de la Fédération Forestiers privés de France et du Centre national de la propriété privée et il fonctionne dans le cadre de l'Observatoire économique de l'Interprofession nationale France-Bois-Forêt. Après une première enquête conduite en 2009 auprès de 600 propriétaires, une seconde enquête a été réalisée en 2011 auprès de 3081 forestiers privés possédant plus de 4 hectares. Dans les deux cas, c'est le Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie (Credoc) qui a officié. Les résultats viennent mettre à jour ceux qui émanaient des enquêtes sur la structure de la forêt privée réalisées sur les périodes 1976-1983 et 1999-2000 par le service statistique du ministère en charge de l'agriculture.

Les propriétaires forestiers constituent une population âgée (71 % ont plus de 55 ans) et majoritairement à la retraite. Ils sont largement propriétaires individuels (61 %) et pour le reste en communautés matrimoniales (16 %), indivisions (18 %) ou groupements (3 %). Ils sont en majorité devenus propriétaires par héritage (62 %) mais 47 % d'entre eux ont acheté des parcelles boisées pour constituer ou compléter leur patrimoine.

62 % d'entre eux ont réalisé des coupes au cours de cinq dernières années, mais 52 % seulement pensent en réaliser au cours des 5 prochaines années. La proportion de ceux qui ont exploité du bois augmente avec la taille pour les gros bois et diminue avec elle pour le bois de chauffage. 26 % n'ont pas réalisé de coupe et ne comptent pas en réaliser ; 24 % ne font aucune gestion ; ils se déclarent peu attachés à leur forêt et insuffisamment informés.

61 % des propriétaires pensent qu'il est bon de renouveler les peuplements après la coupe. Cette proportion atteint 78 % pour les propriétés de 100 ha et plus. 36 % pensent qu'il faut réinvestir une partie du produit de la coupe ; ce sont surtout ceux qui possèdent un document de gestion durable.

47 % des propriétaires s'estiment suffisamment informés, mais ils représentent 57 % des surfaces. 32 % des propriétaires pensent que la gestion forestière nécessite une formation. 60 % des propriétaires gèrent eux-mêmes leur forêt et 16 % se font aider, soit par un professionnel, soit par un proche. Dès les petites surfaces, les forestiers privés qui bénéficient des services d'un professionnel ont plus chances que les autres de couper du bois d'œuvre et de réinvestir en forêt.

Plus de trois-quarts des propriétaires craignent les risques pour leur forêt, surtout la tempête. Ils ont souvent déjà subi de tels dégâts. Un propriétaire sur cinq serait prêt à s'assurer, soit une surface cumulée de 2,7 millions d'hectares.

Les propriétaires concernés par une réglementation environnementale considèrent en majorité que cela ne change rien pour eux, pour un gros quart que c'est une contrainte et pour les 18 % restants que cela peut être un avantage. L'implication des propriétaires est très variable selon les régions. Elle est la plus forte dans le Nord et la plus faible en Méditerranée. Elle est assez faible en Rhône-Alpes et Midi-Pyrénées.

Quelle gouvernance pour soutenir les marchés du bois ?

Les mesures de soutien de la production forestière

Christophe CHAUVIN, Centre Irstea de Grenoble
christophe.chauvin@irstea.fr

Les politiques en faveur de la production de bois présentent classiquement trois strates : d'abord l'approche réglementaire, puis l'intervention technique et financière, enfin la médiation entre acteurs sur le fondement normatif/instrumental ainsi établi.

Il s'agit en effet dans un premier temps de contrôler les usages, au premier rang desquels l'exploitation du bois mais aussi par exemple le pacage, pour assurer la conservation du capital forestier producteur. Cela passe par l'institution d'un cadastre et d'une garderie, permettant de clarifier et contrôler les droits d'usage. La gouvernance est ici régaliennne, assurant la protection de la forêt par diverses d'interdictions pour garantir un "rendement soutenu".

La pérennité de la forêt étant ainsi garantie, peut se développer une politique d'aide à la production, technique, financière et fiscale : aide à l'investissement, pour la desserte et les plantations ou la régénération naturelle, et aide au fonctionnement, pour l'amélioration de la sylviculture et de l'exploitation, le développement de la multifonctionnalité, la planification et le suivi de la gestion. Ces interventions peuvent s'étendre vers l'aval de la filière, pour adapter les produits forestiers aux besoins sociétaux. La gouvernance est ici technocratique, recherchant l'efficacité par optimisation des processus de production le long de la filière, sous contrainte de multifonctionnalité, en vue d'une "gestion multifonctionnelle durable".

Une telle gouvernance autocratique de la part des forestiers se retrouve cependant remise en question aujourd'hui par le développement des autres secteurs de l'économie et de la société, amenant des demandes nouvelles sur la forêt tandis que la rentabilité forestière diminue. Le bois ne suffisant plus à couvrir les frais d'une gestion multifonctionnelle, les forestiers sont amenés à négocier les "services environnementaux" fournis par la forêt. La gouvernance s'élargit alors à des acteurs hors de la filière-bois : elle s'efforce d'être plus démocratique, centrée sur la mise en relation des acteurs aux diverses échelles, dans une recherche de pertinence et de légitimité des actions justifiant des financements externes.

Un diagnostic de la situation actuelle nécessite l'examen de ces trois niveaux cumulatifs de gouvernance. La gouvernance régaliennne traditionnelle a été fortement réduite par la logique libérale, au point de menacer la compétence sinon la neutralité d'une administration affaiblie, et d'un ONF en situation financière critique. Les aides technico-financières à la production et l'animation des propriétaires sont aujourd'hui privilégiées dans la logique contractuelle suivie depuis l'après-guerre, mais les moyens de l'État même renforcés par ceux de l'Union Européenne ont fortement diminué avec la disparition du fonds forestier national. Enfin, un déficit démocratique subsiste dans la gouvernance des forêts, dont les aspects de bien commun sur les usages non-bois (non exclusion, non rivalité) ne sont pas nécessairement reconnus par les forestiers, les forêts publiques elles-mêmes relevant du domaine privé de l'État et des collectivités. Autant dire que la politique forestière cherche aujourd'hui ses appuis, et que l'écriture d'une nouvelle loi sera difficile dans une période de resserrement budgétaire. Quels axes peut-on malgré tout voir se dessiner ?

Le morcellement de la forêt privée, handicap hérité surtout de l'enfrichement ou du reboisement de parcelles agricoles, serait démesurément coûteux à traiter par la voie régaliennne du remembrement autoritaire : le moyen envisagé semble être le remembrement naturel par achat libre de parcelles, au moyen de mises en relation des acteurs et d'incitations notamment fiscales. Ces incitations prendraient aussi la forme de pénalités pour les propriétaires gérant insuffisamment leurs parcelles, pour peu qu'une administration puisse le constater.

L'activation des marchés par la demande, largement pratiquée ces dernières années par la promotion du bois-énergie et bois-construction, a bien souvent profité aux importations, et mis dans l'embarras des gestionnaires incapables de répondre à de grosses commandes à court terme. L'enjeu est aujourd'hui de lui associer des aides à la production, qui pour une meilleure efficacité devraient passer par le développement d'outils collectifs, à coordonner sur le terrain : coopératives, associations syndicales libres de gestion forestière, groupes de développement forestier.

À plus long terme c'est une combinaison des outils qu'il faut rechercher : l'autorité publique doit pouvoir garantir le propriétaire de la qualité des interventions faites sur sa parcelle, les intervenants doivent pouvoir être aidés techniquement et financièrement pour atteindre cette qualité, et les propriétaires ne peuvent remplir leur rôle de gestionnaire d'un bien en partie commun sans une animation suffisante, et sans un minimum de reconnaissance et de rémunération.

Cela renvoie au concept de "gestion adaptative", selon lequel c'est l'ensemble du système forêt et acteurs qui peut évoluer et être piloté, par le biais d'un suivi des écosystèmes et d'un partage des connaissances, formant ainsi un "système apprenant". Cela signifie concrètement la mise en place de bases de données spatialisées homogènes et mises à jour en continu avec les données de l'IGN et des territoires, en télédétection et relevés de terrain ; et parallèlement l'étude de chantiers-pilotes sur la mobilisation, l'ensemble permettant de projeter à l'échelle d'un territoire les connaissances acquises au fur et à mesure du suivi de la gestion, sous la forme de scénarios chiffrés ouverts à la discussion publique.

Un outil combinant les 3 formes de gouvernance pourrait prendre la forme d'un fonds forestier suffisamment souple, s'articulant en deux niveaux : d'une part un fonds forestier régional alimenté en partie sur le bois comme l'ancien FFN, mais aussi sur les autres services écosystémiques attendus par les territoires, et complété par l'État et l'UE ; et d'autre part un fonds forestier territorial, alimenté par le précédent et permettant la négociation et la priorisation des coupes en fonctions de critères économiques, sociaux et environnementaux contractuellement définis entre le niveau régional et le niveau local. Ce système d'aides à la fois conditionnées et négociées s'apparenterait à l'organisation trans-échelles d'un marché des services écosystémiques, permettant le maintien et l'amélioration du capital forestier dans ses dimensions multiples.

Les progrès en sylviculture pour contribuer à produire plus tout en protégeant mieux

Thierry SARDIN & Xavier GAUQUELIN

La sylviculture oriente l'évolution des peuplements pour les guider vers des objectifs fixés par le propriétaire. Ces objectifs sont qualitatifs, ils portent notamment sur les essences objectifs et le diamètre d'exploitabilité ; ils sont cadrés pour les forêts publiques :

- au niveau national dans les directives nationales d'aménagement et de gestion (forêts domaniales) et les orientations nationales d'aménagement et de gestion (pour les forêts des collectivités)
- et dans les directives régionales d'aménagement (pour les forêts domaniales) et schémas régionaux aménagement (pour les forêts des collectivités).

Des contraintes variables selon les utilisations du bois attendues sont également prises en compte par les sylvicultures, comme la largeur de cernes ou le diamètre des nœuds. Les objectifs quantitatifs de récolte sont sous la seule contrainte de la productivité naturelle : les sylvicultures se doivent de l'optimiser en donnant la priorité à la qualité, ou bien de la rétablir lorsque les pratiques passées ont pu la réduire (par exemple en amendant des sols appauvris).

