

AFORCE
RMT Adaptation des forêts
au changement climatique



Institut des Sciences
de la Forêt tempérée

ATELIER INTERNATIONAL AFORCE 2017

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

ACTES de l'atelier

*8 et 9 mars 2017, à l'École Nationale
Supérieure d'architecture de Nancy (France)*



Source : M. DRIEU et M. IMMER, étudiants de l'école de Mirecourt

Les forestiers ont pris pleinement conscience de la nécessité de réagir rapidement et de façon concertée face à l'évolution du climat. Intéressés dans un premier temps à mieux comprendre les processus à l'œuvre, les forestiers ont commencé par étudier les impacts du changement climatique : ceux déjà perceptibles et ceux à envisager en fonction des différents scénarios d'évolution du climat et des sociétés. Les premières conclusions ont mis en évidence la nécessité d'améliorer les connaissances sur le fonctionnement des arbres et peuplements, de mettre en place des sites d'observation et de concevoir des outils de diagnostic pour caractériser leur état actuel et leur vulnérabilité potentielle. Quelques-uns de ces outils ont été présentés lors d'un premier atelier international organisé en 2014 par le RMT AFORCE. Il était consacré aux stratégies globales d'adaptation et plans d'action mis en place dans différents pays pour faire face au changement climatique.

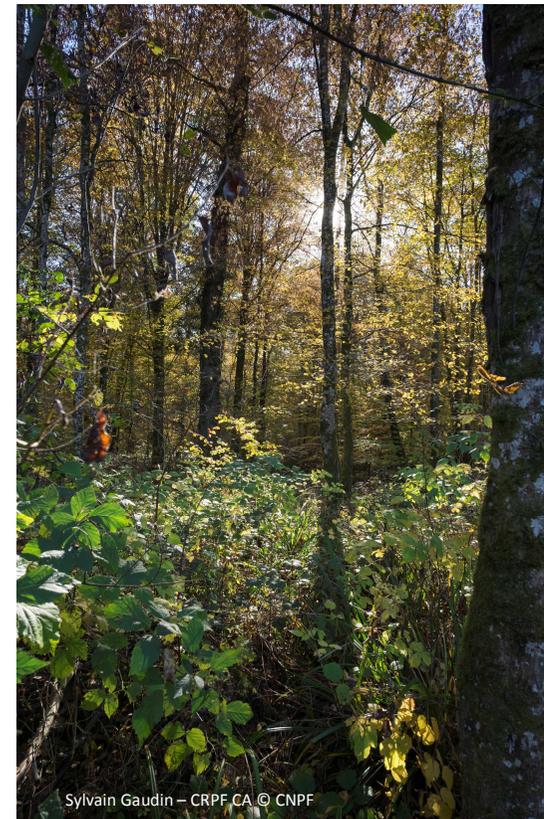
Le RMT AFORCE et l'Institut des Sciences de la forêt tempérée (ISFORT) de l'Université du Québec en Outaouais ont souhaité en 2017 se focaliser sur les nouvelles pratiques et mesures concrètes d'adaptation, depuis leur élaboration jusqu'à leur mise en œuvre. Il a organisé pour cela les 8 et 9 mars 2017, en collaboration avec AgroParisTech, le CNPF, EFIATLANTIC, l'INRA, le GIP ECOFOR, l'ONF, le consortium OURANOS et le Service Canadien des Forêts un nouvel atelier international sur le thème « Forêt et changement climatique : initiatives d'adaptation et nouvelles pratiques de gestion ».

L'atelier a eu pour **principaux objectifs** :

- **de partager des expériences d'accompagnement aux changements** : comment s'élabore le conseil, les recommandations d'action ? Sur quels outils de projection s'appuie-t-il pour explorer les futurs d'évolution de la forêt ? Comment accompagner au mieux leur diffusion ? Où en est-on de leur mise en application ? Comment se fait l'incitation au changement de pratiques ? Comment évaluer le succès de des démarches d'accompagnement mises en œuvre ?
- **de présenter des initiatives existantes de nouvelles pratiques mises en place par les gestionnaires** de forêts vulnérables ou susceptibles de le devenir : comment se fait la mise en place de ces actions d'adaptation à l'échelle des systèmes de gestion ? Les actions entreprises répondent-elles bien à la problématique ? S'inscrivent-elles dans un réseau ou sont-elles isolées ? S'appuient-elles sur un diagnostic ? Un suivi a-t-il été mis en place ?

Cette manifestation a réuni un public très varié de chercheurs en recherche appliquée, d'agents de développement, de conseillers forestiers, d'enseignants, de formateurs et de décideurs publics qui ont à intervenir sur les questions touchant à la forêt.

Les échanges de ces journées ont été retranscrits sous forme résumée dans ce document avec l'aide des étudiants de l'EPLFPA de Mirecourt (France), sous la direction de Jean-Michel ESCURAT, et ceux d'AgroParisTech (France), sous la direction de Mériem FOURNIER. Nous leur adressons tous nos remerciements pour avoir participé activement à cette manifestation.



Programme de l'atelier

JOUR 1 – mercredi 8 mars 2017

13h00 **Accueil café**

13h30 **Introduction**

*Olivier PICARD, CNPF-IDF et coordinateur du RMT AFORCE (France)
Frédéric DOYON, Université du Québec en Outaouais UQO-ISFORT (Canada)*

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

*Olivier PICARD, CNPF-IDF et coordinateur du RMT AFORCE (France),
Myriam LEGAY, ONF (France), Frédéric DOYON, Université du Québec en Outaouais UQO-ISFORT (Canada) et Céline PERRIER, CNPF et animatrice du RMT AFORCE (France), en collaboration avec Clément CHION*

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

Rita SOUSA-SILVA, Université of Louvain (Belgique), en collaboration avec Bruno VERBIST, Quentin PONETTE, Kris VERHEYEN, Bart MUYS

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

Jean-Luc PEYRON, GIP ECOFOR (France)

14h45 **SESSION 1 - Quels instruments pour explorer les futurs possibles ?**

Modérateurs : 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)

► **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 INRA (France), en collaboration avec André GRANIER, Vincent BADEAU, Damien MAURICE

► **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 Sciences Naturelles et des Sciences de la Vie (Autriche)

16h30 **Clôture JOUR 1**

18h00 **Cocktail**

JOUR 2 – jeudi 9 mars 2017

8h00 **Accueil café**

8h30 **SESSION 2 - Comment se fait la mise en place de tests d'adaptation à l'échelle des systèmes de gestion ?**

Modérateurs : Thierry CAQUET, INRA & Olivier PICARD, CNPF

Choisir les essences à planter

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

Peter BRANG, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL (Suisse), en collaboration avec Kathrin STREIT

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

Myriam LEGAY, ONF et Cyril VITU, CRPF Grand est (France), en collaboration avec Brigitte MUSCH

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

Dan Mc KENNEY, Ressources Naturelles Canada, Service canadien des forêts (Canada), en collaboration avec J. PEDLAR et I. AUBIN

Vers de nouvelles sylvicultures

- **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

- **Bilan hydrique des forêts : un guide pratique**

Sophie BERTIN, EKOLOG & Philippe BALANDIER, IRSTEA (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

10h40

Pause

- **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 Bade-Wurtemberg (Allemagne)

- **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)

- **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)

- **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

12h30

REPAS

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)

- **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)

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

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

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

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

Dan Mc KENNEY, Ressources Naturelles Canada, Service canadien des forêts (Canada), en collaboration avec J. PEDLAR et I. AUBIN

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

Yvonne CHTIOUI, Institut de recherche forestière du Bade-Wurtemberg (Allemagne)

► **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

Animation par les étudiants d'AgroParisTech et de l'EPLFPA de Mirecourt

Sous la direction de Mériem FOURNIER, AgroParisTech et de Jean-Michel ESCURAT, EPLFPA de Mirecourt (France)

Conclusion

Eric BATAILLE, ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (France)

17h00

Clôture JOUR 2

INTRODUCTION

Modérateur : Mériem FOURNIER, AgroParisTech

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

Olivier PICARD, CNPF-IDF et coordinateur du RMT AFORCE (France), Myriam LEGAY, ONF (France), Frédéric DOYON, Université du Québec en Outaouais UQO-ISFORT (Canada) et Céline PERRIER, CNPF-IDF et animatrice du RMT AFORCE (France), en collaboration avec Clément CHION, Université du Québec en Outaouais UQO-ISFORT (Canada)

Frédéric DOYON présente l'ISFORT (Institut des Sciences de la Forêt tempérée) situé dans l'Outaouais, au Québec. Il s'intéresse aux questions qui entourent l'écosystème forestier et les communautés qui en dépendent, avec comme question centrale celle de l'adaptation au changement climatique. L'institut est composé d'une douzaine de professeurs chercheurs et d'une trentaine d'étudiants.

Céline PERRIER présente le RMT AFORCE, réseau mixte technologique consacré à l'adaptation des forêts au changement climatique. C'est un réseau national français qui regroupe 15 partenaires de la recherche, des organismes de gestion, d'enseignement, et d'autres partenaires mettant à disposition leurs services comme par exemple, Météo-France. L'objectif est d'accompagner les forestiers dans leurs choix pour faire face au changement climatique et d'accélérer le transfert des connaissances. Le réseau organise donc de nombreux événements comme cet atelier et finance des projets dont l'objectif est de mettre à disposition des éléments de connaissance et d'aide à la décision pour les développeurs et, quand c'est possible (connaissances suffisamment avancées), des outils d'aide à la décision pour les gestionnaires.

Comment a émergé cette idée de collaboration entre la France et le Québec ?

Les motivations de Frédéric à travailler avec AFORCE sont venues après avoir constaté, lors de l'atelier international organisé en 2014 par AFORCE, à quel point les techniques différaient entre pays autour de cette question d'adaptation des forêts au changement climatique. Il a été surpris de constater l'avancée en France en ce qui concerne l'expérimentation de sylvicultures d'adaptation et l'expérience de migration assistée. Il a aussi apprécié l'innovation française à ses différents niveaux. Du côté d'AFORCE, le choix de travailler avec l'ISFORT s'explique par la présentation qu'avait faite Frédéric lors de cette même manifestation et qui mettait à contribution les propriétaires et les gestionnaires pour faire un travail de concertation autour de la question du changement climatique. L'ensemble des partenaires du réseau a pensé qu'il pouvait y avoir beaucoup à apprendre de l'ISFORT sur cela.

Quel était l'objectif du projet de coopération ?

Le projet de coopération France-Québec à l'origine de cette démarche d'atelier est financé par la Commission permanente de la coopération France-Québec de la direction France du ministère des relations internationales et de la francophonie du Québec, et par le Consulat général de France à Québec. L'idée est d'essayer de comparer les méthodes de transfert des connaissances pour guider l'adaptation des forêts au changement climatique. Les deux protagonistes souhaitaient comparer la manière dont se fait l'accompagnement des gestionnaires pour la prise de décisions, recenser les différents outils de la décision disponibles et enfin, apprécier le mode d'organisation des parties prenantes impliquées sur les questions d'adaptation et du transfert des connaissances, pour faire face à ce défi. Il y a eu deux tournées, l'une au Québec en mars 2016 et l'autre en France, en juin de la même année.

Qu'avez-vous fait lors de vos tournées ?

Le but des tournées était de permettre aux personnes invitées de bien apprécier l'organisation de la filière dans son ensemble, et autour de la question du changement climatique. Pour cela, les tournées ont été

organisées de manière à permettre la rencontre des différents acteurs clés investis dans le transfert des connaissances et de manière à découvrir certains projets particulièrement structurants et novateurs dans ce domaine.

- *Accueil de la délégation française au Québec*

L'ISFORT a mené la délégation française auprès d'une Agence régionale de mise en valeur des forêts privées et auprès d'un expert conseiller forestier pour voir avec eux comment ils intègrent la question du changement climatique dans le conseil et les travaux, et quelles questions ils se posent vis-à-vis de la gestion à mettre en œuvre. À savoir qu'au Canada, la question de la gestion des forêts est gérée au niveau provincial. Le deuxième arrêt s'est fait au Service Canadien des Forêts (gouvernemental) qui a développé au niveau national un programme nommé « Changements Forestiers » qui met à disposition de l'information sur le changement climatique, mais surtout toute une série d'outils (qui sont présentés lors de cet atelier). La délégation s'est ensuite rendue à Montréal pour rencontrer le consortium de recherche OURANOS, organisation structurant l'adaptation au Québec, tous secteurs confondus, dont le secteur forestier. La délégation française a pu apprécier l'avantage d'avoir dans la même organisation les spécialistes de la science du climat, les services de production de scénarios climatiques et les coordonnateurs de l'adaptation. L'accompagnement des partenaires qu'offre OURANOS et l'effet de synergie que sa coordination de la recherche génère en font une organisation très efficiente. En chemin, un arrêt a été fait dans une coopérative et sa filiale « Horizon multi-ressources ». L'étape suivante a mené la délégation à Québec, dans un premier temps au Service Canadien des Forêts pour rencontrer les chercheurs qui développent des outils très aboutis d'aide à la décision pour l'adaptation des forêts. Elle s'est rendue dans un deuxième temps à la Direction de la Recherche Forestière du Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs qui a accueilli le groupe en forêt de Montmorency, au nord de Québec, pour visiter des expérimentations de suivi des écosystèmes leur permettant de

comprendre comment le changement climatique influe sur le fonctionnement des peuplements. Enfin, la tournée s'est achevée à Montréal avec une entrevue avec la Fédération des producteurs forestiers du Québec qui a dressé un aperçu des profils de propriétaires forestiers et de la manière avec laquelle à leur échelle les questions d'adaptation pouvaient être considérées.

