

La gestion forestière face aux changements climatiques : premières orientations d'adaptation en forêt publique

Le cas des forêts méditerranéennes

par Myriam LEGAY et Jean LADIER

Les auteurs nous présentent ici la stratégie actuelle en matière de gestion forestière adaptée au changement climatique : quelles sont les principales pistes d'action, les apports souhaités de la recherche... ? Pour chaque axe proposé, est examinée sa déclinaison dans la région méditerranéenne, qui occupe bien souvent une position originale dans cette réflexion : parfois "en première ligne", parfois forte d'une expérience antérieure, parfois encore marginalement concernée du fait de ses spécificités naturelles.

Depuis une quinzaine d'années, les changements globaux font l'objet d'une vigilance suivie de la part de la Direction technique de l'Office national des forêts (ONF). En témoignent la mise en place du réseau RENECOFOR (à partir de 1992), ou encore le Bulletin technique « *Le CO₂ et la forêt* » (1995). Cependant, la réflexion sur l'adaptation au changement climatique a été entreprise essentiellement fin 2005, catalysée par les résultats du programme CARBOFOR. Avec l'appui de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), un atelier de réflexion associant chercheurs et praticiens a permis de faire un premier état des connaissances et de dégager les premières orientations générales d'adaptation. L'objectif opérationnel était d'intégrer ces préconisations dans les Directives et Schémas régionaux d'aménagement, en cours d'élaboration (LEGAY et MORTIER, 2006).

Nous présentons ici ces premières orientations, en développant plus particulièrement le cas des forêts méditerranéennes.

En bref, les impacts du changement climatique sur la forêt

Pour une description plus complète des impacts prévisibles du changement climatique sur la forêt française, nous renvoyons le lecteur au numéro spécial de la revue *Rendez-vous techniques de l'ONF* « Forêt et milieux naturels face aux changements climatiques » (RDVT hors série n°3, décembre 2007), et au rapport du projet de recherche CARBOFOR (LOUSTAU *et al.*, 2004). Pour un zoom sur la région méditerranéenne française, on pourra également se référer à Hoff et Rambal (HOFF et RAMBAL, 1999).

Rappelons ici, à grands traits, les modifications attendues des écosystèmes forestiers.

Le réchauffement du climat, en été comme en hiver, devrait s'accompagner d'une modification de la distribution saisonnière des précipitations, avec un déficit estival accru et une augmentation des pluies hivernales (M. DÉQUÉ in RDVT HS n°3).

Le réchauffement observé au cours des trente dernières années se traduit par une augmentation déjà perceptible de la durée de végétation (MENZEL et FABIAN, 1999). Sous l'effet des modifications anthropiques de l'environnement, la productivité des arbres forestiers change, de façon complexe dans l'espace et dans le temps, avec des augmentations fortes de productivité actuellement constatées dans le nord de la France (BONTEMPS, 2006), mais aussi dans le Bassin méditerranéen, sur chêne pubescent (RATHGEBER, 1999), pin d'Alep (RATHGEBER, 2005), ou pin maritime (NEFAOUI, 1996).

Cependant, l'augmentation de la contrainte hydrique laisse craindre une inversion de cette tendance, déjà observée sur le pin sylvestre en limite sud de son aire de répartition (VENNETIER, VILA *et al.*, in RDVT HS n°3).

Cette évolution du climat devrait se traduire par une modification des couverts végétaux, et notamment une modification des aires climatiques potentielles de grandes essences forestières, susceptibles selon les cas, de régresser, comme le hêtre, ou de progresser, comme le chêne vert (BADEAU *et al.* in LOUSTAU *et al.*, 2004). L'évolution croisée des productivités respectives du pin sylvestre et du pin d'Alep, mise en évidence dans le massif de la Sainte-Baume par

VENNETIER et VILA, pourrait être une manifestation de ces évolutions.

Enfin, les équilibres entre espèces au sein des écosystèmes pourront être déplacés, en particulier les interactions entre insectes ou pathogènes (sensibles eux-mêmes aux modifications de l'environnement) et arbres-hôtes (ROQUES, NAGELEISEN et MARÇAIS in RDVT HS n°3). Avec l'augmentation de la sévérité ou de la fréquence des événements climatiques extrêmes, ces évolutions laissent craindre une augmentation des crises de dépérissements.