Des sylvicultures variées, répondant toutes à la multifonctionnalité voulue par le Code Forestier

Dans les forêts publiques françaises, la multifonctionnalité est un fondement de la gestion forestière : les objectifs de production, d'accueil du public, de biodiversité et de protection contre les risques naturels cohabitent le plus souvent. Pour ces 4 fonctions principales, la démarche d'aménagement détermine le niveau d'enjeu, à l'aide de grilles objectives. Le cahier des charges de l'étude, les objectifs retenus et le programme d'actions de l'aménagement sont adaptés, pour chaque forêt, à ces niveaux d'enjeu.

La multifonctionnalité, la diversité des peuplements en terme d'essence comme de structure, la grande variété d'utilisation du bois, les contextes stationnels et les conditions d'exploitabilité, tout cela a progressivement conduit à mettre au point de nombreuses sylvicultures. Ainsi, aujourd'hui, tous les traitements sont envisagés (futaie régulière, futaie irrégulière et futaie jardinée, taillis-sous-futaie et taillis), ce qui permet notamment d'adapter la gestion à l'état des peuplements, état résultant de la gestion passée.

Mais on constate également une diversité des sylvicultures pour un traitement d'une essence donnée. C'est le cas notamment pour le chêne et le hêtre, avec des sylvicultures destinées à produire des longueurs de bille variables et pour le premier des largeurs de cernes maîtrisées et dépendantes de l'usage envisagé. Effectivement, il est indispensable d'adopter une sylviculture spécifique selon qu'un peuplement de chêne a un potentiel de qualité très élevé (merrain) ou moindre (menuiserie). Également, des sylvicultures spécifiques sont aujourd'hui développées pour les contextes à très fortes contraintes d'exploitabilité, en montagne.

Des sylvicultures basées sur des grands principes

Toutes les sylvicultures envisagées aujourd'hui ont des grands principes communs, en plus de répondre à la multifonctionnalité. Elles s'appuient sur les dynamiques naturelles des milieux, tout en les orientant si besoin pour privilégier une essence par rapport à une autre (pour optimiser la production ou mieux répondre à la demande de bois, pour se prémunir des risques vis-à-vis des changements climatiques...).

Les sylvicultures actuelles conduisent à des peuplements plus clairs que ce que l'on a pu connaître par le passé. Ceci pour limiter des risques liés à la surcapitalisation (dépérissement, mauvaise résilience face à des aléas). Il en résulte une dynamisation provisoire (plusieurs décennies !) de la récolte, accentuée par la productivité en hausse des peuplements dans le contexte des changements globaux.

Le mélange des espèces dans la strate arborescente est recherché : il apporte une diversification des essences et une meilleure stratification des peuplements. Le traitement en futaie irrégulière et le maintien de sous étage en futaie régulière y contribuent largement.

En matière de production ligneuse, si la demande de la filière bois (qui traduit celle des consommateurs) est diversifiée, la majorité des unités de transformation nécessitent une qualité et des dimensions standard (pour une essence donnée). Ces dimensions sont, notamment pour le sapin et l'épicéa, en deçà des diamètres de récoltes actuels, ce qui nécessite là aussi une dynamisation transitoire de la récolte pour résorber ces bois qui ne trouvent pas facilement preneur. Mais il existe des marchés restreints, dits de niche, qui utilisent ces bois de dimensions plus importantes : ils sont fournis par la mise en œuvre de sylvicultures à révolutions rallongées sur des surfaces appropriées.

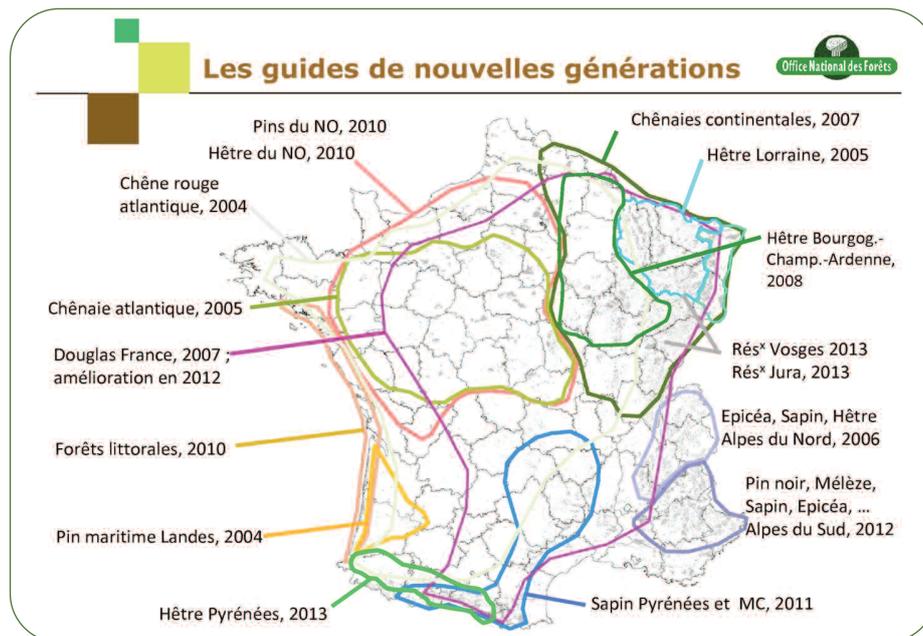
Les sylvicultures actuelles privilégient le renouvellement par régénération naturelle, sous réserve d'une bonne adaptation de l'essence à la station, en tenant compte du changement climatique, et sous réserve d'un peuplement adapté à ce mode de renouvellement (qualité phénotypique et diversité génétique du peuplement, densité raisonnable). Le recours à la plantation reste utile et pratiqué lorsque ces conditions ne sont pas réunies. Les trajectoires sylvicoles qui permettent d'éviter les impasses sont privilégiées. Ainsi, les itinéraires qui autorisent, sans prise de risques, de changer les objectifs de production sont préférés : on évite ainsi d'aboutir à des peuplements sur-capitalisés, avec un risque élevé de chablis ou de dépérissement.

Les évolutions sylvicoles récentes

En matière de sylviculture, l'évolution marquante de ces dernières années est la multiplicité des itinéraires mis en œuvre dans des proportions plus équilibrées.

D'une manière générale, les évolutions d'un point de vue technique sont rarement spectaculaires, le fait que les sylvicultures soient basées pour la plupart sur des cycles de 100-120 ans en moyenne n'y est pas étranger. Mais même pour les changements qui semblent importants, les effets visibles dans les peuplements prennent toujours plusieurs décennies. Ces évolutions techniques les plus récentes sont :

- Des densités minimales plus élevées pour considérer une régénération naturelle ou une plantation satisfaisante, ceci pour améliorer la qualité des tiges et pallier partiellement des dégâts de cervidés généralisés ;
- Des dépressages déclenchés plus rarement, pour les mêmes raisons que l'évolution précédente, mais aussi pour offrir plus de bois énergie à la première éclaircie sans pour autant remettre en cause l'objectif final de bois d'œuvre des itinéraires ;
- Une récolte de menus produits (diamètre inférieur à 7 cm) possible, mais sous réserve de critères liés à la sensibilité des sols (collaboration avec l'Ademe).



Des évolutions formalisées et accompagnées de formations

Ces évolutions sylvicoles s'accompagnent d'un effort important de production de documents écrits dans lesquels sont formalisés les sylvicultures préconisées suivi d'une démarche cohérente d'accompagnement au changement. Les nouveaux guides de sylviculture sont réalisés par essence et/ou ensemble biogéographique. Sous la conduite d'un chef de projet, la mutualisation des savoir-faire sur la base des expériences de terrain et des résultats de la recherche sont traduits en itinéraires opérationnels. Une démarche d'amélioration continue en lien avec un contrôle de conformité (la mise en œuvre des sylvicultures conduit-elle bien aux résultats escomptés ?) est systématiquement mise en place.

La réussite du changement est recherchée avec un effort de formation continue sans précédent pour la forêt publique : le plus souvent chaque personnel concerné par un nouveau guide des sylvicultures bénéficie d'une formation d'au moins deux journées. La formation et le déploiement de ces guides de sylvicultures s'accompagnent de la mise au point et de l'amélioration d'outils d'aide à la gestion de plus en plus portés sur informatique mobile.

Exploitation forestière et environnement

Évolution et adaptation des modes d'exploitation

Paul MAGAUD, FCBA

L'exploitation forestière est la mise en œuvre d'une décision de gestion du propriétaire. En sus de produire un revenu au propriétaire et de répondre aux besoins des industries du bois, cette phase de mobilisation se doit de préserver un patrimoine privé (respect des arbres et des sols) et collectif (qualité de l'eau, de l'air...). Ce maillon de la chaîne de mobilisation, ponctuel mais potentiellement traumatisant, est un facteur clé pour la protection de l'environnement. L'objectif fixé dans le cadre du projet Forgeco est d'identifier les évolutions à mettre en œuvre pour réduire les impacts de l'exploitation sur les milieux.

La mécanisation de l'exploitation forestière (abatteuse, porteur) est apparue au début des années 90. 20 ans après, et boosté par la tempête de 1999, le nombre de machines de bûcheronnage dépasse les 700 unités, pour un taux de mécanisation des résineux de l'ordre de 70 %. Les capacités des machines ont très vite évolué : améliorations des performances (productivité, ergonomie, Technologie de l'Information et de la Communication, mécanisation des feuillus, du bois énergie...), accès à de nouveaux territoires (les pentes), protection des milieux (développement des machines à 8 roues, pneumatiques plus larges pour réduire la pression au col...).

Parallèlement, dans les systèmes traditionnels de récolte, le nombre de bûcherons et de débusqueurs est en nette diminution.

En montagne ou dans les milieux sensibles, l'exploitation au câble aérien connaît un regain depuis quelques années, en lien avec l'évolution technique, passant des câbles longs traditionnels aux câbles mâât sur remorque ou camion. Environ 15 entreprises installées en France, pour environ 100 000 m³ récoltés annuellement.

Les entreprises d'exploitation forestière sont principalement des entreprises individuelles, isolées sur le territoire. Réalisant des investissements importants (une abatteuse coûte environ 400 000 €), ces entrepreneurs ont la particularité d'effectuer une prestation de service rémunérée à la tâche, donc en lien avec leur rendement productif. Dans ce contexte, la prise en compte de l'environnement devient secondaire, car souvent perçue comme une perte de temps. De plus, les prix pratiqués sont souvent déconnectés de la productivité attendue, car basés sur un prix de marché moyen et acceptable par le donneur d'ordre. Cependant, ces entrepreneurs sont très sensibles à l'image qu'ils laissent sur les chantiers pour préserver leur réputation et ont une grande connaissance des territoires sur lesquels ils évoluent et de leurs contraintes spécifiques. Ils sont généralement particulièrement attentifs aux conditions météorologiques, afin de limiter les impacts de leurs engins sur les sols.