- *Accueil de la délégation québécoise en France*

Le parcours a débuté par une découverte en compagnie de l'équipe de l'Office National des Forêts de la forêt de Fontainebleau. Elle est considérée comme étant une « Forêt d'Exception ». Cette forêt accueille également une placette permanente de suivi des écosystèmes (RENECOFOR). Puis la délégation s'est rendue à Toulouse, pour rencontrer quelques représentants de Météo-France, et notamment des scientifiques travaillant sur la mise à disposition de scénarios climatiques auprès des professionnels et du grand public par le biais de la plateforme DRIAS. À Mazamet, la délégation a rencontré un groupe de propriétaires forestiers qui se réunissaient autour du projet EVAFORA mené par l'INRA, pour discuter de l'intérêt et de la faisabilité de différents itinéraires techniques modélisés. Ces modélisations ont pour particularité d'intégrer un bilan carbone. L'étape suivante a mené le groupe au centre INRA de Pierroton, près de Bordeaux, à la fois pour rencontrer des généticiens et pour apprécier leurs travaux sur le thème, mais aussi pour découvrir un dispositif en forêt autour de la prévention du risque lié aux ravageurs par l'utilisation de la biodiversité. Cette journée s'est achevée par une rencontre avec la coopérative forestière ALLIANCE Forêt Bois qui a témoigné de la manière dont eux, en tant que gestionnaires, intègrent le changement global. Suite à cela, la délégation est remontée près de Niort pour échanger avec le Centre Régional de la Propriété Forestière sur les actions de conseil menées localement et pour visiter un arboretum du dispositif européen REINFFORCE, réseau installé sur la façade atlantique permettant de tester l'introduction d'essences et de provenances, mais aussi quelques tests de sylvicultures d'adaptation innovantes. La tournée s'est achevée sur Orléans avec une rencontre multipartenaires, pour

aborder des questions d'amélioration génétique et de sylviculture, puis avec une visite chez un propriétaire forestier pour voir comment il faisait chez lui pour intégrer les outils mis à sa disposition et mettre en place de nouvelles sylvicultures.

Qu'avez-vous retenu des forêts que vous avez découvertes ?

Particularités de la forêt québécoise

Au Québec, la forêt couvre 76 millions d'hectares. Il s'agit pour trois quarts de forêt boréale et pour un quart de forêt tempérée. La productivité est faible et l'accroissement est peu élevé. Il y a une possibilité de prélèvement de 43 millions de mètres cube pour un niveau de récolte réelle à 26 millions de mètres cube. La forêt est à 90% publique et a visée de sciage, pâte et papier, déroulage, placage, cogénération et énergie. Il y a une présence importante d'autochtones, problématique majeure au Canada, qu'il faut prendre en compte pour la gestion. La forêt privée concerne seulement 10% des surfaces, mais elle représente 20% de la production de bois de la province. Elle est répartie de façon morcelée dans la province, tout comme en France. On compte 34 000 plans simples de gestions pour 134 000 propriétaires. Parmi les usages, les produits d'érable constituent 31% des usages et le sciage et les pâtes en constituent 54%.

Particularités de la forêt française

La forêt française est à 75% privée. Elle est composée à majorité de feuillus, dominée par le chêne. Elle connaît une grande variété de climats, à l'exception du climat boréal. Ces climats s'accompagnent de différences au niveau des forêts, au niveau du stock de bois sur pied par exemple.

Quels sont les impacts du changement climatique déjà perceptibles dans ces deux pays ?

Au Québec, on constate une fréquence de coups de chaleur plus élevée augmentant notamment le risque d'incendies. Apparaissent de nouvelles maladies, et de nouveaux ravageurs. La maladie corticale du hêtre se développe en raison du réchauffement. Des insectes comme la Spongieuse ou le Puceron lanigère de la pruche proviennent des États-

Unis. Les questions de gel/dégel sont cruciales en ce qui concerne la production de sirop d'érable : l'augmentation des extrêmes climatiques impacte fortement les productions.

En France, il y a une modification de la végétation et un changement de productivité. Il y a une augmentation de la fréquence et de la durée de périodes de sécheresse à l'exemple de 2003 causant d'importantes mortalités, une augmentation du risque incendie, et un fort risque de crises tempêtes / ravageurs.

Comment les professionnels se mobilisent-ils pour y faire face ?

Au Québec, OURANOS coordonne les différents secteurs, et propose divers outils aux différents acteurs selon leurs besoins spécifiques. Il y a également un programme mené par le Service Canadien des Forêts « Changement forestier » qui est géré au niveau fédéral. Un plan d'action gouvernemental vise à coordonner ce qui se passe dans les différents ministères, le développement de transfert de formation. En France, au niveau de la recherche, l'INRA qui a mis en place le métaprogramme ACCAF (Adaptation de l'Agriculture et de la Forêt au changement climatique). Il organise la collaboration entre départements pour traiter des changements climatiques dans leur ensemble et gère le financement de projets sur cette question. Le GIP ECOFOR (Groupement d'Intérêt Public) s'investit dans l'animation et la coordination de programmes de recherche sur le sujet et assure un recensement des projets. A l'échelle du développement et de la gestion, le CNPF et l'ONF ont mis en place des démarches internes d'accompagnement des conseillers, aménagistes et gestionnaires. Tous sont investis dans le RMT AFORCE qui travaille à accélérer le transfert des connaissances et leur transcription en outils pratiques.

Comment est perçu aujourd'hui le changement climatique par les propriétaires forestiers ?

Au Québec, on assiste depuis plusieurs années à une mutation sociologique des propriétaires. Cela se manifeste par un transfert vers la ville des propriétaires de terrains boisés avec en conséquence moins d'agriculteurs et plus de cols blancs et de cols bleus. Leur préoccupation

n'est plus en premier lieu la production de bois, mais plutôt la récréation. Ces propriétaires semblent tout de même vigilants sur l'état de leur forêt, ayant connu les chablis, les ravageurs et maladies. Et ils font de l'adaptation réactive plutôt que de l'adaptation préventive pour reprendre les termes de Frédéric.

En France, ce qui intéresse les propriétaires, c'est le maintien de leur patrimoine familial. La forêt est perçue comme étant un lieu de détente, l'aspect économique venant après. Il a été ressenti une prise de conscience des propriétaires à la suite de la sécheresse de 2003. Ils sont aujourd'hui globalement plus vigilants à l'apparition d'insectes, de champignons, etc.

Quels sont les projets qui vous ont le plus marqué lors de vos deux tournées ?

Pour le Québec, le premier projet présenté est une démarche de modélisation et d'accompagnement à travers les « jeux sérieux ». Une modélisation socio-écologique est réalisée sur un territoire ayant plusieurs usages. La technique utilisée est une technique française de Michel Etienne qui implique l'organisation d'un atelier ARDI pour les acteurs d'un même territoire ayant des intérêts croisés. Cette technique permet de caractériser la dynamique locale, de mieux comprendre les enjeux et par quel biais ou mécanismes, il peut y avoir des freins à la mise en place de mesures d'adaptation. La plateforme de jeux sérieux est construite sur ce système où plusieurs acteurs vont interagir ensemble face à des scénarios de gestion et vont devoir ensemble développer des mécanismes décisionnels pour s'adapter à des changements soudains ou graduels. Le but est de voir si les acteurs prennent la bonne ou la mauvaise décision. Le deuxième projet présenté se nomme « Forêt s'adapter ». Il vise à développer la sylviculture d'adaptation, et veut évaluer la capacité d'adaptation d'espèces pour pouvoir développer une sylviculture qui allie la résilience, la résistance et la facilitation à la transition. Selon les informations du diagnostic sur la capacité d'adaptation ils veulent développer une sylviculture qui sera testée et mise en place pour en évaluer l'aspect socio-économique.

Pour la France, le projet présenté est le projet EVAFORA. Il consiste, à partir de simulations faites avec des modèles de croissance de peuplement sur le pin maritime et le douglas, à comparer différents itinéraires techniques sur le plan de la productivité, du bilan en eau, du bilan de CO₂, etc. L'objectif est d'évaluer l'impact du changement climatique sur ces itinéraires. Ils sont confrontés à des groupes de propriétaires forestiers pour voir leur réaction et tester leur faisabilité. Les discussions qui en résultent permettent d'apprécier sur quoi ils seraient prêts à bouger pour atténuer ces changements.

Comment accompagner les forestiers face au changement climatique ?

En forêt privée au Québec, ce sont les Agences de mise en valeur qui sont responsables de coordonner les activités d'aménagement. Elles peuvent varier fortement d'une agence à l'autre. Des outils pour aider à la décision sont disponibles mais l'accompagnement à leur utilisation est encore insuffisant. Par ailleurs, le défi d'aménagement des forêts fait peur, notamment en raison de l'échelle de travail : en forêt publique les unités d'aménagement forestier (UAF) font entre 100 000 ha et 1 000 000 ha... Même si un travail conséquent a été engagé pour caractériser les vulnérabilités, un réel sentiment d'impuissance se fait sentir face à l'ampleur de la tâche.

En France, se met en place progressivement une adaptation à deux échelles, au niveau national des recommandations générales et des outils sont produits dans le cadre du RMT AFORCE. Un effort est fait pour essayer de prendre connaissance des besoins, de les analyser, et de s'appuyer sur les travaux de la recherche afin d'y répondre. Puis, à l'échelle locale, des réseaux de correspondants se mettent en place avec une connexion qui se fait avec l'échelle nationale pour s'approprier les outils et les adapter aux problématiques locales. Les acteurs et conseillers locaux en charge de la décision font aussi remonter leurs constats et besoins.

Plusieurs idées de collaborations ont vu le jour à l'issue de cet échange. Cet atelier en est une ! Il a aussi été évoqué la conception d'un réseau de parcelles de démonstrations d'expériences de sylviculture d'adaptation,

le développement d'approches de simulation participative à d'autres cas types et le renouvellement d'une telle comparaison inter pays.

En conclusion, plusieurs pistes d'évolution sont évoquées. Pour le Québec, les démarches mutualisées telles qu'AFORCE associant recherche, forêt privée et forêt publique sont considérées comme étant d'un grand intérêt. Il serait intéressant de développer des démarches comparables, permettant de faire dialoguer recherche et gestion. La conjugaison des enjeux d'adaptation et d'atténuation est évoquée pour les deux pays comme étant une problématique majeure. Pour la France, la modélisation de la vulnérabilité devient prioritaire. La mise en œuvre d'une organisation de la recherche comparable à OURANOS pour les questions climatiques serait une aide précieuse. Enfin, les approches de co-construction de solutions d'adaptation avec les praticiens sont encore trop peu nombreuses. La démarche de jeux sérieux est exemple inspirant.

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

Rita SOUSA-SILVA, Université de Louvain (Belgique), en collaboration avec Bruno VERBIST, Quentin PONETTE, Kris VERHEYEN, Bart MUYS

La présentation consiste à rendre compte des résultats d'une enquête réalisée auprès de propriétaires et gestionnaires forestiers de 7 pays européens : France, Slovaquie, Belgique, Estonie, Portugal, Pays-Bas et Roumanie. L'objectif de cette enquête était d'étudier la manière dont ces acteurs perçoivent chacun dans leur pays, les effets du changement climatique et le rôle de la gestion de leur forêt face aux évolutions du climat.

Les personnes interrogées ont été choisies parmi les acteurs de la forêt publique et privée. Il y a eu plus de 1 100 réponses au questionnaire de l'enquête. Belgique, Roumanie et France sont les 3 pays ayant apporté le plus grand nombre de réponses.

Perception des changements climatiques en Europe et expérience des changements

Les résultats de l'enquête indiquent que 91 % des personnes interrogées croient au changement climatique et parmi eux 74 % pensent que les activités humaines en sont la cause. Parmi les personnes qui croient au changement climatique, 55 % en ont expérimenté les conséquences d'une façon ou d'une autre, 71 % s'attendent à en expérimenter prochainement les conséquences et 36 % font leur possible pour s'adapter.

Parmi ceux qui l'ont expérimenté, il s'agit pour :

- 33 % de tempêtes et sécheresses ;
- 24 % de vagues de chaleur ;
- 18 % de précipitations extrêmes ;
- 5 % de gels précoces et/ou tardifs ;
- 3 % de tempêtes de neige et de vagues de froid.

Prise de conscience des impacts liés aux changements climatiques

Pour les personnes interrogées, les impacts à prévoir sur les forêts sont :

- 69 % événements climatiques extrêmes ;
- 60 % insectes et maladies ;
- 55 % changement en composition d'essences des forêts ;
- 12 % changement de fertilité des sols et de croissance des arbres.

Différences de prise de conscience des nécessités d'adaptation

En moyenne, 54 % des personnes interrogées ont conscience des nécessités de s'adapter. Seuls 36% ont effectivement mis en œuvre des mesures d'adaptation. En France, ce pourcentage passe à 50 %.

Parmi les mesures d'adaptation pouvant être mises en œuvre, les personnes interrogées citent en priorité le choix des espèces (planter des espèces mieux adaptées et promouvoir la régénération naturelle). Ils citent en deuxième position : « promouvoir les peuplements mixtes, mettre en place un suivi des dégâts, et changer les durées de révolution et les techniques de récolte ».

Les éléments qui empêchent les personnes interrogées d'anticiper les changements climatiques sont principalement un besoin de plus de connaissances techniques (19 %).

Parmi toutes les aides possibles, les personnes interrogées auraient surtout besoin d'une incitation financière (49 %) pour passer à l'action et de plus de sensibilisation (41 %), de plus d'information (39 %) et d'une assistance technique (33 %). Seul 1 % considère que lutter contre les changements climatiques n'est pas essentiel.

En conclusion, le milieu forestier est majoritairement informé des possibles impacts prochains des changements climatiques mais il demande à être conseillé et soutenu pour y faire face. Il est donc nécessaire d'apporter une aide aux professionnels, que ce soit en matière d'information, de conseils techniques adaptés localement ou de mesures incitatives. Le transfert des connaissances doit ainsi être soutenu pour que les nouvelles connaissances alimentent les réflexions sur le terrain et viennent guider progressivement les gestionnaires dans leur choix.

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

Jean-Luc PEYRON, GIP ECOFOR (France)

Quels changements climatiques ?

Les changements climatiques sont aujourd'hui reconnus comme étant une réalité et sont acceptés par la plupart. Nous savons donc qu'il faut revoir la gestion forestière dans ce nouveau contexte. L'enjeu est qu'il y a beaucoup d'incertitudes sur l'amplitude de l'évolution du climat et sur la vitesse de ce phénomène. Les scientifiques du GIEC¹ ont proposé pour le 5^{ème} rapport (AR5), sur la base des recommandations de la communauté scientifique, quatre scénarios de référence possibles de l'évolution du forçage radiatif sur la période 2006-2300 dont :

- **RCP² 2.6** (le plus favorable), qui peut être considéré comme une utopie car le réchauffement ne va pas s'arrêter maintenant.
- **RCP 4.5** (relative stabilisation en 2050) qui représente l'évolution maximum possible sans trop de dégâts.
- **RCP 8.5**, le plus pessimiste, qui conduit à une augmentation des températures moyennes annuelles de +12°C en 2100.

Quels types de conséquences pour les forêts ?

