

ATELIER INTERNATIONAL

# Forêt et changement climatique : initiatives d'adaptation et nouvelles pratiques de gestion

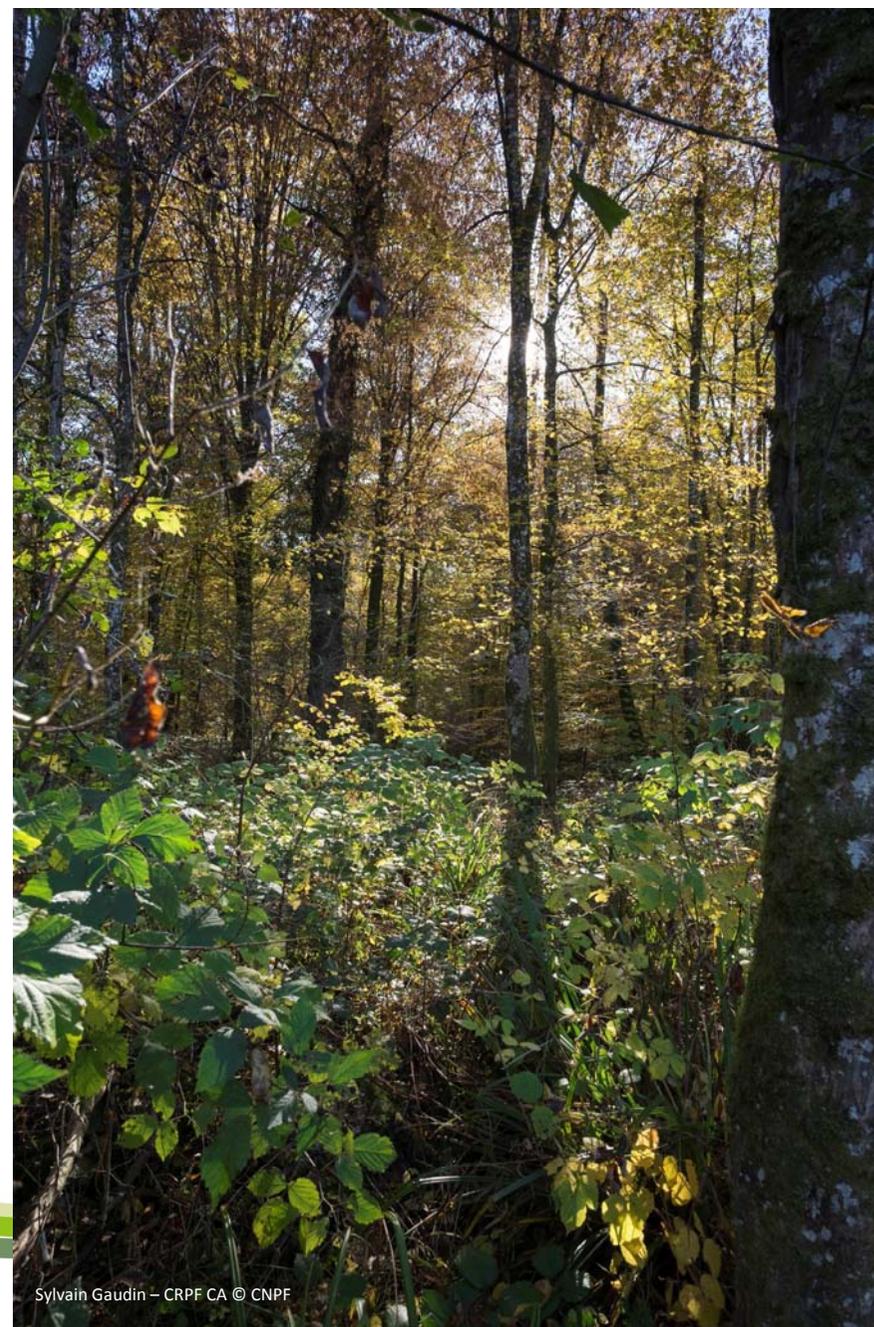
Nancy, les 8 et 9 mars 2017

Recueil de résumés

**AFORCE**  
RMT Adaptation des forêts  
au changement climatique



Institut des Sciences  
de la Forêt tempérée



Sylvain Gaudin – CRPF CA © CNPF

## Sommaire

### Accompagnement à l'adaptation des forêts au changement climatique : bilan croisé des approches françaises et québécoises. 2

Olivier PICARD<sup>1</sup>, Myriam LEGAY<sup>2</sup>, Frédéric DOYON<sup>3</sup> et Céline PERRIER<sup>1</sup>, en collaboration avec Clément CHION<sup>3</sup> (France et Canada) 2

### “A line made by walking” : adaptation au changement climatique dans la sylviculture des forêts à travers l'Europe 3

Rita SOUSA-SILVA<sup>1,\*</sup>, en collaboration avec Bruno VERBIST<sup>1</sup>, Quentin PONETTE<sup>2</sup>, Kris VERHEYEN<sup>3</sup> et Bart MUYS<sup>1,4,\*</sup> (Belgique) 3  
Jean-Luc PEYRON, GIP ECOFOR (France) 5

### QUELS INSTRUMENTS POUR EXPLORER LES FUTURS POSSIBLES ? 6

#### Atlas interactif : impacts du changement climatique sur la distribution des essences au Québec (Canada) 7

Catherine PERIE, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs/Direction de la Recherche Forestière (Canada) 7

#### Évaluer des options d'adaptation face aux sécheresses sous climat futur : apports de l'outil de calcul de bilan hydrique en ligne Biljou© 8

Nathalie BRÉDA<sup>1</sup>, en collaboration avec André GRANIER<sup>1</sup>, Vincent BADEAU<sup>1</sup>, Damien MAURICE<sup>1</sup> (France) 8

#### Apport des simulations pour guider les décisions de gestion des forêts en contexte de changement climatique : un exemple tiré des forêts de montagne autrichiennes. 9

Manfred J. LEXER, Université des Ressources Naturelles et des Sciences de la Vie (Autriche) 9

### COMMENT SE FAIT LA MISE EN PLACE 10

### DE TESTS D'ADAPTATION A L'ECHELLE 10

### DE SYSTEMES DE GESTION ? 10

Peter BRANG<sup>1</sup>, en collaboration avec Kathrin STREIT (Suisse) 11

### Évaluation de nouvelles ressources génétiques forestières pour l'adaptation : de projets précurseurs à la mise en place d'une organisation nationale 13

Myriam LEGAY<sup>1</sup> et Cyril VITU<sup>2</sup>, en collaboration avec Brigitte MUSCH<sup>1</sup> (France)

### La migration assistée au Canada et les outils pour aider sa mise en œuvre 15

Dan Mc KENNEY<sup>1</sup>, en collaboration avec John PEDLAR<sup>1</sup> et Isabelle AUBIN<sup>1</sup> (Canada)

### Adaptation de la gestion des terres fédérales au changement climatique dans l'ouest des États-Unis 16

Jessica HALOFSKY, University of Washington - School of Environmental and Forest Sciences, (États-Unis), en collaboration avec David L. PETERSON 16

### Bilan hydrique des forêts : un guide pratique 18

Sophie BERTIN<sup>1</sup> et Philippe BALANDIER<sup>2</sup>, en collaboration avec Céline PERRIER<sup>3</sup> (France) 18

### La sylviculture irrégulière permet-elle de mieux préparer les forêts au changement global que la sylviculture régulière ? 19

Philippe NOLET, Université du Québec en Outaouais UQO-ISFORT (Canada), en collaboration avec Dan KNEESHAW, Christian MESSIER, Martin BELAND 19

**Transfert des résultats de la recherche sur le changement climatique à la gestion forestière - exemples dans le sud-ouest de l'Allemagne** 20

*Axel ALBRECHT, Institut de recherche forestière du Baden-Wurttemberg (Allemagne)* 20

**Projet ResilForMed : définir des protocoles pour le monitoring et des modèles de gestion sylvicole pour améliorer la résilience des forêts siciliennes face au changement climatique** 22

*Marcello MIOZZO, DREAM Italia (Italie)* 22

**REINFFORCE : un réseau de sites pilotes sur l'arc Atlantique dédiés à la recherche sur l'adaptation des forêts au changement climatique** 24

*Rebeca CORDERO, EFIATLANTIC (France)* 24

**En quête de la robustesse : modélisation d'un portefeuille de réponses de peuplements forestiers sous différents scénarios sylvicoles, en contexte de menaces du changement global.** 26

*Frédéric DOYON, Université du Québec en Outaouais UQO-ISFORT (Canada), en collaboration avec Ph. NOLET, P. DONOSO, Ch. MESSIER* 26

**COMMENT INCITER DES CHANGEMENTS DE PRATIQUE ET EN ASSURER LE SUIVI ?** 27

**Passer de la science à la pratique : transposition des expériences menées suivant les directives de gestion forestière intégrée à la mise en pratique des connaissances sur les changements climatiques dans la gestion** 28

*Marcus LINDNER, EFI international (Finlande)* 28

**L'adaptation des forêts au contexte actuel : outils, exemples et leçons tirés du nord-est des États-Unis** 29

*Christopher SWANSTON, USDA Forest Service - Northern Research Station (États-Unis)* 29

**Changement climatique et forêts : stratégies pour assurer une communication appropriée** 30

*Kristina BLENNOW, Université suédoise des Sciences agricoles, Alnarp (Suède)*

**Quels enseignements les modèles multi-agents peuvent-ils apporter sur les processus de changements de pratique ? Exemple en Suède** 32

*Dr Victor BLANCO, Université d'Edimburgh (Royaume-Uni), en collaboration avec Calum BROWN, Sascha HOLZHAEUER, Fredrik LAGREGREN, Gregor VULTURIUS, Mats LINDESKOG, Mark ROUNSEVELL* 32

**Le programme canadien Forest Change et les outils pour accompagner l'adaptation** 33

*Dan Mc KENNEY<sup>1</sup>, en collaboration avec John PEDLAR<sup>1</sup> et Isabelle AUBIN<sup>1</sup>* 33

**S'organiser en réseau pour la gestion des risques et des crises au niveau régional et international** 34

*Yvonne CHTIQUI, Institut de recherche forestière du Baden-Wurttemberg (Allemagne)* 34

**Quelles décisions de gestion prendre pour la sapinière de montagne face au changement climatique ?** 35

*Aurélien BARTHELEMY, Experts Forestiers de France (France), en collaboration avec Ph. GOURMAIN* 35



## Accompagnement à l'adaptation des forêts au changement climatique : bilan croisé des approches françaises et québécoises.

*Olivier PICARD<sup>1</sup>, Myriam LEGAY<sup>2</sup>, Frédéric DOYON<sup>3</sup> et Céline PERRIER<sup>1</sup>, en collaboration avec Clément CHION<sup>3</sup> (France et Canada)*

Le RMT AFORCE<sup>1</sup> et l'Institut des Sciences de la forêt tempérée (ISFORT) de l'Université du Québec en Outaouais ont pris connaissance de leurs engagements respectifs sur la question de l'accompagnement des forestiers sur la question de l'adaptation au changement climatique lors du premier atelier international organisé par le RMT AFORCE en 2014. Très vite a émergé l'idée d'une collaboration plus poussée entre la France et le Québec pour mettre en comparaison les méthodes et outils utilisés par chacun. En 2015, AFORCE s'est donc engagé avec l'ISFORT dans un projet de coopération franco-québécois dont l'objectif était d'organiser un échange d'expériences et d'expertises autour du développement de nouvelles méthodes de transfert et d'outils d'aide à la décision novateurs, dans une démarche partagée d'adaptation de l'aménagement forestier aux changements globaux.

Le projet a permis de comparer les structures organisationnelles et leur contribution au transfert des connaissances dans le domaine de l'adaptation des forêts au changement climatique. Il a été possible au travers des rencontres de mieux apprécier la perception des changements par les forestiers et leur volonté d'agir pour faire face à ce nouvel enjeu climatique. Les méthodes et outils développés dans chaque pays ont été évalués (Perrier & al., 2016). Le croisement des démarches a aussi permis d'identifier les méthodes de concertation utilisées pour mieux comprendre ce qui détermine la prise de décision dans un contexte d'incertitude. L'une

des conclusions de cet échange a été la mise en évidence d'un besoin fort de mise en place de nouvelles initiatives d'adaptation en contexte de gestion, qui puisse servir de démonstration à la fois pour sensibiliser les praticiens, et pour soutenir la formation. Il a aussi mis en évidence tout l'intérêt de pouvoir échanger entre pays autour des initiatives d'adaptation et des outils d'accompagnement des forestiers.