Une première urgence : sérier les risques

Devant ce tableau, la révision du choix des essences ou des provenances peut apparaître comme la mesure d'adaptation la plus concrète. Une telle approche soulève cependant de nouvelles questions :

- quand mettre en œuvre cette transformation des peuplements ?
- faut-il installer des essences adaptées aux cartes climatiques de 2050, ou de 2100 ?
- dans quel panel d'essences potentielles rechercher les essences substitutives ? Faut-il envisager à nouveau l'emploi d'espèces exotiques de reboisement, voire en rechercher de nouvelles ?
- faut-il garder les essences en place, mais aller rechercher des provenances plus aguerries à la sécheresse ?
- ne risque-t-on pas de sous-estimer les facultés d'adaptation des espèces et des écosystèmes et d'intervenir de façon maladroite, voire néfaste ?

Aucune action pertinente ne peut être entreprise sans un travail d'évaluation des risques encourus par les différentes essences (en particulier les espèces sociales formant l'ossature des peuplements) : quels sont les couples essences x stations les plus vulnérables au changement climatique ?

Travailler à plusieurs échelles, en croisant les approches

A l'échelle nationale, voire à l'échelle de l'aire des espèces, la mise en œuvre des modèles de niche est performante et permet de dégager les grandes lignes : les travaux de

Vincent Badeau permettent ainsi de prendre conscience du risque encouru à l'échéance du siècle par le hêtre sur une grande part de son aire française, ou par le sapin à basse altitude.

Cependant, dans l'état actuel des données mobilisables, ces approches à large échelle ne peuvent tenir compte de la variabilité stationnelle locale due aux variations du sol ou du micro-climat. La prise en compte de ces variations à l'échelle régionale permettra à nouveau de sérier les risques, et de ne pas mettre sur le même plan toutes les localités d'une même région. Le travail considérable déployé depuis plus de vingt ans pour la réalisation des catalogues de stations forestières doit être mis à profit dans cette perspective.

Les études de stations forestières ont démarré plus tard en région méditerranéenne que dans le nord-est de la France. La raison est à chercher dans un contexte particulier et contraignant avec des faciès forestiers très jeunes et difficiles à interpréter sur le plan écologique. Cependant, cette contrainte a obligé les forestiers méditerranéens à adopter une approche analytique pour caractériser les stations forestières. Cela passe par une identification du compartiment climatique, à l'échelle moyenne, avant un diagnostic topo-édaphique intégrant, à l'échelle locale, les composantes du bilan hydrique. De cette approche, basée sur l'évaluation du bilan hydrique, résultent des outils mieux adaptés aux questions posées par les changements climatiques. Les derniers travaux réalisés en Provence calcaire (VENNETIER *et al.*, 2003) et dans les Préalpes sèches (LADIER, 2004) illustrent bien cette démarche qui est systématiquement reprise dans les documents de cadrage de la gestion des forêts publiques (ONF Méditerranée, 2006), Cf. Tab. I.

Développer les approches analytiques quantitatives pour la caractérisation des stations forestières

Cependant, les concepts même de la typologie des stations sont mis à rude épreuve par l'ensemble des changements globaux. L'évolution des paramètres de la fertilité (climat, taux de saturation, nutrition azotée) rend instable le concept de station forestière, considérée comme une appréciation globale

des caractéristiques du milieu, traductible en termes pratiques par un choix d'essences assorties d'indices de fertilité. Simultanément, le développement des systèmes d'information géographiques, des grandes bases de données écologiques, de la bio-indication assise sur des bases objectives et quantifiées, montre la possibilité de mettre rapidement au point des approches plus analytiques et quantifiées (SEYNAVE *et al.*, 2004). Dans le même temps, l'augmentation de la contrainte hydrique nous impose un progrès des connaissances et des pratiques en matière de caractérisation de la réserve utile des sols et du fonctionnement hydrique des peuplements.

A plus long terme, on peut imaginer que ces déterminations analytiques de la fertilité fourniront les données d'entrée de modèles de croissance intégrant les mécanismes physiologiques, permettant de simuler l'évolution des peuplements dans des conditions de milieu changeantes.