Il peut y avoir plusieurs conséquences dues aux changements globaux pour les forêts. Il va, à coup sûr, y avoir des variations de production car plusieurs effets opposés vont survenir. Par exemple, le fait qu'il y ait une plus grande concentration de CO₂ dans l'atmosphère va booster la photosynthèse et par voie de conséquence, la production de bois. Cependant, à cause de cette augmentation de concentration, la température va augmenter entraînant des invasions d'insectes ravageurs et de pathogènes, et un assèchement des sols, ce qui va provoquer une perte de production. Même dans le meilleur des cas, la proportion de certaines essences tendra à diminuer sous l'effet de ces évolutions.

¹ Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

² Representative Concentration Pathway

Quelle(s) adaptation(s) ?

La sylviculture va devoir être en partie repensée à la lumière de ces évolutions. Il est indispensable d'agir vite en essayant d'anticiper au mieux les changements de façon proactive afin de pouvoir prévenir les possibles impacts négatifs. Tout cela doit se faire sans viser un traitement unique en pensant avoir la solution : il y a trop d'incertitudes pour prendre le risque de s'enfermer dans une seule idée. Diversifier ses réactions est la solution. Une partie de l'action sera sur la base du volontarisme : il ne faut pas attendre d'avoir des certitudes pour agir. Les forestiers travaillent de concert aujourd'hui à identifier les options de gestion possibles afin d'offrir un éventail de choix aux propriétaires, ajustables en fonction de leurs objectifs propres.

Dans tous les cas il va falloir, pour les forestiers comme pour le grand public, s'adapter à ces changements. Comment limiter les risques tout en restant dans une logique de gestion durable, de préservation de l'état boisé et de maintien de la production de bois ? Les acteurs de la recherche et du développement, les chercheurs, les conseillers, mais aussi les décideurs, ont tous un rôle important à jouer pour aider à mieux s'adapter. Il va falloir utiliser les outils à notre disposition, comprendre, mesurer, communiquer, démontrer, argumenter, dialoguer avec les propriétaires et gestionnaires pour les convaincre d'agir et pour être capable de suivre les évolutions.

Quels scénarios pour le futur après l'accord de Paris ?

Les objectifs internationaux visés par l'accord de Paris correspondent approximativement au scénario RCP 2.6. Si on considère les réels moyens qu'envisagent actuellement de mettre en œuvre individuellement les États (INDC³), ils ne permettent pas d'atteindre ce scénario, mais plutôt le RCP 4.5. Il est donc encore très probable que nous nous engagions sur des courbes d'évolution du climat peu optimistes auxquelles il faut nous préparer. En tant que forestiers nous avons une responsabilité dans l'avenir des forêts et devons connaître tous les tenants et aboutissants pour ne laisser aucune hypothèse de côté.

³ Intended Nationally Determined Contributions

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)

Cette présentation a pour objectif de restituer une partie d'une étude réalisée en 2009 dont le but était de modéliser l'évolution de la répartition des espèces forestières sous l'effet des changements climatiques au Québec (Canada) et d'appréhender l'effet de la composition des peuplements sur leur vulnérabilité à ces changements. L'objectif à terme est de pouvoir guider le choix des essences à renouveler, à conserver ou à favoriser. Les changements climatiques au Québec pourraient être plus marqués qu'en Europe selon les estimations d'évolution des températures moyennes et des précipitations à l'horizon 2071-2100, par rapport à la référence de 1971-2000. Ainsi, on estime à +3,7°C l'évolution de la température moyenne annuelle. Elle sera de +3,2°C l'été et de +4,9°C l'hiver. Les précipitations seront, quant à elles, supérieures à la référence de +14 % en moyenne, avec la répartition suivante : +23 % pendant l'hiver et -1,5 % pendant l'été.

Pour rappel, les forêts du Québec sont de trois types : du sud au nord, une forêt feuillue puis mixte résineux-feuillus et enfin, essentiellement constitué de résineux au nord. D'ici la fin du 21^{ème} siècle, les modifications climatiques pourraient entraîner un glissement des conditions moyennes climatiques de 230 km en direction du nord.

La zone d'étude couvre 2 567 millions de km². Les 6 418 placettes décrites sur ce secteur ont été divisées en deux jeux : le premier a été

utilisé pour calibrer le modèle et le deuxième pour le valider. Les modélisations d'évolution des habitats et des changements d'espèces au sein des habitats s'appuient sur plusieurs scénarios climatiques. L'observation de leur évolution possible permet de définir des zones à risque et des zones où le changement climatique devient une opportunité pour l'espèce ou pour certains mélanges.

Trois cas de figure sont possibles :

- PERTE D'HABITAT : soit l'essence n'est plus adaptée à la zone géographique en question et il faut proposer une alternative pour le renouvellement,
- MAINTIEN : soit elle est toujours adaptée et peut être conservée,
- GAIN : soit elle est mieux adaptée et doit être favorisée. Il faut être cependant vigilant car beaucoup de choses conditionnent les installations.

Un atlas interactif intégrant les résultats de cette modélisation est en cours de finalisation. Quelques copies d'écran sont présentées.

Les simulations indiquent que sur ce territoire, actuellement, 43 essences sont présentes dans les forêts québécoises mais, avec les changements climatiques, on estime que c'est plus de 90 essences qui pourraient être en station au Québec à l'horizon 2100 (soit le double).

En conclusion, la migration assistée est, selon les provenances, plutôt pertinente, de même que la nécessité d'adapter la sylviculture aux changements climatiques et d'essayer de préserver la diversité génétique des peuplements.

► **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 INRA (France), en collaboration avec André GRANIER, Vincent BADEAU, Damien MAURICE

Biljou© est un outil informatique créé par l'INRA. Il a pour but d'aider à la compréhension des effets de perturbations climatiques passées (de 1951 à nos jours) sur les forêts (cycle de l'eau, productivité, santé, etc.). Il permet aussi d'observer leur évolution possible dans un avenir proche (2025-2050) mais également lointain (2075-2100) en fonction de différents scénarios climatiques. Il permet la caractérisation d'une sécheresse à l'échelle du peuplement et à un pas de temps journalier (bilan hydrique, indice de sécheresse, etc.).

Dans plusieurs pays du monde ainsi qu'en France, ont été créés des services climatiques et Biljou© en est un exemple. Au fil du temps, les chercheurs ont réalisé que beaucoup de praticiens forestiers ne disposent pas d'outils pour évaluer la sécheresse. Il était donc intéressant de créer un outil permettant de mesurer avec une précision relative les effets sur les sols et peuplements des perturbations climatiques, comparant les sécheresses d'une année à l'autre. Il est ainsi possible de reconstituer un bilan détaillé sur plusieurs années sur diverses forêts en fonction de leurs propriétés de sols et de leur composition en essences. Cet outil a été créé en 1999 et il était destiné à la recherche. Ce n'est qu'à partir des années 2010 que, grâce au RMT AFORCE, son accès a été rendu public via un site internet. Cela a permis à un grand nombre de praticiens de pouvoir réaliser des calculs pour leurs propres forêts.

Démonstration d'utilisation de l'outil

Cet outil permet de calculer les données climatiques pour une forêt en particulier. Les données d'entrées nécessaires sont les suivantes :

- les coordonnées GPS et l'altitude afin d'avoir la plus grande précision possible sur l'emplacement du site d'étude ;

- les caractéristiques pédologiques (profondeur de chaque couche de sol, réserve en eau, proportion de racines, humidité pondérale et densité apparente) afin de distinguer les horizons du sol et leur profondeur ;
- l'indice foliaire de la forêt, car le peuplement en place joue un rôle majeur dans l'interception de l'eau de pluie et l'évapotranspiration ;
- les données météorologiques.

Une fois ces éléments renseignés dans la base de données, l'outil met à disposition différents graphiques représentant :

- l'indice de déficit hydrique du sol et le nombre de jour/an de stress hydrique ;
- une représentation classée des années de sécheresse selon trois indicateurs : déficit hydrique, durée du déficit, précocité du déficit ;
- l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR) ;
- la chronique journalière du déficit hydrique (ou par mois ou par année),
- les plus forts indices de stress hydrique annuels (depuis la première donnée météo qui aura été entrée jusqu'à une année choisie) ;
- l'interception et le drainage journalier (ou par mois ou par année) et le nombre de jours de stress hydrique subis par le peuplement chaque année.

Le cheminement du raisonnement pour utiliser l'outil est le suivant :

- *Quel est le bilan climatique des années passées ?*

Il est recommandé dans un premier temps d'observer plus en détail comment ont évolué les flux d'eau au niveau du peuplement et du sol. La simulation doit être menée sur un minimum d'une dizaine d'années. On peut alors se référer aux courbes d'évolution de la réserve relative en eau extractible du sol (REW) sur des années de sécheresses passées, comme celle de 2003 où l'on a pu observer un fort dépérissement juste après l'épisode de canicule dans toute la France.

◦ *À quoi le peuplement peut-il faire face à l'avenir ?*

Pour répondre à cette question, il faut utiliser un fichier dédié de données météorologiques pour plusieurs scénarios climatiques. Les simulations créées permettront de proposer un éventail des possibles, facilitant la représentation de ce que pourrait subir le peuplement à l'avenir.

En fonction des résultats obtenus et en posant comme postulat qu'il est très fortement probable qu'entre 2030 et 2100, toutes les années se situeront au-dessus de la normale actuelle de sécheresse (équivalente à l'été 2003), on en vient à se poser les questions suivantes :

◦ *Peut-on garder les mêmes essences sur cette station à l'avenir ?*

Si le peuplement est vraiment dans sa station optimale pour ce qui concerne le déficit hydrique, l'essence en place peut être gardée. Mais alors il faut utiliser d'autres filtres de décision comme l'aire de répartition des insectes ravageurs, par exemple.

◦ *S'il existe un risque que les essences actuelles ne soient plus adaptées à la station dans 50 ou 100 ans, quelles essences ou sylvicultures puis-je mettre en place pour palier à la disparition de ma forêt ?*

Si un risque existe, il est possible d'intervenir sur l'indice foliaire ainsi que sur la nature des essences (résineux ou feuillus) en fonction de leur besoin hydrique et de leur indice foliaire. L'outil permet ainsi d'identifier en jouant sur ces facteurs quels types de peuplements seront pour ce site, les mieux adaptés aux changements climatiques.

Les solutions possibles lorsqu'on identifie clairement que les essences ne seront plus adaptées d'ici 2100 sont :

- substituer les résineux (hors Mélèze), qui ont une interception annuelle forte, par des feuillus ;
- mener une sylviculture dynamique pour favoriser l'arrivée de l'eau au sol en baissant l'indice foliaire. Mais attention ! Il faut trouver un bon équilibre car si la sylviculture est trop dynamique, il peut y avoir des problèmes de concurrence pour l'eau entre le peuplement et la strate inférieure ;

- favoriser les essences dont les racines ont un volume prospecté plus important et plus en profondeur ;
- favoriser des essences qui minéralisent rapidement l'humus des sols (le sorbier, le noisetier, etc.) pour augmenter la Réserve Utile du sol.

Ainsi, cet outil est très utile au quotidien pour les praticiens et les chercheurs. Il y a d'ailleurs en projet la conception de cartes des peuplements futurs possibles en fonction des sols et de la sécheresse.

Adresse URL de l'outil : <https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/>

► **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)

L'évolution future des forêts dans un contexte de changement climatique est une chose difficile à appréhender étant donné la difficulté de prévoir quel sera le climat futur. Différents scénarios d'évolutions climatiques sont proposés par les scientifiques. Ces projections sont utilisées pour étudier l'évolution de la forêt sur les Alpes autrichiennes. Les propriétaires et les gestionnaires ont besoin d'une aide à la décision tenant compte des différents facteurs environnementaux et des possibles aléas liés au changement climatique. Sur ce secteur, les gestionnaires forestiers ont le choix entre utiliser un modèle de simulation adapté ou faire appel à un expert forestier. Le 2^{ème} choix est préféré par manque de temps et manque de connaissances techniques à l'utilisation du logiciel et des paramètres qu'il prend en compte. Mais, faire appel à un spécialiste montre souvent un décalage entre la vision de celui-ci et les préconisations des scientifiques.

Le logiciel PICUS est présenté, ainsi que sa mise en application sur les Alpes autrichiennes. Il a été créé par l'Université des Ressources Naturelles et des Sciences de la Vie, en Autriche. Il permet une démonstration virtuelle de l'évolution des forêts face aux changements climatiques. Étant donné les progrès techniques depuis quelques années, plus de données sont disponibles sur les forêts et cela permet d'affiner les résultats. PICUS est un simulateur de sylviculture, il simule l'évolution des écosystèmes forestiers en fonction des alternatives de gestion possibles et des scénarios de changement climatique sur une même unité d'aménagement. Les données et informations nécessaires au logiciel afin de réaliser des simulations sont présentées : facteurs topographiques, géographiques, climatiques et cynégétiques. Les photographies aériennes sont aussi utilisées.

Le logiciel fournit des simulations en 3D du développement des forêts avec une comparaison quantitative et qualitative des différentes alternatives de gestion. Il permet une approche par bouquet d'arbres ou par massif de plusieurs hectares. Il peut simuler jusqu'à 25 ha sur un an et jusqu'à 100 ans dans le futur.

Cet outil donne des conseils opérationnels aux forestiers et permet d'optimiser les plans de gestion. Le logiciel peut également être utilisé pour concevoir les directives régionales.

L'utilisation d'un tel outil comprenant de nombreux paramètres à intégrer implique un accompagnement. Il permet la prise en compte de l'incertitude et une meilleure interprétation des résultats.

Les avantages et les limites de cette approche font actuellement l'objet de discussions afin d'identifier des voies d'amélioration.

SESSION 2 - Comment se fait la mise en place de tests d'adaptation à l'échelle des systèmes de gestion ?

Modérateurs : Thierry CAQUET, INRA & Olivier PICARD, CNPF

Choisir les essences à planter

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

Peter BRANG, Swiss Federal Research Institute WSL (Suisse), en collaboration avec Kathrin STREIT

Les changements climatiques projetés selon les scénarios du GIEC⁴ annoncent une hausse des températures et une sécheresse estivale accrue. Les études menées en Suisse (programme « Forêt et changement climatique ») par les chercheurs ont permis de progresser sur la modélisation des aires de répartition des espèces. Quelques premières migrations et des dépérissements très localisés ont déjà été observés. En zone de montagne, selon les scénarios modérés, une remontée de la végétation de 500 à 700 m devrait se produire.

