

Quelles stratégies pour adapter les forêts au changement climatique ?

Le changement climatique, par son évolution tendancielle et surtout des événements extrêmes, peut provoquer un dysfonctionnement marqué des écosystèmes forestiers (dépérissement, échecs de régénération, altération des interactions entre les arbres et les espèces associées). Ce dysfonctionnement est lié à une mauvaise adaptation des arbres à des conditions locales modifiées par le CC, et affecte les biens et services procurés par les écosystèmes forestiers à la société. Ces impacts sont déjà à l'oeuvre, ce qui plaide pour une action immédiate à travers des stratégies d'adaptation visant à les réduire, sans attendre des effets trop tardifs des politiques d'atténuation. Quels sont les enjeux et les défis ? Quelles sont les options possibles ?

Adaptation : un mot à plusieurs sens

Le terme adaptation a plusieurs significations. Il peut désigner un **état** : celui d'une forêt, d'un individu ou d'un caractère ; il rend compte de l'adéquation d'un système biologique aux conditions environnementales à un instant donné. On dit par exemple qu'une population est adaptée à son environnement. Adaptation se dit également des **processus écologiques et évolutifs** sous-tendant l'ajustement des fonctions biologiques d'un être vivant avec les conditions extérieures et leurs évolutions. Enfin, ce terme peut signifier l'ensemble des **actions anthropiques**, comme la gestion et les politiques forestières, qui se fondent sur ces processus, pour améliorer et accélérer les ajustements des écosystèmes forestiers aux conditions nouvelles, et limiter leur vulnérabilité. C'est cette définition qui constitue l'objet de la présente fiche. Il faut aussi évoquer l'**adaptabilité**, c'est à dire la plus ou moins grande aptitude d'un système biologique à s'ajuster grâce aux processus évolutifs naturels.



Figure 1. Mélèzes gravement affectés par la sécheresse

Photo N. Bréda, INRA

Pourquoi des actions anthropiques pour adapter les écosystèmes forestiers sont-elles nécessaires ? La réponse est contenue dans les lignes suivantes et illustre les limites des adaptations basées sur des processus évolutifs naturels : « À l'échelle du siècle, le devenir des forêts dépendra avant tout de leurs capacités d'adaptation au changement climatique : résistance physiologique, évolution et diversité génétiques des peuplements, migration vers des

environnements plus favorables, en altitude comme en latitude, pratiques sylvicoles. La plasticité et la biodiversité des forêts constituent leurs meilleurs atouts, mais dans l'état actuel des connaissances, nous ne savons pas comment ni dans quelle mesure ces deux paramètres permettront aux arbres de s'adapter à des changements si rapides. En effet, les aires climatiques des espèces se déplaceront à une vitesse bien supérieure à celle de leurs migrations spontanées. Dès lors, les capacités de migration naturelles ne suffiront probablement pas à préserver tous les écosystèmes et leur biodiversité. » (Lefèvre et al, 2015). Les arbres sont des organismes à longue durée de vie. Une grande partie des décisions forestières actuelles doivent anticiper le changement climatique de la fin du XXI^e siècle. L'incertitude sur les conditions auxquelles la forêt devra faire face est, pour les décideurs, une difficulté majeure que la recherche a encore relativement peu prise en compte.

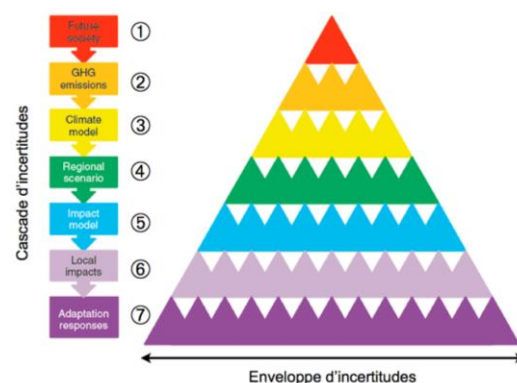
Réfléchir avant d'agir : quelques principes de base à considérer

Les stratégies d'adaptation au CC devront obligatoirement être **évolutives**. En effet la recherche d'un état d'équilibre idéal et figé de la forêt grâce à des mesures d'adaptation prises une fois pour toutes, en réponse à des conditions locales à un instant donné, est illusoire. Il conviendra plutôt de gérer des transitions et des trajectoires de dynamique de peuplement en fonction de scénarios. Plus qu'à un «changement d'état», on est face à un «état de changement» récurrent (Lefèvre, 2015). Il faut donc concevoir ces stratégies d'adaptation comme des processus dynamiques, car les arbres d'aujourd'hui seront confrontés à des conditions climatiques changeantes, actuellement et dans les prochaines décennies, voire un siècle. Ceci va conduire à revoir le paradigme de la gestion forestière traditionnelle.