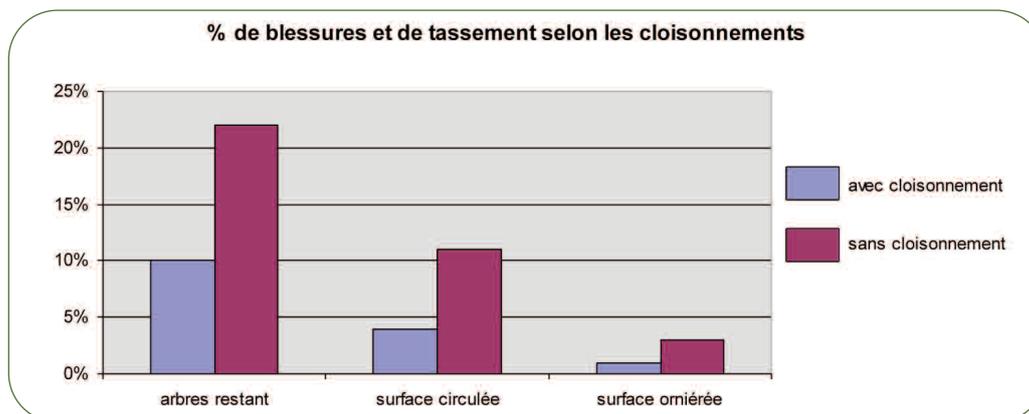
Dans ce cadre, sur le terrain, quelles sont les pratiques des professionnels ? Quelles solutions sont présentes pour réduire les impacts de l'exploitation sur l'environnement ?

Pour y répondre, FCBA a réalisé des audits de chantiers pour identifier les pratiques et les pistes d'amélioration, ainsi qu'une synthèse des bonnes pratiques de l'exploitation.

L'exemple de pratique aux conséquences très différenciées vis-à-vis de la préservation de l'environnement concerne la présence et l'espacement des cloisonnements.

Le graphe ci-après, issu de suivis réalisés dans le secteur des « 4 montagnes » du Vercors (Isère), montre clairement que la surface circulée et le nombre d'arbres blessés diminuent considérablement lorsque des cloisonnements rapprochés (environ 20 mètres) sont installés.

Pourcentage d'arbres présentant des blessures et de surface circlée et ombrée selon la présence ou non de cloisonnement (Vercors)



Ainsi, la décision d'installer un cloisonnement revient au propriétaire ou à son gestionnaire, mais a de forts impacts sur la réalisation pratique du chantier par un professionnel.

Par ailleurs, l'observation de terrain confirme la nécessité d'une concertation entre les acteurs de la chaîne de mobilisation, chaque maillon (gestionnaire, abatteur, débardeur, transporteur) devant être interconnecté pour une amélioration globale de la productivité et de la qualité environnementale de réalisation du chantier. Par exemple, la coordination d'un bon abattage directionnel en lien avec le sens du débardage réduit les impacts aux arbres et les surfaces circlées, ainsi que les manipulations des grumes par le débardeur, tout en améliorant sa productivité.

En complément des audits de chantier, les bonnes pratiques de l'exploitation forestière ont été synthétisées dans trois documents (« Protéger la biodiversité, les sols, les arbres », « Protéger la qualité de l'eau et de l'air », « Coordonner pour être plus efficace »). Ces derniers présentent des solutions techniques (outils, méthodes de travail, organisation, méthodes de gestion...), de concertation entre acteurs (cahier des charges, planification des interventions, prises en compte des conditions météorologiques), ou de réflexions plus globales, notamment sur les infrastructures de desserte, ou encore la contractualisation avec les entreprises.

En synthèse, quelques indicateurs de performance de chantier peuvent être identifiés :

Principaux critères et indicateurs pour des chantiers à haute performance environnementale				
Critère	Indicateur			Décisionnaire
<i>Cloisonnement</i>	Présence	Espacement		Gestionnaire
<i>Coordination</i>	Élaboration d'un plan	Tenue de réunion		Donneur d'ordre, exploitant
<i>Équipement</i>	Chaîne ou tracks	Câble synthétique	Poulie de renvoi	ETF
<i>Météo</i>	Prise en compte	Interruptions de chantier	Dédommagement financier	ETF, donneur d'ordre

Toutes les fiches de documentation, les posters de bonnes pratiques, ainsi que le livret « réglementation de l'exploitation forestière relative à la protection de l'environnement » sont disponibles sur : http://www.fcba.fr/approvisionnement/forgeco_environment.php

Quel avenir sur les méthodes intensives de gestion ?

Alain BAILLY, Alain BERTHELOT & Sébastien CAVIGNAC
FCBA - Pôle Biotechnologies Sylviculture Avancée

Résumé court

Les évolutions en cours (changement climatique, transition énergétique) ainsi que les événements récents (tempêtes, crises sanitaires, canicules) vont très certainement entraîner dans un futur proche :

- Une augmentation de la demande en fibres ligno-cellulosiques, pour une utilisation matériau (construction...), en chimie, en fibres (panneaux, papiers...), en énergie (en particulier électrique, la biomasse étant une des seules énergies alternatives capable de produire en continu)
- Une prise en compte plus importante des risques dans les systèmes de production, les récentes crises ayant réellement déclenché une prise de conscience
- Une évolution des pratiques pour intégrer et préparer les systèmes à résister à des conditions de milieux en évolution, avec sûrement plus de stress hydriques...

Ces différents éléments impliquent que des méthodes de gestion soutenues continueront de se développer sur des surfaces significatives de notre forêt, pour répondre à ces différents enjeux.

Les évolutions de méthodes, que l'on peut qualifier de plus intensives, porteront notamment sur :

- Une prise en compte des potentialités de la station et de son évolution, car méthode intensive sous-entend bonnes conditions de croissance, gestion de la fertilité...
- Un raccourcissement des révolutions pour réduire les risques
- Des interventions plus fortes et précoces, permettant d'éviter les à-coups de croissance
- L'intégration des progrès génétiques dans le matériel végétal
- Une adéquation plus forte entre système de production et demande industrielle, en termes de qualité de la biomasse, mais aussi de contractualisation entre producteur et utilisateur.

À l'instar de ce qui se pratique au Québec par exemple, la place de ces schémas intensifs doit être reconnue et assumée, aux côtés d'une gestion forestière plus classique et d'une gestion conservatoire des espaces naturels sensibles..

Gestion forestière et biodiversité

Connaissances, pratiques et progrès possibles

Christophe BOUGET, Frédéric ARCHAUX & Marion GOSSELIN
Centre Irstea de Nogent-sur-Vernisson

Résumé court

Comprendre comment la biodiversité forestière est influencée par la gestion forestière suggère plusieurs axes de réflexion.

Quelles tendances sylvicoles modèleront les futures forêts françaises ? Sous le jeu relatif d'une intensification des prélèvements, de « l'adaptation au » ou de « l'atténuation du » changement climatique, du maintien de la multifonctionnalité ou de l'essor de la sectorisation des territoires forestiers...

Quelles différences environnementales opposent forêts naturelles et exploitées ?

Comment les espèces forestières sont-elles affectées par ces différences ? Sont-elles lésées, favorisées, indifférentes ? À quels paramètres de l'environnement forestier sont-elles sensibles ? Y a-t-il des groupes particulièrement sensibles ?

Notre communication ne visera pas le parcours d'une synthèse de la littérature, mais l'illustration de quelques résultats récents de l'équipe « Biodiversité » d'Irstea à Nogent-sur-Vernisson, à valeur d'exemple et non de généralité. Nous abordons ainsi la réponse de différents groupes taxinomiques (oiseaux, chiroptères, champignons, insectes (carabes, coléoptères et punaises saproxyliques), flore vasculaire, bryophytes) à différents gradients écologiques à l'échelle locale ou régionale.

1. En comparant l'effet relatif d'une batterie de descripteurs du niveau local des ressources pour les organismes saproxyliques, comme la densité et diversité du bois mort et des micro-habitats des arbres, à l'échelle d'un jeu de placettes à l'échelle nationale ou à l'échelle d'un massif, nous avons démontré le rôle primordial de la diversité du bois mort pour la diversité des insectes associés. Même si les relations habitat-biodiversité montrent de grandes variations d'un taxon à l'autre (champignons sapro-lignicoles, coléoptères saproxyliques, chiroptères, bryophytes corticoles), le volume local de gros bois mort paraît un facteur d'influence consensuel dans les forêts feuillues. La détection de seuils de réponse de la biodiversité pourrait être traduite en cibles pratiques de restauration ou de conservation de bois mort ou de densité d'arbres-habitats (arbres à cavités, ou à fort volume de bois mort dans le houppier...).
2. En quelques dizaines d'années, l'abandon d'exploitation (dans les réserves forestières, dans les nombreux TSF à taillis surâgé...) a un effet sur les conditions d'habitat saproxylique (densités et diversité du bois mort et des micro-habitats des arbres), sans toutefois affecter significativement la biodiversité associée d'après nos premiers résultats.
3. La pratique du mélange d'essences permet de dresser un lien entre productivité et biodiversité. Le mélange chêne-pin est ainsi considéré avec un avantage productif et semble induire un mélange de biodiversité (oiseaux et coléoptères saproxyliques). En revanche, la richesse locale en essences feuillues dans les chênaies a très peu d'effets sur la diversité floristique.
4. La configuration du paysage, définie par l'aménagement forestier (distribution spatiale des coupes...) et l'aménagement du territoire (fragmentation forestière...), peut concourir à la structuration de la biodiversité forestière. Dans le cas d'un massif de chênaie de plaine, le niveau de ressources saproxyliques à l'échelle du paysage appréhendé par la densité de réserves riches en bois mort dans le voisinage, semble plus important pour la diversité locale des Insectes du bois mort que le niveau local de disponibilité de ressources.

Ces quelques illustrations pointent de nouvelles perspectives de recherche. Il nous paraît ainsi crucial de mieux croiser les facteurs spatiaux et temporels, en étudiant la réponse des communautés biotiques à la fragmentation spatiale et à la dynamique des milieux, et d'apporter de nouveaux éléments sur la relation entre biodiversité comptable et fonctionnement de l'écosystème forestier.