L'adaptation des forêts face à ce phénomène pourrait aussi se faire par une substitution d'essences. La modélisation des températures en fonction de l'altitude permettront donc de trouver la composition la plus favorable pour les peuplements menacés de l'étage montagnard. Pour cela, il est important de commencer le plus tôt possible à accompagner le changement d'essences pour les peuplements concernés car la migration naturelle demande du temps. Cela peut se faire en remplaçant les essences en place par des espèces plus tolérantes ou même par des essences de climat méditerranéen. Cependant ce choix doit être mûrement réfléchi car ses implantations seront sur le long terme.

Les gestionnaires conscients de l'impact du climat sur nos forêts veulent donc des solutions pour s'adapter et être à même de répondre à des propriétaires qui cherchent à agir avec précautions. L'apparition des outils pour la sylviculture basés sur des modèles permet de simuler virtuellement les impacts de la gestion sur les forêts. Le problème est que les surfaces impactées sont trop conséquentes et que l'implantation de nouvelles essences sur un relief accidenté reste coûteux et difficile par régénération artificielle. L'abrutissement par le gibier est une contrainte non négligeable à prendre en compte à laquelle il faut faire face par le biais de protections et de clôtures aussi très chères.

Les chercheurs suisses travaillent sur un projet visant à produire des recommandations autour des essences à favoriser pour la gestion forestière. Pour cela, ils étudient les différents facteurs stationnels en corrélation avec les évolutions climatiques. Les travaux s'achèveront à la fin de l'année 2017 et proposeront un cortège d'essences adaptées en fonction du milieu et de son évolution possible.

Il y a beaucoup d'incertitudes quant aux essences, leurs exigences et comportement, et quant à leur introduction : quels sont les facteurs limitants ? Quelle est leur capacité de survie si elles sont introduites dès aujourd'hui ? Le projet présenté se base sur un réseau expérimental de plantations près de Genève. Pour simuler des futures adaptations possibles, des tests de plantations d'essences sont menés. Ils sont mis en place dans les plaines et versants où elles ne sont pas présentes naturellement mais où elles pourraient s'adapter à terme. Les paramètres mesurés sont : l'échec ou le succès des plantations issues de différentes provenances et la flexibilité des essences introduites.

Deux types d'essais seront effectués :

- plantations expérimentales qui concerneront 5 à 10 essences d'arbres avec différentes provenances pour chaque essence. Elles seront introduites sur un gradient altitudinal. Les paramètres qui seront mesurés lors de ce test sont le taux de mortalité, la croissance et l'état sanitaire.

⁴ Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

- réseau d'essais nettement moins conséquent qui s'attachera à étudier quelques espèces de différentes provenances toujours mais cette fois-ci qui prennent en compte l'aspect économique pour la filière bois et susceptibles d'intéresser les experts forestiers. Les essais ne s'arrêteront pas seulement avec les essences autochtones de la région mais iront jusqu'à tester des essences plus exotiques qui seraient potentiellement capables de s'adapter. Pour que les résultats statistiques soit interprétables une centaine de plantations seront installées à des gradients d'altitude couvrant les différents étages (collinéens jusqu'à sub-alpins) sur les plus importants massifs forestiers suisses représentatifs de différentes régions climatiques.

Le projet est planifié sur 30 ans. Une première phase sur un an et demi permettra de définir en concertation avec les praticiens protocoles, provenances et essences à tester ainsi que les critères à observer. Le projet sera ponctué de phases de visites et démonstrations pour échanger avec les praticiens. L'implication et le suivi sérieux de ce projet sera donc une véritable aide pour tous les forestiers afin de mieux connaître la sensibilité de certaines essences ou provenances et de guider les gestionnaires pour engager l'adaptation au changement climatique.

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

Myriam LEGAY, ONF et Cyril VITU, CRPF Grand Est (France), en collaboration avec Brigitte MUSCH

Du fait de l'évolution du contexte bioclimatique de la France, de nombreuses essences principales de la forêt française semblent vulnérables au changement climatique. En raison de la relative pauvreté de la flore européenne, il y eu par le passé un certain nombre d'introductions d'espèces exotiques dont certaines ont échoué. Il semble que certaines de ces introductions puissent constituer, avec la migration assistée, une des solutions pour l'adaptation face au défi que rencontrent aujourd'hui les forestiers.

En France, plusieurs projets ont été mis en place pour rechercher des ressources génétiques forestières nouvelles. Ils sont à l'origine d'un projet national multipartenaires : ESPERENSE.

Un projet pionnier en Lorraine

L'un de ces projets a été mené en Lorraine grâce à un partenariat entre l'Office National des Forêts et le Centre National de la Propriété Forestière. La Lorraine est un territoire très forestier au climat semi-continental (et dont les essences principales sont en plaine le hêtre et les chênes et en montagne, le sapin et l'épicéa). Le projet consistait en l'identification et l'analyse de deux systèmes vulnérables au changement climatique : les chênaies mixtes sur sol hydromorphe et les hêtraies de plateaux calcaires. Une fois ces systèmes caractérisés, des essences de substitution ont été recherchées (inventaire des espèces atypiques notamment) et des tests pour expérimenter des solutions ont été mis en place. Les résultats du projet NOMADES (RMT AFORCE) ont notamment été utilisés à ce stade, ainsi que les simulations du modèle IKS pour approcher le climat futur.

Les modèles annoncent pour la Lorraine un réchauffement de +1,25° à +1,85°C d'ici 2050 et de +2° à +4°C d'ici 2100, avec des incertitudes

importantes sur la pluviométrie. Dans ce contexte, Ils prévoient, par exemple, un très fort risque de vulnérabilité pour le Hêtre avec une forte incertitude. Pour le chêne, c'est un fort risque avec une forte incertitude. Pour le pin sylvestre et l'épicéa, c'est un risque important avec une incertitude modérée. Les tests de comportement mis en place seront suivis sur le long terme. Ils ont les caractéristiques suivantes : tests sans répétition, 4 placeaux de mesure de 35 x 35m (12,25 ares), bande d'isolement de 10m, espacement des plants 3*3m, potets travaillés, plants en godet, clôture.

Le projet GIONO

Initié par le Département Recherche, Développement et Innovation de l'Office National des Forêts, il a pour but d'engager une migration assistée de ressources génétiques de hêtre, de chêne et sapin du sud vers le nord. Pour exemple, pour pouvoir suivre l'évolution future prévue des conditions climatiques favorables à sa croissance, le hêtre devrait migrer de 30 m/an, ... Il est donc urgent d'agir. L'objectif de cette migration assistée est d'obtenir, par le mélange avec des provenances du sud, une plus grande diversité génétique au cœur de l'aire, et de comparer la performance de ces ressources du sud à celles déjà en place. Les graines récoltées peuvent par ailleurs permettre la conservation de ressources génétiques menacées. À ce jour, deux campagnes de plantation ont déjà été menées pour la mise en place des tests de comparaison de provenances. Un site par essence est prévu, avec 4 répétitions par site.

Le projet national multipartenaires ESPERENSE

Les deux projets font partie de démarches pionnières qui ont permis le montage d'un projet multipartenaires de grande ampleur visant à la mise en place d'un réseau multipartenaires de placettes d'expérimentation pour le test de nouvelles essences et provenances sur tout le territoire. L'objectif est d'identifier les ressources génétiques de demain. Une première démarche de concertation (EXPRESS) organisée par le RMT AFORCE a permis de poser les fondements de ce projet.

Le projet s'articule autour de trois principaux volets :

- mise en place d'un consortium durable et définition des conditions de partage des données,
- valorisation du patrimoine d'expérimentation existant et des initiatives d'introductions dans le cadre de la gestion,
- mise en place d'un réseau d'expérimentation de nouvelles essences.

Ce projet permettra de construire un partenariat de long terme qui permettra de mieux connaître et valoriser les expérimentations de nouvelles essences et provenances. Les réussites comme les échecs pourront être valorisés. Les circuits d'approvisionnement seront mis en place. Les protocoles de suivi des sites et de traitement des données seront harmonisés. Ainsi, il sera plus facile d'identifier des ressources à implanter dans un souci d'adaptation des peuplements situés dans les zones les plus vulnérables.

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

Dan Mc KENNEY, Ressources Naturelles Canada, Service canadien des forêts (Canada), en collaboration avec J. PEDLAR et I. AUBIN

Le changement climatique oblige à une remise en question des modèles de sylviculture sur lesquels s'appuient les forestiers. Au Canada, ils auront plusieurs conséquences sur les forêts tels qu'une augmentation de la durée de la saison de végétation et une augmentation de la température moyenne annuelle. Au cours des 50 dernières années il a été observé un glissement des habitats de 60 km vers le nord. Ce décalage pourrait être supérieur à 700 km à l'horizon 2100 selon le scénario le moins optimiste (RCP 8.5). Par conséquent, une grande part des espèces sont menacées et, parmi celles-ci, beaucoup présentent un fort intérêt économique (au moins 18 des espèces principales du Canada sont menacées).

Fort de ce constat, un état de l'art concernant la migration assistée (MA) au Canada a été réalisé. Il a été montré que ce concept était à l'origine utilisé pour la conservation de la biodiversité (déplacement d'espèces menacées). Elle est à présent une solution d'adaptation qui consiste à intervenir pour déplacer des espèces vers des zones qui sont ou qui pourraient devenir plus favorables à leur croissance. À ce jour, 1,5 million d'hectares sont reboisés annuellement en Amérique du Nord (USA et Canada) sur les 5 millions d'hectares récoltés ou brûlés annuellement (laissés en régénération naturelle). Cela pourrait constituer une opportunité pour développer plus rapidement la MA.

Un tour d'horizon de l'état d'avancement de la MA a été effectué dans les provinces du Canada. La Colombie-Britannique, l'Alberta, le Québec et l'Ontario sont les plus avancés. On peut citer quelques-unes de leurs actions : production d'un guide méthodologique pour le transfert des semences, développement des fonctions de transfert pour certaines espèces, évolution de la réglementation pour permettre l'utilisation de provenances prises plus au sud, mise en place d'outils cartographiques

pour identifier les risques de maladaptation dans le cas de transfert de semences, mise en place de tests de comparaison de provenance, etc. Les autres provinces ont mis en place le dialogue autour de ce concept et commencent la collecte de données sur les provenances, leurs exigences et leur potentiel de croissance.

Afin d'aider les forestiers dans leur prise de décision, une application web a été développée : Seedwhere. Elle permet de visualiser sur carte des analogies de climat, entre une zone de récolte de semences par exemple, et une zone de plantation, et leur évolution dans le temps. Ce logiciel, qui prend en compte les différents scénarii, permet de définir la meilleure provenance de plant pour une région donnée et permet de faire des estimations de l'accroissement potentiel. L'outil est enrichi régulièrement de nouvelles données et de modules complémentaires :

- projection théorique, en fonction du climat, de la croissance de n'importe quelle provenance en un site donné (URF) ;
- évaluation des coûts en fonction des sources de semences utilisées.

Des données sur les provenances de 120 espèces commerciales ont été utilisées afin de générer les URF (Universal Response Functions). Elles mettent en évidence que les semences utilisées pour la migration assistée doivent particulièrement être surveillées sur le plan de la provenance et de la qualité. En effet, les provenances locales ne sont pas nécessairement les meilleures pour le reboisement. Les populations du nord du Canada semblent relativement bien adaptées au possible réchauffement du climat, contrairement aux populations du sud.

En conclusion, il y a un fort intérêt pour la migration assistée au Canada. Les essences locales sont privilégiées par rapport aux essences exotiques. On favorise donc le déplacement des aires de répartition. Cependant, cela reste une solution possédant ses limites, ne pouvant pas être utilisée partout. Pour progresser, il est utile de s'assurer du partage des méthodes et des protocoles, de mettre en place une formation appropriée, et d'initier une coopération nationale/internationale pour échanger sur les retours d'expérience.

Vers de nouvelles sylvicultures

► 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

Le US Forest Service gère 78 millions d'hectares de terres, comprenant 155 forêts nationales, gérées essentiellement pour la production de bois, ou encore pour le loisir. Les scientifiques de ce US Forest Service ont mis en place une feuille de route (The National Roadmap for Responding to Climate Change) définissant les actions à mettre en œuvre au niveau national pour améliorer la résilience des systèmes et pour l'atténuation des risques du changement climatique :

- évaluer les risques, les vulnérabilités, les lacunes de connaissances et l'efficacité des politiques et de la gestion ;
- s'associer pour trouver ensemble des solutions aux problèmes de changement climatique ;
- gérer la résilience dans les écosystèmes et les communautés.

Puis, au niveau forestier national, la mise en œuvre a été suivie par l'établissement d'une carte de pointage de la performance (Performance Scorecard) qui évolue en fonction de la façon dont les forêts répondent au changement climatique. Ainsi, chaque forêt nationale doit rendre compte de ses progrès en termes de capacité organisationnelle, de vulnérabilité, de développement d'options d'adaptation. Cette démarche a donné lieu à la création d'un ouvrage de référence pour les forestiers américains. L'objectif est de réduire les effets négatifs du changement climatique, et de mettre en œuvre une transition de l'écosystème et des ressources naturelles. Après avoir longtemps pensé que la situation ne pourrait pas s'améliorer, ils proposent un plan pour chaque forêt d'une durée de 10 ans où est maintenant intégré le changement climatique.

Pour concevoir ces plans, des partenariats avec des scientifiques, les universités, la branche recherche du US Forest Service, ou encore des gestionnaires ont été mis en place. Le but était de synthétiser les

connaissances, de sensibiliser, d'évaluer les ressources et leur vulnérabilité, et de développer des stratégies d'adaptation qui pourraient être à terme intégrées dans un plan de gestion. Les projets de partenariat mis en place concernaient 29 parcs nationaux et 38 forêts nationales. Dans un premier temps, il a été mis en œuvre une synthèse des connaissances pour qualifier les effets du changement climatique et évaluer les vulnérabilités. Puis, gestionnaires et scientifiques ont travaillé en ateliers pour identifier des stratégies locales d'adaptation à mettre en œuvre en fonction des impacts déjà constatés sur leur secteur. Enfin, ces stratégies sont venues s'insérer dans les plans de gestion existants.