**Détail auteurs :** <sup>1</sup> CNPF (France), <sup>2</sup> ONF (France), <sup>3</sup> Université du Québec en Outaouais UQO-ISFORT (Canada)

---

<sup>1</sup> Réseau forestiers français pour l'accompagnement des forestiers dans la préparation des forêts au changement climatique. Il regroupe 15 partenaires forestiers et a pour vocation d'accélérer la diffusion des connaissances, d'informer, de provoquer des échanges, de fournir des outils d'aide à la décision, et d'encadrer les initiatives d'adaptation (<http://www.reseau-aforce.fr/>)



## **“A line made by walking”: adaptation au changement climatique dans la sylviculture des forêts à travers l'Europe**

*Rita SOUSA-SILVA<sup>1,\*</sup>, en collaboration avec Bruno VERBIST<sup>1</sup>, Quentin PONETTE<sup>2</sup>, Kris VERHEYEN<sup>3</sup> et Bart MUYS<sup>1,4,\*</sup> (Belgique)*

Le défi de l'adaptation au changement climatique est désormais reconnu comme le plus important et le plus difficile qui se soit jamais posé au secteur forestier. La hausse des températures et les niveaux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, les changements enregistrés par rapport aux précipitations, ainsi que la fréquence et la gravité des phénomènes météorologiques extrêmes auront un impact important sur l'état des forêts d'Europe, et affaibliront leur capacité à fournir des biens et des services écosystémiques essentiels. Relever ce défi va impliquer d'apporter des ajustements aux stratégies forestières et des changements aux programmes et aux pratiques de gestion des forêts, mais on ne connaît pas clairement l'ampleur de l'application actuelle de ces transformations.

En s'appuyant sur des données fournies par 885 propriétaires et gestionnaires forestiers, l'étude menée pour répondre à cette question évalue la manière dont les parties prenantes du secteur forestier perçoivent le rôle de leur gestion de la forêt face au changement climatique. Cette étude est réalisée dans six pays d'Europe : la Belgique, l'Estonie, la France, les Pays-Bas, le Portugal et la Slovaquie, qui ont été choisis pour inclure des professionnels intervenant dans des contextes économiques, sociaux, politiques et culturels différents en Europe. L'étude note leurs observations des effets du changement climatique, elle montre dans quelle mesure ils tiennent compte des modifications du climat dans leurs activités d'exploitation et de planification, et leur capacité à répondre aux besoins que ce changement entraîne.

Dans l'ensemble, les résultats indiquent que les forestiers européens sont convaincus du fait que le climat change; ils ont personnellement fait l'expérience des conséquences de ce phénomène qui pourrait bien

entraîner encore d'autres changements dans leurs forêts, et plus de 30% d'entre eux se disent très préoccupés par les effets du changement climatique sur leurs forêts. Toutefois, même si plus de 70% des propriétaires et des gestionnaires forestiers sont persuadés que le changement climatique aura des effets sur leurs forêts, moins de 40% ont déclaré avoir modifié leurs pratiques de gestion en fonction des modifications du climat. En France, ce chiffre passe à 50%, alors qu'au Portugal, il ne dépasse pas 15%. Il est intéressant de souligner que les gestionnaires de domaines publics étaient plus enclins à soutenir des actions d'adaptation que les propriétaires ou gestionnaires forestiers privés.

Parmi les éléments qui les empêchent de réagir au changement climatique, le manque de connaissances et d'informations est apparu comme un obstacle majeur à l'adaptation des forêts. Quand on leur a demandé de quelle aide elles auraient besoin par rapport au problème du changement climatique, la majorité des personnes interrogées (49%) ont indiqué qu'une politique spécifique et des aides financières les inciteraient probablement à prendre des mesures d'adaptation, les demandes de compléments d'informations et d'assistance technique arrivant respectivement en 3e et en 4e position dans leurs requêtes. Concernant les conseils sur l'adaptation au climat, les forestiers ont pour la plupart (61%) déclaré qu'ils écoutaient ceux communiqués par les associations forestières. Ils respectent aussi beaucoup l'avis d'autres gestionnaires forestiers experts dans leur domaine, quand il s'agit de prendre des décisions de gestion.

En général, il semble donc que même si des progrès ont été faits dans le développement et la synthétisation des connaissances des effets du changement climatique et sur l'adaptation à ce changement, la mise en œuvre d'actions d'adaptation sur le terrain n'est pas encore très répandue. De plus, c'est seulement relativement récemment que des stratégies d'adaptation ont commencé à développer des mesures par rapport auxquelles adapter la gestion forestière au changement climatique

À cet égard, nous retiendrons deux choses : premièrement, que les dangers du climat ont un impact sur le plan local et régional, et qu'il n'existe pas de recommandations qui soient applicables à un secteur tout entier . En réalité, les différences entre les divers systèmes nationaux de gestion forestière sont importantes. Ces différences, qui existent à la fois entre les pays et entre les régions, peuvent être en partie expliquées par la diversité des structures de la propriété forestière (privées ou publiques), par la nécessité d'effectuer des tâches spécifiques, et par des cultures, des politiques, et des traditions de gestion forestière différentes (une réglementation axée sur le marché par opposition à une réglementation étatique). Et deuxièmement, qu'en dépit de ces différences, la coopération régionale et nationale peut faciliter l'adaptation aux effets du changement climatique par une planification et une gestion intégrées . On a donc besoin d'un cadre de référence européen commun pour s'adapter au climat, et de tenir compte des différences régionales en matière de capacités d'adaptation, pour assurer un niveau d'adaptation harmonisé sur l'ensemble de l'Europe tout en maximisant l'efficacité des actions menées sur le plan local et régional. En outre, comme de nombreux pays ont déjà développé des stratégies d'adaptation et des plans d'action riches d'enseignements et pouvant servir d'exemples, il est essentiel de faciliter le partage des connaissances sur les solutions qui fonctionnent et sur les meilleures pratiques concernant la question du climat.

Un travail complémentaire devra également être réalisé pour accroître les recoupements entre recherche scientifique et gestion forestière, afin de garantir que les informations nouvelles sont bien communiquées et comprises, et que les résultats des études sur les forêts et le changement climatique sont davantage pris en compte dans les décisions de gestion forestière.

**Details auteurs :** <sup>1</sup>KU Leuven Department of Earth and Environmental Sciences, Celestijnenlaan 200E, Box 24113001 Leuven, Belgium. <sup>2</sup>Earth and Life Institute, Environmental Sciences, Université catholique de Louvain, Croix du Sud 2, Box L7.05.091348 Louvain-la-Neuve, Belgium. <sup>3</sup>Forest & Nature Lab, Ghent University, Geraardsbergsesteenweg 267, 9090 Melle-Gontrode, Belgium. <sup>4</sup>Forest Institute (EFIMED), Sant Pau Historical Site, Sant Leopold Pavilion, Carrer Sant Antoni Maria Claret 167, 08025 Barcelona, Spain.

\* **Contact :** [anarita.silva@kuleuven.be](mailto:anarita.silva@kuleuven.be); [bart.muys@kuleuven.be](mailto:bart.muys@kuleuven.be)

#### Références bibliographiques :

Innes J, Joyce LA, Kellomäki S, et al (2009) Management for adaptation. In: Adaptation of forests and people to climate change - a global assessment report. pp 135–185

Keenan RJ (2015) Climate change impacts and adaptation in forest management: a review. *Ann For Sci* 72:145–167. doi: 10.1007/s13595-014-0446-5

Keskitalo ECH (2011) How Can Forest Management Adapt to Climate Change? Possibilities in Different Forestry Systems. *Forests* 2:415–430. doi: 10.3390/f2010415



## **Le changement climatique avéré et attendu : un défi forestier d'aujourd'hui**

*Jean-Luc PEYRON, GIP ECOFOR (France)*

La réalité du changement climatique est bien établie au plan scientifique mais beaucoup reste à faire en matière forestière pour la prendre effectivement en compte. Il convient en particulier de bien comprendre ce que recouvre cette réalité, quelles sont ses conséquences et comment y faire face.

Or, le changement climatique nous place face à une grande incertitude dont on constate qu'il est difficile de se l'approprier complètement, au niveau aussi bien scientifique que pratique. Le Groupe international d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) propose quatre hypothèses de forçage radiatif (les scénarios RCP<sup>2</sup> 2.6, 4.5, 6.0 et 8,5) qui rendent compte de l'incertitude sur l'ampleur à long terme du phénomène. Mais chaque scénario conduit à un faisceau d'évolutions futures des températures et précipitations selon les modèles, à l'échelle planétaire, d'une part, au niveau local d'autre part.

Cette incertitude rejait évidemment sur les conséquences forestières du changement climatique. Celles-ci portent d'abord sur la forêt, sa productivité, les risques qui la menacent, la composition et la structure de ses communautés végétales et animales. Elles impactent l'ensemble des services écosystémiques et des services anthropiques associés. La gestion forestière doit en tenir compte dès aujourd'hui parce que certains impacts sont d'ores et déjà susceptibles de se produire et qu'il importe de prévenir autant que possible les impacts futurs.

L'adaptation au changement climatique concerne les écosystèmes mais surtout les sociosystèmes, comme la résilience dont elle est très proche. Elle est spontanée pour les écosystèmes mais, compte tenu de

l'importance d'anticiper les évolutions futures, elle est surtout volontaire et planifiée pour les sociosystèmes. Elle vise plusieurs enjeux qui ne sont pas toujours bien explicités : le maintien d'une capacité de croissance et de production de bois, la prévention des risques, le développement d'une capacité forte à atténuer le changement climatique et, plus généralement, la continuité d'une gestion durable. La sylviculture s'ajuste alors en termes de composition des peuplements, de leur structure et densité, d'âge auquel les arbres peuvent être récoltés, de mode de renouvellement (régénération naturelle, plantation, migration assistée), de méthodes de suivi continu et sanitaire, etc. L'adaptation concerne aussi bien les communautés scientifiques impliquées (de la climatologie aux sciences économiques, humaines et sociales) que les acteurs de la R&D, les propriétaires et gestionnaires, le grand public et ses représentants. Les méthodes et outils de l'adaptation ont un rôle crucial à jouer vis-à-vis de l'ensemble de ces communautés pour illustrer les enjeux et les solutions possibles, ainsi que pour dialoguer, échanger et communiquer sur cette base.

L'accord de Paris est un préalable important à l'atténuation du changement climatique. Il est donc aussi censé faciliter l'adaptation des forêts. On ne peut cependant limiter cette dernière aux objectifs internationaux visés par l'accord (grossièrement le scénario RCP 2.6) dans la mesure où la somme des contributions décidées par les États ne permet pas encore d'atteindre cet objectif (elles se rapprochent plutôt du scénario RCP 4.5) et où il ne s'agit que d'intentions. Il ne doit donc pas faire oublier l'incertitude qui pèse sur le futur et qui doit être pesée avec tous les outils nécessaires avant d'engager l'avenir des forêts de la seconde moitié du 21e et au-delà.

---

<sup>2</sup> RCP : Représentative Concentration Pathway

## **Session 1**

# **Quels instruments pour explorer les futurs possibles ?**

*Modérateur : Mériem FOURNIER, AgroParisTech*



## Atlas interactif : impacts du changement climatique sur la distribution des essences au Québec (Canada)

Catherine PERIE, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs/Direction de la Recherche Forestière (Canada)

Pendant cette intervention, je présenterai une partie des résultats d'une étude que nous avons commencée en 2009 afin d'évaluer les effets du changement climatique sur la répartition des espèces d'arbres au Québec (Canada) et d'anticiper l'ampleur de la vulnérabilité de la composition des peuplements forestiers à moyen et à long terme.