Gestion forestière et sols

Connaissances, pratiques et progrès possibles

Francis BIGOT de MOROGUES, Emmanuel CACOT, FCBA
Jean-Jacques BRUN, Centre Irstea de Grenoble

Résumé court

Jusqu'à l'utilisation des énergies fossiles à la fin du XVIIIème siècle, la ressource forestière a été surexploitée avec une diminution des surfaces et un appauvrissement des sols. Depuis, il s'en est suivi une phase d'extension de la forêt et les modes d'exploitation contemporains n'ont jamais laissé autant de bois par terre en forêt, du fait de la mécanisation des opérations. Aujourd'hui, l'intensification possible de la récolte pour le bois énergie, mais aussi le bois d'œuvre (raccourcissement des révolutions, récolte des menus bois, ...) rend nécessaire, par précaution, de bien connaître les relations entre gestion forestière et fertilité des sols.

Pour le forestier, l'action exercée sur les écosystèmes provient de la sylviculture (choix des essences, itinéraires techniques, choix de récolte, ...) et des méthodes d'exploitation (abattage, débardage). Par ailleurs, l'interaction entre gestion forestière et qualité des sols a trois composantes : la pression physique (tassement...), les relations avec la biologie et la biodiversité du sol (interne au sol et en relation avec le couvert) et enfin la structure chimique (exportations dues au bois énergie).

Cette présentation se concentre principalement sur les conséquences sur la fertilité chimique du sol dues aux prélèvements de menu bois et aux modifications d'usages et de pratiques forestières en montagne. Elle montre que la science est en capacité de donner des indications pertinentes à la gestion forestière, mais à un stade encore grossier. FORGECO a contribué à affiner les conseils dans une perspective de mise en œuvre concrète des recommandations. Reste de nombreux champs de recherche à explorer : affiner les connaissances, les interactions avec la gestion du couvert, la fertilisation de compensation...

La notion de service écosystémique pour appréhender et gérer la diversité des facteurs environnementaux

Jean-Luc PEYRON, Ecofor

Résumé court

La notion de service écosystémique s'est développée à la faveur de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire. Comme celle de développement durable, elle est ambivalente et se réfère à la nature, par les écosystèmes, et à la société, par les services. Elle met l'accent sur les bénéfices que la société retire des écosystèmes pour permettre d'assurer en retour une meilleure préservation. Elle découle du fait que bon nombre de ces services ont un caractère de bien public et, à ce titre, ont une valeur mais pas de prix. Pour approfondir cette notion, il faut procéder en trois étapes. La première consiste à **mettre en valeur les différents services** en cause, à les identifier. La seconde étape vise à passer du qualitatif au quantitatif, à **évaluer ces services**. Après avoir ainsi développé la connaissance, la troisième étape consiste à passer à l'action de manière à concrétiser cette valeur, à lui donner un prix, à **valoriser ces services**.

Les services écosystémiques s'inscrivent dans une logique linéaire partant de l'état des écosystèmes pour aboutir au bien-être des sociétés en passant par le fonctionnement écologique qui les rend possibles. Ils s'organisent eux-mêmes selon un gradient identique depuis les services de soutien (dits aussi de support ou d'auto-entretien) et les services de régulation, qui sont rendus d'abord à la nature, jusqu'aux services culturels et aux services d'approvisionnement (ou de prélèvement), qui sont directement rendus à la société. Les services de soutien, voire ceux de régulation, sont souvent assimilés aux fonctions écologiques. Les services de régulation, culturels et d'approvisionnement correspondent assez bien aux trois piliers du développement durable, ou encore aux trois fonctions traditionnelles de la multifonctionnalité des forêts. Ces grandes catégories de services se déclinent en services plus précis dont l'énumération est probablement incomplète et encore à compléter. Ce seul coup de projecteur sur les services écosystémiques est déjà de nature à attirer l'attention des décideurs sur des phénomènes qu'ils méconnaissaient, au moins en partie, et dont ils tenaient peu compte dans leurs choix. Il permet aussi d'expliquer les mécanismes en cause et donc de mieux appréhender les services véritablement rendus.

On a ensuite beaucoup mis l'accent au cours de ces dernières années sur l'évaluation des services écosystémiques. En particulier, le rapport du Centre d'analyse stratégique (Chevassus-au-Louis *et al.*, 2009) et l'expertise « The economics of ecosystems and biodiversity » (TEEB) sont venus synthétiser des valeurs des services écosystémiques et évaluer le coût de l'inaction dans ce domaine face aux menaces. Si l'état des connaissances permet de traiter du changement d'utilisation des terres et de la valeur moyenne des services rendus par les écosystèmes forestiers, il mériterait d'être affiné pour descendre à un niveau d'analyse des différentes pratiques forestières entre lesquelles on désire arbitrer.

La valorisation des services écosystémiques à travers des instruments appropriés de paiement n'a pas formellement besoin d'une évaluation préalable pour se développer et constitue même une expérimentation grandeur nature pour informer sur la valeur des services. Les systèmes en vigueur de paiement pour services écosystémiques visent souvent à éviter le défrichement ou à encourager le reboisement. Là encore, c'est en direction de l'évolution des pratiques et non seulement des changements d'utilisation des terres qu'il convient de faire porter les efforts relatifs à l'élaboration d'instruments de paiement.

Impacts des changements d'usage sur la biodiversité et les sols

Jean-Luc DUPOUEY, Sandrine CHAUCHARD, Thomas FEISS (INRA)

Xavier ROCHEL (Université de Lorraine)

Laurent BERGÈS, Christophe BOUGET & Thomas CORDONNIER (Irstea)

Résumé court

Les changements d'usage des sols recouvrent deux catégories bien différentes de changements : les changements de vocation agronomique d'un sol, de culture à forêt par exemple, et le changement d'itinéraire technique au sein d'une même vocation agronomique, telle que la conversion de taillis en futaie dans les forêts.

Paradoxalement, les recherches en écologie forestière sur les impacts de ces changements se sont plus concentrées sur le premier aspect, et en particulier les conséquences à long terme de la recolonisation par la forêt des immenses territoires agricoles abandonnés depuis deux siècles en France, alors que les recherches en histoire forestière se sont plus intéressées aux pratiques et usages dans les forêts.

Dans le cadre du projet FORGECO, nous abordons ces deux aspects. Dans le Vercors, dans le massif de la forêt d'Orléans et en Lorraine sont étudiés à la fois les impacts de la recolonisation forestière, mais aussi ceux de certaines pratiques anciennes. On compare ainsi dans le Vercors des zones anciennement exploitées en taillis ou précocement gérées en futaie, en Lorraine les anciens quarts en réserve avec les séries affouagères adjacentes, ou les anciennes forêts des salines avec les zones adjacentes préservées de la surexploitation, dans le massif d'Orléans les zones anciennement enrésinées ou non. On étudie les effets des anciens usages sur la composition des peuplements forestiers, les communautés végétales et la chimie des sols.

Les premiers résultats obtenus suggèrent que le signal laissé par une ancienne agriculture est plus fort que celui dû aux anciennes pratiques forestières. L'agriculture ancienne perturbe de façon massive et durable la biodiversité des écosystèmes forestiers, et modifie de façon pérenne la chimie des sols. Dans le Vercors, le croisement avec des bases de données du Conservatoire Botanique permet pour la première fois l'identification des espèces de forêts anciennes de milieux montagnards.

Les effets de la mise en culture ancienne s'observent facilement sur la flore phanérogame, mais sont aussi significatifs sur certains assemblages de coléoptères saproxyliques.

Les anciens traitements en taillis laissent des traces visibles dans la composition des peuplements et, dans les quarts de réserve en Lorraine, dans la teneur en matière organique du sol. La surexploitation pour les salines a aussi modifié durablement la flore herbacée. Dans le massif d'Orléans, l'enrésinement modifie significativement la flore, mais les impacts d'une ancienne mise en culture restent plus forts. Il apparaît aussi une interaction entre ces deux effets.

Contrairement aux effets du reboisement, l'étude des impacts écologiques des pratiques forestières anciennes en forêt n'en est qu'à ses débuts. Les historiens ont mis en évidence de nombreuses situations comparatives qu'il reste à explorer.

Impacts du changement climatique sur la ressource forestière : quelles adaptations ?

Les défis du passage à l'échelle du territoire

Benoît COURBAUD, Irstea - UR Écosystèmes Montagnards
Myriam LEGAY, ONF - Pôle R&D de Nancy

Un enjeu majeur pour la mise en œuvre concrète d'adaptations de la gestion forestière au changement climatique réside dans la nécessité de disposer de démarches et d'outils de diagnostic adaptés à l'échelle du territoire. L'objectif de cet exposé est d'illustrer les apports et limites des projections disponibles à l'échelle nationale et de présenter une démarche de diagnostic de vulnérabilité conduite sur les territoires des Quatre Montagnes, dans le massif du Vercors et de la Forêt d'Orléans dans le projet Forgeco.

Quatre contraintes conduisent à adapter localement les résultats que l'on peut obtenir des modèles de projection de climat et d'impact sur la végétation disponibles aujourd'hui pour l'ensemble de la France. La première est la résolution spatiale des projections qui reste encore assez grossière. Les projections climatiques les plus fines présentent une résolution de 8 km (www.drias-climat.fr). Elles montrent des différences non négligeables entre zones, surtout au niveau des précipitations (ex : augmentation des précipitations estivales pour certaines zones, diminution pour d'autres). La deuxième contrainte est la nécessité d'être conscient des incertitudes qui pèsent sur ces projections puisqu'elles cumulent le choix de scénarios socio-économiques, des incertitudes sur les modèles climatiques, en particulier par rapport aux projections de précipitations, et des incertitudes sur l'impact du climat sur la végétation. Si des modèles variés conduisent à des projections assez proches pour des espèces comme le pin sylvestre, elles peuvent être par contre très variables pour les feuillus (Cheaib *et al.*, 2012 ; Piedallu *et al.*, 2009). Une troisième contrainte réside dans le nombre encore limité d'espèces pour lesquelles nous disposons de tels modèles (chênes, hêtre, pin sylvestre, sapin et épicéa). La quatrième est le manque actuel de prise en compte dans ces modèles de la station, des interactions biotiques (compétition entre essences, développement des ravageurs et maladies) et des effets de la gestion dont on sait qu'ils influencent fortement la forêt. Des modèles forestiers descendant jusqu'à la maille du peuplement forestier ont également été développés (Fontes *et al.*, 2010) et prennent en compte de manière bien plus fine la composition et la structure du peuplement, la station et la gestion, mais ils présentent eux aussi de nombreuses limites méthodologiques et demandent des informations très complètes sur un site d'étude pour pouvoir être utilisés. Une démarche experte, s'appuyant sur les modèles disponibles, mais également sur tous les autres éléments de connaissance d'un territoire apparaît donc nécessaire pour réaliser un diagnostic de vulnérabilité.