Chaque stratégie est définie en fonction d'une vulnérabilité ou d'un impact attendu. Elle s'accompagne de tactiques de mise en œuvre et d'une mise en avant des freins éventuels associés. Par exemple, pour faire face au risque croissant d'incendies naturels plus nombreux en raison des sécheresses, la stratégie préconisée est d'accroître la résilience des écosystèmes à des feux plus fréquents. Pour ce même risque, la tactique consiste à réduire la densité des peuplements, à augmenter la diversité d'espèces et à réaliser des brûlages contrôlés. Les résultats de ces études sont disponibles en ligne : Climate Change Adaptation Library (<http://adaptationpartners.org/index.php>). En conclusion, l'intérêt de toute cette démarche est de permettre une meilleure prise de conscience du changement climatique et de ses effets.

Des partenariats durables ont été établis et vont permettre une meilleure réactivité et un suivi sur le long terme avec des retours d'expérience. Les sites travaillés pourront constituer des références pour alimenter des démarches analogues ou pour collecter des données. Enfin, les différents projets auront mis en évidence les lacunes de connaissances qu'il sera nécessaire de combler pour affiner les stratégies.

► Bilan hydrique des forêts : un guide pratique

Sophie BERTIN, EKOLOG & Philippe BALANDIER, IRSTEA (France)

De plus en plus de praticiens du milieu forestier s'interrogent sur la sylviculture à mettre en place pour faire face le plus adroitement possible aux changements climatiques.

Pour tenter de répondre à cette question, un groupe de chercheurs et de praticiens animé par Nathalie BREDA (INRA) et Jacques BECQUEY (CNPF) a été constitué par le RMT AFORCE. Les travaux de ce groupe ont notamment abouti à la conception d'un guide : « *Le bilan hydrique des peuplements forestiers ; Etat des connaissances scientifiques et techniques, implication pour la gestion* », paru en 2016 et présenté ici.

Le travail a consisté dans un premier temps à identifier les questions posées par les gestionnaires, confrontés sur le terrain à des dépérissements et soucieux qu'on leur apporte des solutions. Puis, un état des lieux le plus complet possible sur les connaissances passées et actuelles acquises par le monde forestier a été dressé. Ceci a été le travail en particulier de Sophie BERTIN qui a fait l'intermédiaire entre praticiens et scientifiques. En s'appuyant sur ce bilan, il a été possible d'identifier les questions auxquelles le groupe était en mesure de répondre et celles pour lesquelles la recherche ne pouvait pas encore apporter de solutions.

Ce travail de questions/réponses a été le plus long et laborieux. Il est très vite apparu que derrière chaque question générale de gestionnaire se trouvaient une multitude de questions scientifiques. Il a donc fallu dans un premier temps reprendre chaque question, une par une. Il a donc été mis en place une concertation entre scientifiques et gestionnaires pour reformuler les questions et pour que les réponses données aux forestiers soient exprimées simplement et avec le moins de pertes d'information possible (avec relectures par les scientifiques). Les gestionnaires avaient aussi des lacunes de connaissances et parfois, quelques idées fausses qu'il a fallu argumenter. Les chercheurs ont de leur côté pu mesurer la

teneur et l'ampleur des questions qui se posent sur le terrain et la difficulté qu'il peut y avoir parfois à transcrire leurs résultats en recommandations concrètes. C'est un exercice complet de co-construction à la fois des questions et des réponses qui s'est mis en place. Le travail s'est étalé sur 2 ans pour permettre ces allers et retours indispensables.

Une autre difficulté de cet exercice qui n'avait pas été anticipée a été le choix des mots. Les deux parties n'usaient pas du même vocabulaire pour décrire un même objet ou des mêmes définitions. C'est pourquoi il a été mis en place un glossaire.

Ce guide est très facile d'utilisation. En effet, il est décomposé en trois grandes parties:

- synthèse des connaissances scientifiques et techniques ;
- implications pour la gestion ;
- glossaire.

Les deux premières parties sont subdivisées en 10 chapitres. Pour la première partie, les chapitres déclinent (de A à J) les différents facteurs qui influent sur le bilan hydrique. Il met en évidence les connaissances acquises par le monde scientifique mais également les questions qui demeurent encore sans réponses. Pour la deuxième partie, les implications de gestion sont numérotées de 1 à 10.

Dans la première partie, à chaque début de chapitre, il est récapitulé les connaissances qu'il peut apporter et les prérequis qu'il est conseillé d'avoir pour comprendre au mieux les raisonnements. Un renvoi est systématiquement fait en fin de chapitre vers les chapitres y étant corrélés pour les deux parties. La partie II fonctionne sur cette base : une question est posée sur un thème bien spécifique puis une réponse structurée et illustrée y est apportée. Il y a aussi une grande diversité d'illustrations : schémas, photos et graphiques expliqués.

L'aspect esthétique (impliquant l'aspect pratique) a aussi été très travaillé pour ce guide ; Chaque chapitre et partie a été découpé à la manière d'intercalaires. De plus, un code couleur en fonction du contenu (question/réponses des chercheurs et implications sylvicoles potentielles) a été mis au point.

En revanche, ce guide ne traite que du bilan hydrique, il ne peut donc pas être pris pour un guide de sylviculture. Mais on peut facilement l'associer à l'outil Biljou© développé par l'INRA (<https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/>). Une version numérique interactive de ce guide sera mise en ligne sur le site du RMT AFORCE courant 2017.

Enfin, il est rappelé que ce travail est un projet collaboratif de longue haleine, qui a été compliqué à mettre en place, mais qui a été particulièrement enrichissant pour tous les acteurs qui s'y sont impliqués. Un constat peut être établi et il est bien fondé : les connaissances sur le bilan hydrique pour les futaies régulières monospécifiques sont acquises par la plupart, mais elles restent encore trop vagues pour la sylviculture en futaie irrégulière et pour les peuplements mélangés.

Ce guide a été créé dans un but d'apport de recommandations sur la sylviculture à mettre en place pour que les peuplements soient les plus résilients possibles en fonction des conditions climatiques et pédologiques locales. Il sert d'aide aux praticiens dans la confection de leurs méthodes de gestion, ce qui en fait un guide très utile pour le monde forestier. Attention, ce n'est pas un livre qui donne des directives sylvicoles, mais simplement des conseils pour arriver à trouver les solutions adaptées à son cas individuel. Le bilan hydrique dépendant surtout du climat local et le stockage d'eau variant en fonction de l'enracinement (donc du peuplement) et du sol, le guide ne peut être précis sur la sylviculture à appliquer. De plus, la question de la vulnérabilité aux changements climatiques n'est pas traitée directement dans les textes, mais elle est implicite.

► **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

En littérature, selon des croyances très fortes, la sylviculture irrégulière permettrait au peuplement d'être plus résilient, plus résistant au niveau biologique mais aussi face au changement climatique (tempêtes). Philippe Nolet donne deux raisons possibles à cela : la majorité des études traitent des forêts tempérées en Amérique du Nord où la diversité d'essences permet une meilleure résistance et où il y a un certain maintien du processus écologique. Ces croyances sont soutenues par le grand public, une partie des forestiers (notamment par les membres du réseau Pro Silva) et par des chercheurs. Cependant ces croyances ne sont pas fondées, aucune preuve n'a jamais été apportée pour étayer ces propos. C'est de ce constat que part l'étude présentée.

Son objectif était de déterminer, grâce à une base documentaire, si le traitement irrégulier est plus adapté pour répondre à un changement global que le traitement régulier. Pour cela, une revue de la littérature mondiale (publications scientifiques anglophones exclusivement) comparant les traitements régulier/irrégulier sur tous les points (processus étudiés, mesures réalisées, biodiversité) a été réalisée préalablement. Soixante-dix études seulement ont été trouvées. Les chercheurs ont identifié les processus étudiés, quels paramètres étaient mesurés, sur quelles échelles spatiales et temporelles elles étaient basées et enfin les biomes étudiés afin de faire une synthèse des études. Ils ont respecté l'interprétation (pro/anti irrégulier) des auteurs des publications. Sur les 79 études en comparaison, seulement 18 avançaient que le traitement irrégulier serait préférable au traitement régulier.

Ces résultats (étonnants) sont contestables. En effet, les 79 études considérées provenaient presque exclusivement d'Amérique du Nord et étaient anglophones, ce qui exclut bon nombre d'études françaises,

suisses et allemandes (berceau de la sylviculture irrégulière). Le nombre d'études trop restreint et leurs provenances trop spécialisées remettent en cause la fiabilité de l'étude.

Le vocabulaire employé lors de l'intervention laisse aussi la liberté de plusieurs interprétations. En effet, la sylviculture irrégulière québécoise n'est pas forcément la même que son homologue française. Cela a provoqué certaines incompréhensions et cela fausse l'étude. De plus, les comparaisons étaient complexes car les échelles spatiales et temporelles n'étaient pas prises en compte (nécessité de comparer les traitements régulier/irrégulier sur l'ensemble d'une révolution). De nombreux sous-systèmes et des intensités de gestion différentes dans ces deux traitements viennent aussi complexifier les comparaisons de l'étude.

Cette étude ne montre donc pas de façon marquante la supériorité du traitement irrégulier par rapport au traitement régulier, mais soulève beaucoup d'interrogations sur la manière de mener une étude de ce genre pour avoir des résultats valides et représentatifs.

Philippe Nolet conclut en affirmant que la sylviculture régulière doit faire partie intégrante des solutions d'adaptation car la clé de la réussite sera la diversité des traitements mis en place. Une réponse à cette question ne se construira pas en quelques études, mais en fonctionnant en partenariat entre la recherche et les praticiens pour mener des études. L'aménagement forestier doit être un prétexte pour mettre en oeuvre des études scientifiques.

► 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 Bade-Wurtemberg (Allemagne)

L'adaptation des essences au changement climatique passe par la gestion de la compétition, de l'adéquation/compatibilité avec le milieu, de la résistance aux risques biotiques et abiotiques (stabilité de l'espèce en fonction de la stabilité du climat) et de la productivité. Ces différents critères sont intégrés aux modèles experts visant à évaluer la capacité d'adaptation des peuplements dans un contexte de changement climatique. Cette approche est celle privilégiée par les scientifiques, notamment dans le cadre de l'étude du changement climatique et de ses impacts sur les forêts du sud-ouest de l'Allemagne. L'étude s'est intéressée principalement à deux critères fondamentaux pour l'écologie d'une essence et son adaptation au changement climatique. Le premier évoqué est celui de la stabilité d'une espèce d'arbre face aux susceptibles perturbations. Il peut s'agir de risques de sécheresse ou de gel, d'attaques des ravageurs ou de risques de tempêtes par exemple. Le changement des aires de répartition des essences peut aussi influencer sur cette stabilité. Le deuxième critère est celui du potentiel productif couplé à la valeur économique de l'espèce.

À partir des résultats de l'étude, la modélisation sur la base de ces critères a permis la production de deux types de cartes pour aider les praticiens à visualiser les évolutions et à décider des mesures d'adaptation à mettre en œuvre :

- les cartes d'adéquation/compatibilité (« Suitability Maps ») pour faciliter la visualisation des changements d'aire de répartition et identifier quelles espèces privilégier selon sa position géographique et pour différents scénarios climatiques ;
- les cartes de vulnérabilité qui intègrent la probabilité d'occurrence du risque et son impact potentiel.

Les résultats obtenus révèlent que les 4 principales espèces présentes sur la zone d'étude (épicéa, hêtre, sapin et chêne sessile) pourraient subir des pertes substantielles. L'aire de répartition du hêtre pourrait être réduite et se déplacer, mais l'espèce n'est pas remise en question. C'est en revanche le cas pour l'épicéa qui semble ne pas être adapté aux conditions climatiques futures potentielles, sans doute en raison de la baisse de disponibilité en eau.

L'étude s'est appuyée sur ces productions pour identifier des mesures d'adaptation adéquates à chaque cas de figure. La réflexion menée dans ce cadre a servi à concevoir un document stratégique et tactique pour le Bade-Wurtemberg. Il concerne à la fois des applications pratiques pour améliorer la gestion mais aborde aussi des recommandations pour la recherche. Voici quelques exemples de recommandations formulées :

- réduire de 10 à 20 % le diamètre d'exploitabilité, ce qui revient à baisser la durée des révolutions, afin d'améliorer la résistance des peuplements face aux changements climatiques ;
- diversifier les essences pour diversifier les résistances aux risques possibles et donc éviter au maximum la perte d'habitats ;
- diversifier les structures et éviter les concurrences entre espèces pour la disponibilité de l'eau et des minéraux ;
- stabiliser les sols
- prendre en compte le déplacement des biomes afin de planifier la conservation des peuplements forestiers.

En parallèle, il est recommandé d'intervenir dans d'importantes missions concernant la transmission des connaissances et la formation au changement climatique et aux potentiels d'adaptation. Certaines de ces actions sont déjà mises en œuvre.

Globalement, les recommandations d'adaptation sont structurées de manière à correspondre à chacune des phases de développement du peuplement depuis le renouvellement où il est donné une priorité forte à la régénération naturelle jusqu'à la récolte. L'intérêt que peuvent avoir

les différentes interventions sylvicoles au cours de la vie du peuplement (promouvoir une diversité spécifique et structurelle, diminuer la compétition, améliorer la résistance, etc.) est aussi détaillé.

En conclusion, il est discuté de l'intérêt d'une représentation sous forme de carte de la vulnérabilité et des changements d'aires de répartition : le constat est qu'une représentation sur carte appréhende mal l'incertitude mais, dans le même temps, cela reste le moyen de communication le plus percutant. Enfin, quelques pistes de recherche sont présentées.

► **REINFFORCE : un réseau de sites pilote sur l'arc atlantique dédiés à la recherche sur l'adaptation des forêts au changement climatique**

Rebeca CORDERO, EFIATLANTIC (France)

Le projet REINFFORCE a été réalisé au niveau européen de 2009 à 2013. Il comprend 38 arboretums installés sur l'arc atlantique, du Nord de l'Écosse au Portugal. À ce réseau de sites expérimentaux, s'ajoute un réseau de sites de démonstration sur lesquels sont testées des techniques alternatives de gestion face au changement climatique.

L'objectif de cette démarche était de créer un outil à la hauteur des enjeux du changement climatique, suffisamment complet et efficace pour répondre aux questions de la gestion. Pour cela, les protocoles de mesure sont communs et les mesures et observations sont stockées dans une base de données partagée (TREEDATA). Ce dispositif devrait à terme, nous permettre 1) d'avoir une meilleure connaissance du comportement des essences et des provenances pour déterminer quelles sont celles que nous pourrions utiliser sous un climat futur, et 2) de tester l'efficacité des techniques alternatives en gestion forestière.