Dans le monde, de nombreuses forêts risquent de subir les assauts répétés des modifications rapides du climat. Les processus écologiques et toutes sortes de communautés végétales sont déjà touchés. Comme il se situe au nord du continent américain, l'écosystème forestier du Québec pourrait être de ceux qui seront les plus perturbés par le réchauffement planétaire. On s'attend à ce que de nouvelles essences viennent chercher refuge dans cette province, mais aussi à ce que certaines autres qui s'y trouvent actuellement souffrent des nouvelles conditions climatiques locales, surtout dans la partie située à l'extrême sud de leur implantation actuelle. Cette étude s'appuie sur la modélisation de la répartition des essences pour prévoir les effets du changement climatique sur la potentielle future répartition des espèces d'arbres qui existent dans et autour de la province de Québec. Les résultats obtenus montrent que globalement, les modèles d'adéquation du biotope reproduisent correctement les répartitions d'essences observées à la fin du XXe siècle (période de référence : 1961-1990), avec une moyenne d'erreur de 13% pour les 120 essences prises en considération dans l'étude. Les projections à horizon 2100 indiquent que 14 essences sur les 49 répertoriées au Québec à la fin du XXe siècle pourraient ne pas arriver à s'adapter aux nouvelles conditions climatiques sur plus de 50% du territoire qu'elles occupent actuellement. La présence de certaines de ces essences comme le pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.), l'épicéa d'Amérique du nord (*Picea glauca* [Moench] Voss), le tamarac (*Larix laricina* [Du Roi] K. Koch) et le sapin baumier

(*Abies balsamea* [L.] Mill), risque même de fortement diminuer sur plus de 20% de leur aire de répartition actuelle (ce qui signifie que les futures conditions climatiques pourraient leur nuire suffisamment pour compromettre leur existence sur ces territoires). Cependant, dans la plupart des cas, étant donné la très grande diversité génétique intraspécifique des arbres, certains spécimens vont probablement résister et survivre, même dans des territoires où les futures conditions climatiques seront devenues hostiles à leur présence. À l'inverse, d'autres essences devraient être moins directement touchées par le changement climatique, car les projections indiquent que le climat de la fin du XXIe siècle sera au moins aussi favorable à leur présence que le climat de la fin du XXe siècle sur l'ensemble du territoire qu'elles occupaient pendant la période de référence. Exception faite du pin de Table Mountain (*Pinus pungens* Lamb.), ces 14 essences sont toutes des essences feuillues qui ne sont pas très répandues au Québec, mis à part l'érable rouge (*Acer rubrum* L.), qui est plus courant. De plus, d'ici la fin du XXIe siècle, 41 nouvelles essences pourraient trouver au Québec un milieu favorable à leur existence. Si elles parvenaient toutes à se stabiliser et à se développer sur ces nouveaux territoires, le nombre d'essences que compte la province pourrait pratiquement doubler d'ici la fin du siècle suivant. Mais ce chiffre est probablement surévalué, car il est peu probable que toutes ces essences soient capables de migrer dans cette zone aussi rapidement que des conditions climatiques favorables pour elles y feront leur apparition.

Ces résultats devraient guider les experts-forestiers dans leur choix des essences d'arbres à privilégier ou à planter dans les forêts du Québec pour s'adapter aux effets du changement climatique, tout en mettant en place une gestion forestière basée sur l'écosystème.



## Évaluer des options d'adaptation face aux sécheresses sous climat futur : apports de l'outil de calcul de bilan hydrique en ligne Biljou©

*Nathalie BRÉDA<sup>1</sup>, en collaboration avec André GRANIER<sup>1</sup>, Vincent BADEAU<sup>1</sup>, Damien MAURICE<sup>1</sup> (France)*

Le bilan hydrique en cours de saison de végétation explique les variations interannuelles de croissance, telles qu'elles sont observées en dendrochronologie, et des années caractéristiques positives ou négatives de croissance radiale sont étroitement dépendantes du contenu relatif en eau du sol. Les déficits hydriques extrêmes sont quant à eux systématiquement mis en cause lors des dépérissements forestiers majeurs enregistrés par le passé. Or dans le contexte d'évolution du climat, les scénarios climatiques pour la France convergent pour annoncer des anomalies de répartition saisonnière de pluviométrie et une augmentation de l'évapotranspiration potentielle. Toutefois, ces deux informations ne suffisent pas pour évaluer le risque d'aggravation de l'aléa sécheresse pour les forêts. En effet, passer de la météorologie à l'établissement d'un bilan hydrique du peuplement permet de mieux décrire les contraintes subies par les peuplements. Ainsi, la connaissance de la fréquence et de l'intensité des épisodes de sécheresse constitue un pré requis avant d'imaginer les options d'adaptation sylvicoles ou de choix d'essence : quelle intensité et quelle fréquence de sécheresse faut-il que le peuplement supporte ?

A partir d'une étude de cas dans une région ayant déjà connu des dépérissements de sapin de douglas attribués à des épisodes de déficits hydriques intenses, nous illustrerons comment utiliser Biljou©, outil de calcul en ligne de bilan hydrique forestier pour :

- calculer rétrospectivement la fréquence, la précocité et l'intensité des déficits hydriques subis par un peuplement donné,
- évaluer comment ce bilan hydrique pourrait évoluer sous climat futur,

- tester si une adaptation incrémentale par une sylviculture permettant d'ajuster l'indice foliaire serait suffisante pour éviter des dépérissements induits par sécheresse,
- tester si des options d'adaptation par transformation ou relocalisation des essences seraient efficaces pour réduire les risques de dépérissement et maintenir une croissance économiquement satisfaisante.

**Détail auteurs :** <sup>1</sup>INRA, UMR 1137 Ecologie et Ecophysiologie Forestières, F-54280 Champenoux (France)



## **Apport des simulations pour guider les décisions de gestion des forêts en contexte de changement climatique : un exemple tiré des forêts de montagne autrichiennes.**

*Manfred J. LEXER, Université des Ressources Naturelles et des Sciences de la Vie (Autriche)*

Réaliser des projections sur l'évolution future des forêts et sur l'apport des services écosystémiques dans un contexte de changement climatique est une condition préalable pour pouvoir prendre, en connaissance de cause, les bonnes décisions en matière de gestion forestière. Les propriétaires et les gestionnaires forestiers ont besoin d'une aide à la décision qui soit spécifique à l'endroit concerné. Pour pouvoir répondre à cette exigence, les gestionnaires forestiers peuvent utiliser eux-mêmes un modèle de simulation adapté, ou faire appel à un spécialiste. La première solution est rarement celle que les forestiers peuvent retenir, par manque de temps et de connaissances spécifiques. Mais celle qui consiste à faire appel à un spécialiste pose le problème de l'écart qui existe entre les outils disponibles dans les laboratoires scientifiques et l'utilisation concrète de ces outils.

Dans cette présentation, nous prenons l'exemple des Alpes autrichiennes, où un modèle d'écosystème forestier de pointe est utilisé pour étudier les possibles conséquences des différentes alternatives de gestion et des scénarios de changement climatique sur une unité d'aménagement. Cette présentation est plus particulièrement centrée (i) sur une rapide présentation du modèle de simulation d'écosystème PICUS, des informations dont il a besoin et des éléments qu'il peut produire, (ii) sur la manière dont les simulations sont initialisées avec des données d'inventaire et des informations provenant de sources de détection à distance disponibles immédiatement, (iii) sur la définition des scénarios de gestion en collaboration avec les experts-forestiers, (iv) sur la visualisation en 3D du paysage et du mode de développement simulé des forêts, et (iv) sur la comparaison quantitative des différentes alternatives de gestion.

Étant donné le nombre important de caractéristiques que les modèles qui existent peuvent produire, il faut faire attention à leur sélection, ainsi qu'à la compilation et à la communication des résultats de ces simulations, et en tirer des conclusions sensées et pertinentes sur le plan pratique. Les avantages et les limites de cette approche font actuellement l'objet de discussions, et l'on en tire des conclusions sur les possibilités d'amélioration.

## Session 2

# Comment se fait la mise en place de tests d'adaptation à l'échelle de systèmes de gestion ?

*Modérateur : Thierry CAQUET, INRA  
& Olivier PICARD, CNPF*



## **L'évaluation d'essences adaptées aux climats futurs : une étude de cas pour la gestion adaptative**

*Peter BRANG<sup>1</sup>, en collaboration avec Kathrin STREIT (Suisse)*

La hausse des températures prévue par les modèles climatiques régionaux est susceptible d'entraîner une remontée des ceintures de végétation de 500 à 700 m en amont d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle en Suisse. Le réchauffement attendu en un lieu donné sera probablement associé à une sécheresse estivale accrue. Les milieux forestiers et la composition des essences d'arbres seront profondément impactés par ces changements climatiques. À de nombreux endroits, les essences qui poussent bien actuellement pourraient ne plus être adaptées d'ici une centaine d'années. Elles seraient finalement remplacées par des espèces qui ne se trouvent pas encore là, ou qui poussent mal pour le moment.

Les experts-forestiers sont habitués à modifier la composition des essences. Recourir aux outils de sylviculture permettant d'atteindre ce type d'objectif (comme par exemple le fait d'effectuer des coupes de régénération, des plantations d'enrichissement et de prendre soin des jeunes pousses) est une pratique bien établie. Cependant, l'ampleur du remplacement nécessaire des essences crée de nouvelles difficultés. Il est impossible de remplacer massivement les espèces dans un pays où les forestiers comptent largement sur la régénération naturelle. De plus, planter implique de protéger du broutage et coûte donc cher, en particulier sur des pentes escarpées en montagne. Par conséquent, les forestiers essaient d'intégrer le remplacement des essences à des interventions sylvicoles régulières.

En Suisse, les recommandations spécifiques aux essences présentes sur un site s'appuient sur l'évaluation des facteurs environnementaux liés à la végétation et à la nature du sol. Nous sommes actuellement en train d'adapter ces recommandations aux futurs climats, à l'aide de la modélisation statistique de deux futurs climats distincts à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. Ces travaux s'achèveront à la fin de l'année 2017.

Ce qui reste flou, c'est de savoir si les "futurs" essences (celles qui seront adaptées aux futurs climats) peuvent déjà être introduites, et quels facteurs limitent leur survie, leur croissance et leur mortalité. De nombreux forestiers confrontés à ces questions sans réponses ont commencé à mener des expériences avec de "futurs" essences et à effectuer des petits essais, mais sans être suffisamment guidés. Par conséquent, nous lançons une initiative de recherche et de gestion forestière pour réaliser des essais de plantation d'essences dans les régions et les ceintures de végétation d'altitude, là où elles n'existent pas encore, mais où elles sont susceptibles de s'adapter, à l'avenir. Deux séries d'essais sont envisagées : 1) La première série sera basée sur un modèle d'essais strictement expérimental avec répétition statistique, et emploiera les gradients altitudinaux locaux. Elle se concentrera sur 5 à 10 espèces d'arbres et sur une suite fixe de provenances pour chaque essence. Les examens menés à partir de ces essais (mortalité, croissance, maladies) seront effectués selon des méthodes normalisées. 2) La deuxième série d'essais sera soumise à moins d'exigences et sera composée d'essais particuliers, qui s'attacheront en général à examiner un petit nombre d'essences/de provenances sur l'ensemble des essences/provenances pouvant présenter un intérêt pour les experts-forestiers. Ces essais seront moins intensivement étudiés et auront un potentiel limité d'inférence statistique, mais ils fourniront une preuve, obtenue par tâtonnement, de la réussite de la plantation d'un grand nombre d'essences/provenances sur différents sites, et pourront encore servir pour de l'apprentissage et de la formation au niveau local. Les essais seront également menés sur des essences allogènes, issues par exemple de la zone méditerranéenne, qui pourraient s'adapter dans des plaines. Au total, il est prévu que les essais concernent environ une centaine de plantations se trouvant dans toutes les ceintures altitudinales (des collines aux zones sub-alpines) et couvrant les plus importants massifs forestiers et l'ensemble des régions climatiques de Suisse.

Le projet d'essai de plantation est planifié sur 30 ans. La phase pilote (qui doit durer 1 an et demi) comprendra l'élaboration des essais et des prises de décisions concernant les essences/provenances, la répétition, les

régions tests et les paramètres de l'étude. Par ailleurs, les sites sur lesquels seront menés les essais seront répertoriés auprès des services forestiers cantonaux. L'ensemble du projet devrait constituer un précédent pour une gestion active d'adaptation au changement climatique , c'est-à-dire pour une approche de gestion qui applique différentes méthodes (ici par rapport aux essences/provenances), qui surveille leurs effets, et qui génère ainsi en continu de nouvelles connaissances, réduise les incertitudes et aide à prendre de meilleures décisions de gestion.