La démarche mise en œuvre dans le projet Forgeco combine la définition de types forestiers, les projections de changement climatique et une analyse de l'autécologie de chaque essence pour aboutir à une note de vulnérabilité par type forestier et par essence. Sur les Quatre Montagnes, la logique de répartition des essences suit assez bien la logique stationnelle, structurée, comme souvent en montagne, par les étages de végétation et le niveau d'alimentation en eau. Nous avons ainsi défini 7 types forestiers (pinède à crochet, pessière subalpine, sapinière-pessière, hêtraie-sapinière-pessière, plantations d'épicéa, accrus de pin sylvestre et hêtraie sèche) redécoupés suivant les 5 traitements sylvicoles pratiqués (non-gestion, irrégulier pied à pied, irrégulier par petites trouées, irrégulier clair et traitement régulier). Dans le massif d'Orléans, les stations se présentent comme une mosaïque d'unités caractérisées par des variations d'hydromorphie, d'acidité et de bilan hydrique qui peuvent être découpées en 12 types. Les peuplements sont le plus souvent soit dominés par les chênes sessile et pédonculé, soit par le pin sylvestre, soit en mélange à deux strates de chêne et de pin. Dans la majorité des peuplements, le traitement sylvicole est régulier, mais la prise en compte du mélange varie.

Sur les deux sites, les projections climatiques anticipent une augmentation des températures mais surtout une diminution des précipitations estivales (Jouzel *et al.*, 2011). L'analyse bibliographique de l'autécologie des essences (Masson, 2005), combinée à l'utilisation des projections de modèles d'impact sur la forêt et à l'analyse des dégâts forestiers observés lors des dix dernières années permettent d'identifier les essences les plus vulnérables. Sur les Quatre montagnes, l'épicéa apparaît très vulnérable, en particulier dans les types forestiers correspondant aux étages de végétation les plus bas en altitude (hêtraie sèche, accrus de pins sylvestre et plantations de bas de versant) car il est sensible à la sécheresse et aux scolytes dont les populations sont susceptibles de se développer fortement avec l'augmentation des températures et parce qu'il a été utilisé en plantation dans des stations correspondant déjà à des températures supérieures à son optimum. Le pin sylvestre apparaît vulnérable car il est sensible à de nombreux ravageurs, en particulier durant les épisodes de sécheresses. De plus, la dynamique forestière devrait rapidement le remplacer par le hêtre, le sapin et l'épicéa qui se régénèrent sous son couvert sur les Quatre Montagnes, sauf si ceux-ci dépérissent. Le sapin et le hêtre apparaissent également vulnérables dans la hêtraie sèche qui recouvre des stations extrêmes à sol très superficiel où des espèces telles que le Génévrier apparaissent. Ce type forestier illustre d'ailleurs les capacités de survie du hêtre dans des conditions très sèches, mais avec une perte complète de production forestière. Le sapin et le hêtre apparaissent peu vulnérables dans l'immédiat sur les Quatre Montagnes car ils occupent une large gamme d'altitudes. Leur remontée en altitude pourrait cependant être freinée par la présence de sols squelettiques. Le pin à crochet semble quant à lui peu vulnérable, voire bénéficiaire d'un réchauffement climatique car il est résistant aux stress et pourrait profiter d'une diminution de la compétition de l'épicéa si celui-ci était pénalisé. La sylviculture permet de moduler légèrement la vulnérabilité des espèces en jouant sur les contraintes microclimatiques rencontrées par les semis. En forêt d'Orléans, le chêne pédonculé apparaît comme très vulnérable car sensible aux sécheresses, surtout en stations acides et hydromorphes. Le chêne sessile paraît moins vulnérable car il résiste mieux à la sécheresse que le chêne pédonculé. Par ailleurs, la gestion forestière conduit à sa prééminence. Le pin sylvestre, actuellement bien adapté, apparaît vulnérable dans le futur car le réchauffement et l'augmentation des sécheresses devrait entraîner des dépérissements, des maladies et des attaques de ravageurs (taux de disparition de 95 % prévu en 2050 par les modèles d'impact). Les pins maritime et laricio, qui sont actuellement peu présents sur le massif semblent mieux adaptés aux conditions futures, sauf en station hydromorphe pour ce qui concerne le pin laricio, et sont moins vulnérables à une augmentation des sécheresses.

Ce diagnostic de vulnérabilité permet d'envisager quelques pistes d'adaptation. Sur les Quatre Montagnes, la stratégie la plus naturelle est d'accompagner la remontée des espèces en altitude en accélérant la récolte des essences à leur marge inférieure (épicéa). Le hêtre, qui est peu vulnérable pourrait être favorisé, même s'il est moins intéressant économiquement que les résineux. Enfin, une sylviculture irrégulière combinant des tailles d'ouvertures variées est intéressante pour développer la résilience des peuplements car elle favorise le mélange des essences. À Orléans, diminuer l'exposition devrait passer principalement par une limitation du chêne pédonculé et du pin sylvestre. Le chêne sessile, le pin maritime et dans un moindre mesure le pin laricio paraissent en revanche à favoriser. Enfin, il pourrait être intéressant de tester un matériel forestier de reproduction différent tel que le cèdre et le douglas. Proposer des adaptations est délicat car les incertitudes sont élevées, les adaptations peuvent être contradictoires entre elles représentent généralement un surcoût de gestion. La gestion adaptative combinant étroitement gestion, monitoring et analyse rigoureuse des essais réalisés nous semble la meilleure voie pour progresser sur ces questions.

Bibliographie

- CHEAIB, A., BADEAU, V., BOE, J., CHUINE, I., DELIRE, C., DUFRENE, E., FRANCOIS, C., GRITTI, E. S., LEGAY, M., PAGE, C., THUILLER, W., VIOVY, N. & LEADLEY, P., 2012. Climate change impacts on tree ranges: model intercomparison facilitates understanding and quantification of uncertainty. *Ecology Letters* 15(6): 533-544
- FONTES, L., BONTEMPS, J. D., BUGMANN, H., VAN OIJEN, M., GRACIA, C., KRAMER, K., LINDNER, M., ROETZER, T. & SKOVSGAARD, J. P., 2010. Models for supporting forest management in a changing environment. *Forest Systems* 19: 8-29
- JOUZEL, J., PEINGS, Y., JAMOUS, M., PLANTON, S. & LE TREUT, H., 2011. Le climat de la France au 21e siècle - Vol. 1 : Scénarios régionalisés. 140. Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement
- MASSON, G., 2005. Autécologie des essences forestières. Comment installer chaque essence à sa place ? Lavoisier
- PIEDALLU, C., PEREZ, V., GÉGOUT, J.-C., LEBOURGEOIS, F. & BERTRAND, R., 2009. Impact potentiel du changement climatique sur la distribution de l'Épicéa, du Sapin, du Hêtre et du Chêne sessile en France. *Revue Forestière Française* LXI(6) : 567-593

La forêt au sein des territoires : quelle interface avec les autres milieux ?

Jonathan LENOIR & Guillaume DECOÏQ

Université de Picardie Jules Verne

Unité « Écologie et Dynamique des Systèmes Anthropisés »

Résumé court

Presque partout en France la surface forestière est morcelée, les massifs – domaniaux en général – de grande taille côtoyant les fragments de plus petite taille au sein de paysages fortement anthropisés. Une conséquence directe de cette fragmentation, outre la réduction de surface et l'isolement croissants des bois et forêts, est l'augmentation du linéaire de lisière. Or, ces lisières représentent des interfaces entre le milieu forestier proprement dit et les milieux adjacents, connues pour leur structure particulière et l'importante biodiversité qu'elles abritent. De ces attributs (structure et composition) dépend le fonctionnement écologique à la fois de la lisière elle-même et des milieux qu'elle sépare, forestier et non forestier.

Or, il existe une relation de mieux en mieux documentée entre biodiversité, fonctionnement écologique et services écosystémiques, particulièrement cruciale au niveau de telles interfaces. C'est cette relation que cette présentation met en lumière, à travers l'exemple de métacommunautés forestières (i.e. des bois et forêts entre lesquels les espèces peuvent migrer) au sein de paysages agricoles.

L'importance de la matrice paysagère sur le fonctionnement des métacommunautés forestières sera mise en évidence, avant d'aborder les services écosystémiques locaux, proximaux et globaux rendus par la forêt au sein des territoires.

Le cas particulier des cours d'eau est également évoqué.

Les conséquences en matière de gestion et d'aménagement durables du territoire concluent ce propos.

La démarche participative comme outil au service de l'apprentissage collectif

Le jeu de territoire « Gestion intégrée de la forêt du Vercors »

*Sylvie LARDON, Armelle CARON, Philippe CHAMBON, Monique BOUCHAUD,
UMR Métafort, Clermont-Ferrand*

La gestion adaptative des écosystèmes repose sur la notion d'apprentissage, les pratiques sont modifiées en fonction de l'observation des résultats des pratiques mises en œuvre (Pahl Wostl *et al.*, 2007)). La gestion des écosystèmes forestiers concerne différents acteurs des territoires et mobilise à la fois des connaissances scientifiques et des savoirs profanes. Dans le but d'initier une dynamique d'apprentissage collectif et de favoriser l'hybridation de ces différentes catégories de connaissances, la méthode du « jeu de territoire » (Lardon *et al.*, 2007) a été adaptée aux objectifs du projet de recherche Forgeco « produire plus tout en conservant mieux ». Des ateliers participatifs ont réuni des acteurs locaux et des chercheurs, avec la Communauté de Communes du Massif du Vercors. L'objectif recherché était de faciliter le double apprentissage croisé des acteurs et des chercheurs, en mettant à disposition des acteurs les connaissances produites par les chercheurs des sciences biotechniques pour enrichir la construction d'une vision partagée du territoire et, réciproquement, pour intégrer les savoirs et les connaissances exprimés par les acteurs dans les modèles de viabilité de l'écosystème forestier. Ces derniers modèles visent, dans le cadre du projet Forgeco à faciliter les apprentissages sociaux nécessaires pour que les objectifs de la politique forestière « produire plus de bois tout en préservant mieux la biodiversité » soient atteints (Pahl-Wostl, 2009).

