

Comment l'Office national des forêts anticipe les effets du changement climatique ?

En charge de la gestion de onze millions d'hectares de forêts publiques, dont 4,6 millions d'hectares en métropole, l'Office national des forêts (ONF) est un acteur majeur de la filière forêt-bois en France. Depuis 2005, le changement climatique s'est imposé à l'ONF comme une priorité de recherche et de développement. Pour adapter les forêts au climat de demain et préserver les stocks de carbone, son département « Recherche développement et innovation » s'est rapproché des acteurs de la recherche en France. Dans cet article, les auteurs font le point des travaux et actions menés au cours des quatorze dernières années et de leur appropriation par les services de gestion.



L'anticipation des impacts du changement climatique et l'adaptation font l'objet à l'Office national des forêts (ONF) d'une démarche formalisée depuis 2005. La publication du rapport Carbofor (projet financé par le programme « Gestion des impacts du changement climatique ») avait en effet rendu publiques les premières projections d'impacts du changement climatique sur la forêt française, et notamment des cartes présentant l'évolution de la niche climatique du hêtre, ainsi que celle de la répartition des grands types de végétation de la France (Badeau *et al.*, 2004). Le changement climatique sortait de l'abstraction pour entrer dans l'horizon spatio-temporel de réflexion de l'aménagement forestier.

C'est logiquement dans le cadre de la planification forestière que les premières réflexions ont débuté en 2005, à l'occasion d'un atelier de travail réunissant les chercheurs de l'Inra (désormais INRAE¹) et les managers techniques de l'ONF, travaillant à l'époque à la rédaction de la première génération de directives et schémas régionaux d'aménagement (DRA-SRA²; Legay et Mortier, 2006). Ces échanges ont permis de dresser la liste des connaissances sur les impacts à prendre en

compte dans la rédaction des DRA-SRA, et de tracer les grands axes d'adaptation :

- identifier les impacts potentiels et les peuplements vulnérables ;
- faire évoluer la composition des peuplements vers des ressources plus adaptées au climat futur ;
- dynamiser la sylviculture ;
- gérer les crises et atténuer leurs impacts ;
- suivre en continu l'évolution de la forêt.

En 2008, une directive sur l'adaptation au changement climatique, nourrie des conclusions de cet atelier, a donné un caractère institutionnel à la démarche. Cette même année, les partenaires de la recherche et du développement se sont organisés en consortium, sous la forme du réseau mixte technologique (RMT) AFORCE³ (voir l'article de Perrier, page XX de ce numéro) pour structurer leurs collaborations et mobiliser des financements.

Les orientations dégagées suite à l'atelier de 2005 ont servi de fil rouge aux travaux du département « Recherche, développement et innovation » (RDI) de l'ONF, en lien avec ses partenaires du RMT AFORCE, au fil de ces quatorze années. Leur passage en revue donne un aperçu des travaux et actions déployés, sans en masquer les difficultés.

1. Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.

2. DRA : directives régionales d'aménagement (pour les forêts domaniales) ; SRA : schémas régionaux d'aménagement (pour les forêts des collectivités).

3. AFORCE : Adaptation des FORêts au Changement climatiqueE.

Identifier les impacts potentiels et les peuplements vulnérables

Cette étape de diagnostic précède les étapes d'action. L'évaluation des impacts potentiels et l'identification des vulnérabilités (combinaisons essence-stations vulnérables ; systèmes de production vulnérables) s'est alimentée à deux sources :

- la veille et la synthèse des résultats de recherche,
- la remontée des observations de terrain.

Le premier bilan, fait à l'occasion de l'atelier, avait surtout mis l'accent sur la vulnérabilité du hêtre, du chêne pédonculé, de l'épicéa et du sapin. Les collègues en charge de la rédaction des DRA-SRA ont retranscrit et décliné dans leurs régions respectives ce diagnostic général, en prenant en compte les gradients écologiques régionaux. La Directive régionale d'aménagement Rhône-Alpes, par exemple, dès 2006⁴, comportait une analyse de vulnérabilité par essences et par zones écologiques.