**Détail auteurs :** <sup>1</sup> Swiss Federal Research Institute WSL (Suisse)



## Évaluation de nouvelles ressources génétiques forestières pour l'adaptation : de projets précurseurs à la mise en place d'une organisation nationale

*Myriam LEGAY<sup>1</sup> et Cyril VITU<sup>2</sup>, en collaboration avec Brigitte MUSCH<sup>1</sup> (France)*

Du fait de la position biogéographique de la France, de nombreuses essences majeures de la forêt française paraissent menacées par le changement climatique sur une grande partie de leur aire. Aussi, en France plus encore qu'ailleurs, la réflexion des forestiers sur l'adaptation accorde une place importante à la recherche de nouvelles ressources génétiques forestières, qu'il s'agisse de faire migrer des provenances ou des espèces déjà présentes sur le territoire, ou d'en introduire de nouvelles.

Les difficultés sont cependant nombreuses : les connaissances sur la réponse des essences au climat sont très incomplètes et hétérogènes, et les forestiers ont rencontré de nombreux échecs lors des introductions passées. Quant à la migration assistée de provenances, elle est souvent évoquée sur un plan théorique, mais ses modalités pratiques de mise en œuvre restent pour l'instant très peu abordées.

Nous vous présenterons dans un premier temps deux projets précurseurs (parmi d'autres) qui ont fait avancer la réflexion sur le sujet – réflexion qui aujourd'hui est suffisamment mûre pour motiver l'élaboration d'un projet partenarial à l'échelle nationale.

Le premier de ces projets a été développé en région Lorraine, en partenariat entre le Centre Régional de la Propriété Forestière Grand Est (CRPF), et l'Office National des Forêts (ONF), avec des financements des services déconcentrés de l'État. Il a permis de mener une analyse de la vulnérabilité des peuplements forestiers, et de mettre en évidence deux contextes sylvicoles importants au plan régional, dans lesquels la vulnérabilité de l'essence principale et la difficulté de proposer des essences de substitution justifiaient d'entreprendre la recherche et le test de nouvelles ressources :

- Les chênaies hydromorphes
- Les hêtraies de plateaux calcaires

Après une recherche d'espèces potentiellement adaptées aux contraintes pédologiques et à un climat plus chaud, la mise en place d'un premier site expérimental a été entreprise. Nous esquisserons un retour d'expérience sur cette démarche riche d'enseignements.

Le second de ces projets a été initié par le Département Recherche, Développement et Innovation de l'ONF. Il s'inspire et s'appuie sur le réseau de conservation des ressources génétiques forestières des grandes essences françaises, constitué d'unités de conservation in situ réparties sur le territoire national pour échantillonner au mieux la diversité de ces espèces. Il comporte ainsi des unités conservatoires situées en limite d'aire de répartition, abritant potentiellement des ressources originales et intéressantes pour l'adaptation de l'espèce, mais aussi particulièrement exposées aux changements climatiques. Le principe de ce projet GIONO est ainsi de préserver ces ressources en implantant une copie des peuplements au cœur de l'aire de répartition et en même temps de mettre à profit cette démarche pour étudier les performances de cette ressource en cœur d'aire, en comparaison avec la ressource locale, pour étudier leurs comportements face au réchauffement du climat.

Grâce à ces démarches pionnières, et d'autres encore ici non décrites, la réflexion des forestiers français sur la recherche de nouvelles ressources génétiques a avancé, et nous sommes aujourd'hui en mesure d'élaborer un projet global, partagé et cohérent de test de nouvelles ressources pour l'adaptation des forêts métropolitaines aux changements climatiques. Associant un partenariat large (gestionnaires forestiers, instituts de recherche), et associant les parties intéressées (pépiniéristes forestiers privés, coopératives forestières, communes forestières, Département Santé des Forêts, etc.), la démarche est animée par le Réseau Mixte Technologique AFORCE. Elle s'organise en trois volets.

Le premier consiste à pérenniser, formaliser et outiller ce partenariat, notamment en négociant des accords de partage des données ou de

métadonnées, et en mettant en place des outils informatiques de partage de ces informations.

Le second s'attache à la valorisation du patrimoine existant, en améliorant la connaissance du patrimoine expérimental antérieur des partenaires, mais aussi en recherchant les introductions faites dans le cadre de la gestion passée, susceptibles de permettre des observations sur le comportement des espèces dans différentes conditions climatiques. Une telle démarche avait été initiée dans le cadre du projet lorrain, avec des résultats surprenants.

Enfin, le 3<sup>e</sup> volet s'attache à la conception et à la mise en place d'un réseau cohérent d'expérimentations nouvelles. Ce réseau sera structuré par rapport aux systèmes de production sur lesquels pèsent de forts enjeux d'adaptation. Il articulera différents types d'essais.

L'atelier international est pour nous l'occasion de vous présenter ce projet, et de recueillir avis et pistes de collaboration.

**Détail auteurs :** <sup>1</sup> ONF, Département Recherche, Développement et Innovation, <sup>2</sup> CRPF Grand est (France)



## La migration assistée au Canada et les outils pour aider sa mise en œuvre

*Dan Mc KENNEY<sup>1</sup>, en collaboration avec John PEDLAR<sup>1</sup> et Isabelle AUBIN<sup>1</sup> (Canada)*

La migration assistée (MA) comprends le déplacement par l'homme d'espèces à l'extérieur de leur aire de répartition traditionnelle vers des endroits climatiquement plus favorables à leur survie. Conçue à l'origine sous un objectif de conservation de la biodiversité dans un climat en changement—principalement le déplacement d'espèces menacées vers les pôles et vers les sommets—ce concept inclut maintenant une variété d'objectifs et taxons visés. Dans cette présentation, nous faisons un survol de quelques aspects particuliers de la MA dans le contexte des opérations forestières commerciales au Canada où l'objectif est de déplacer des populations à l'intérieur de leurs aires de répartition afin d'établir des plantations bien adaptées et productives. Nous décrivons brièvement l'évolution des différentes politiques de transfert de semences à travers le pays, en vue d'offrir une réponse adéquates aux changements climatiques.

Nous décrivons également plusieurs outils développés pour appuyer les initiatives de MA en foresterie. Par exemple, Seedwhere est une application web qui permet aux utilisateurs de visualiser la similarité entre le climat à un endroit particulier et le climat à travers une zone d'étude définie par l'utilisateur. Ceci permet aux utilisateurs d'identifier des sources de semences qui seraient compatibles aux climats projetés pour un site donné. Dans les dernières années, plusieurs modules ont été ajoutés aux fonctions de base de Seedwhere. Des données sur la provenance de plusieurs espèces commerciales arborescentes ont été utilisées afin de générer des « universal response functions » (URFs), qui permettent de prédire théoriquement la croissance d'une semence dans un site donné peu importe son origine. Ces fonctions ont été incorporées à Seedwhere afin d'effectuer des estimations plus précises de la croissance de semences de différentes provenances. Des variables économiques ont également été ajoutés afin de permettre aux utilisateurs d'estimer les coûts des décisions de plantation dans un contexte des changements

climatiques. Finalement, nous présentons des résultats de données d'essais de provenance qui suggèrent que des populations d'origine plus froide ont un potentiel significatif pour une meilleure croissance selon les projections climatiques futures tandis que des populations d'origine plus chaude auraient une croissance plus faible. Nous examinons comment cette variabilité spatiale peut être incorporée dans les programmes de régénération et de restauration afin de favoriser des populations qui sont à la fois locale à la plantation et résiliente aux changements climatiques. Ensemble, ces outils peuvent révéler les options disponibles aux décideurs en adressant les défis pratiques associés à la migration assistée.

**Détail auteurs :** Ressources Naturelles Canada, Service Canadien des forêts, Centre de Foresterie des Grands Lacs (Canada)



## Adaptation de la gestion des terres fédérales au changement climatique dans l'ouest des États-Unis

*Jessica HALOFSKY, University of Washington - School of Environmental and Forest Sciences, (États-Unis), en collaboration avec David L. PETERSON*

Aux États-Unis, les agences de gestion des terres fédérales commencent à intégrer le changement climatique à leur planning de gestion et à leurs opérations. Ces dernières années, les directives données dans les agences de gestion des terres fédérales y ont déclenché une effervescence au sujet du changement climatique. À partir de là, des partenariats entre des scientifiques et des gestionnaires ont été mis en place et ont favorisé la réalisation d'évaluations de vulnérabilité, ainsi que l'établissement de programmes d'adaptation de la gestion des terres, tant au niveau de la stratégie qu'au niveau des méthodes.

Le U.S. Forest Service gère 78 millions d'hectares, répartis en 155 forêts nationales et 20 prairies nationales. Les scientifiques et les gestionnaires des terres du Forest Service ont pour mission de réduire les effets du changement climatique sur les fonctions et les services écosystémiques. Nous avons lancé toute une série de partenariats entre des scientifiques et des gestionnaires pour renforcer les évaluations de vulnérabilité et l'adaptation au changement climatique sur les terres du Forest Service et du National Park Service dans les régions montagneuses de l'ouest des États-Unis. Un premier effort a été fait au niveau de l'Olympic National Forest et de l'Olympic National Park, qui a été suivi d'efforts encore plus importants au niveau sous-régional et régional au nord de la chaîne des Cascades dans l'état de Washington, au sud de la chaîne des Cascades dans l'Oregon, au nord des montagnes Rocheuses, et dans la région Intermountain qui comprend le sud de l'Idaho, l'Utah et le Nevada. Les différents partenariats étaient implantés sur un gradient climatique partant du climat maritime du littoral de l'état de Washington et allant jusqu'au climat de transition du nord de la chaîne des Cascades, en passant par le climat continental de la région Intermountain. À eux tous, ces projets concernaient 38 forêts nationales et 29 parcs nationaux.

Les objectifs de ces partenariats d'adaptation étaient de : (1) synthétiser les informations et les données publiées afin d'évaluer la vulnérabilité des principales zones de ressources, en examinant également les diverses utilisations de l'eau, les infrastructures, la pêche, la faune et la flore, la végétation, et les services écosystémiques, et (2) de développer des stratégies et des méthodes d'adaptation à caractère scientifique, destinées à limiter les effets négatifs du changement climatique et à accompagner le passage des systèmes biologiques à un climat plus chaud. Les scientifiques du Forest Service, d'autres agences fédérales et des universités ont effectué de|s synthèses à la pointe de la science concernant les effets du changement climatique sur diverses ressources, notamment sur l'hydrologie, la végétation, la faune et la flore, les poissons, la reproduction, les ressources d'élevage et de mise en culture, et les services écosystémiques. Les scientifiques et les gestionnaires ont travaillé ensemble pour identifier les impacts les plus importants sur la région concernée. Puis, à partir des premières évaluations de vulnérabilité, des stratégies et des méthodes d'adaptation ont été développées au cours d'une série d'ateliers pratiques de deux jours rassemblant scientifiques et gestionnaires. Les résultats des deux évaluations de vulnérabilité et des ateliers d'adaptation ont été indiqués dans des rapports techniques soumis à un comité de lecture.

Les stratégies d'adaptation destinées à accroître la résilience des écosystèmes par rapport au changement climatique étaient omniprésentes dans les régions, tout comme les préoccupations concernant la flore et la faune de haute altitude. Toutefois l'intérêt porté aux incendies et aux insectes comme facteurs de modification parallèles au réchauffement climatique augmentait dans les régions au climat plus continental, et plus particulièrement dans les régions situées dans l'ombre pluviométrique de la chaîne des Cascades et des montagnes Rocheuses. Dans ces régions, les stratégies et les méthodes d'adaptation étaient surtout centrées sur l'appauvrissement de la densité forestière et sur la nécessité de renforcer la résilience à la sécheresse et de réduire la gravité des incendies et des attaques d'insectes.

Les changements pouvant potentiellement se produire au niveau de l'hydrologie avec un climat plus chaud étaient également une préoccupation majeure des gestionnaires de ressources. Le manteau neigeux diminue dans l'ouest des États-Unis et le phénomène va se poursuivre, entraînant des débits de cours d'eau aux pics plus élevés, des inondations, et de l'érosion en hiver. La diminution du manteau neigeux occasionnera également des débits de cours d'eau plus faibles et une température des courants plus élevée en été. Une température plus élevée des courants sera un facteur aggravant de stress pour les saumons qui ont besoin d'habitats en eaux froides, et les espèces de poissons sensibles à la chaleur risquent de disparaître des rivières au niveau d'eau peu élevé. Retirer les barrières qui empêchent les poissons de passer et laisser pousser/protéger la végétation avoisinante pour apporter de l'ombre aux rivières étaient des stratégies d'adaptation courantes.