Le « jeu de territoire » est un jeu d'expression qui favorise la construction d'une vision partagée du territoire et de l'action collective. Il se joue en trois étapes : diagnostic partagé des dynamiques du territoire, scénarios d'évolution et propositions d'actions, à partir d'informations mutualisées et d'argumentaires explicites. Mené en deux ateliers participatifs successifs réunissant des acteurs du territoire concerné, dont les acteurs forestiers, et les chercheurs des disciplines biotechniques ainsi que les modélisateurs impliqués dans le projet de recherche, le jeu de territoire « gestion intégrée de la forêt du Vercors » a été préparé et animé par des chercheurs en sciences sociales et des étudiants en formation sur le développement et l'aménagement durable des territoires :

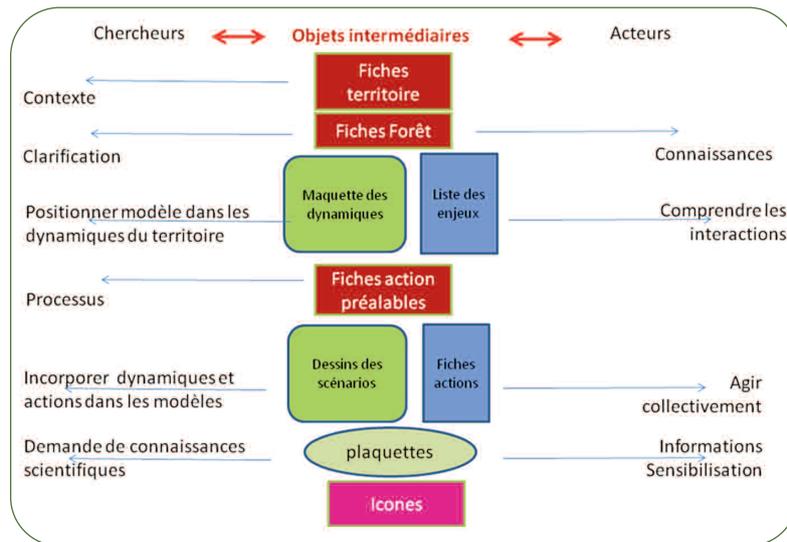
<http://www.agroparistech.fr/Mastere-specialise-Action-publique,2711.html>

Le premier atelier participatif, mené avec 24 joueurs en trois tables de jeu, a produit 3 maquettes des dynamiques du territoire, mettant en évidence les enjeux retenus par le groupe, tels que « mieux prendre en compte les usages multiples du territoire », ou « sécuriser l'emploi saisonnier sur la communauté de communes ». Le second atelier, mené avec 15 joueurs en 3 ateliers distincts, a produit des scénarios d'évolution du territoire à 30 ou 50 ans, et proposé des pistes d'action pour intégrer la forêt dans le territoire. Des actions telles que « promouvoir les dessertes multi-usages et gérer l'accès aux zones forestières » ou « mettre en place des concertations en amont de tout projet d'aménagement forestier » ont été formulées par les joueurs. L'ensemble des connaissances produites dans ces ateliers participatifs a été présenté et débattu avec les acteurs décideurs de la communauté de communes du Massif du Vercors (élus et acteurs forestiers). Cette démarche a apporté quelques propositions pour leur charte forestière de territoire en cours de renouvellement. Une plaquette synthétique a été distribuée aux acteurs et aux chercheurs ; le kit de jeu a été fourni à la communauté de communes. Le jeu a été rejoué avec d'autres chercheurs modélisateurs, pour faciliter leur appropriation des connaissances produites par les acteurs.

Le jeu a permis l'établissement d'un dialogue entre acteurs du territoire (élus, habitants, professionnels de la forêt et des autres activités...) et chercheurs modélisateurs (producteurs de données ou de modèles), autour de différents objets intermédiaires (Vinck, 1999) utilisés au cours du processus de production de connaissances et de valorisation des expériences. Ces objets intermédiaires sont de trois types (voir figure ci-contre). Les informations apportées sous formes de fiches de jeu (présentant les caractéristiques et dynamiques de la forêt et du territoire) et de fiches action (proposant des actions concrètes de gestion de la forêt et du territoire) sont elles-mêmes déjà la résultante d'interactions entre chercheurs en sciences sociales et chercheurs modélisateurs, pour que les connaissances ainsi communiquées soient comprises lors de l'interaction avec les acteurs afin d'en assurer la transmission. La présence de quelques modélisateurs aux tables de jeu a permis de compléter l'effort de traduction et de vulgarisation des résultats scientifiques du projet de recherche, par exemple pour les indicateurs forestiers et les fiches d'informations synthétiques (production forestière, dessertes...).

Les représentations spatiales produites (maquette des dynamiques et dessins des scénarios) et l'énoncé des enjeux et des actions possibles sont utilisables tout autant par les acteurs pour comprendre les interactions entre forêt et territoire que par les chercheurs pour positionner leurs modèles relativement aux dynamiques du territoire, en vue de préparer l'action collective ou pour incorporer ces dynamiques et actions dans les modèles. Les rendus, par les chercheurs en sciences sociales, sont de deux ordres. Les plaquettes de restitution peuvent être diffusées pour sensibiliser les acteurs, qui sont en retour demandeurs de connaissances scientifiques aux chercheurs modélisateurs. Elles constituent également un corpus pour les chercheurs en sciences sociales, permettant une comparaison avec d'autres situations et une montée en généralité. L'alphabet des dynamiques et actions territoriales (icônes) est également utilisable pour d'autres situations et constitue une boîte à idées pour une gestion intégrée de la forêt.

Les interactions chercheurs-acteurs autour des objets intermédiaires du jeu



Les dynamiques d'apprentissage croisé initiées portent ainsi sur une meilleure connaissance du fonctionnement de l'écosystème forestier, apportée par les scientifiques, celle-ci étant intégrée dans les dynamiques territoriales portées par les acteurs. Les représentations spatiales produites collectivement aident à prendre du recul sur les actions à mener et à avoir une vision transversale des enjeux territoriaux et des changements de pratiques. Les acteurs peuvent s'en emparer pour le développement de leur territoire (par exemple, dans la charte forestière de territoire et les documents d'urbanisme) et les chercheurs les mobiliser pour la construction de modèles et la simulation de la viabilité des systèmes. Les chercheurs en sciences sociales et les étudiants en formation ont été les médiateurs de ce processus d'hybridation des connaissances et savoirs et les traducteurs de ces connaissances en actions (Béguin et Cerf, 2009). Une expérience collaborative à poursuivre !

Bibliographie

- BÉGUIN P., CERF M., 2009. Dynamique des savoirs et dynamique des changements. Introduction. Octares éditions, pp 3-12
- LARDON S., MOQUAY P., POSS Y., 2007. Développement territorial et diagnostic prospectif. Réflexions autour du viaduc de Millau. Paris, Éditions de l'Aube, 377p.
- PAHL-WOSTL C., CRAPS M., DEWULF A. R. P. J., MOSTERT E., TABARA D., and TAILLIEU T., 2007. Social learning and water resources management. *Ecology and Society* 12:5. [online] <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art5/>
- PAHL-WOSTL C., 2009. « A conceptual framework for analysing adaptative capacity and multi-level learning process in resource governance regime », *Global Environmental Change*, 19, pp 354-365
- VINCK D., 1999. Ingénieurs au quotidien. Ethnographie de l'activité de conception et d'innovation. Grenoble, PUG

La modélisation forestière au service de la multifonctionnalité à l'échelle du peuplement et du massif

*Patrick VALLET¹, Thomas BRONNER², François DE COLIGNY³, Valentine LAFOND⁴,
Véronique CUCCHI^{1,5}, Thomas CORDONNIER⁴*

¹ UR « Écosystèmes Forestiers », Centre Irstea de Nogent-sur-Vernisson

² Auto-entrepreneur

³ UMR « Amap », INRA Montpellier

⁴ UR « Écosystèmes Montagnards », Centre Irstea de Grenoble

⁵ ITK, Montpellier

Multifonctionnalité des forêts et analyse multicritères

Les forêts assurent de nombreuses fonctions, pouvant être très variées, même au sein d'une même parcelle. Le concept de multifonctionnalité est apparu au cours des années 1960, avec un intérêt grandissant dans les années 1990 et la prise en compte croissante des bénéfices non marchands que la société pouvait attendre des forêts. Afin d'homogénéiser ces notions, De Groot *et al.* (2002) ont proposé une classification en quatre grands groupes des fonctions des écosystèmes naturels ou semi-naturels. Ces grands types de fonctions, appliqués à la forêt, sont :

- La régulation, avec par exemple le rôle des forêts sur la prévention des crues, le maintien d'un climat (local ou global), l'érosion des sols...
- L'habitat, pour les populations animales, la biodiversité inter- ou intra-spécifique...
- La production de ressources naturelles : bois matériau, bois énergie, plantes médicinales...
- L'information, comprenant les aspects récréatifs, culturels, patrimoniaux, scientifiques.

Les fonctions de l'écosystème sont à différencier des types de valeurs qu'elles peuvent avoir. Ces valeurs peuvent être de nature économique, écologique ou socioculturelle. Or une gestion durable de la forêt ne peut pas se polariser sur une seule fonction, mais doit en considérer un ensemble, suivant les orientations des propriétaires dans leur contexte territorial. Mais comment arbitrer des fonctions parfois contradictoires lorsqu'elles ont des types de valeurs différents ? Par exemple, comment évaluer le compromis entre production de bois, évaluable par exemple par sa valeur marchande, et biodiversité, dont la valeur n'est pas quantifiable de manière économique ? Ensuite, quelles fonctions favoriser en priorité, quelles contraintes fixer sur d'autres fonctions ? L'analyse multicritères aborde ce champ d'étude.

Différentes méthodes d'analyse multicritères ont été développées dans la littérature scientifique. Dans ces démarches, plusieurs étapes sont nécessaires. Il convient en premier lieu de créer une métrique permettant de comparer entre eux les services rendus par la forêt. Plusieurs auteurs ont par exemple standardisé les valeurs des fonctions entre 0 et 1, correspondant respectivement à la moins bonne et à la meilleure situation possible de la fonction pour leur territoire (Schwenk *et al.*, 2012). Une deuxième étape consiste à pondérer ces valeurs compte tenu du choix des acteurs dans leur contexte territorial (Jalilova *et al.*, 2012), ce qui passe par des méthodes d'analyse socio-économique. Les résultats obtenus ont permis de déboucher sur la création d'outils d'aide à la décision, dont les défis restants à relever sont d'une part le nombre croissant de fonctions intégrées demandées par les décideurs, et d'autre part le besoin de sorties crédibles et vérifiées (Muys *et al.*, 2010).