La remontée d'informations de terrain a été particulièrement active en 2006, alors que la visibilité dans les paysages forestiers des dégâts consécutifs à la sécheresse caniculaire de 2003 culminait, et donnait lieu à la mise en place d'un observatoire des peuplements de sapin et de pin sylvestre impactés dans les Alpes Maritimes (Ladier et Tessier, 2016). Les travaux de modélisation ont confirmé plus tard la vulnérabilité du pin sylvestre, non seulement en marge méditerranéenne de sa distribution où elle avait été déjà pointée par des travaux d'Irstea⁵ (Vennetier *et al.*, 2007 ; voir également l'article de ce même auteur page XX de ce numéro), mais aussi dans les plaines du nord de la France, où le pin sylvestre avait été considéré dans un premier temps, sur la base des connaissances empiriques de son écologie, comme « une valeur refuge ». Cet exemple illustre que ce diagnostic de vulnérabilité est à revisiter périodiquement, en fonction de l'évolution des observations et des connaissances (pour une synthèse des effets attendus sur l'arbre et le climat, voir Legay *et al.*, 2015).

Le partenariat avec l'Inra s'est poursuivi notamment dans le cadre d'un poste d'interface, à l'occasion duquel des travaux ont été entrepris pour observer le comportement du hêtre en limite sud-ouest de son aire de répartition, rechercher les éventuels marqueurs de recul de l'essence (E Silva *et al.*, 2001), étudier l'impact de l'homme sur la limite de répartition (E Silva *et al.*, 2012) et étudier les adaptations aux conditions locales.

Faire évoluer la composition des peuplements

L'idée d'une transition dans la composition des peuplements pour favoriser ou installer des essences mieux adaptées aux conditions futures a été introduite avec beaucoup de prudence, les forestiers connaissant bien la difficulté et le coût d'une telle entreprise, ne serait-ce qu'à l'échelle d'un peuplement. Ont d'abord été envisagés des changements d'équilibre entre essences en

place : recul du chêne pédonculé ou du hêtre au profit du chêne sessile, ou encore recul de l'épicéa ou du sapin aux altitudes et expositions les plus chaudes et sèches. La Directive régionale d'aménagement Rhône-Alpes de 2006 considérait par exemple l'épicéa vulnérable en dessous de 1 000 mètres d'altitude. Pour une région comme l'Île-de-France, le mouvement de substitution du chêne au hêtre prolongeait des orientations antérieurement prises pour limiter la dominance du hêtre, notamment suite à la crise traversée dans les années 1980 avec les attaques de cochenille.

Certains dépérissements ont imposé aux forestiers d'agir immédiatement. Ainsi, le dépérissement du chêne à Vierzon (Cher) (photo 1) dans les années 2000-2010 (Gauquelin *et al.*, 2010)⁶ a amené l'ONF à remplacer des peuplements de chêne pédonculé détruits par des plantations de chêne sessile, de pin sylvestre ou maritime, selon les conditions de sol.

1 Le dépérissement du chêne à Vierzon en 2008. La contribution de l'évolution du climat dans ce dépérissement complexe est difficile à évaluer, mais l'épisode a rappelé la vulnérabilité de cette futaie soumise à des conditions écologiques très contraignantes et appelées à se dégrader sous l'effet du changement climatique.



© M. Legay (ONF)

4. Directive régionale d'aménagement Rhône-Alpes, juin 2006, renouvelée en 2018, dans le cadre de la nouvelle région Auvergne-Rhône-Alpes : http://www1.onf.fr/lire_voir_ecouter/++oid++1eec+@display_media.html

5. Désormais INRAE, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.

6. Comme généralement les dépérissements de chêne, son déterminisme était complexe et multifactoriel, et pas seulement climatique.

▶ Devant l'ampleur des changements climatiques potentiels, le changement de matériel vivant pourrait bien apparaître comme une des seules options efficaces à long terme. Dès lors, deux questions sont devenues prégnantes : comment évaluer l'évolution des conditions environnementales pour étayer ce choix, notamment en prenant en compte les scénarios de changement climatique produits par les modélisateurs du climat ? À quelles ressources génétiques faire appel pour s'adapter aux conditions futures ?