Globalement, ces efforts ont montré l'utilité des partenariats entre scientifiques et gestionnaires pour faciliter l'adaptation au changement climatique. Ces partenariats ont perduré dans le temps, même au-delà de la fin des premiers projets, en raison de l'effort qui avait été fait pour établir des relations et fournir des informations qui pouvaient être directement appliquées à la gestion. Les gestionnaires de ressources et la Direction des forêts nationales et d'autres territoires sur lesquels des projets ont été menés mentionnent toujours l'intérêt présenté par ces projets pour apporter une nouvelle vision de la gestion des ressources et pour nourrir la réflexion "climato-intelligente". Mais la mise en application des informations fournies par les évaluations et le contrôle de la vulnérabilité des ressources dans les forêts nationales et les parcs nationaux commence tout juste. Il faudra sans doute plus de temps pour que la gestion des ressources par rapport au changement climatique soit reconnue comme une norme et intégrée aux opérations menées par les différentes agences concernées. Nous prévoyons toutefois que l'évaluation des risques liés au changement climatique, parallèlement à l'étude d'autres menaces pour les ressources, deviendra pratique courante au fil du temps.



## Bilan hydrique des forêts : un guide pratique

*Sophie BERTIN<sup>1</sup> et Philippe BALANDIER<sup>2</sup>, en collaboration avec Céline PERRIER<sup>3</sup>  
(France)*

Depuis les années soixante-dix, de nombreux peuplements forestiers ont souffert de stress hydrique grave dû à des sécheresses récurrentes sous des températures extrêmes. Pour les peuplements existants, une question est de savoir si les pratiques sylvicoles pourraient aider à réduire les contraintes endurées par les arbres du peuplement ? En particulier, les gestionnaires pourraient-ils améliorer le bilan hydrique du peuplement par une gestion adéquate ?

Un groupe coordonné par le RMT AFORCE et composé de gestionnaires et de chercheurs a abordé cette question. Dans un premier temps, les questions posées par les gestionnaires en lien avec la gestion de l'eau dans les peuplements existants ont été inventoriées. Dans un second temps, un état de l'art a été fait par des chercheurs sur ce sujet particulier: ce qui est connu, inconnu, ou encore en débat. Enfin, les répercussions possibles sur la gestion des forêts ont été établies sur la base de ces connaissances scientifiques existantes, et ont été reliées aux questions inventoriées. Le processus a été itératif avec de nombreux échanges entre gestionnaires et chercheurs, jusqu'à ce qu'un consensus ait été trouvé.

Un guide pratique pour les gestionnaires forestiers a été édité. Il rassemble dans 10 chapitres les connaissances scientifiques et les implications potentielles pour la gestion dans 10 autres chapitres. Ce livre n'est pas une compilation de préconisations sylvicoles prêtes à l'emploi. En effet, les recommandations sont trop dépendantes de la station et du peuplement pour permettre de faire des préconisations sylvicoles générales. Au lieu de cela, le lecteur est encouragé à croiser différents types de questions et de connaissances scientifiques connexes pour construire sa propre stratégie de gestion forestière qui sera adaptée et appliquée à ses situations forestières locales. Cette démarche fournit des clés pour s'adapter à une pénurie potentielle d'eau dans un proche avenir. Toutefois, ce livre ne traite que des questions relatives à l'eau et la stratégie de gestion finale du

lecteur devra être un compromis entre différentes contraintes et objectifs. En complément de ce guide papier, un site web interactif sera bientôt disponible.

Détails auteurs : <sup>1</sup> EKOLOG, <sup>2</sup> IRSTEA, <sup>3</sup> CNPF (France)



## **La sylviculture irrégulière permet-elle de mieux préparer les forêts au changement global que la sylviculture régulière ?**

*Philippe NOLET, Université du Québec en Outaouais UQO-ISFORT (Canada), en collaboration avec Dan KNEESHAW, Christian MESSIER, Martin BELAND*

Avec la demande croissante de produits issus du bois, d'une part, et les différentes menaces liées au changement global, d'autre part, les forêts sont indubitablement sous pression. Les experts-forestiers doivent par conséquent garantir des pratiques qui répondent à cette demande grandissante, tout en préparant les forêts à ces menaces. Dans le monde entier, les forêts sont gérées selon une ou deux approches générales : les sylvicultures équiennes et inéquiennes. Malgré l'absence de documentation aboutie comparant les effets écologiques de ces deux approches, selon la croyance générale, la sylviculture inéquienne conserverait mieux la biodiversité et les processus écologiques, et préparerait donc mieux les forêts pour affronter le changement global.

Nous avons étudié plus de 70 documents du monde entier pour comparer les deux approches quant à leurs effets sur les espèces/la diversité structurelle et les processus. Même si les deux approches sylviculturales affectent ces éléments différemment, nous sommes parvenus à la conclusion que la sylviculture inéquienne ne montrait pas un avantage clair sur la sylviculture équienne en termes de conservation de la diversité et des processus biologiques. Il est nécessaire de mieux exploiter les conditions opposées induites par les sylvicultures équienne et inéquienne, grâce à une gestion adaptative active permettant d'approfondir nos connaissances des écosystèmes forestiers et des meilleures stratégies pour affronter les prochains défis du changement global.



## Transfert des résultats de la recherche sur le changement climatique à la gestion forestière - exemples dans le sud-ouest de l'Allemagne

Axel ALBRECHT, Institut de recherche forestière du Baden-Württemberg (Allemagne)

Dans une première partie, nous présenterons brièvement l'approche scientifique de la recherche sur le changement climatique appliquée aux forêts du sud-ouest de l'Allemagne. Cette approche consiste essentiellement à dynamiser deux critères importants pour l'écologie et qui concernent l'adéquation d'une essence forestière au changement climatique : 1) Le critère de stabilité d'une espèce d'arbre a des niveaux de mortalité modifiés à cause de perturbations, notamment à cause du risque de tempêtes, à cause de la sécheresse et de différents agents biotiques, et à cause des changements des probabilités d'occurrence exprimées par la modélisation de la répartition des essences. 2) Le potentiel productif d'une essence forestière, tel qu'exprimé par la productivité naturelle (i.e index site, Nothdurft *et al.*, 2012 ; Yue *et al.*, 2016) et économique (Hanewinkel *et al.*, 2012), est modélisé de façon dynamique comme une fonction du changement climatique.

Les **cartes d'adéquation** (Hanewinkel *et al.*, 2010 ; Hanewinkel *et al.*, 2012 ; Hanewinkel *et al.*, 2014) sont un premier résultat de ces efforts de modélisation : Conjointement à d'autres critères d'adéquation plus statiques, l'adéquation multicritère d'une essence forestière est cartographiée et sert ensuite de base à une planification forestière à long terme, surtout en ce qui concerne le choix des espèces d'arbres.

Les **cartes de vulnérabilité** (Hanewinkel *et al.*, 2012) constituent un second résultat obtenu grâce aux différentes tâches de modélisation : en exprimant essentiellement les aspects des risques sensibles au changement climatique pour les peuplements forestiers actuels, les perspectives de planification forestière à court et à moyen termes sont abordées en identifiant les peuplements forestiers les plus vulnérables qui

existent aujourd'hui et qui doivent être adaptés et aménagés en grande priorité.

**Deuxièmement**, en nous appuyant sur ces conclusions scientifiques, nous présenterons les mesures d'adaptation forestière les plus pertinentes qui sont déjà en train d'être mises en place. Ces mesures spécifiques à la gestion forestière font partie d'une stratégie d'adaptation intersectorielle définie par l'état de Bade-Wurtemberg (Ministerium für Umwelt Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2015). Parmi elles, on trouve à la fois des mesures concernant des aspects pratiques de la sylviculture et des mesures concernant la recherche. Ces mesures consistent par exemple à promouvoir la diversification des forêts, à développer des modèles de croissance sensibles au site et au climat, à réduire les objectifs de dimension des peuplements forestiers, à stabiliser les sols, à faire des efforts pour prendre en compte le déplacement des biomes afin de planifier la conservation, et à s'engager dans d'importantes missions concernant la transmission des connaissances et la formation au changement climatique et au potentiel d'adaptation.

L'ensemble des **mesures d'adaptation sylvicoles** commence par la phase de régénération des peuplements forestiers : une priorité forte doit être accordée aux forêts qui se régénèrent naturellement grâce aux avantages de la germination in situ pour la stabilité des jeunes végétaux. Toutefois, en l'absence d'essences adaptées au climat, l'introduction par plantation d'espèces adaptées sera inévitable. Au cours des phases de soins sylvicoles et d'éclaircissage précédant la commercialisation, les premières interventions doivent garantir d'avoir une diversité appropriée d'essences adaptées. En plus des effets potentiellement positifs de la complémentarité de la croissance des mélanges d'essences (Forrester *et al.*, 2013 ; Forrester and Albrecht, 2014 ; Forrester *et al.* 2014), des groupes d'espèces diversifiés permettent d'écarter les risques de mortalité qui peuvent être monospécifiques. Pendant la phase d'éclaircissage, la stabilité mécanique individuelle d'un arbre devra être améliorée en dégageant les arbres les plus susceptibles de rester le plus longtemps dans les peuplements forestiers. Cette mesure améliore l'enracinement et

l'alimentation en eau, ainsi que la résistance aux tempêtes. La valorisation de la diversité structurelle est une mesure efficace pour renforcer la vitalité et la croissance dans certaines conditions environnementales (Dănescu *et al.*, 2016), et pour améliorer d'une manière générale la résilience des forêts en leur permettant de mieux se régénérer. L'amélioration de la diversité structurelle des peuplements forestiers peut ainsi avoir plusieurs effets avantageux pour l'adaptation au changement climatique. Enfin, réduire les objectifs de dimension des essences d'arbres spécialement vulnérables au changement climatique est un moyen incroyablement efficace de limiter les éventuels dégâts. Cette mesure concerne plus spécifiquement les essences fortement menacées par les risques de tempêtes (épicéa, sapin pectiné, sapin douglas) et par les scolytes (épicéa), et peut être exécutée en réduisant les objectifs de diamètre ou d'âge de rotation pour ces essences sur les sites particulièrement vulnérables (Albrecht *et al.*, 2015). Cette mesure permet également au gestionnaire forestier de modifier plus rapidement les forêts en les composant et en les structurant avec des essences mieux adaptées au climat.

Pour finir, une mise en perspective sera effectuée qui parlera des incertitudes concernant les futures projections, des stratégies "sans regret" et des futurs sujets de recherche possibles, comme l'évaluation de l'adéquation des nouvelles essences forestières que l'on envisage de choisir et l'adéquation de leur provenance.

### Références bibliographiques

Albrecht, A. T., M. Fortin, U. Kohnle, and F. Ningre. 2015. Coupling a tree growth model with storm damage modeling – Conceptual approach and results of scenario simulations. *Environmental Modelling & Software* 69:63-76.

Dănescu, A., A. T. Albrecht, and J. Bauhus. 2016. Structural diversity promotes productivity of mixed, uneven-aged forests in southwestern Germany. *Oecologia*:1-15.

Forrester, D. I. and A. T. Albrecht. 2014. Light absorption and light-use efficiency in mixtures of *Abies alba* and *Picea abies* along a productivity gradient. *Forest Ecology and Management* 328:94-102.

Forrester, D. I., R. Guisasola, X. Tang, A. T. Albrecht, T. Dong, and G. le Maire. 2014. Using a stand-level model to predict light absorption in stands with vertically and horizontally heterogeneous canopies. *For. Ecosyst.* 1:1-19.

Forrester, D. I., U. Kohnle, A. T. Albrecht, and J. Bauhus. 2013. Complementarity in mixed-species stands of *Abies alba* and *Picea abies* varies with climate, site quality and stand density. *Forest Ecology and Management* 304:233-242.

Hanewinkel, M., D. Cullmann, and H.-G. Michiels. 2010. Künftige Baumarteneignung für Fichte und Buche in Südwestdeutschland. *AFZ - Der Wald*:30-33.

Hanewinkel, M., D. A. Cullmann, H.-G. Michiels, and G. Kändler. 2014. Converting probabilistic tree species range shift projections into meaningful classes for management. *Journal of Environmental Management* 134:153-165.

Hanewinkel, M., D. A. Cullmann, M.-J. Schelhaas, G.-J. Nabuurs, and N. E. Zimmermann. 2012. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Clim. Change* 3:203-207.

Ministerium für Umwelt Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. 2015. Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg - Vulnerabilitäten und Anpassungsmaßnahmen in relevanten Handlungsfeldern. Pp. 178.