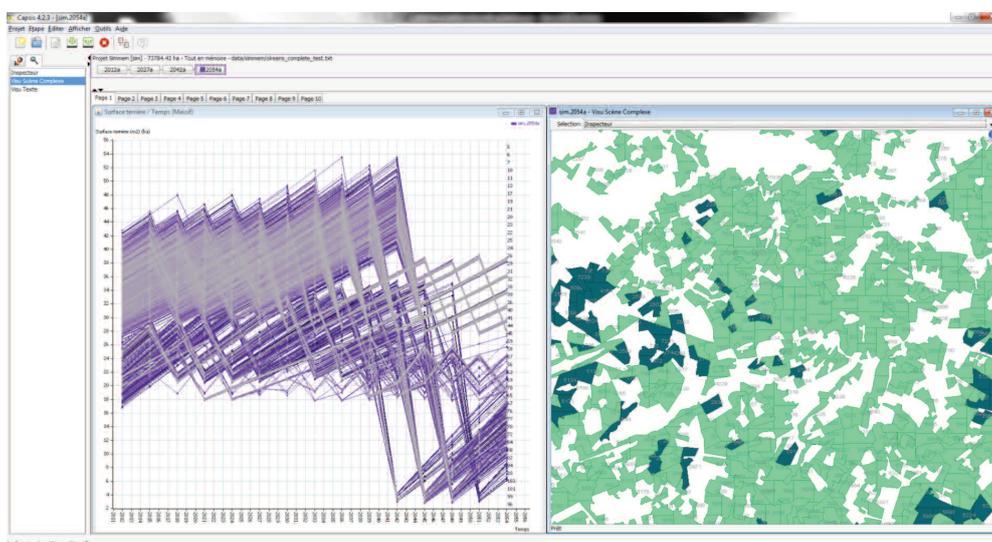
SIMMEM : Simulateur Multi-Modules pour l'Échelle Massif

Dans le cadre du projet FORGECO (projet ANR SYSTERRA), notre but est de construire un outil d'évaluation de la double exigence de production de bois et de préservation de l'environnement attendue des forêts sur les deux territoires pilotes (Forêt d'Orléans et Massif des Quatre Montagnes dans le Vercors). Pour cela, nous nous sommes appuyés sur la plateforme informatique CAPSIS (Dufour-Kowalski *et al.*, 2012). Celle-ci regroupe une large part des modèles de croissance forestière développés en France, avec une communauté scientifique riche de près de 20 ans d'existence, et dont l'implication des gestionnaires et le partage des résultats a permis d'aboutir à la constitution de plusieurs guides de sylviculture.

Les modèles implémentés dans CAPSIS fonctionnent pour la plupart à l'échelle de la parcelle forestière, avec un objectif de simulation de l'évolution des structures dendrométriques en fonction de la sylviculture choisie pour un contexte forestier donné. La simulation de ces structures permet de calculer des indicateurs comme l'indice de Shannon (hétérogénéité des espèces) ou l'indice de Gini (hétérogénéité des diamètres) qui peuvent être liés à des niveaux de biodiversité. On peut aborder de cette manière la multifonctionnalité à l'échelle de la parcelle.

Pour le passage à l'échelle du territoire, nous avons construit un outil au sein de la plateforme CAPSIS permettant de lancer simultanément les différents modules, adaptés aux différentes formations forestières des territoires pilotes. Il s'agit du module SIMMEM : Simulateur Multi-Module pour l'Échelle Massif. Ce module est en cours de développement, mais permet déjà de simuler la croissance des 40 000 hectares de la forêt d'Orléans, en choisissant les modèles appropriés aux types de forêts rencontrés parcelle par parcelle (figure ci-dessous). Par ailleurs, SIMMEM permet à l'utilisateur de choisir les scénarios sylvicoles (niveau de coupe, âge d'exploitabilité...) en les sectorisant. Le simulateur est assez gourmand en puissance informatique, mais reste dans les capacités d'un bon ordinateur de bureau.

Simulateur SIMMEM dans la plateforme informatique Capsis



Les sorties liées à la dendrométrie (production de bois, stockage de carbone) sont accessibles, car déjà fournies dans les modèles utilisés. Parallèlement, des estimations des niveaux de biodiversité sont en cours de développement en s'appuyant sur les tâches amont du projet FORGECO, mais également avec les apports du projet ISCAR (MEEDTL-DEB), visant à développer des indicateurs indirects de biodiversité sur trois taxons : la flore vasculaire, les bryophytes et l'avifaune.

Le simulateur devrait être abouti pour les objectifs de FORGECO dans l'année à venir, mais se poursuivra au-delà. La généralité des méthodes choisies permet d'intégrer toutes les sorties de services écosystémiques souhaitées, si tant est que des indicateurs indirects à base dendrométrique soient développés pour les estimer. Le simulateur est, dans ce sens, déjà utilisé par des collègues Belges (Gembloux) et du Massif Landais (Bordeaux) avec des objectifs similaires.

Bibliographie

- DE GROOT R.S., WILSON M.A., BOUMANS R.M.J., 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41:393-408
- DUFOUR-KOWALSKI S., COURBAUD B., DREYFUS P., MEREDIEU C., DE COLIGNY F., 2012. Capsis: an open software framework and community for forest growth modelling. *Annals of Forest Science*, 69:221-233
- JALILOVA G., KHADKA C., VACIK H., 2012. Developing criteria and indicators for evaluating sustainable forest management: A case study in Kyrgyzstan. *Forest Policy and Economics*, 21:32-43
- MUYS B., *et al.*, 2010. Simulation tools for decision support to adaptive forest management in Europe. *Forest Systems*, 19:86-99
- SCHWENK W.S., DONOVAN T.M., KEETON W.S., NUNERY J.S., 2012. Carbon storage, timber production, and biodiversity: comparing ecosystem services with multi-criteria decision analysis. *Ecological Applications*, 22:1612-1627

Structures et dynamiques forestières à l'échelle du paysage

Changements temporels et analyse de l'hétérogénéité

Mathilde REDON, Vincent THIERION, Sandra LUQUE & Thomas CORDONNIER
Centre Irstea de Grenoble

Résumé court

Les paysages forestiers ont subi des transformations importantes au cours des deux siècles derniers en raison des évolutions socio-économiques (ex. déprise agricole) et des évolutions climatiques. Ces changements affectent l'ensemble des écosystèmes avec des impacts sur leur structure, leur fonctionnement, mais également leurs usages.

Par exemple, l'augmentation des surfaces forestières a favorisé la ressource forestière et son exploitation mais, dans certains cas, a conduit en contrepartie à la fragmentation de milieux ouverts essentiels à certaines espèces pour se nourrir ou se reproduire. En termes de connaissances, il existe ainsi un enjeu fort pour mieux comprendre d'une part quelles peuvent être les relations entre les facteurs anthropiques (ex. déprise agricole, développement urbain), les facteurs abiotiques (climat, sol) et les changements du paysage et d'autre part quelles sont leurs conséquences sur les services écosystémiques et la biodiversité. De tels progrès dans les connaissances sont importants si l'on souhaite améliorer les prédictions des impacts de différents scénarios de développement des territoires sur les écosystèmes et leur valorisation.

Dans cette présentation, nous illustrons cette problématique au travers de deux exemples sur le territoire des 4 montagnes (Vercors) qui s'appuient sur des indicateurs d'hétérogénéité :

- quantification de l'hétérogénéité actuelle de la mosaïque paysagère en lien avec la biodiversité,
- évolution temporelle de cette hétérogénéité entre 1840 et 2009.

Théorie de la viabilité

Applications à la gestion d'un agroécosystème prairial

Rodolphe SABATIER, Muriel TICHIT, INRA Paris, UMR SADAPT

La théorie de la viabilité (Aubin 1991) est un cadre mathématique permettant l'analyse de systèmes dynamiques sous contraintes. Nous nous intéressons ici à son application à des systèmes de types états-contrôles (Clark et Mangel, 2000). Ce cadre mathématique se focalise sur les séquences temporelles de décisions compatibles avec un ensemble d'objectifs, représentés sous la forme de contraintes que le système doit respecter pour garantir son maintien à long terme. Il met l'accent sur la diversité des évolutions possibles d'une dynamique contrôlée par des décisions. L'important ici n'est pas uniquement d'identifier les meilleures solutions comme dans le cas de la recherche d'optimums de Pareto (e.g. Groot *et al.*, 2007 ; Polasky *et al.*, 2005) mais d'identifier également l'ensemble des situations sub-optimales caractéristiques de la diversité des situations possibles. L'idée centrale est de rechercher les ensembles de trajectoires qui respectent un ensemble de contraintes dans le temps.

Quelques concepts clés associés à la théorie de la viabilité

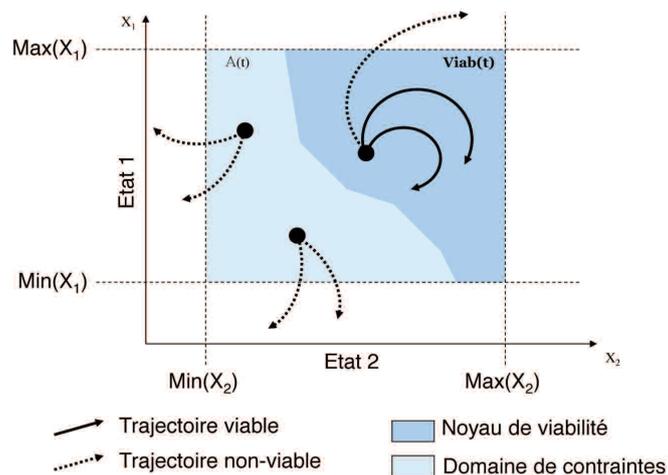


Diagramme des états d'un système à 2 dimensions (X_1 , X_2) d'état au temps t .

Les lignes pointillées représentent les contraintes et définissent le domaine de contrainte $A(t)$. Le domaine de contrainte est le sous-ensemble des états qui définit les limites à ne pas franchir pour préserver la bonne santé du système au cours du temps.