Caractériser l'évolution des conditions écologiques et des enveloppes climatiques des espèces

Le choix des essences est un sujet clé des DRA et SRA auxquels les aménagistes forestiers se réfèrent. L'identification des essences-objectifs s'appuyait jusqu'à présent sur les catalogues de stations, dans lesquels le climat était considéré comme constant et uniforme (avec des variantes selon la topographie), et sur la connaissance des gestionnaires quant au comportement des essences dans ces différents contextes stationnels. La prise en compte de l'évolution du climat imposait de nouvelles méthodes de description des conditions écologiques. L'ONF a ainsi soutenu les travaux développés au LERFOB (Laboratoire d'études des ressources forêt-bois d'INRA-AgroParisTech), puis dans l'UMR Silva (AgroParisTech, INRAE et Université de Lorraine), sur la caractérisation analytique des stations forestières, à partir de données spatialisées sur les facteurs du milieu (topographie, climat, caractéristiques du sol par bioindication floristique).

La nécessité de se projeter dans un climat différent a cruellement révélé la fragilité de nos connaissances sur l'autécologie des essences forestières, plus souvent empiriques et qualitatives que quantitatives, avec des références climatiques imprécises, parfois controversées, et souvent reconduites d'un auteur à l'autre sans véritable remise en cause scientifique. Étayer ce corpus de connaissances relatives et qualitatives par une démarche systématique de modélisation est apparu comme la voie d'avenir. La recherche et développement (R&D) forestière a donc porté ses efforts vers le développement de modèles accessibles aux organismes de gestion forestière, et déployables pour les principales essences ayant un potentiel de production de bois d'œuvre. L'ONF s'est orienté vers le modèle IKS (Le Bouler, 2014) caractérisant le domaine de compatibilité climatique d'une essence par trois facteurs limitants : le besoin de chaleur, le besoin d'alimentation en eau et la limitation par le froid. Il permet de projeter les évolutions des zones de compatibilité climatique des essences en fonction de scénarios d'évolution du climat. Après plusieurs années de travail au sein du RMT AFORCE, le modèle IKSMAPS sera très prochainement mis à la disposition de la communauté forestière (Bertin *et al.*, 2019).

Le défi le plus complexe, dans cette caractérisation des conditions futures de croissance des arbres, est d'atteindre l'échelle de travail du forestier, pour caractériser les conditions futures et leurs variations au sein d'un massif jusqu'au niveau de l'unité élémentaire de gestion. La question est en principe hors de portée (la climatologie est incapable de simuler l'évolution du climat futur à des échelles aussi fines), et pourtant pousser la projection jusqu'à ce niveau de résolution (y compris avec des



📍 Située dans les Alpes de Haute-Provence, la chênaie sessiliflore de Vachère, est l'une des unités de conservation des ressources génétiques du chêne les plus méridionales. Des glands y ont été récoltés pour le projet Giono.

hypothèses climatiques simplificatrices, comme la transposition de la variabilité locale actuelle) est nécessaire si on veut projeter le climat futur en prenant en compte la variabilité topo-édaphique locale. C'est donc également une voie de travail pour les équipes R&D de l'ONF, en interaction avec les gestionnaires. Le choix s'est porté sur la réutilisation des cartes de station quand elles sont disponibles et que le catalogue de station identifie bien le réservoir en eau comme un des facteurs limitants. Le réservoir en eau du sol utilisable par la végétation (RU) est calculé pour chaque station à partir des propriétés de leurs exemples-types. Un bilan hydrique est alors réalisé par massif ou par station à partir des informations issues des cartes/catalogues de station (sol) et des cartes de climat à fine résolution⁷. Ce bilan hydrique permet de positionner la station/ le massif par rapport aux observations nationales et d'aider à prioriser les zones d'action.