Nothdurft, A., T. Wolf, A. Ringeler, J. Böhner, and J. Saborowski. 2012. Spatio-temporal prediction of site index based on forest inventories and climate change scenarios. *Forest Ecology and Management* 279:97-111, DOI: 110.1016/j.foreco.2012.1005.1018.

Yue, C., H.-P. Kahle, K. von Wilpert, and U. Kohnle. 2016. A dynamic environment-sensitive site index model for the prediction of site productivity potential under climate change. *Ecological Modelling* 337:48-62.



## **Projet ResilForMed : définir des protocoles pour le monitoring et des modèles de gestion sylvicole pour améliorer la résilience des forêts siciliennes face au changement climatique**

*Marcello MIOZZO, DREAM Italia (Italie)*

En 2012, la Commission européenne a financé un projet qui est toujours en cours de mise en œuvre en Sicile, en Italie, et dont l'objectif était d'améliorer les politiques forestières régionales grâce aux meilleurs modèles de gestion, afin de renforcer la résilience des forêts par rapport aux effets du changement climatique.

La Sicile possède un indice de zones boisées inférieur au reste de l'Italie, et sa situation géographique la rend extrêmement sensible et sujette à la désertification.

Le projet ResilForMed est cofinancé par l'initiative LIFE+ (2007-2014), il a démarré le 1<sup>er</sup> juin 2012 et doit s'achever le 30 juin 2017. Le consortium du projet est composé de : la Région Sicile, et plus spécifiquement de son antenne du Ministère de l'Environnement, de l'Agriculture et de la Forêt, du Département Gestion forestière et Agronomie de l'Université de Palerme, et de DREAM Italia.

Les principaux résultats du projet sont les suivants :

- la carte de vulnérabilité des forêts siciliennes à la désertification : cette carte a été obtenue en superposant la carte de la désertification (régulièrement actualisée par le Système d'information sur la forêt de la Région) et la carte régionale des forêts. La carte de vulnérabilité définitive fait ressortir 7 catégories de vulnérabilité comportant 3 seuils critiques. Elle a été établie à l'échelle 1:10 000 ;
- l'analyse des paramètres forestiers pour déterminer ces seuils correspondant aux zones minimales à traiter par des interventions sylvicoles : en commençant par le zonage des forêts régionales,

nous avons défini 6 surfaces expérimentales de plus de 4 000 hectares chacune. Les forêts sélectionnées se situent dans les secteurs géographiques des monts Sicanes, des Madonies, des Nébrodes, de l'Etna, du mont Calatino et enfin de Big Mountain sur l'île de Pantelleria. Une analyse diachronique a été menée pour l'ensemble de ces zones entre 1955 et 2013 pour avoir une interprétation des photos. Les forêts qui n'avaient pas varié au cours de cette période ont été analysées en prélevant 200 placettes d'échantillonnage dans 10 catégories de forêts courantes dans la Région. Cette analyse nous a amenés à définir les seuils minima des paramètres dendrométriques pour pouvoir vérifier, en cas d'intervention sylvicole, la stabilité de l'écosystème;

- le développement d'indicateurs ornithologiques pour évaluer la qualité de l'écosystème forestier : c'est un protocole de contrôle très complet du paysage forestier qui s'appuie sur des indicateurs ornithologiques, des espèces individuelles ou des groupes d'espèces, ou des indices de diversité spécifiques (37 indicateurs ont été définis). Après deux séries d'échantillonnage ornithologique, une réalisée dans des forêts vulnérables et l'autre dans des forêts stables, 21 indicateurs représentatifs ont été retenus pour évaluer l'évolution positive ou négative de la qualité de l'écosystème par rapport au risque de désertification ;
- la définition de 5 bonnes pratiques de gestion, avec 16 types d'interventions pratiques différents : les 5 meilleures pratiques ont été traduites en directives, qui sont actuellement publiées en italien et en anglais ;
- la réalisation de 16 types d'interventions sur un échantillon de forêt "exemple" de 100 hectares ;
- le développement de 6 Plans forestiers pilotes avec une approche participative pour la mise en œuvre effective d'une gestion forestière basée sur la résilience : au total, 2 500 hectares de terrains forestiers appartenant à l'État ont été gérés selon des

méthodologies mises au point dans le cadre du projet ResilForMed ;

- la formation du personnel du service régional des forêts, des séminaires et des journées d'information pour les principales parties prenantes régionales, auxquels ont participé 700 personnes au total ;
- l'intégration des résultats du projet au Plan forestier régional est l'opération la plus importante et la plus simple, elle est actuellement en cours. Les protocoles et les approches de contrôle, les directives et les méthodes de planification définis par le projet seront intégrés au Plan forestier régional.



## **REINFFORCE : un réseau de sites pilotes sur l'arc Atlantique dédiés à la recherche sur l'adaptation des forêts au changement climatique**

*Rebeca CORDERO, EFIATLANTIC (France)*

Le changement climatique ne se traduit pas uniquement par une hausse des températures et de la concentration de GES, il modifie également les régimes hydrologiques et éoliens, et entraîne la multiplication des événements climatiques extrêmes tels que les sécheresses, les tempêtes et les extrêmes de température.

Les conséquences sur les arbres peuvent être extrêmement nuisibles et entraîner la mortalité, des retards de croissance et la détérioration de la qualité du bois. Les parasites et les maladies peuvent tirer parti de ce nouveau climat en étendant leurs zones et en profitant des arbres diminués et affaiblis. Ils peuvent également modifier leur cycle naturel à cause de conditions climatiques plus favorables et dans certains cas, passer d'un statut endémique à un statut épidémique. Les forestiers ne peuvent plus simplement compter sur ce qui fonctionnait dans le passé pour déterminer ce qui fonctionnera dans le futur. Ils doivent acquérir une connaissance précise de la capacité des arbres à gérer les prochaines caractéristiques climatiques et anticiper une gestion optimale des futurs bouleversements liés au changement climatique.

Les scientifiques abordent l'impact du changement climatique sur les forêts et l'adaptation de celles-ci, au travers d'essais et de connaissances existantes. Ils s'appuient ainsi sur différentes approches telles que l'analyse de séries historiques, l'analyse en chambres climatiques et les enveloppes climatiques et la distribution réelle. Donc, même si les méthodes listées sont de grand intérêt dans l'analyse du changement climatique, **il semble essentiel de concevoir une infrastructure de recherche dédiée au changement climatique** et s'opposant à ces critiques.

Les experts-forestiers ont accès à des documents et des résultats scientifiques provenant de scénarios de simulation et de modélisation. Ils

connaissent les impacts potentiels du changement climatique sur les forêts et comptent sur l'aide de la science pour les gérer. Il est donc essentiel de répondre à certaines questions. Premièrement, les peuplements forestiers actuels resteront-ils capables de s'adapter à la hausse de température ; deuxièmement, les grilles de précipitations changeront-elles comme le prédisent les modèles climatiques ; troisièmement, allons-nous assister à une augmentation des événements climatiques extrêmes et enfin, comment pouvons-nous prévoir et gérer les conséquences de ces changements sur la faune entomologique ou sur la fréquence des feux de forêts ?

REINFFORCE contribuera de façon conséquente à répondre à ces questions grâce au **Réseau de sites pilotes**. Son principal objectif est de tester et de démontrer l'efficacité de différentes techniques de gestion adaptative.

Afin de définir le type de risques et les techniques de gestion alternative testées, une étude de documents scientifiques a permis de dessiner les principales menaces liées au changement climatique et susceptibles d'affecter la forêt, pour enfin proposer les meilleures techniques de gestion. Ces techniques ont été mises en place sur 41 sites spécialement conçus pour le réseau (ex. : zones vulnérables au climat) ; en utilisant aussi un contrôle climatique pour lier les différences observées sur le climat souffert par les sites (pour chaque site, un essai de routine permet de comparer les résultats).

Les options de gestion adaptative mises en œuvre dans ce réseau REINFFORCE sont multiples :

- préparation de site (ex. : différents types de labourage pour observer l'impact sur l'enracinement ; cela contribuera principalement à améliorer la stabilité),
- stratégie de gestion de densité pour réduire la compétition entre les arbres et pour voir si, lorsque l'eau devient rare, il est possible d'éviter les dépérissements ou les retards de croissance (cette stratégie suppose que le sous-sol soit contrôlé, elle est similaire aux stratégies de gestion du sous-sol),

- la gestion des lisières, permettant d'éviter l'usage de pesticides, créant une réserve de prédateurs et un masquage chimique ; elle peut également jouer un rôle dans l'augmentation de la résistance contre certains risques abiotiques tels que le vent et le feu,
- structure du peuplement et composition du peuplement ; on suppose que toutes les espèces d'un mélange d'arbres de différents âges et tailles ne seront pas affectées de la même façon par des conditions défavorables liées au changement climatique,
- la sécheresse, l'amélioration de la capacité en eau du sol est testée (ex. : en répandant du charbon végétal).

Pour tous les sites pilotes, les axes de travail et les options de gestion ont été définies conjointement, grâce à des études régionales sur les effets prévus du changement climatique et leurs conséquences possibles sur les principales espèces de production. Cependant, chaque site montre des caractéristiques propres, et ils sont traités différemment, au travers de leurs opportunités et problèmes locaux et régionaux spécifiques.

Toutes les données collectées à partir de ces essais peuvent être téléchargées depuis la base de données harmonisée FORESTRIALS, gérée par EFIATLANTIC et partagée avec les partenaires du réseau.

Certains essais de démonstration sont axés sur le support décisionnel. Ils offrent l'occasion d'observer, en pratique, sur site, comment appliquer certaines théories de gestion adaptative. L'effet de certaines de ces mesures étant hautement incertain, seules une surveillance à long terme ou la collecte de données à l'issue d'évènements climatiques extrêmes pourront fournir des informations permettant de tirer des recommandations. Cependant, l'innovation apportée par REINFFORCE repose également sur l'architecture de ce réseau européen, qui fournit une base solide à une approche mieux intégrée de la gestion des risques des forêts.



## **En quête de la robustesse : modélisation d'un portefeuille de réponses de peuplements forestiers sous différents scénarios sylvicoles, en contexte de menaces du changement global.**

*Frédéric DOYON, Université du Québec en Outaouais UQO-ISFORT (Canada), en collaboration avec Ph. NOLET, P. DONOSO, Ch. MESSIER*

Les forêts, en plus d'être soumises à des pressions accrues d'usage par la population humaine croissante, devront faire face à des conditions environnementales futures différentes de celles expérimentées par le passé compte tenu des changements globaux. Des transformations importantes des écosystèmes sont à prévoir, pouvant mener ceux-ci parfois vers des états stables nouveaux. Dans de tels cas, plusieurs biens et services dont les humains tirent des forêts pourraient ne plus être maintenus et ainsi engendrer des enjeux sociaux, économiques et environnementaux importants et de plus en plus complexes. La sylviculture constitue un outil privilégié pour réduire la vulnérabilité des forêts aux changements globaux si des objectifs d'adaptation sont explicitement intégrés aux autres objectifs de production et de protection.

Nous proposons ici une approche de sylviculture d'adaptation basée sur l'identification d'un portefeuille d'options sylvicoles en vue d'accroître la capacité d'adaptation des écosystèmes forestiers. Ce portefeuille est constitué d'alternatives tablant sur la résistance, la résilience et la facilitation de transition des forêts face à différentes menaces potentielles, et cela en considération des objectifs spécifiques de production et de conservation à maintenir. La modélisation à l'échelle du peuplement est utilisée pour évaluer ces alternatives en vue d'en évaluer leur robustesse à continuer à fournir les services écosystémiques attendus. Un exemple de peuplements au Québec (Canada) menacés par le changement climatique, l'augmentation de l'intensité et de la fréquence de la sécheresse, la maladie de l'écorce du hêtre, l'invasion du sous-étage du hêtre et les perturbations du chablis, est présenté. Des simulations de Monte-Carlo à

partir de la modélisation au niveau des peuplements sont utilisées pour évaluer les alternatives de traitement du point de vue de leur robustesse en continuant à fournir les services écosystémiques attendus dans le cadre de perturbations lentes et graduelles et d'autres, de nature stochastique (sensu Millar & Stephenson, 2015). Ces exemples nous obligent à revoir sous un angle nouveau la sylviculture telle que traditionnellement utilisée ainsi que ses fondements.