Le **futur est marqué d'incertitudes multiples** liées : i) aux **scénarios climatiques** eux-mêmes (ampleur et fréquence des événements extrêmes), résultant de l'**émission de gaz à effet de serre**, découlant elle-même des modes de **développement socio-économique** ; ii) à la difficulté de prévision des impacts aux niveaux global et local ; iii) à la complexité et à la diversité selon les zones climatiques des écosystèmes forestiers, dont le fonctionnement et la dynamique sont régis par de multiples organismes aux **cycles de vie très différents**, des champignons aux arbres, en passant par les insectes et les grands herbivores, ce qui rend difficile la prédiction de leurs évolutions ainsi que celle des effets des mesures adaptatives ; iv) à la **capacité biologique de réponse** des organismes, et notamment des arbres, espèces longévives, chez qui le cumul d'impacts négatifs (ex : sécheresses; fig.1) peut avoir des effets sérieux, et contrecarrer une tendance générale à l'acclimatation. L'un des défis majeurs est d'anticiper en évaluant les risques et en intégrant les incertitudes.

Par ailleurs, les stratégies d'adaptation doivent combiner des **objectifs à court et moyen terme**. Dans une perspective à court terme, on va surtout viser l'**adaptation** locale du peuplement forestier

Figure 2. Cascade des incertitudes et croissance de «l'enveloppe» des incertitudes liées aux différentes sources allant de ① : la société future et son économie, jusqu'à ⑦ : réponses d'adaptation, en passant par ② : émission de gaz à effet de serre ; ③ : modèles climatiques ; ④ : scénarios régionaux ; ⑤ : modèles d'impact ; ⑥ : impacts locaux -



actuellement en place, en agissant sur lui, pour limiter les risques encourus du fait du CC. Dans une perspective à long terme (classique pour les forestiers !), on va plutôt considérer la phase de renouvellement du peuplement (celle où on peut jouer sur l'adaptation génétique) ; dans un contexte d'incertitudes plus marqué, il s'agira par une gestion appropriée du peuplement jusqu'à cette étape, de **préserver des options** d'avenir, en favorisant l'évolutivité des écosystèmes, et en stimulant et accélérant les processus de sélection naturelle conduisant vers une meilleure adaptation. Chaque approche comporte des risques et des bénéfices à court et long terme, et il conviendra d'éviter les antagonismes entre les objectifs de court et long terme.

Enfin, il est important de considérer les objectifs sur lesquels faire porter l'adaptation. En effet, la forêt procure tout un ensemble de services sur lesquels le climat agit différemment. L'action adaptative des forestiers va donc cibler prioritairement certains de ces services jugés de plus fort enjeu (fourniture de bois, conservation des habitats). Toutefois, il n'est ni réaliste ni faisable économiquement d'envisager des actions anticipatives sur toutes les forêts. Il faudra là aussi prioriser selon de nombreux critères liés aux enjeux et aux risques encourus (vulnérabilité) et en s'efforçant de moduler les interventions selon le type de forêts concerné : forêt semi-naturelle à régénération majoritairement naturelle gérée plus ou moins intensivement ou forêt plantée à partir de matériel forestier de reproduction autochtone ou introduit.

Comment la gestion forestière peut-elle de manière opérationnelle agir sur l'adaptation ?

Les lignes qui précèdent laissent présumer, que dans un contexte totalement nouveau auquel les forêts n'ont jamais été confrontées, les principes de la **planification** forestière qui définit dans l'espace et dans le temps les grandes orientations de la gestion (essences-objectifs, critères d'exploitabilité, effort de renouvellement), et les principes de la **sylviculture** appliqués à la gestion d'un peuplement, doivent être profondément repensés. Par ailleurs, la diversité des types de forêts, des conditions écologiques où elles se trouvent, et des objectifs qui leur sont assignés fait que chaque forêt, voire chaque parcelle est un cas particulier ; il n'y a donc pas de solution «passe partout». Dans ce qui suit, on se contentera de présenter quelques pistes d'action dans le cadre de la sylviculture et de la planification, car on ne dispose pas encore du corpus de connaissances nécessaires pour bien fonder des «règles» de gestion.

a) la sylviculture

La diminution de la densité des arbres en phase de jeunesse (dépressage) et/ou au long de la vie du peuplement (éclaircies) peut être pilotée pour atténuer le stress hydrique (fig. 3), et réduire l'exposition au risque par abaissement de la durée du cycle de production. Reste cependant à déterminer à partir de quel stade de développement du peuplement les opérations doivent débiter, et comment les échelonner. Une autre question concerne la gestion de la compétition entre espèces dans le cas des peuplements mélangés. Avec la désignation de tiges d'avenir, et le choix des arbres récoltés en éclaircie, se pose la question de la sélection des individus à privilégier. Enfin, à la récolte du peuplement visant à assurer son renouvellement par régénération naturelle ou par plantation, on dispose là encore marges de manoeuvre, concernant par exemple la conduite des coupes progressives en régénération naturelle, ou le choix du matériel végétal en plantation, l'espèce étant choisie au niveau de la planification.