La recherche de ressources génétiques pour l'adaptation

Très conscients de la difficulté d'introduire avec succès de nouvelles ressources génétiques, les forestiers privilégient dans un premier temps des changements progressifs, par la sylviculture, des proportions des essences en place. Une autre proposition consiste à faire appel, pour les essences en place, à des sources de graines issues

⁷ Voir notamment les cartes climatiques développées au sein de l'UMR Silva : <https://silvae.agroparistech.fr/home/>

de climats plus chauds et plus secs. Cette approche dite de « migration assistée » est souvent évoquée théoriquement, mais très peu mise en pratique. La R&D de l'ONF, en s'appuyant sur l'implication de l'ONF dans l'ensemble de la filière des matériels forestiers de reproduction, l'a entreprise à l'échelle expérimentale, dans le cadre du projet Giono. Des plantations expérimentales de hêtre et de chêne sessile (à Verdun), de sapin (à Levier), dans des zones climatiquement favorables⁸, ont été mises en place dès 2013. Elles permettent de comparer le comportement du matériel génétique local avec des sujets issus de graines récoltées en limite d'aire de compatibilité climatique, dans des unités des réseaux de conservation des ressources génétiques des essences concernées (photo ②). Au-delà de la comparaison, l'expérience assure une « copie de conservation » de peuplements originaux, très vulnérables au réchauffement du climat, car déjà soumis à un climat extrême pour l'essence. Enfin, elle vise à terme à enrichir la diversité génétique locale (avec des compositions génétiques provenant de populations adaptées à des climats plus chauds et plus secs). Ajoutons que ce projet s'est révélé être un formidable outil de communication⁹ et de pédagogie sur l'adaptation des forêts au changement climatique.

Cependant, les scénarios de changement climatique, surtout les plus sévères, projettent dans nos régions un climat qui souvent sort de l'enveloppe climatique des essences en place. Que se passera-t-il dans ces cas-là ?

La discussion de cette question difficile dépasse le cadre de cet article, mais on ne peut envisager ces évolutions sans conclure au besoin de rechercher des espèces susceptibles de prospérer sous des climats inconnus sur notre territoire – de façon à pouvoir faire face à une probable dégradation des peuplements d'essences natives. La recherche de nouvelles essences pour l'adaptation est ainsi devenue une voie de travail. Une diversité d'approches est mise en œuvre : revisite des expérimentations d'essences et de provenances existantes, valorisation scientifique des arboretums, recensement des introductions d'espèces réalisées dans le cadre de la gestion, installation de nouvelles expérimentations (photo ③). La démarche a pris sa pleine ampleur avec les projets RENEssences (projet interne ONF) et Esperence (projet multipartenaires coordonné par le RMT AFORCE et soutenu par le Fond stratégique forêt bois), articulés entre eux. Ces projets visent à raisonner à l'échelle du territoire national et de l'ensemble de la communauté forestière un réseau expérimental cohérent pour rechercher et tester de nouvelles essences ou provenances. À l'ONF, le projet associe les gestionnaires dans une démarche participative : le dispositif expérimental proprement dit a vocation à être complété par des plantations expérimentales intitulées « îlots d'avenir », mises en place par les gestionnaires, avec un suivi au long cours qui s'appuiera notamment sur le sommier de la forêt (le sommier est le registre, en cours d'informatisation, dans

8. Zones climatiquement favorables actuellement et pour une durée variable selon le scénario climatique envisagé.

9. <https://www.onf.fr/+14e::le-grand-exode-climatique-des-arbres-du-projet-giono.html>

③ Expérience de stress hydrique au stade juvénile, au Pôle national des ressources génétiques forestières. Les anciennes « pépinières administratives », aujourd'hui pépinières expérimentales intégrées au département Recherche, Développement et Innovation, sont pleinement mobilisées dans la recherche de ressources génétiques pour l'adaptation, en lien avec l'ensemble des instituts de recherche forestière.



© B. Musch (ONF)

► le quel sont collectées les principales données de gestion de la forêt). La Direction territoriale Grand Est (à l'origine de la dénomination « îlot d'avenir » et très motrice sur la question) travaille ainsi à la mise en place d'une centaine d'îlots d'avenir.

Pour rechercher ces nouvelles essences potentielles, le modèle IKS a été associé à une démarche de structuration systématique (projets IKSMAPS1 et IKSMAPS2 du RMT AFORCE) et de mise à disposition des informations sur l'autécologie des essences (projet Caravane du RMT AFORCE). Les deux approches alimentent un outil unique, dont le développement, en cours de finalisation, permettra aux gestionnaires de parfaire leurs connaissances sur les évolutions climatiques, sur les essences natives et non natives et leur niveau de compatibilité avec le climat futur, selon différents scénarios d'évolution (Bertin *et al.*, 2019).