## Session 3

# Comment inciter des changements de pratique et en assurer le suivi ?

Modérateurs : Guy LANDMANN, GIP ECOFOR  
& Céline PERRIER, CNPF



## **Passer de la science à la pratique : transposition des expériences menées suivant les directives de gestion forestière intégrée à la mise en pratique des connaissances sur les changements climatiques dans la gestion**

*Marcus LINDNER, EFI international (Finlande)*

Notre compréhension des réactions des écosystèmes forestiers au changement climatique s'améliore, mais de très nombreuses incertitudes subsistent. Même si l'ampleur du réchauffement climatique peut être réduite, il est probable que les variations du climat et les phénomènes extrêmes, ainsi que les perturbations naturelles (tempêtes, incendies de forêt et attaques d'insectes) affecteront la résilience des forêts de manière inédite. Tout cela implique de modifier les méthodes traditionnelles de gestion des forêts. La gestion forestière adaptative va donc devenir un impératif pour gérer la forêt de façon durable. Comment adapter la gestion forestière aux changements du climat, aux phénomènes extrêmes, et aux régimes de perturbations ? Comment transposer dans la pratique des connaissances scientifiques souvent complexes ? Il est à l'évidence nécessaire d'améliorer l'aide à la décision basée sur des données probantes pour adapter les forêts au changement climatique. Différentes possibilités de la manière dont la gestion forestière pourrait renforcer l'adaptation au changement climatique ont été définies. La mise en œuvre de l'adaptation au changement climatique manque encore d'informations ("d'intelligence climatique") au niveau des prises de décisions en matière de gestion forestière.

Que pouvons-nous retenir des récentes expériences menées dans le cadre du projet INTEGRATE+ pour appliquer concrètement à la forêt et dans la pratique la compréhension scientifique de la gestion forestière intégrée ? Cette présentation montrera la manière dont les informations scientifiques concernant les effets de la gestion sur les valeurs de biodiversité et sur les valeurs économiques ont été transposées à la question de la forêt pour

guider concrètement les prises de décisions en matière de gestion forestière.

Nous tirerons alors plusieurs enseignements de cette expérience et présenterons les grandes lignes des interventions prévues dans le nouveau Programme de résilience de l'Institut forestier européen, afin d'améliorer la compréhension du climat pour avoir une gestion forestière adaptée qui s'appuie (i) sur la connaissance des conditions climatiques passées et futures, notamment la variabilité du climat, les phénomènes extrêmes et les variations des risques de perturbations, (ii) sur la compréhension de la modification de l'adéquation des essences et de leur vulnérabilité aux risques de perturbations, (iii) sur l'évaluation de la résilience des forêts et sur la compréhension de la manière dont elle peut être renforcée, et (iv) sur la connaissance des stratégies d'adaptation correspondant spécifiquement au milieu forestier local. Dans ce travail, il sera important de partager et d'échanger les expériences entre les différentes régions d'Europe. Tout cela contribuera à améliorer l'aide à la décision basée sur des données probantes en matière de résilience et d'adaptation des forêts européennes au changement climatique, afin de créer davantage de liens entre la science, les politiques mises en place et la pratique.



## L'adaptation des forêts au contexte actuel : outils, exemples et leçons tirés du nord-est des États-Unis

Christopher SWANSTON, USDA Forest Service - Northern Research Station (États-Unis)

La création d'outils et d'informations sur le climat destinés aux responsables de ressources naturelles s'est fortement développée ces dernières années, dans le but de faciliter l'adaptation au changement climatique. Cet investissement est utile, mais pourrait s'avérer encore plus efficace en accordant plus d'importance aux valeurs et objectifs des intervenants et en interagissant mieux avec eux. Le programme Climate Change Response Framework (CCRF ; [www.forestadaptation.org](http://www.forestadaptation.org)) couvre le Nord du Midwest et le Nord-Est des États-Unis. Il a été lancé en 2009, pour aider les individus à atteindre leurs objectifs quant à la gestion de leurs terres, tout en minimisant les risques climatiques. Les efforts du CCRF pour atteindre les objectifs de gestion représentent un changement subtil mais important. On s'intéresse plus aux individus et à leurs valeurs, qu'au changement climatique et à ses effets.

Avant la création du CCRF, nous avons consacré un an à la sensibilisation au changement climatique, au travers d'activités et de discussions avec les responsables des ressources, qui ont identifié quatre défis clés pour mener intentionnellement une adaptation climatique : 1. Le changement climatique est trop imposant et trop complexe ; 2. La recherche sur le climat n'est pas assez conséquente ; 3. Les réponses génériques sont insuffisantes ; et 4. Il n'existe pas assez d'exemples issus du monde réel. La communauté CCRF s'est attelée à relever ces défis en augmentant les capacités grâce à de vrais *partenariats*, en créant des *évaluations de vulnérabilité* collaboratives pour les gestionnaires de ressources, en créant des *ressources d'adaptation des forêts* flexibles et en encourageant les *tests d'adaptation*. Le programme Climate Change Response Framework est désormais mené activement dans 19 états du Nord du Midwest et du Nord-Est. Il implique des milliers de gens et plus de 125 organisations et a

permis la publication de six évaluations de vulnérabilité écorégionales par plus de 130 auteurs.

Le CCRF a développé un outil de planification climatique, l'Adaptation Workbook ([www.adaptationworkbook.org](http://www.adaptationworkbook.org)), un « cahier d'exercice » à utiliser conjointement avec les évaluations de vulnérabilité de l'écosystème et un « menu » varié de stratégies d'adaptation pour générer des actions d'adaptation spécifiques aux sites, qui remplissent les objectifs de conservation explicites du propriétaire terrien ou du gestionnaire de ressources. Ces outils ont été intégrés à un atelier de planification et de pratiques d'adaptation, qui dirige les organisations au sein de ce processus structuré de conception de stratégies d'adaptation pour leurs projets.

Cette approche a généré plus de 200 démonstrations d'adaptation intentionnelle sur des projets réels de gestion de terres fédérales, tribales, de comté, de conservation et privées. Dans chaque cas, les propriétaires terriens et les gestionnaires de ressources ont mené des actions d'adaptation reflétant leurs valeurs, besoins, contraintes et opportunités propres. Cette présentation prendra en compte les leçons tirées du passage de l'information à l'application, avec différents acteurs d'un paysage varié.



## Changement climatique et forêts : stratégies pour assurer une communication appropriée

*Kristina BLENNOW, Université suédoise des Sciences agricoles, Alnarp (Suède)*

L'utilisation des terres par les propriétaires fonciers et la manière dont ils réagissent au changement climatique sont absolument cruciales pour le climat, ainsi que pour la fourniture de produits et d'autres services écosystémiques, des avantages auxquels les gens accordent souvent de la valeur. En Europe, environ 50% des terrains forestiers sont des propriétés privées. (Pulla *et al.*, 2013). Par conséquent, la réaction conjointe au changement climatique dépend des décisions prises par un grand nombre d'individus (e.g. Blennow *et al.*, 2014a). (e.g. Blennow *et al.*, 2014a). Parce que le succès de leurs décisions dépend des informations sur lesquelles elles s'appuient, il est essentiel de communiquer efficacement.

Bien que les préférences et les perceptions relatives à l'aménagement du territoire diffèrent entre les groupes d'individus, le public est rarement autorisé à donner son avis sur la planification de l'utilisation des terres. Il est cependant important de tenir compte de l'opinion publique, pour des raisons de démocratie et de durabilité (Pappila and Pölönen, 2012). (Pappila and Pölönen, 2012). La durabilité d'une société démocratique dépend sans doute de sa capacité à créer ces conditions. À cet égard, des "approches paysage" ont permis de faire d'importants progrès et de venir à bout des insuffisances du secteur pour traiter des questions sociales, environnementales et politiques (e.g. Sayer *et al.*, 2013)(e.g. Sayer *et al.*, 2013). Pour communiquer efficacement, plutôt que de trop compter sur des approches collectives comme avec les groupes cibles, il faut prêter encore plus d'attention au décideur individuel (e.g. Merton 1987). (e.g. Merton, 1987).

La communication fonctionne à double sens. En conséquence, les connaissances spécialisées et les informations sur les besoins de l'interlocuteur doivent être prises en considération pour que la communication soit efficace. L'écart entre "ce que savent les décideurs" et "ce qu'ils doivent savoir" stricto sensu Fischhoff (2013) (Fischhoff, 2013)

doit être défini pour que la communication puisse être efficace. Cela vaut pour tous les décideurs, qu'il s'agisse d'un propriétaire forestier, d'un riverain, d'un conseiller ou d'un stratège.

Les décisions de gestion dépendent essentiellement de la manière dont les décideurs perçoivent les risques (e.g. Slovic, 1999 ; Blennow *et al.*, 2014b). (e.g. Slovic, 1999; Blennow *et al.*, 2014b). Les risques liés au changement climatique sont perçus différemment en Europe selon les endroits. Par exemple, ils sont ressentis moins fortement par les propriétaires forestiers privés suédois que par d'autres membres de la population suédoise (Blennow and Persson, 2009)(Blennow and Persson, 2009), et beaucoup plus faiblement que par les propriétaires forestiers privés en Allemagne (Blennow *et al.*, 2012)(Blennow *et al.*, 2012). Pour quelles raisons ? Les explications basées sur la réflexion cognitive et culturelle ont gagné en popularité ces dernières années (Kahan *et al.*, 2012). (Kahan *et al.*, 2012). Elles suggèrent que les individus ayant les plus hauts niveaux de connaissances scientifiques et les meilleures capacités de raisonnement technique n'ont pas nécessairement la plus forte capacité d'adaptation parce qu'ils restent polarisés sur la valeur (Kahan *et al.*, 2012). (Kahan *et al.*, 2012). Une étude récente sur la manière dont les propriétaires forestiers réagissent au changement climatique a toutefois montré que le pouvoir explicatif d'une formation universitaire surpasse de loin le profil de la valeur, et que la réflexion cognitive et culturelle a un pouvoir explicatif limité (Blennow *et al.*, 2016). (Blennow *et al.*, 2016). D'autres facteurs que l'éducation entrent également en ligne de compte. Les décideurs individuels peuvent recourir à diverses stratégies dans leurs prises de décision. Par exemple, l'effet de disponibilité implique que ce qui vient facilement à l'esprit, comme les expériences récentes, peut fortement influencer une décision (e.g. Tversky and Kahneman, 1973 ; Blennow *et al.*, 2012).

(e.g. Tversky and Kahneman, 1973; Blennow *et al.*, 2012).

Comment cela peut-il nous aider à mieux communiquer, à mieux planifier et à mieux formuler des politiques efficaces sur le changement climatique et les forêts ? Blennow *et al.* (2014b) Un cadre structuré des éléments

dont on a besoin a été proposé : informations sur les opinions et les désirs de toutes les parties, connaissance des stratégies de décision, situations caractérisées par l'ouverture d'esprit pour promouvoir l'apprentissage, éviter de prendre des risques connus, et examiner la répartition des risques et des avantages.

### Références bibliographiques

1. Blennow K, Persson J, Tomé M, & Hanewinkel M (2012) Climate change: believing and seeing implies adapting. *PLOS ONE*, 7(11):e50181. <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0050182> DOI: 10.1371/journal.pone.0050182
2. Blennow K, Persson E, Lindner M, Faias SP, Hanewinkel M (2014a) Forest owner motivations and attitudes towards supplying biomass for energy in Europe. *Biomass and Bioenergy*, 67: 223-230. DOI:10.1016/j.biombioe.2014.05.002
3. Blennow K, Persson J, Wallin A, Vareman N & Persson E (2014) Understanding risk in forest ecosystem services: implications for effective risk management, communication and planning. *Forestry*. 87:219-228. DOI: 10.1093/forestry/cpt032
4. Blennow K, Persson J, Persson E, Hanewinkel M (2016) Forest Owners' Response to Climate Change: University Education Trumps Value Profile. *PLOS ONE*, 11(5): e0155137. doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0155137>
5. Blennow, Persson J (2009) Clim. change – motivation for taking measure to adapt. *Global Environmental Change*, 19:100–104.
6. Fischhoff B (2007) Non-persuasive communication about matters of greatest urgency: Climate change. *Environ. Sci. Technol.*, 41:7204–7208.
7. Fischhoff B (2013) The sciences of science communication. *PNAS* 110(3):14033–14039.
8. Kahan DM, Peters E, Wittlin M, Slovic P, et al. (2012) The polarizing impact of science literacy and numeracy on perceived climate change risks. *Nature Climate Change*, 2:732–735.
9. Merton RK (1987) The focused interview and focus groups – continuities and discontinuities. *Public Opinion Quarterly*, 51:550-566.
10. Pappila, Pölönen (2012) Reconsidering the role of public participation in Finnish forest planning systems. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27: 177–185.
11. Pulla P, Schuck A, Verkerk PJ, Lasserre B, Marchetti M, Green T. *Mapping the distribution of forest ownership in Europe*. EFI technical report; 2013. p. 91.
12. Sayer J, Sunderland T, Ghasoul J, et al. (2013) *PNAS*, 110:8349-8356.
13. Slovic P (1999) Trust, emotion, sex, politics and science: surveying the risk assessment battlefield. *Risk Analysis* 19: 689-701
14. Tversky A, Kahneman D (1973). Availability: A heuristic for judging frequency and probability. *Cognitive Psychology*, 5: 207–232.