L'exposé se concentre sur le réseau de sites de démonstration. Leur but est de tester et de démontrer l'efficacité de différentes techniques alternatives en gestion forestière pour faire face au changement climatique. Des essais classiques sont réalisés pour les comparer aux techniques usuelles. Les essais sont suivis sur le long terme et font l'objet de relevés climatologiques avec des stations météo (précipitation, température, vent, etc.) et les dommages causés par les événements extrêmes sont notés. Les sites sont choisis parmi les plus vulnérables aux événements extrêmes. En effet il n'y a aucun intérêt à choisir un site sans enjeu car l'évaluation porte sur des alternatives à mettre en œuvre lorsque qu'il existe un risque pour le peuplement lié à l'augmentation de la fréquence des aléas.

Un total de 41 sites a été installé. Ils présentent chacun des niveaux et des types de risque différents à tester : vent, incendies, sécheresse (qui

est le thème important), risques biotiques, inadéquation des espèces au milieu, etc. Les alternatives à expérimenter sont par conséquent aussi variables. Elles portent, par exemple, sur la préparation du sol, la gestion de la densité, la gestion des lisières, l'amélioration de la réserve utile, etc.

Plusieurs exemples sont détaillés :

- Méthode de préparation des sols (Landes, France) : 6 types de préparation différents des sols sont testés. Cette modalité est assez attendue suite à la tempête de 2009, Klaus, par rapport à la stabilité des arbres. On s'intéresse en effet à l'impact des différentes méthodes sur la stabilité du peuplement, mais aussi sur le développement des racines, sur l'accès à la ressource en eau et sur la sensibilité à la sécheresse. Gestion de la densité (ex. : tests sur pin maritime, sur eucalyptus et sur chêne) : c'est une des modalités les plus testées. L'objectif est de caractériser son impact sur la compétitivité, pour l'accès à l'eau, pour la stabilité face au vent, pour la difficulté de régénération, etc.
- Gestion de la lisière : le but est de contenir les ravageurs, mais cela peut aussi avoir la fonction de réduire la progression des incendies ou de réduire le risque vent. Les tests mis en place en France l'ont été suite à la tempête Klaus qui avait engendré beaucoup de questions sur le sujet (comment en augmentant la biodiversité éviter le risque des ravageurs, augmenter la résilience des peuplements et augmenter la résistance face au risque vent ?).
- Structure et composition des peuplements : la question est de savoir entre traitement irrégulier ou régulier, lequel est le plus adapté au changement climatique. Des arbres d'âges/tailles différents ou d'espèces différentes, seront-ils affectés de la même manière ? Plusieurs essais portent sur cette question, mais ce sont des démonstrations sur le long terme donc il n'y a pas de résultats immédiats. Il faut attendre 10-15 ans pour avoir du recul sur le climat et pour évaluer l'efficacité des alternatives.

- Enrichissement du sol en matière organique : une première méthode (Pays Basque, France) consiste en un enrichissement du sol via le Biochar (charbon de bois en poudre ou en morceau pour augmenter la capacité de rétention d'eau du sol. L'autre méthode consiste en un apport en cendres pour améliorer la richesse chimique du sol et augmenter de ce fait la résistance des arbres à la sécheresse. L'ensemble des sites est enregistré dans une base de métadonnées gérée par l'EFIATLANTIC où sont recensés tous types d'essai (FORESTRIALS).

En conclusion, il faut retenir que ce réseau de sites est une action coordonnée pour le transfert et la démonstration de gestions alternatives. C'est donc un outil important qui fait office de vitrine, pour la communication locale et avec les étudiants, les forestiers, les propriétaires, etc. C'est aussi un outil stratégique qui permet de répondre aux questions très pratiques sur l'adaptation des forêts au changement climatique et remettre en question les idées reçues. Ce réseau regroupe 11 partenaires qui ont signé un accord de consortium pour pérenniser le suivi sur 15 ans minimum. Il permet donc la coordination des acteurs, le dialogue et l'harmonisation des pratiques.

► **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 P. NOLET, P. DONOSO, C. MESSIER

Le changement climatique va, avec un ensemble de changements globaux, favoriser l'apparition de différents stress : sécheresse, polluants, gibiers, insectes, espèces invasives, etc. Mais comment maintenir tous les services écosystémiques que la forêt procure face à toutes ces menaces ? Le sylviculteur est sans contredit le premier acteur et doit maintenant réfléchir à une nouvelle sylviculture qui puisse intégrer cette dimension multirisque.

Pour ce faire, Frédéric Doyon présente une approche de portefeuille d'options visant à diversifier les réponses possibles à ces menaces. Ces options s'articulent autour de trois principes :

- 1) La résistance, qui vise à maintenir l'écosystème actuel en place, à limiter le changement ;
- 2) La résilience, qui vise à s'assurer que, même si l'écosystème change après un stress, il puisse revenir éventuellement à un état stable similaire à celui avant la perturbation ;
- 3) La facilitation à la transition, qui vise à accélérer la transformation de l'écosystème vers un autre état stable jugé plus adapté aux conditions futures.

Il n'y a plus de bon traitement spécifique, puisqu'il faut savoir se diversifier ; il n'y a pas de couteau suisse mais une boîte à outils. L'important n'est plus de maximiser la production mais de trouver la gamme de régimes sylvicoles offrant le plus de robustesse pour maintenir les niveaux attendus des différents services écosystémiques.

La présentation offre ensuite un exemple réel au Québec : il s'agit de peuplements d'érables qui se font coloniser par un sous-étage de hêtre à grandes feuilles. Le hêtre est cependant touché par une maladie (la

maladie corticale du hêtre) qui affecte presque la totalité des tiges dès qu'elles atteignent une taille marchande. S'ajoutent à cela des épisodes chroniques de sécheresse et de chablis. Le cas est illustré à l'aide de simulations obtenues à partir d'un modèle paramétré à partir des données locales sur la croissance, mortalité et du recrutement des espèces en fonction de leur taille et de la compétition exercée par leurs congénères. À partir de ce modèle, des développements futurs, sous différents scénarios de stress et de perturbations sont générés pour des peuplements sujets à différents régimes sylvicoles (futaie jardinée, futaie irrégulière par coupe progressive irrégulière à régénération lente, coupe progressive régulière, coupe avec protection des petites marchandes et coupe rase) afin de déceler les régimes apparaissant comme les plus prometteurs du point de vue de la robustesse.

Les résultats montrent que les régimes sylvicoles n'ont pas tous la même capacité de résistance, ni de résilience. L'invasion par le hêtre semble s'accélérer dans la majorité des cas. Ainsi, si un traitement inapproprié est utilisé par le sylviculteur, cela peut occasionner une maladaptation et plutôt accélérer les changements dans une direction non voulue. Il faut donc une adaptation de la sylviculture, et que celle-ci se serve de différents modèles afin d'évaluer de multiples itinéraires sylvicoles.

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)

Le changement climatique est un grand défi pour la forêt européenne. S'il y a de nombreuses incertitudes sur l'évolution du climat, on est en revanche sûr qu'il y aura des perturbations naturelles d'ampleur inédite comme des tempêtes, des incendies et des attaques parasitaires.

Pour y faire face, on a besoin de connaissances scientifiques et d'un transfert de ces connaissances à la pratique. La mise en place d'une interface efficace science/pratique est cruciale. Il faut que les différents pays européens échangent sur ce qui a été fait, partagent les constats et les expériences.

Il faut engager au plus vite une gestion adaptative afin d'améliorer la résilience de la forêt face au changement climatique.

Il faut une gestion durable des forêts qui allie protection de la biodiversité et production de bois pour l'économie dans une même forêt.

L'EFI (European Forest Institute) développe plusieurs projets dont le projet INTEGRATE+ dont l'objectif est d'identifier les mesures de gestion à mettre en place pour une meilleure prise en compte de la biodiversité. Ce programme consiste à fournir aux praticiens une représentation des

évolutions possibles de la biodiversité en fonction de différents scénarios de gestion. Un marteloscope a été mis en place. Le forestier peut consulter directement sur le terrain, selon ses choix, des cartes et des aides avec des logiciels sur tablette. Les utilisateurs ont ainsi une rétroaction directe sur toutes les décisions sylvicoles qu'ils ont mises en œuvre. Ils peuvent aussi échanger avec les participants. Tout ceci permet de donner des informations aux forestiers pour l'aide à la décision.

Ce type de projet peut servir de modèle pour guider les praticiens dans l'adaptation des forêts au changement climatique. L'EFI souhaite s'en inspirer dans le cadre du nouveau programme sur la « Résilience » qu'il est en train de mettre en place. L'objectif de ce programme est de travailler sur les connexions entre sciences, pratiques et politiques publiques. Il s'intéressera à la transmission aux praticiens de décisions concrètes pour la gestion forestière adaptative.

► 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)

Il est rappelé la répartition entre forêt privée et publique aux États-Unis : les forêts publiques se concentrent principalement à l'Ouest du pays tandis que les forêts privées sont à l'Est. Elles sont extrêmement diverses notamment du point de vue des services écosystémiques qu'elles rendent (chasse, récréation, etc.).

Une première enquête a été menée en 2009 auprès des gestionnaires et propriétaires publics et privés. L'objectif était de les sensibiliser sur le changement climatique tout en étant attentifs à leurs priorités, leurs demandes, leurs défis et objectifs dans un contexte de changement climatique. Le but était aussi de voir s'ils avaient confiance dans les scientifiques. Les réponses ont été globalement très diverses, mais les scientifiques ont identifié quatre difficultés à surmonter avant de parvenir à mettre en place des actions d'adaptation des forêts au changement climatique :

- le changement climatique est trop complexe à comprendre ;
- les informations concernant ces changements ne sont ni suffisantes ni adaptées ;
- les solutions « toutes faites » type recettes de cuisine sont insuffisantes ;
- il n'y a pas assez d'exemples réels-et concrets de solutions.

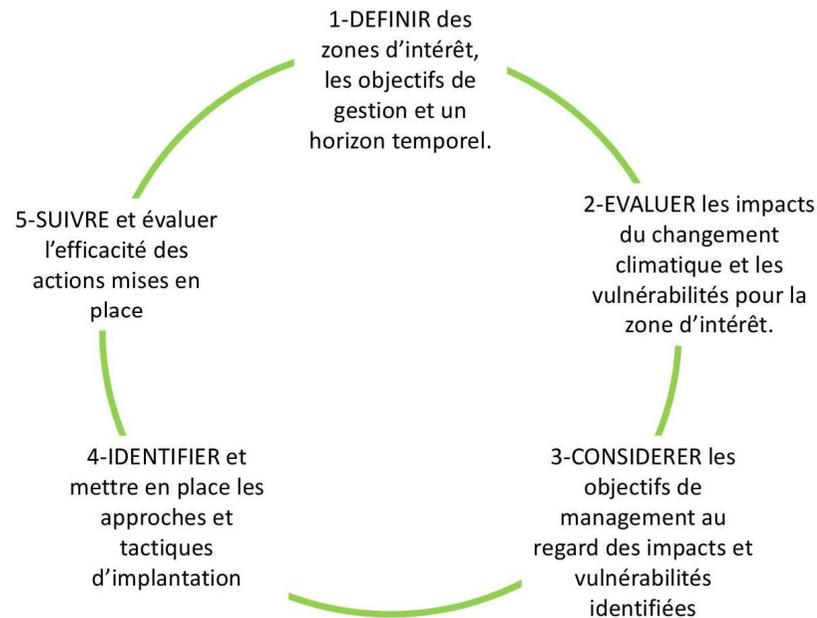
Ces problèmes de confiance et de confusion/inquiétude par rapport au changement climatique ont motivé la création par le NIACS (Northern Institute of Applied Climate Science) d'un programme : « Climat Change Response Framework » ou CCRF. Il concerne le Nord du Midwest et le Nord-Est des États-Unis. Il s'agit de créer des outils qui ont pour but de fournir un cadre de réponse aux propriétaires forestiers et autres acteurs de la forêt par rapport au changement climatique et de les appliquer sur le terrain. Les stratégies d'adaptation sont construites en tenant compte

de l'objectif du propriétaire. Ce programme permet également une meilleure communication entre les chercheurs et les propriétaires terriens grâce à la mise en place de nombreux partenariats. Ce projet résulte donc de la volonté de donner des réponses concrètes aux praticiens et de réduire leurs inquiétudes.

Le CCRF a commencé par réaliser des études de vulnérabilité (6 publiées réalisées par 130 auteurs, 2 en phase de publication, 1 nouvelle en préparation) en collaboration avec les propriétaires sur le territoire fédéral pour définir la situation actuelle et ses possibilités futures. Savoir « d'où on vient et où on va » constitue le socle de l'adaptation. L'étape suivante a consisté en la rédaction du « Forest Adaptation Resource ». Un ouvrage qui définit en fonction des objectifs du propriétaire, les différents types d'adaptations qu'il peut mettre en œuvre. Il est composé d'un menu en quatre phases :

1. Choix de l'**option** : résistance/ résilience/transition ;
2. Prise en compte des conditions spécifiques de la région pour la définition de **stratégies** ;
3. Déclinaison en **approche** de manière à tenir compte des spécificités liées à l'écosystème ou au type de forêt) ;
4. Mise en place d'une **tactique** (en fonction des conditions locales et des souhaits des propriétaires).

Cet ouvrage aboutit à un « Menu de stratégies possibles ». Il est complété par un « Cahier d'exercices » (Workbook) qui fournit des méthodes structurées et flexibles en bout de processus. Il constitue le support de travail du projet d'informations et d'intervention sur les forêts des propriétaires du CCRF. Ce Workbook pose le contexte pour mieux cerner la situation globale. Il est lié aux phases décrites plus haut car il intègre ses résultats (stratégies, approches et tactiques) dans sa phase 4 (cf. schéma ci-dessous d'après Swanston *et al.*, 2016). Le processus est circulaire, toutes les étapes sont importantes. Le constat est fait que le propriétaire a souvent tendance à commencer par la tactique.



Cet outil n'a pas pour but d'influencer le propriétaire, mais de le prévenir pour qu'il crée de lui-même sa solution de gestion adaptée à ses enjeux. Ce projet s'étend sur 22 états. Le CCRF a choisi de mettre en ligne des démonstrations d'adaptation (plus de 200 démonstrations), pour illustrer et donner des exemples d'utilisation des outils et de mise en œuvre de la démarche. Cela offre aux propriétaires la preuve de l'efficacité de ces outils, illustre les différentes tactiques et approches, et facilite la compréhension. Un partage des récits d'anciens propriétaires est également en ligne sur forestadaptation.org. Des ateliers de planification et de pratiques d'adaptation et groupes de travail ont été organisés avec les parties prenantes. Cela a beaucoup facilité la mise en confiance des propriétaires et gestionnaires et l'échange d'expériences. Cette étape est essentielle car : « les décisions ne dépendent pas du climat, elles dépendent avant tout des hommes ». Ces ateliers ont aussi mis en évidence les différences de perception entre acteurs : ce qui est perçu comme un succès pour les uns peut être ressenti comme un échec pour les autres.