Développer une sylviculture pour l'adaptation

La dynamisation de la sylviculture (c'est-à-dire l'augmentation des prélèvements en éclaircie conduisant à un abaissement relatif de la densité du peuplement) a été motivée par les augmentations de productivité constatées (Dhôte *et al.*, 2007). Elle permet également de réduire le risque lié à l'aléa tempête. Avec des peuplements moins denses, le bilan hydrique est également amélioré dans un contexte où les étés sont de plus en plus secs et chauds. Depuis 2004, les référentiels sylvicoles sont ainsi progressivement réajustés et déployés sous forme de guides sylvicoles établis par régions biogéographiques. Certains guides prennent en compte de façon plus ou moins poussée la question de l'adaptation au changement climatique (voir notamment Sardin *et al.*, 2011).

La question complexe de l'optimisation de la densité à des fins de régulation du bilan hydrique a fait l'objet de plusieurs travaux, dont certains menés avec l'appui ou la contribution de l'ONF (Gobin *et al.*, 2015). Elle a également donné lieu à un effort remarquable de mise en relation des questions pratiques avec les connaissances scientifiques, mené dans le cadre du RMT AFORCE (Bertin *et al.*, 2016).

Au-delà de la gestion de la densité, le mélange d'essences a concentré l'attention des scientifiques. Si le mélange ne semble pas généralement améliorer le comportement des peuplements face à la sécheresse, il présente néanmoins de nombreux intérêts adaptatifs. Il permet par exemple de ménager des transitions, mais aussi d'atténuer certains risques biotiques, qui peuvent s'installer de façon opportuniste dans les peuplements affaiblis. C'est dans cette perspective qu'une collaboration de long terme a été mise en place avec les équipes d'INRAE sur la sylviculture des peuplements mélangés, qui a conduit à la mise en place du dispositif OPTMix¹⁰ (Korboulewsky, 2015). Installé dans la forêt domaniale d'Orléans, ce dispositif permet d'étudier les effets du climat, de la gestion sylvicole (mélange et densité) et de la présence des grands herbivores, et leurs interactions sur le fonctionnement des forêts de plaine.

D'une façon plus générale, la question de l'atténuation de certains risques biotiques émergents, qu'ils soient favorisés directement ou non par le réchauffement (maladie des bandes rouges, hannetons forestiers, che-

nilles processionnaires...) a fait l'objet de collaborations scientifiques. Ainsi l'étude des effets de la composition des chênaies mixtes sur leur vulnérabilité à la processionnaire du chêne a fait l'objet d'une thèse à INRAE avec le soutien et la collaboration de l'ONF¹¹.

Parmi les interactions biotiques influant sur la dynamique des peuplements forestiers, on doit faire état du déséquilibre sylvo-cynégétique. Assez généralisé, ce déséquilibre atteint un niveau de crise dans le Grand Est. Il compromet dans bien des cas le renouvellement adéquat de la forêt et rend plus difficile la mise en œuvre des plantations forestières nécessaires pour l'adaptation au changement climatique (changement d'essences ou de provenances). Il appauvrit la diversité des espèces ligneuses et influe sur l'équilibre des espèces en ne privilégiant pas toujours les plus adaptées au climat futur (le hêtre est favorisé au détriment du chêne par exemple). Restaurer l'équilibre sylvo-cynégétique est ainsi une condition préalable à la mise en place de mesures d'adaptation au changement climatique. Ce sujet très prégnant a été bien identifié dans le programme national de la forêt et du bois (PNFB) et ses déclinaisons régionales (PRFB).

Enfin, envisageant délibérément le très long terme, plusieurs collaborations avec INRAE entreprennent de modéliser, du point de vue démo-génétique, les effets de la sylviculture sur la faculté d'adaptation des peuplements¹². Sont envisagées les différentes opérations sylvicoles d'éclaircie et de récolte, mais aussi les modalités d'introduction de nouvelles ressources forestières apparentées aux essences actuelles, de façon à favoriser l'hybridation avec les peuplements en place, pour préparer la suite de la démarche Giono (photo 4).