Tout au long du cycle de vie du peuplement (du jeune plant à l'arbre mûr), la sylviculture va agir sur l'environnement physique (relations hydriques, nutrition minérale) et biologique (acclimatation) des tiges d'avenir. Mais, la succession des coupes pratiquées dans un peuplement va aussi influencer sur les processus évolutifs tels que : i) la sélection selon les conditions locales ; ii) les flux de gènes par émission de graines ou pollen ; iii) le nombre et la répartition spatiale des arbres participant à la reproduction. Ainsi au moment du renouvellement par régénération naturelle, la population des jeunes semis sera génétiquement différente de celle de la génération antérieure.

Il peut être intéressant à court terme d'avoir une population adaptée à des conditions locales changeantes, tandis qu'à long terme il s'agit de se préparer à faire face à des incertitudes sur les besoins adaptatifs futurs. Des compromis seront parfois nécessaires. Ainsi, on observe que les arbres ou les peuplements soumis à un stress régulier modéré récupèrent aussi plus rapidement lors de stress plus prononcés : dès lors, l'objectif ne sera pas toujours d'éliminer complètement le stress, mais parfois aussi simplement de le maintenir à un niveau acceptable pour malgré tout favoriser l'acclimatation. Autre exemple, on peut cibler à court terme certaines adaptations, alors qu'à long terme il est préférable de privilégier un niveau élevé de diversité.



Figure 3. L'éclaircie expérimentale (parcelles circulaires) pratiquée dans un taillis de chêne vert en Catalogne fait apparaître en année sèche une meilleure résistance des zones traitées. Source : C. Gracia, CREAM



Figure 4. Exemple historique réussi de migration et gestion assistées : on favorise la régénération du cèdre (espèce exotique introduite seconde moitié du 19^{ème} siècle) par rapport au hêtre plus vulnérable au CC sur les pentes du Mont Ventoux (Vaucluse)

b) la planification (aménagement)

Lors du renouvellement des peuplements, le choix est soit la régénération naturelle, à partir du peuplement en place, soit l'introduction d'un nouveau matériel végétal par plantation, en faisant appel à des origines (sources de graines) de la même essence (migration assistée de provenances), soit en introduisant une nouvelle essence

(migration assistée d'espèce). Le changement d'essence est la mesure qui peut avoir le plus fort effet adaptatif à long terme, mais il s'agit néanmoins d'une approche délicate, qui nécessite de bien connaître ses exigences écologiques, et d'anticiper des effets inattendus de son interaction avec les organismes vivants présents localement, ainsi que les risques encourus. Dans tous les cas, il ne faut pas «mettre tous ses oeufs dans le même panier» en misant sur une seule espèce (ou une seule origine à l'intérieur d'une espèce), mais limiter les risques en veillant à la diversité du matériel introduit (par exemple un mélange de plusieurs origines). Bien entendu, de telles options nécessitent de disposer de connaissances suffisamment étayées et de prendre en compte leur faisabilité économique (coût élevé des plantations).

Les voies possibles de progrès : la gestion adaptative des forêts

Les exemples présentés ci-dessus «confirment qu'il faudra adopter un mode adaptatif de gestion des forêts, fondé sur l'ajustement en continu des pratiques testées. Cette gestion adaptative pourra s'appuyer sur les progrès de la recherche, et des techniques de mesures environnementales, par exemple. Ainsi, on sait aujourd'hui détecter de très fines évolutions des variables climatiques (température, humidité ou rayonnement lumineux), ainsi que des concentrations en dioxyde de carbone et en polluants. Organisées en réseaux standardisés et intégrés couvrant la plus grande partie des continents, les stations de mesure permettent de suivre en continu le fonctionnement biogéochimique des forêts....Mais l'innovation n'est pas à rechercher uniquement dans les nouvelles technologies, les méthodes d'analyse ou les simulations numériques. L'adaptation des forêts au changement climatique passera nécessairement par de nouvelles pratiques d'anticipation et d'accompagnement. La sylviculture adaptative devra faire évoluer les forêts en tenant compte des contraintes écologiques et socioéconomiques. Tout l'enjeu de cette évolution consistera à se fonder sur des scénarios du futur plutôt que sur les savoir-faire du passé». Guehl et al 2016.

Pour en savoir plus

- Adaptation des forêts méditerranéennes aux changements climatiques - Innovations Agronomiques 47 (décembre 2015)
- Vers une gestion adaptative des forêts, Lefèvre et al. in «L'adaptation au changement climatique» Pour la Science - INRA (2015)
- La gestion des forêts mondiales et ses interactions avec le changement clim., Guehl et al. 2016

Ce qu'il faut retenir

- Les stratégies d'adaptation des forêts au changement climatique doivent obligatoirement être évolutives et combiner des objectifs à court et long terme
- Les pratiques sylvicoles doivent stimuler et accélérer les processus naturels qui participent à l'adaptabilité des populations
- La «migration assistée» par introduction d'espèces nouvelles ou de populations de la même espèce mais génétiquement différentes doit être soigneusement pesée
- Il sera nécessaire de prioriser les forêts sur lesquelles les mesures d'adaptation doivent porter

Recommandation : la lecture de cette fiche peut être complétée utilement par celle des fiches 3.02, 6.03, 6.04