L'étape suivante sera la mise en place du suivi de ces pratiques pour un apprentissage progressif et collectif des réussites et des échecs.

Les deux démarches associées connectent les concepts aux futures interventions. On intègre dans ce processus les contextes et données locales. Ces outils sont tous liés entre eux pour assurer la souplesse des décisions. Ainsi, les multitudes de facteurs pouvant jouer un rôle dans l'adaptation des forêts aux changements climatiques peuvent être pris en compte et viennent alors réorienter facilement les axes de décision pris. Ces outils permettent de simplifier et de structurer le travail des gestionnaires des forêts et peuvent même être utilisés par un propriétaire de façon autonome.

Christopher Swanston insiste sur le fait que cet outil ne va pas orienter les propriétaires vers des solutions de gestion préconçues mais lui présenter, en fonction de ses données propres, un panel d'options jugées les plus cohérente avec ses objectifs et face au changement climatique.

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

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

Les propriétaires sont les moteurs de l'adaptation. Ce sont eux qui seront à l'origine des ajustements de la gestion pour faire face au changement climatique. Ainsi, les informer est crucial. On peut alors s'interroger sur ce qu'est une « communication appropriée ». Elle doit être à la fois accessible et compréhensible. Elle implique aussi de tenir compte de la cible et de sa diversité. Connaître son interlocuteur et ses besoins est très important. Cela permet de mesurer le chemin à parcourir pour qu'il soit informé et de choisir les modes et vecteurs de communication à privilégier.

Kristina Blennow décrit une étude mise en place en Europe. Il a été demandé à des propriétaires s'ils ont pris des mesures contre le changement climatique. Ces questions ont été posées à des propriétaires forestiers au Portugal, en Allemagne et en Suède. Il apparaît que dans le Sud de l'Europe, plus de personnes ont pris des mesures contre les changements climatiques qu'en Suède. Il faut néanmoins nuancer ce résultat car ils étaient moins nombreux à répondre à la demande (70 environ) qu'en Suède et en Allemagne (350 à 400 réponses).

Deux principales questions leur ont été posées :

- à quel point croyez-vous aux effets du changement climatique sur votre forêt ?
- à quel point avez-vous vous-même senti l'effet du changement climatique ?

En 2005, une grosse tempête a touché les forêts du sud de la Suède, certains propriétaires ont réagi mais la plupart non.

Il semble que le fait de croire au changement climatique ne préjuge pas de la prise de conscience et donc de la certitude qu'il faut agir. Le fait d'avoir expérimenté les effets du changement climatique peut aider à la prise de conscience, mais très souvent, cela a une durée limitée. L'étude

des relations entre le niveau d'étude des personnes interrogées et leur réponse fait apparaître que l'éducation n'est pas toujours un gage de la mise en place de mesure d'adaptation. En effet, tous ne se sentent pas concernés. Cela dépend des valeurs propres de la personne.

En conclusion, pour une communication appropriée et efficace, il faut :

- connaître son interlocuteur ;
- que les informations autour du changement climatique soient faciles à comprendre pour les propriétaires et qu'ils comprennent bien de quoi il est question ; trouver des exemples concrets qui leur rappellent ce qu'ils voient dans leur forêt ou sur le terrain ;
- leur parler de choses qui les intéressent et qui sont intéressantes pour leur forêt.

Enfin, dans le cadre du changement climatique, une grosse part du travail sur l'information pour les propriétaires doit être de leur faire comprendre sa réalité et la nécessité de s'adapter pour limiter les risques à venir sur leur forêt.

► Quels enseignements les modèles multi-agents peuvent-ils apporter sur les processus de changements de pratique?

Exemple en Suède

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

L'adaptation des forêts au changement climatique passe par la connaissance de ses impacts : Comment les changements globaux peuvent-ils modifier les utilisations des sols et les services rendus par la forêt ? C'est parce qu'il y a un besoin urgent de réponse à ces questionnements que la modélisation a son importance. Le modèle présenté ici est le modèle CRAFTY, un modèle multi-agents suédois qui représente la dynamique d'utilisation des sols à grande échelle, et qui s'appuie sur l'offre et la demande de services écosystémiques.

Dans une forêt, il y a différents contextes : des propriétaires et types de propriétés variés, des types de gestion, des services écosystémiques, etc. Ce constat est particulièrement vrai dans le secteur de la forêt privée.

Les propriétaires suédois se posent souvent cette question : nous avons des services environnementaux en place mais sont-ils compétitifs par rapport à ceux du propriétaire voisin ? Il y a donc concurrence entre propriétaires forestiers (en Suède) afin de voir ce qui marche le mieux en termes d'adaptation aux changements climatiques.

Concernant les services apportés par la forêt, plusieurs cas de figure sont pris en considération : la production de bois, le loisir, la protection forestière et environnementale, mais aussi des services multifactoriels, à mettre en regard avec l'abandon de la parcelle.

Le service « production de bois » est le plus important en Suède. C'est notamment dû aux années 1960, où il y a eu beaucoup de plantations, ce qui a un effet d'« héritage » aujourd'hui entraînant de fortes récoltes. Celles-ci ne sont pas toujours suivies de replantation ou de régénération du peuplement. Ce service est assez important pour être influencé par

les différents scénarios de changements climatiques. En effet, ce service fluctue en fonction de la demande socio-économique, ce qui n'est pas courant pour la plupart des autres pays européens. On peut voir que l'impact socio-économique en Suède est plus fort que les possibles impacts des changements climatiques sur la gestion des forêts.

La gestion forestière appliquée sur le terrain est, quant à elle, définie par différents critères qui sont : les objectifs à atteindre, le comportement du propriétaire et du gestionnaire et la stratégie adoptée pour atteindre les objectifs. En fonction de ces critères et des attentes du propriétaire, la capacité adaptative des forêts aux changements climatiques varie.

Finalement, on peut comptabiliser trois grandes motivations pour l'utilisation de modèles multi-agents. Ils peuvent simuler :

- les processus actuels ;
- les trajectoires futures potentielles ;
- les interactions dans le contexte général dans lequel un propriétaire prend sa décision.

Trois choix de gestion peuvent découler des simulations :

- Garder les processus actuels ;
- Se préparer à utiliser des nouvelles trajectoires ;
- Prendre des décisions d'adaptation maintenant.

Aujourd'hui, il serait utile de voir l'évolution des changements de stratégies d'adaptation sur les services écosystémiques. C'est pourquoi les chercheurs suédois ont pu définir huit grands archétypes de propriétaires forestiers afin de se représenter les différentes manières de voir les choses. Ils ont réussi cette synthèse grâce à des sondages par questionnaires avec une vérification systématique des résultats) au sein du monde forestier.

Les données passées sont utiles pour voir l'évolution mais sont moins pertinentes par rapport aux données actualisées pour ce qui est de la mentalité actuelle.

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

Dan Mc KENNEY, Ressources Naturelles Canada, Service canadien des forêts (Canada), en collaboration avec J. PEDLAR et I. AUBIN

Le changement climatique pose déjà des problèmes aux forêts nord-américaines comme la prolifération des scolytes, des sécheresses, les tempêtes et les dégâts d'exploitation en hiver.

Le programme « Changements Forestiers » a été créé par le Service canadien des forêts. Il existe depuis 5 ans et a été renouvelé pour 5 ans de plus (2016-2021).

Ce programme a déjà permis :

- de mettre en place un système de suivi des indicateurs des changements climatiques (impacts sur la vulnérabilité du secteur forestier) ;
- de concevoir une boîte à outils pour l'adaptation des pratiques (gestion dans un climat changeant) ;
- d'assurer une évaluation intégrée des implications du changement climatique pour la filière forêt-bois (pour orienter les politiques publiques et les investissements).

Tous ces outils sont disponibles en ligne, sur le site du Service Canadien des Forêts. Un focus est fait ici sur quelques-uns de ces outils.

Données climatiques spatialisées : cet outil met à disposition des données climatiques spatialisées qui couvrent l'Amérique du Nord. Ces données sont au pas de temps journalier, mensuel et annuel. Près de 80 variables sont disponibles pour une période allant de 1800 à nos jours et pour plusieurs scénarios futurs.

Modèle de climat spatialisé : des modélisations du climat sont proposées à plusieurs échelles spatiales. Ils permettent de voir l'évolution du climat en fonction de plusieurs scénarios climatiques futurs. Associés à d'autres couches d'information, ils permettent de

renseigner sur les impacts et le développement d'insectes ravageurs et de pathogènes forestiers pour plus de 1300 espèces avec des cartes.

Rusticité des plantes et modélisation des espèces : cet outil permet de représenter l'évolution des enveloppes climatiques en fonction notamment d'un indice de rusticité (équation élaborée par Ouellet et Sherk). L'utilisation de cet indice et d'une base de données d'espèces qui regroupe près de 3 millions d'occurrences et a servi à la modélisation des enveloppes climatiques actuelles et futures. Ce travail a été effectué pour plus de 3000 espèces.

Pathogènes forestiers : mise à disposition de données et de cartes de présence de pathogènes forestiers avec un historique de plus de 60 ans.

Cartographie des risques d'insectes et de maladies : mise en évidence pour 1500 espèces de pathogènes et ravageurs, des zones potentiellement exposées dans le climat actuel et pour un climat futur.

Catalogue des tests de provenances : il contient 488 projets, soit près de 1300 essais. Les informations associées (localisation, responsable, années d'implantation, facteurs suivis, etc.) sont stockées dans une base de données au format Excel.

Seedwhere : cet outil présenté précédemment permet d'identifier les zones présentant un climat futur semblable à celui du climat actuel pour un endroit donné. Il est ainsi possible d'identifier des sources de semences qui seraient compatibles avec les climats projetés pour un site donné.

Le réseau TOPIC : plateforme répertoriant les principaux traits fonctionnels des espèces de plantes au Canada. La combinaison d'informations plus générales sur le climat, les peuplements, etc., avec cette base permet par exemple de produire des cartes de vulnérabilité à différents aléas.

Base de données d'options d'adaptation : elle recense les options d'adaptation identifiées dans la littérature.

La mise à disposition de toute cette panoplie d'outils est utile pour aider à la décision, mais cela reste complexe pour les décideurs de faire des choix. Ils doivent intégrer le contexte en fonction des conditions économiques, écologiques et sociales et de leur possible évolution. La confiance dans le conseil qui leur est donné est déterminante. Connaître la personne qui élabore le conseil peut donc être un petit plus. La mesure des coûts et bénéfices peut aussi aider à déclencher l'action. Enfin, il ne faut pas oublier que de petits changements peuvent parfois suffire à résoudre de gros problèmes.

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

Yvonne CHTIOUI, Institut de recherche forestière du Bade-Wurtemberg (Allemagne)

KoNeKKTIW est un réseau de compétences allemand qui s'intéresse au changement climatique. Il traite des transformations des écosystèmes forestiers et de la gestion des risques pour les propriétaires et entreprises associées au milieu forestier. C'est un projet de « Fond pour le Climat » financé par l'Etat allemand. D'une durée de 4 ans (de 2014 à 2017), le réseau a bénéficié d'une aide de 1 233 488€ et compte 30 partenaires : associations de propriétaires forestiers, le conseil allemand de gestion sylvicole, le service forestier des différents Länder, plusieurs organisations d'Autriche et d'Espagne, etc. De ce fait le projet couvre tous les types de propriétés forestières.

KoNeKKTIW démarre d'une initiative régionale, qui sert de point de départ pour construire une toile nationale et poursuit son développement à l'international. Il est également une part importante du projet nommé « Les risques pour les forêts européennes » (FRISK), dirigé par l'Institut forestier européen. Il a pour but d'aider les propriétaires forestiers à adapter leurs forêts au changement climatique, mais aussi à conseiller les entreprises forestières, car ce changement climatique va modifier l'aire de répartition des essences, ce qui peut être problématique car ces entreprises sont souvent habituées/spécialisées dans certaines essences et certains types de produits associés.

Le but de KoNeKKTIW est de former un réseau représentatif de toutes les infrastructures publiques et privées qui gèrent, exploitent, et étudient l'environnement forestier. Il cherche à sensibiliser les différents acteurs au changement climatique, à leur faire acquérir des compétences, mais également à centraliser les connaissances des différents pays et des différents organismes, à les confronter et parfois à trouver des terrains d'entente.

En raison de la diversité des activités et des membres du réseau, des praticiens avec des valeurs différentes aux entreprises forestières avec des intérêts parfois divergents, il est difficile de s'adresser à tous d'une seule voix. Il faut donc adapter le langage et essayer de s'adresser de manière ciblée à chaque groupe d'acteur.

Le réseau se compose d'un noyau dur de superviseurs et de nombreux membres qui participent et utilisent ses informations. L'équipe qui anime le projet KoNeKKTIW est composée de 4,8 équivalents temps plein qui ont des diplômes forestiers et des spécialisations en animation afin d'assurer le transfert des connaissances et la vulgarisation. Cela représente beaucoup de personnel qui est néanmoins débordé - et qui travaille dans un réseau socio-efficace : c'est-à-dire de la communication à des groupes cibles et la vulgarisation d'informations par des moyens de communication cohérents (journaux, vidéo en ligne, articles, etc.). Chaque article mis en ligne est relu et vérifié par chaque membre du réseau au préalable.

Un rapport traite des mesures d'adaptation au changement climatique, des obstacles qui peuvent ralentir la mise en place de ces mesures. Pourquoi ces mesures ne sont-elles pas aussi nombreuses et aussi concrètes que le souhaiteraient les praticiens ? Les principaux obstacles sont les différentes politiques, les différents contextes économiques et psycho-sociaux dans les différents pays. Les publications qui recensent l'état actuel des connaissances sont peu accessibles et difficilement compréhensibles pour les gestionnaires et autres acteurs. Il y a un décalage entre les connaissances scientifiques actuelles sur le changement climatique et leur potentiel à être directement applicables.

L'objectif à long terme de ce réseau est d'avoir une organisation européenne qui puisse chapeauter et coordonner les actions locales dans les différents pays afin de renforcer la capacité de gestion des crises à grande échelle et d'avoir une base de données européenne pour ne pas faire à nouveau les mêmes expériences.