Monitoring et gestion de crise

Le changement climatique se caractérise par une dérive des conditions moyennes, difficilement perceptible à court terme, émaillée d'événements climatiques extrêmes qui occasionnent brutalement des dégâts très visibles. L'année 2019, marquée par de nombreuses atteintes dans les peuplements (scolytes sur épicéa, dépérissement de sapins, de hêtres, dégâts brutaux liés aux canicules et sécheresses des dernières années) en est une illustration.

Suivre et caractériser les effets du changement climatique dans les peuplements fait ainsi appel à un effort soutenu à très long terme de monitoring des peuplements, ainsi qu'à des actions de court terme, en réponse à une crise. La caractérisation des phénomènes dans les situations de crises est ainsi l'une des questions traitées par les télédéTECTEURS du département RDI de l'ONF, en lien avec ses partenaires (DFS, INRAE), avec un intérêt renforcé par la disponibilité récente de données satellitaires exhaustives et fréquentes (notamment les satellites européens Sentinel). Ce sujet est d'autant plus difficile qu'il fait l'objet d'efforts intermittents : passant au premier plan

10. https://optmix.irstea.fr/?page_id=25

11. Interactions entre les chênes et la chenille processionnaire du chêne, *Thaumetopoea processionea* L. : de l'arbre à la forêt par Thomas Damestoy, 2019 (<http://www.theses.fr/s203180>).

12. Voir par exemple <https://www.reseau-aforce.fr/n/igs/n:3406>



📍 Récolte de faînes dans une hêtraie atypique : la hêtraie de la vallée du Ciron, en Aquitaine. Des plants issus de ces graines sont installés dans la plantation expérimentale Giono en forêt domaniale de Verdun, où elles pourraient, à terme, en s'hybridant avec la ressource de hêtre locale, accroître sa capacité d'adaptation.

lors d'une saison de gradation de scolytes, comme 2018-2019, il peut difficilement faire l'objet de travaux de fond en dehors de ces épisodes, faute de données à traiter. Les questions adressées sont multiples : bilan des impacts (aspect actuellement le plus traité dans les divers cas étudiés), mais aussi – et de plus en plus – suivi dynamique de ces impacts, afin de fournir une aide au diagnostic et à la gestion des peuplements concernés. La complexité des phénomènes et des peuplements concernés (souvent hétérogènes, certaines essences ou individus étant touchés, alors que les voisins restent indemnes) rend toute généralisation de méthode précédemment établie délicate.

La gestion de la crise quant à elle soulève des questions touchant à de nombreux aspects, traités dans le guide de gestion des forêts en crise sanitaire, rédigé dans le cadre du RMT AFORCE (Gauquelin *et al.*, 2010), et qui a fait déjà l'objet de plusieurs déploiements (par exemple suite aux atteintes de processionnaire en Lorraine, ou de hannetons forestiers en Picardie et dans les Vosges du Nord). Sa mise à jour et son enrichissement sont en cours.

Enfin, le suivi au long cours des peuplements soumis aux diverses composantes des changements globaux est l'objet même du réseau RENECOFOR (réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers). Au fil de ces vingt-cinq ans d'existence¹³, RENECOFOR a contribué à de nombreuses avancées, en permettant notamment de développer ou d'ajuster des modèles, ou encore de déployer leurs projections à l'échelle de l'ensemble de la forêt française. L'ONF renouvelle son engagement dans cet effort de long terme au-delà des trente années initialement prévues, et la réflexion sur la nécessaire évolution des modalités de ce suivi est en cours, sous l'égide du comité de pilotage scientifique du réseau.

En conclusion

Le département RDI, en prise directe avec la recherche, a joué un rôle important, souvent moteur, dans la mise en place progressive d'une stratégie d'adaptation au changement climatique. Mais la réflexion s'est toujours faite en lien avec les services de gestion, le réseau RDI échangeant avec le réseau en charge du management technique afin de proposer des outils pertinents et, réciproquement, de transcrire les questions opérationnelles en problématiques scientifiques. Souvent, les services de gestion ont pris l'initiative, proposé des cas d'étude, ou tout simplement poussé le département RDI à avancer.