## **Quels enseignements les modèles multi-agents peuvent-ils apporter sur les processus de changements de pratique ? Exemple en Suède**

*Dr Victor BLANCO, Université d'Edimburgh (Royaume-Uni), en collaboration avec Calum BROWN, Sascha HOLZHAUER, Fredrik LAGREGREN, Gregor VULTURIUS, Mats LINDESKOG, Mark ROUNSEVELL*

Les conséquences qu'auront le changement climatique et la variation des demandes de services écosystémiques sur la répartition des forêts et sur les niveaux de services qui seront apportés sont assez incertaines. Malgré cette incertitude, l'adaptation est nécessaire pour faire face aux effets du changement climatique ou pour en tirer profit dans la gestion des forêts. On sait relativement peu de choses sur la manière dont les décisions d'adaptation parviendront à correspondre aux demandes de services écosystémiques dans un avenir qui reste flou.

Nous étudions l'adaptation au climat et les changements qui se produisent au niveau planétaire dans le domaine de la gestion forestière en nous servant de CRAFTY-Sweden, un modèle multi-agent (MMA) qui représente la dynamique d'utilisation des sols à grande échelle, et qui s'appuie sur l'offre et la demande de services écosystémiques. Les services sont fournis en fonction des objectifs, des préférences de gestion et d'autres caractéristiques comportementales des propriétaires terriens, car les prestataires se font concurrence pour pouvoir s'occuper des terrains, dans des conditions environnementales changeantes.

Le secteur de la gestion forestière suédois a été retenu pour en faire une étude de cas, en raison de son importance socio-économique et de sa sensibilisation aux questions de changement climatique et d'évolution de la planète. Les conséquences futures et l'adaptation au sein de ce secteur ont été simulées à partir de scénarios de changements socio-économiques (Shared Socio-economic Pathways) et de changement climatique (Representative Concentration Pathways, pour trois modèles de climat), entre 2010 et 2100.

Dans cette conférence, nous présenterons le modèle et les résultats de ces simulations afin de montrer comment des MMA peuvent renseigner une procédure de changement de pratique. Nous évoquerons en outre quelques différences et complémentarités entre ces modèles, et des approches plus traditionnelles relevant des sciences sociales.



## Le programme canadien Forest Change et les outils pour accompagner l'adaptation

*Dan Mc KENNEY<sup>1</sup>, en collaboration avec John PEDLAR<sup>1</sup> et Isabelle AUBIN<sup>1</sup>*

Le Service Canadien des forêts (SCF, Ressources Naturelles Canada) a développé un cadre national intégrant de l'information scientifique existante et nouvelle permettant une évaluation intégrée des enjeux associés aux changements climatiques pour le secteur forestier au Canada. L'initiative Changements forestiers<sup>1</sup> comprend le développement d'indicateurs des impacts des changements climatiques sur la forêt et le secteur forestier; l'implémentation d'un système de suivi des impacts; ainsi qu'une boîte à outils contenant de l'information et des outils facilitant les décisions opérationnelles, stratégiques et politiques.

Dans cette présentation, nous décrivons brièvement certains des outils maintenant disponibles ainsi que la direction de la prochaine étape du projet. Nous présenterons des modèles spatiaux climatiques qui couvrent l'Amérique du nord décrivant des moyennes à long terme, des modèles historiques mensuels et quotidiens ainsi que l'interpolation des scénarios climatiques futurs. Environ 600 000 couches de variables pertinentes à l'étude des impacts des changements climatiques et l'adaptation sont disponibles et sont utilisées dans un large spectre d'études<sup>2</sup>.

Un autre outil important est le site web Rusticité des plantes du Canada qui incluent des modèles du profil bioclimatique de ~3000 espèces<sup>3</sup>. Un outil semblable est en développement pour les insectes et pathogènes forestiers, contenant des modèles pour environ 1500 espèces. La sensibilité et la capacité d'adaptation des espèces ont été caractérisées à partir d'une approche par traits et utilisées afin d'informer les stratégies de gestion forestière. Ces connaissances ont été intégrées avec des prédictions biophysiques afin de générer des cartes qui communiquent des risques spécifiques sous un climat en changement (e.x. vulnérabilité à la sécheresse).

<sup>1</sup> <http://www.nrcan.gc.ca/forests/climate-change/forest-change/17768>

<sup>2</sup> <http://cfs.nrcan.gc.ca/projects/3>

<sup>3</sup> <http://planthardiness.gc.ca>

**Détail auteurs :** Ressources Naturelles Canada, Service Canadien des forêts, Centre de Foresterie des Grands Lacs (Canada)



## S'organiser en réseau pour la gestion des risques et des crises au niveau régional et international

Yvonne CHTIOUI, Institut de recherche forestière du Baden-Wurttemberg (Allemagne)

KoNeKKTiW<sup>3</sup> est un projet de "[Fonds pour le climat et la forêt](#)" financé par l'État. C'est une coopérative rassemblant des entreprises privées, des communes et des organismes publics propriétaires de forêts en Allemagne et en Autriche, dont la vocation est d'aider le secteur de la sylviculture à adapter les écosystèmes forestiers et les entreprises forestières au changement des conditions climatiques.

Ce réseau, en tant qu'initiative régionale, sert de point de départ et s'inscrit également dans le projet intitulé "[Les risques pour les forêts européennes](#)", mené par l'Institut forestier européen EFICENT. KoNeKKTiW permet de renforcer les compétences, la sensibilisation sociale et la gestion proactive des risques, de rassembler pour cela les connaissances dont on dispose et de les adapter pour les mettre en pratique. La présentation de la manière dont ce réseau est structuré et dont il fonctionne aura pour but de favoriser la mise en place d'une collaboration européenne.

## Références bibliographiques

Towards a European Forest Risk Facility. Executive Summary. Andreas Schuck, Alexander Held, Jo Van Brusselen and Marc Castellnou (eds.). FRISK-GO final report. 15p. European Forest Institute. 2015.

Towards a European Forest Risk Facility. Strategy and Business Plan. Andreas Schuck, Alexander Held, Jo Van Brusselen and Marc Castellnou (eds.). FRISK-GO final report. 95p. European Forest Institute. 2015.

---

<sup>3</sup> KoNeKKTiW est un réseau de compétences qui s'intéresse au changement climatique, à la gestion des risques et à la transformation des écosystèmes forestiers



## Quelles décisions de gestion prendre pour la sapinière de montagne face au changement climatique ?

Aurélien BARTHELEMY, Experts Forestiers de France (France), en collaboration avec Ph. GOURMAIN

Les experts forestiers, au nombre de 167 en France, sont avant tout des gestionnaires de forêts. Ils interviennent sur environ 1 000 000 d'ha de forêts privées. Reconnus pour leurs compétences techniques et leur indépendance, ils ont une obligation de conseil vis-à-vis de leurs mandants. Ils doivent donc proposer des itinéraires techniques et économiques même si le contexte est incertain.

Les gestionnaires sont habitués à l'incertitude des marchés du bois caractérisés, comme toutes les matières premières, par des fluctuations importantes. Pour y répondre, ils mettent en œuvre des stratégies opportunistes ou d'anticipation. Par contre, ils sont démunis face au changement climatique qui perturbe complètement leur référentiel. Pour autant, les massifs doivent être gérés, les décisions prises et mises en œuvre !

L'exemple de la sapinière du Piémont pyrénéen est riche d'enseignements. Ces peuplements sont situés à une altitude comprise entre 700 et 1600 m. Ils étaient gérés en futaie irrégulière mais faute de prélèvements suffisants, ils sont aujourd'hui dominés par les gros bois et très gros bois parfois très âgés. Ces sapinières ont été très impactées par la canicule de 2003 et les années de sécheresse qui se sont enchaînées jusqu'en 2010. Or, c'est ce type de séquence climatique que nous annoncent les climatologues. Les conséquences quasi immédiates ont été des phénomènes de dépérissement massif principalement sur les versants sud et rocheux.

Contrairement à ce que l'on observe sur le massif vosgien, les dépérissements sont très brutaux ce qui ne laisse que peu de temps pour exploiter les bois. Sur ces versants exposés, jusqu'à quatre coupes sanitaires ont été réalisées en 6 ou 7 ans. Dans certains cas les plus

critiques, il a été décidé de ne pas attendre une improbable régénération (pas de fructification sur ces vieux sujets en mauvais état sanitaire) et donc procéder à des coupes rases de 0.5 à 3 ha. Considérant que dans un contexte de changement climatique, le sapin pectiné n'avait plus sa place sur ces stations, les plantations ont été réalisées avec du cèdre de l'Atlas. Dans ce cas, la stratégie a donc consisté à anticiper une évolution inéluctable en changeant d'essence même si le choix est très limité. Il faut noter que quelques zones de très fortes pentes avec une concentration extrême de roches n'ont pu être reboisées.

Dans les stations un peu plus favorables sur lesquelles les dépérissements étaient significatifs mais plus diffus, il a été décidé d'accélérer la mise en régénération en prélevant un important stock de gros bois et très gros bois qui par ailleurs trouvent de moins en moins de débouchés. La stratégie dans ce cas a été de diminuer le risque en réduisant le stock et l'importance des bois les plus sensibles au dépérissement. Cette ouverture des peuplements s'est accompagnée des nécessaires travaux d'entretien de régénération (recépage ponctuel du noisetier et du buis). Par contre, très peu de plantations de trouées ont été effectuées à ce stade.

Sur les très bonnes stations (versant nord, fond de vallon), les dépérissements ont été peu nombreux et l'avenir des peuplements ne semble pas remis en question à moyen terme. Néanmoins, pour des raisons commerciales, les très gros bois ont été récoltés amorçant ainsi un processus de régénération lente. Les rares feuillus, hêtre et tilleul, ont été conservés car ils semblent améliorer la capacité de régénération du sapin. Sur ces stations, les gestionnaires ont misé sur la résilience du peuplement donc sa capacité à surmonter les périodes de stress climatiques.

### Que faut-il retenir de la gestion de cet épisode climatique ?

L'incapacité à prédire certaines évolutions ne doit pas tétaniser les gestionnaires. Au risque de se complaire dans l'immobilisme, il ne faut donc pas appliquer le principe de précaution sans un minimum de

discernement. Dans certains cas, il faut oser et donc prendre le risque de l'échec !

Face à l'incertitude, le dogmatisme n'a pas sa place. Le « tout résilience » ou le « tout plantation » ne sont pas des réponses crédibles face à ces phénomènes. Seul le pragmatisme, basé sur des observations de terrain, permet d'imaginer des solutions adaptées à chaque station.

Dans un contexte mouvant, ces solutions sont appelées à évoluer. Les décisions prises lors de cette séquence climatique ne seront pas celles qui seront mises en œuvre lors du prochain épisode. En effet, les forestiers bénéficieront de retours d'expérience (succès ou échec de leur propres plantations ou régénérations, résilience surprenante de certains peuplements, dégradation rapide d'autres peuplements...) et ils adapteront leur stratégie en conséquence.

En outre, des échanges entre forestiers publics et privés, entre gestionnaires et chercheurs se mettent en place. Ces échanges participent à l'amélioration de la connaissance. Ils peuvent aboutir à de petits guides très pratiques qui sans vouloir imposer telle ou telle méthode, proposent une grille d'analyse de ces phénomènes et une diversité de solutions.

Ces attitudes ne réduisent pas l'incertitude mais elles permettent de mieux l'appréhender et finalement de mieux la vivre au quotidien.

## Co-organisateurs et financeurs



Gouvernement  
du Canada      Government  
of Canada

Canada



EFIATLANTIC



Institut des Sciences  
de la Forêt tempérée



Relations  
internationales  
et Francophonie  
Québec

COOPÉRATION FRANCE-QUÉBEC

métropole  
GrandNancy