► 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

Il est rappelé le rôle des experts forestiers en France. Ils sont 165 et interviennent sur près de 1 000 000 d'ha. La gestion des peuplements leur est confiée et ils doivent composer avec les contraintes et incertitudes, qu'elles soient d'ordre économique ou climatique. Pour illustrer cela, il a pris l'exemple de la sapinière dans une forêt privée des Pyrénées ariégeoises. La propriété s'étale sur 800 ha, à une altitude allant de 700 à 1600 m. Elle est gérée en futaie irrégulière. L'essence principale de cette futaie est le sapin pectiné. Faute de prélèvements, elle est aujourd'hui dominée par les gros bois et très gros bois.

Dans cette sapinière, on observe un dépérissement massif sur les versants sud et rocheux. Ce phénomène est dû aux sécheresses qui s'enchaînent depuis 2003 et auxquelles l'essence est sensible. Les dépérissements sont brutaux, contrairement au massif Vosgien, et cela laisse donc peu de temps pour exploiter les bois. Sur les versants exposés, jusqu'à 4 coupes sanitaires ont été réalisées en 6-7 ans et tous les ans pour certains versants. Dans certains cas les plus critiques les décisions ont été de ne pas attendre une régénération improbable, car les sujets sénescents ont une mauvaise fructification, il a donc fallu procéder à de petites coupes rases (entre 0,5 et 3 ha).

De plus, dans le contexte de changement climatique, le sapin pectiné n'est plus à sa place sur les versants sud et sur les dômes rocheux, donc des plantations ont été réalisées avec du cèdre de l'Atlas. Ainsi dans ce cas la stratégie a été de faire une anticipation en changeant d'essence, cependant tous les propriétaires ne suivent pas.

Certaines zones où il y avait de très fortes pentes et une concentration trop élevée de roches n'ont pas été reboisées car les conditions sont trop difficiles et les coûts trop importants.

Dans des contextes un peu plus favorables, où les dépérissements sont significatifs mais plus diffus, il a été décidé d'accélérer la régénération en prélevant un important stock de gros bois et de très gros bois. Ainsi la stratégie ici a été de réduire le risque en diminuant le stock et l'importance des bois sensibles au dépérissement. L'ouverture des peuplements a été accompagnée de travaux d'entretiens de régénération. Les zones sont essentiellement calcaires, donc on a fait un recépage ponctuel du noisetier et du buis. Par contre très peu de plantations et d'enrichissements des trouées ont été effectués à ce stade. Considérant que le sapin était encore à sa place dans ces contextes, on a misé sur la régénération naturelle.

Enfin sur les très bonnes stations, en versants nord et fonds de vallée, les dépérissements sont moins nombreux et l'avenir du peuplement n'est pas remis en question. Néanmoins, il est pratiqué une récolte de très gros bois pour des raisons commerciales et pour permettre une régénération lente. Les rares feuillus sont gardés (hêtre et tilleul) pour augmenter la biodiversité et pour améliorer la capacité de régénération du sapin. Sur ces stations les gestionnaires ont misé sur la capacité des peuplements en place à surmonter les périodes de stress climatique.

Ainsi, en fonction du contexte pédoclimatique et en fonction du diagnostic du peuplement (dont l'état sanitaire), la stratégie à mettre en œuvre au sein d'un même massif peut varier fortement. Dans le premier cas (versant sud et rocheux), la stratégie consiste à anticiper les changements du climat en misant sur une nouvelle essence. Dans le deuxième (autres versants et zones de crête), la stratégie privilégiée consiste à limiter le risque. Dans le troisième (versants nord et fonds de vallée), l'accent est mis sur la résilience des peuplements.

Ce que l'on peut retenir c'est qu'il faut observer pour comprendre et imaginer des scénarios. Ainsi, l'incapacité à prédire précisément les évolutions des peuplements ne doit pas tétaniser les gestionnaires. Des moyens d'action existent. Dans certains cas il faut décider et oser agir, avec détermination, mesure, constance et pragmatisme, au risque de subir un échec. Il est aussi judicieux de diversifier les stratégies. Il faut

évoluer en fonction des expériences et de l'environnement, en effet le changement climatique commence par une période de transition qui va nécessiter des ajustements réguliers de la gestion. Enfin, il faut partager entre forestiers et entre gestionnaires et chercheurs. Cela permettra une amélioration des connaissances, ainsi que la réalisation de guides pratiques et donc une proposition d'une diversité de solutions.

En conclusion, on peut dire que nous devons tous apprivoiser l'incertitude.

CONCLUSION

Modérateurs : Mériem FOURNIER, AgroParisTech

► Conclusion par les étudiants d'AgroParisTech

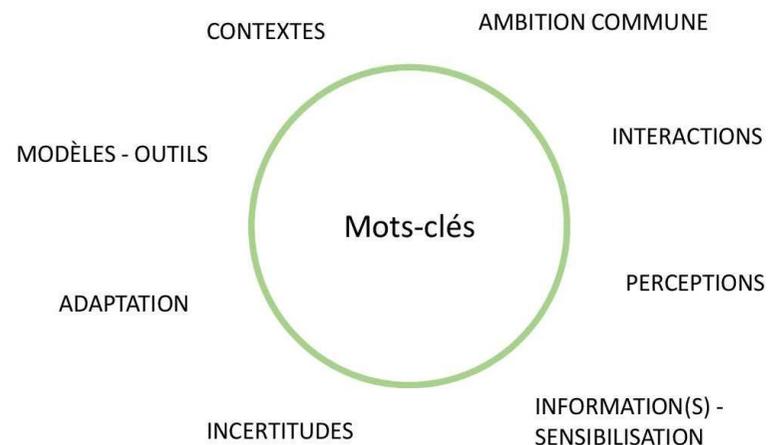
ARNOULD Maxence et BONIN Frédéric – Master FAGE Bois, Forêt et Développement durable, sous la direction de Mériem FOURNIER, AgroParisTech (France)

Les présentations faites au cours de ces deux journées ont principalement insisté sur le constat du changement climatique et sur les perspectives futures : évolution des pratiques en fonction de ce nouveau contexte et nouvelles organisations nécessaires à leur mise en œuvre.

Elles ont aussi permis de dresser un panorama des instruments i.e. des outils mis à disposition pour influencer sur les changements de pratiques et sur leur niveau d'appropriation. Différents moyens à mettre en œuvre pour accompagner leur utilisation ont été proposés. Enfin, la richesse des connaissances disponibles aujourd'hui, celles à acquérir, celles qui parviennent jusqu'au décideur et ce qu'il en perçoit a aussi fait l'objet de discussions.

Il apparaît que le changement climatique est un défi international qui touche tous les métiers de la forêt. Beaucoup s'interrogent sur les moyens à mettre en œuvre pour intégrer les industriels dans les réflexions : comment anticiper l'offre et la demande future ? Doit-on aller vers des essences exotiques si nous n'avons aucune certitude de débouché ?

On peut à l'issue de ces journées retenir un certain nombre de mots-clés qui reviennent régulièrement dans les présentations :



La combinaison de ces mots-clés permet de refléter la richesse de cet atelier, la diversité des échanges et celle des apports de chacun des participants :

« Malgré des CONTEXTES et des PERCEPTIONS différentes, grâce à une AMBITION commune, des INTERACTIONS et de l'INFORMATION, des MODÈLES se créent et se transforment en OUTILS qui, par le biais d'une SENSIBILISATION adaptée, permettront de faire face aux INCERTITUDES. »

Elle résume simplement et efficacement ce rapide état des lieux international que les organisateurs ont tenté de dresser au cours de ces journées.

► Animation conclusive faite par les étudiants de l'EPLEFPA de Mirecourt

Sous la direction de Jean-Michel ESCURAT, EPLEFPA de Mirecourt (France)

Scénario de l'animation faite par les étudiants de l'EPLEFPA de Mirecourt

Contexte :

2 étudiants de l'école d'architecture se sont trompés de salle, ils ont suivi le colloque en pensant que c'était un de leur cours. Ils ont trouvé les changements climatiques intéressants et en discutent à la fin.

1 personnage « objet », joue souvent le rôle de publicité et illustre la discussion. Il possède une thermo-montre (un thermomètre en tant que montre)

Exorde

(personne « objet » regarde sa thermo-montre, d'un air affolé)

Les deux étudiants descendent au devant de la salle

ALEXANDRE : C'est marrant, depuis hier je n'ai pas l'impression de suivre des cours d'architecture !

FLAVIAN : Ouais, c'est vrai que ça n'y ressemble pas, enfin pour la culture c'était plutôt pas mal, j'ai vraiment trouvé ça intéressant ces interventions ! Eh, d'habitude y'a pas autant de gens qui se déplacent pour nous faire cours ! T'imagines un peu le privilège ??

ALEXANDRE : Intéressant, intéressant, ça n'en reste pas moins un peu déprimant cette histoire de dérèglement climatique ! Puis je ne suis même pas sûr d'avoir compris toutes les subtilités de leurs messages,

Intro

FLAVIAN : Ce que j'ai compris moi c'est qui veulent aller de l'avant ! Leur but est d'avancer, mais surtout avancer ensemble !

HANNAH : « Dans le cadre de la coopération France-Québec, nous sommes allés directement au Québec et en France pour rencontrer les producteurs forestiers de nos régions et nos collaborateurs des services météorologiques, entre autres. Vous voyez, il y a une réelle relation humaine entre nous et nos associés,... amis ! Rejoignez-nous ! »
Excusez-nous pour cette courte page de publicité.

ALEXANDRE : Le problème, c'est que y'a aucun moyen de savoir à 100 % ce qu'il va se passer dans le futur, les incertitudes des prédictions concernant le taux de précipitation par exemple, l'amplitude de variation est de 400mm ! Et si l'on respecte l'accord de Paris, et ses prédictions, et ses moyennes, probablement que la probabilité pour qu'on soit plus bas doit augmenter, et la probabilité pour qu'on soit plus haut doit diminuer ! ...mais...on n'en est pas sûr !

Session 1

FLAVIAN : Eh bien c'est pour ça qu'ils ont mis au point plein de systèmes de simulations pour tenter d'anticiper plusieurs scénarii. Par exemple, beaucoup de praticiens se plaignent de ne pas avoir suffisamment d'outils et de connaissances à disposition, et le risque sécheresse fait peur à tout le monde, donc ils aimeraient bien savoir mesurer et quantifier les sécheresses.

(prise de mesure de Flavian par Hannah avec un mètre mesureur)

HANNAH : « De nos jours, avec notre nouvel outil de simulation, gagnez du temps dans vos mesures ! Bon d'accord, on a pris plus de 120 heures pour le calcul... mais c'est un outil rapide, je vous l'assure ! Contactez-nous dès à présent pour toute information complémentaire. »

ALEXANDRE : Dis-moi, elle [Hannah] va réagir à tout ce qu'on va dire ? Elle s'adapte comme le Québec, plutôt réactive que préventive !

HANNAH : C'est le stress climatique, désolé...

FLAVIAN :

Boaf, peu importe... Je fais confiance à la science moi, si aujourd'hui elle nous dit qu'on doit changer radicalement notre vision des choses, je ne sais pas où on va, mais on y va !

ALEXANDRE :

Radicalement ? T'y vas un peu fort de café ! Petit à petit c'est déjà pas mal, pour être sûrs que ça marche, prônons l'adaptation in-crémentale !

FLAVIAN : Incrémentale ?Ouais, ... c'est pas faux !

HANNAH : « Vous avez des problèmes d'adaptation dans vos forêts ? Laissez la nature jouer son rôle ! Avec sa facilité d'adaptation et sa réactivité, elle adapte ses climats à vos essences pour leur donner un milieu de vie confortable et ... *(regarde sa thermo-montre)* chaleureux ! Avec la nature, dites adieu aux climats défavorables. »

ALEXANDRE : Diantre ! L'obligation de réserve nous a encore échappé ! Je crois même qu'elle nous a carrément quittés... paix à son âme !

Session 2

FLAVIAN : Mais tant mieux, faut rester ouvert, c'est déjà un pas vers l'avant ! Les scientifiques ont un horizon temporel à atteindre, faut pas perdre les gens en cours de route ! Les chercheurs ne servent pas simplement à balancer vulgairement des kilos d'information dans toutes les langues possibles, ils ont un rôle d'aide, d'assistance envers les praticiens.

ALEXANDRE : On va devoir abandonner la réaction du « je ne sais pas donc j'agis pas ». Peste, nous voilà contraints de réagir, je me sens soudainement important, essentiel dans la chaîne naturelle ! Je ne laisserai pas le réchauffement nous sucrer les érables !

(au personnage « objet ») Il nous reste combien de temps ?

HANNAH : 2 degrés.. !

Les projets doivent s'ar-ti-cu-ler dans différents pays, et moins vite que ça, s'il vous plaît ! L'adaptation n'est pas un sprint, c'est un marathon ! Allez, allez, on s'associe ! On fait bouger les choses ! Au diable l'ordre et la discipline, je veux de la résistance, de la résilience et des réponses dans nos forêts !

Session 3

FLAVIAN : Mouais, je me méfie un peu quand même, pourquoi on devrait croire tous ces gens ?

HANNAH : Excellente question, mon cher ! Chez nous, nos scientifiques savent prendre les choses en main. Ils se montrent, ils vous écoutent, ils sont honnêtes et transparents. Qui plus est, ils sont accompagnés du plus grand, du plus intelligent ingénieur au monde : le climat ! What else ?

Conclusion

FLAVIAN : Finalement, nous avec nos maisons bioclimatiques, le bois de construction, tout ça tout ça, le changement climatique, il va nous toucher aussi ! Il nous guette, il rôde tout autour de nous... il est partout ! Il se cache presque derrière chaque profession, prêt à s'imposer quand on s'y attend le moins !

ALEXANDRE : Eh bah nous voilà prévenu ! Finalement on a bien fait de se tromper de salle, on va pouvoir agir et informer à notre tour !

HANNAH : Ah et, pour les questions, vous n'avez déjà pas eu de réponse pour les questions simples, on ne va pas se le cacher : on ne saura pas vous répondre pour celles compliquées ! Et puis de toute façon... on n'a plus le temps !

(Les 3 personnages remontent à leur place en pressant le pas.)

Avec la participation de :



COOPÉRATION FRANCE-QUÉBEC



Source : M. Van Waesberge et M. Bonnefon, étudiants de l'école de Mirecourt