La tâche pour les gestionnaires est immense : les outils de gestion doivent évoluer en prenant en compte le changement climatique (choix des essences ou provenances par exemple), de nouveaux outils sont à mettre au point (guide pour la sylviculture des peuplements mélangés), l'équilibre sylvo-cynégétique doit être restauré, l'effort de plantations forestières doit être amplifié dans un contexte climatique plus difficile pour leur réussite, la chaîne d'approvisionnement en nouveaux matériels forestiers de reproduction doit être consolidée, le dialogue avec les parties intéressées doit être développé (risque de rejet de certaines solutions d'adaptation alors que toute la palette des solutions doit être mise en œuvre), de nouvelles modalités de décision en contexte incertain doivent être développées, il sera nécessaire d'anticiper de manière raisonnable, d'éviter l'immobilisme et de ne pas se contenter de réagir aux crises.

¹³. Les présentations du colloque anniversaire de 2017 sont disponibles sur Youtube : <https://www.youtube.com/playlist?list=PLdYbwaW5V5XcgDmCHyu7ffzhsrWs6olpt>

Pour le département RDI comme pour les acteurs du RMT AFORCE dans son ensemble, un compromis est toujours difficile à trouver entre livrer rapidement une information partielle, au risque de susciter des frustrations, ou bien de prendre le temps nécessaire pour fournir des outils achevés, au risque que d'autres initiatives aient été développées entre-temps, entraînant dispersion des moyens et parfois une certaine confusion. La sortie de projections nouvelles ne se fait jamais sans la crainte de susciter le découragement ou le rejet des gestionnaires. Elle nécessite un accompagnement, avec des actions de communication et des formations.

Enfin de nouveaux résultats imposent parfois de corriger ou d'ajuster les décisions précédentes, en déployant un nécessaire effort d'explication.

Aujourd'hui, l'adaptation au changement climatique est devenue la problématique centrale du département RDI de l'ONF, et une préoccupation majeure de nos collègues gestionnaires, difficile à oublier en cette année 2019 où de nombreuses atteintes marquent les forêts. ■

Les auteurs

Myriam LEGAY, Brigitte MUSCH, Noémie POUSSE, Anne JOLLY, Jean LADIER, Vincent BOULANGER, Christine DELEUZE, Patrice MENGIN-LECREULX, Alexandre PIBOULE, Yves ROUSSELLE et Claudine RICHTER

Office national des forêts,
2 avenue de Saint-Mandé,
75570 Paris Cedex 12, France.

✉ myriam.legay@agroparistech.fr

✉ brigitte.musch@onf.fr

✉ noemie.pousse@onf.fr

✉ anne.jolly@onf.fr

✉ jean.ladier@onf.fr

✉ vincent.boulanger@onf.fr

✉ christine.deleuze@onf.fr

✉ patrice.mengin-lecreulx@onf.fr

✉ alexandre.piboule@onf.fr

✉ yves.rouselle@onf.fr

✉ claudine.richter@onf.fr

EN SAVOIR PLUS...