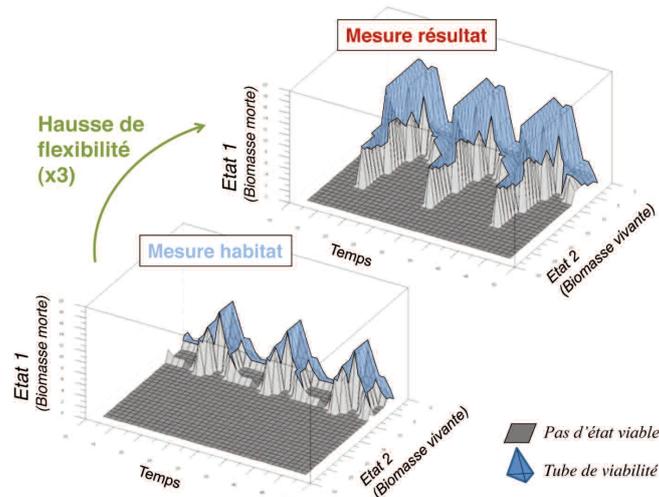
Partant d'un état du système au temps t (cercles noirs) les trajectoires du système restant dans le domaine de contrainte (flèches continues) sont dites viables, celles qui en sortent (flèches pointillées) ne sont pas viables. Le noyau de viabilité $Viab(t)$ est l'ensemble des états à partir desquels il existe au moins une trajectoire viable.

La théorie de la viabilité a été appliquée à de nombreux systèmes et dans diverses disciplines. Historiquement, l'application de cette théorie à la gestion des ressources renouvelables a principalement concerné la gestion des pêcheries (e.g. Bene *et al.*, 2001 ; Chapel *et al.*, 2008 ; Cury *et al.*, 2005 ; Doyen *et al.*, 2007 ; Eisenack *et al.*, 2006 ; Martinet *et al.*, 2007), mais des travaux récents ont également appliqué ce cadre à la gestion des forêts (Bernard *et al.* 2010, Domenech *et al.*, 2011) ou des systèmes d'élevage (Tichit *et al.*, 2004, Tichit *et al.*, 2007, Baumgärtner et Quass, 2009, Sabatier *et al.*, 2010).

L'objectif ici est de présenter un exemple d'application de la théorie de la viabilité à la gestion durable d'un agroécosystème prairial. Les résultats présentés résument l'étude de Sabatier *et al.* (2012). Cette étude applique ce cadre à un modèle de type état-contrôle représentant un agroécosystème prairial. Le modèle couple la dynamique d'un couvert végétal pâturé à la dynamique d'une population d'oiseaux limicoles. Nous utilisons ce modèle pour comparer deux politiques de conservation de la biodiversité représentées par deux ensembles de contraintes. La première s'appuie sur des mesures agroenvironnementales (MAE) à objectifs d'habitat représentée par des contraintes sur les hauteurs d'herbe. La deuxième s'appuie sur des mesures à objectifs de résultat représentées dans le modèle par des contraintes sur l'effectif de la population d'oiseaux. On compare ces deux MAE sur la base de leurs performances écologiques et productives mais aussi de leur flexibilité. La flexibilité est quantifiée par le calcul des tubes de viabilité qui sont définis comme l'ensemble des états du système atteints par les trajectoires viables.

Nos résultats montrent que la différence de performances entre les deux types de MAE reste faible, tant sur le plan de la production que sur celui des populations d'oiseaux. En revanche, la flexibilité du système est largement augmentée par les mesures à objectif de résultat.

Tubes de viabilité du système pour des contraintes représentant des MAE à objectif d'habitat ou de résultat



Ces résultats illustrent certaines des possibilités ouvertes par la théorie de la viabilité, notamment la possibilité de quantifier le nombre de stratégies de gestion disponibles pour le gestionnaire. Au-delà de ce point précis, la théorie de la viabilité, en renversant le point de vue porté sur le système permet de passer de la question « quel est l'effet de ... sur ... ? » à la question « comment faire pour ... ? » et de trouver un ensemble de solutions permettant de résoudre un problème posé.

Références

- AUBIN, J.-P., 1991. Viability theory, Birkäuser. Boston
- BAUMGÄRTNER, S., QUAAS, M.F., 2009. Ecological-economic viability as a criterion of strong sustainability under uncertainty. *Ecological Economics* 68, 2008–2020
- BENE, C., DOYEN, L., GABAY, D., 2001. A viability analysis for a bio-economic model. *Ecological Economics* 36, 385–396
- BERNARD, C., 2010. *Mathematical Modelling of Sustainable Development: An Application to the Case of the Rain-Forest of Madagascar*. World Scientific Publ Co Pte Ltd, Singapore
- CHAPEL, L., DEFFUANT, G., MARTIN, S., MULLON, C., 2008. Defining yield policies in a viability approach. *Ecol. Model.* 212, 10–15
- CLARK, W.C., MANGEL, M., 2000. *Dynamic state variable models in ecology: Methods and applications*. Oxford
- CURY, P.M., MULLON, C., GARCIA, S.M., SHANNON, L.J., 2005. Viability theory for an ecosystem approach to fisheries. *Ices Journal of Marine Science* 62, 577–584
- DOMENECH, P.A., SAINT-PIERRE, P., ZACCOUR, G., 2011a. Forest Conservation and CO2 Emissions: A Viable Approach. *Environ. Model. Assess.* 16, 519–539
- DOMENECH, P.A., SAINT-PIERRE, P., ZACCOUR, G., 2011b. Forest Conservation and CO2 Emissions: A Viable Approach. *Environ. Model. Assess.* 16, 519–539
- DOYEN, L., DE LARA, M., FERRARIS, J., PELLETIER, D., 2007. Sustainability of exploited marine ecosystems through protected areas: A viability model and a coral reef case study. *Ecol. Model.* 208, 353–366
- EISENACK, K., SCHEFFRAN, J., KROPP, J.P., 2006. Viability analysis of management frameworks for fisheries. *Environ. Model. Assess.* 11, 69–79
- GROOT, J.C.J., ROSSING, W.A.H., JELLEMA, A., STOBBELAAR, D.J., RENTING, H., VAN ITTERSUM, M.K., 2007. Exploring multi-scale trade-offs between nature conservation, agricultural profits and landscape quality--A methodology to support discussions on land-use perspectives. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 120, 58–69
- MARTINET, V., THEBAUD, O., DOYEN, L., 2007. Defining viable recovery paths toward sustainable fisheries. *Ecol. Econ.* 64, 411–422
- POLASKY, S., NELSON, E., LONSDORF, E., FACKLER, P., STARFIELD, A., 2005. Conserving species in a working landscape: Land use with biological and economic objectives. *Ecological Applications* 15, 1387–1401
- SABATIER, R., DOYEN, L., TICHIT, M., 2010. Modelling trade-offs between livestock grazing and wader conservation in a grassland agroecosystem. *Ecological Modelling* 221, 1292–1300
- SABATIER, R., DOYEN, L., TICHIT, M., 2012. Action versus Result-Oriented Schemes in a Grassland Agroecosystem: A Dynamic Modelling Approach. *PLoS ONE* 7, e33257
- TICHIT, M., HUBERT, B., DOYEN, L., GENIN, D., 2004. A viability model to assess the sustainability of mixed herds under climatic uncertainty. *Animal Research* 53, 405–417
- TICHIT, M., DOYEN, L., LEMEL, J.Y., RENAULT, O., DURANT, D., 2007. A co-viability model of grazing and bird community management in farmland. *Ecological Modelling*, 206(3-4), 277–293

Enjeux de la production jointe en forêt

Nicolas ROBERT
IGN Nogent-sur-Vernisson

Résumé court

La demande en produits et services forestiers est en croissance et se diversifie : production de bois, matériau et source d'énergie renouvelables, lutte contre le changement climatique, mais aussi préservation de la biodiversité, maintien de la qualité paysagère, récréation...

Ces multiples services écosystémiques sont produits conjointement en forêt. Évaluer la nature des jointures de production permet de mesurer l'effet d'une augmentation de l'offre d'un des services sur le profit et sur l'offre d'autres services. Nous analysons sur le plan théorique les effets possibles de la rémunération de l'un des services sur l'offre multifonctionnelle. Ces paiements peuvent donner lieu à un accroissement ou à une diminution de l'offre de services non-marchands suivant les interactions entre les productions.

Nous illustrons ce propos par la modélisation du profit maximum lié au bois en fonction du stockage de carbone et de la préservation de la diversité des oiseaux dans les chênaies.

Les résultats obtenus montrent que le profit est substituable au stockage de carbone et à la diversité des oiseaux. Ces deux derniers services sont partiellement complémentaires. Un arbitrage devient nécessaire lorsque la production maximale des deux services est souhaitée. Proposer un financement pour accroître la contribution d'une forêt au stockage de carbone peut entraîner une réduction de la diversité des oiseaux.

Contexte

Depuis le déroulement du Grenelle de l'environnement et des Assises de la forêt qui l'ont accompagné, l'idée de « produire plus de bois tout en préservant mieux la biodiversité » à la faveur d'« une démarche territoriale concertée dans le cadre de la multifonctionnalité des forêts » a fait son chemin. Mais le protocole d'accord¹ qui sous-tend cette idée lance un véritable défi aussi bien à la science qu'à la gestion pour élaborer des stratégies adéquates, fondées sur des concepts, méthodologies et outils efficaces et performants. Pour y parvenir, l'expérience des décideurs et les travaux scientifiques sont à considérer simultanément. Les résultats obtenus par les uns et par les autres, ainsi que les besoins complémentaires qu'ils ne manquent pas de mettre en évidence constituent une base de connaissances sur laquelle peuvent se développer des échanges fructueux.

¹ *Protocole signé par l'Office national des forêts, la fédération nationale « Forestiers privés de France », la Fédération nationale des communes forestières de France et la fédération « France Nature Environnement ».*

Objectif

L'objectif des Rencontres de Lyon est de faciliter une telle mise en commun pour faire le point sur les travaux scientifiques en cours et les initiatives portées par les décideurs, gestionnaires et acteurs des territoires, discuter de leur pertinence, les enrichir le cas échéant de problématiques complémentaires, pour mieux interfacer recherche et gestion sur cette question clé de la gestion multifonctionnelle des forêts.

Les Rencontres sont organisées dans le cadre du projet de recherche ANR FORGECO (Forêts, gestion et écosystèmes), mais sont ouvertes à d'autres chercheurs et à des responsables politiques, associatifs et professionnels forestiers.

Elles sont structurées autour de trois grands thèmes :

- Produire
- Préserver
- Produire et préserver

Chacun de ces thèmes est l'occasion de faire se rencontrer des porteurs d'enjeux, des chercheurs participant au projet FORGECO et d'autres chercheurs ou experts. Chaque session est composée d'interventions planifiées, mais laisse également une grande place à un débat général entre les participants.