- ▣ **BADEAU, V., DUPOUEY, J.-L., CLUZEAU, C., DRAPIER, J., LE BAS, C., 2004, Modélisation et cartographie de l'aire climatique potentielle des grandes essences forestières françaises, in : *Rapport final du projet CARBOFOR « Séquestration de carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France »* (éd. D. Lousteau), Bordeaux-Pierroton, Inra, p. 101-113, disponible sur : <http://www.gip-ecofor.org/gicc/?p=592>**
- ▣ **BERTIN, S., LEGAY, M., MUSCH, B., PAILLASSA, E., PERRIER, C., PIBOULE, A., 2019, Un outil en ligne pour accompagner le choix des essences forestières dans un contexte de changement climatique : Caravane et lksmaps, *Forêt Entreprise*, n° 249, p. 33-34.**
- ▣ **BERTIN, S., PERRIER, C. (coordination), BERTIN, S., BALANDIER, P., BECQUEY, J., BONAL, D., BRÉDA, N., PERRIER, C., RIOU-NIVERT, P., SEVRIN, E., 2016, *Le bilan hydrique des peuplements forestiers. État des connaissances scientifiques et techniques. Implications pour la gestion*, RMT AFORCE, 190 p.**
- ▣ **DHÔTE, J.-F., BONTEMPS, J.-D., HERVÉ, J.-C., RITTIÉ, D., VALLET, P., 2007, Changements de productivité à long terme dans les hêtraies du Nord de la France, *Rendez-Vous techniques*, vol. hors-série n° 3, p. 74-80.**
- ▣ **E SILVA, D., REZENDE MAZZELLA, P., CORCKET, E., LEGAY, M., DUPOUEY, J.-L., 2012, Does natural regeneration determine the limit of European beech distribution under climatic stress?, *Forest Ecology and Management*, vol. 266, p. 263-272.**
- ▣ **E SILVA, D., BADEAU, V., LEGAY, M., CORCKET, E., DUPOUEY, J.-L., 2011, Tracking human impact on current tree species distribution using plant communities, *Journal of Vegetation Science*, vol. 23(2), p. 313-324.**
- ▣ **GAUQUELIN, X., BRÉDA, N., LEGAY, M., NAGELEISEN, L.-M., PICARD, O., et al., 2010, *Guide de gestion des forêts en crise sanitaire*, MAAP, ONF, IDF, Inra.**
- ▣ **GOBIN, R., BALANDIER, P., KORBOULEWSKY, N., DUMAS, Y., SEIGNER, V., RICHTER, C., 2015, Une strate herbacée monopoliste: quelle concurrence vis-à-vis de l'eau pour le peuplement adulte ?, *Rendez-vous Techniques de l'ONF*, n° 48, p. 17-22.**
- ▣ **KORBOULEWSKY, N., PEROT, T., BALANDIER, P., BALLON, P., BARRIER, R., BOSCARDIN, Y., DAUFFY-RICHARD, E., DUMAS, Y., GINISTY, C., GOSSELIN, M., HAMARD, J.-P., LAURENT, L., MARELL, A., NDIAYE, A., PERRET, S., ROCQUENCOURT, A., SEIGNER, V., VALLET, P., 2015, OPTMix – Dispositif expérimental de suivi à long terme du fonctionnement de la forêt mélangée, *Rendez-Vous Techniques de l'ONF*, n° 47, p. 60-70.**
- ▣ **LADIER, J., TESSIER, C., 2016, Dépérissement des forêts : un observatoire départemental dans les Alpes-Maritimes, *Rendez-vous techniques de l'ONF*, n° 53, p. 3-10.**
- ▣ **LE BOULER, H., 2014, Forêt et changements climatiques : Associer les concepts de niche écologique et de station forestière pour comprendre et préparer l'avenir, *Innovations Agronomiques*, p. 129-139.**
- ▣ **LEGAY, M., et al., 2015, Effets attendus du changement climatique sur l'arbre et la forêt, in : *L'arbre et la forêt à l'épreuve d'un climat qui change*, p. 34-65, ONERC.**
- ▣ **LEGAY, M., MORTIER, F., 2006, *La forêt face au changement climatique : adapter la gestion forestière*, Paris, ONF, Direction technique, Inra, Coll. Les Dossiers forestiers, n° 16, 39 p.**
- ▣ **SARDIN, T., LEGAY, M., BOCK, J., CONRARD, F., 2011, *Hêtraies continentales - référentiels sylvicoles*, ONF.**
- ▣ **VENNETIER, M., VILA, B., LIANG, EY, GUIBAL, F., RIPERT, C., CHANDIOUX, O., 2007, Impact du changement climatique et de la canicule de 2003 sur la productivité et l'aire de répartition du pin sylvestre et du pin d'Alep en région méditerranéenne, *Rendez-vous techniques de l'ONF*, n° hors-série 3, p. 67-73.**



Installé dans la forêt domaniale d'Orléans, le dispositif expérimental OPTmix : un exemple de collaboration entre le département RDI de l'ONF et les équipes d'INRAE, pour mieux comprendre les effets du climat, de la gestion sylvicole et de la présence des grands herbivores sur le fonctionnement des forêts de plaine.