Limitier les facteurs de risque sur lesquels on peut agir

La coïncidence de plusieurs facteurs est souvent à l'origine des grands dépérissements (BONNEAU, 1994) : ainsi à Tronçais dans les années 80, un événement climatique extrême a révélé l'inadaptation du chêne pédonculé aux stations acides et hydromorphes du massif. Aussi convient-il de limiter les facteurs d'affaiblissement des peuplements sur lesquels le gestionnaire est susceptible d'exercer un certain contrôle, comme la nutrition. Le développement du bois-énergie est une chance pour la forêt, à condition de veiller à ne pas surexploiter les stations fragiles, comme l'ont fait nos prédécesseurs pour alimenter forges et fourneaux à verre au XVIII^e siècle. Le développement de méthodes d'éclaircie par enlèvement de la totalité des produits, en particulier, doit se faire avec discernement, en raison de la très forte teneur des branches en éléments minéraux. Il faudra parfois envisager des amendements de restauration (BONNEAU, LANDMANN *et al.*, 1994)

Plus encore, le tassement des sols par les engins doit faire l'objet de toute notre attention. Les dégâts occasionnés par certaines exploitations après tempête sont là pour

nous rappeler la réalité de ce risque. Or, le tassement, en particulier pour les sols limoneux et les sols saturés en eau, en réduisant la porosité du sol, asphyxie le système racinaire des arbres et diminue donc leur capacité à extraire l'eau du sol en période de sécheresse. La nécessité de développer des méthodes d'exploitation respectueuses des sols (cf. *Rendez-vous techniques* n°8) est ainsi renforcée par la perspective du changement

climatique : développement des cloisonnements d'exploitation où les engins sont cantonnés, et du câble aérien (câble-mât en particulier).

Les sols méditerranéens sont peu concernés par ces risques de dégradation constatés en région tempérée. Ils sont peu évolués, souvent basiques ; la plupart d'entre eux se classent parmi les rendosols et calcosols.

Unités stationnelles		Description (cas les plus fréquents)	
Climat	Conditions locales	Types de sol	Végétation
Supra-méditerranéen d'ubac	station fraîche sur roche calcaire	Fersialsol calcique sur calcaire Calcosol colluvial issu de marne	Chênaie pubescente
	station sèche sur calcaire	Rendisol ou peyrosol, issu de calcaire	Pin sylvestre sur chêne vert
	station sèche sur marne	Régosol d'érosion ou rendosol, issu de marne	Pin sylvestre, sur chêne pubescent
	station fraîche sur roche siliceuse	Brunisol oligosaturé issu de grès, schiste, micaschiste, gneiss, amphibolite	Châtaigneraie, chênaie pubescente
	station sèche sur roche siliceuse	Rankosol issu de grès, schiste, micaschiste, gneiss	Suberaie sur maquis
Méso-méditerranéen d'ubac	station fraîche sur roche calcaire	Fersialsol calcique sur calcaire Calcosol colluvial issu de marne	Chênaie mixte de chêne vert et pubescent
	station sèche sur calcaire	Rendosol ou peyrosol, issu de calcaire	Pin d'Alep, sur chêne vert
	station sèche sur marne	Régosol d'érosion ou rendosol, issu de marne	Pin d'Alep
	station fraîche sur roche siliceuse	Brunisol oligosaturé issu de grès, schiste, micaschiste, gneiss, amphibolite	Suberaie sur maquis ou yeuseraie
	station sèche sur roche siliceuse	Rankosol issu de grès, schiste, micaschiste, gneiss	Maquis arboré (Pin maritime, chêne-liège)
Méso-méditerranéen d'adret	station fraîche sur roche calcaire	Fersialsol calcique sur calcaire Calcosol colluvial issu de marne	Pin d'Alep sur taillis de chêne vert
	station sèche sur calcaire	Rendosol ou peyrosol, issu de calcaire	Pin d'Alep clair sur garrigue à chêne kermès et chêne vert
	station sèche sur marne	Régosol d'érosion ou rendosol, issu de marne	Pin d'Alep clair sur garrigue à romarin
	station fraîche sur roche siliceuse	Brunisol oligosaturé issu de grès, schiste, micaschiste, gneiss, amphibolite	Suberaie sur maquis haut ou taillis de chêne vert
	station sèche sur roche siliceuse	Rankosol issu de grès, schiste, micaschiste, gneiss	Maquis arboré (Pin maritime, chêne-liège)
Thermo-méditerranéen	station fraîche sur roche calcaire	Fersialsol calcique sur calcaire Calcosol colluvial issu de marne	Pin d'Alep sur taillis de chêne vert
	station sèche sur calcaire	Rendosol ou peyrosol, issu de calcaire	Pin d'Alep clair sur garrigue à chêne kermès et chêne vert
	station sèche sur marne	Régosol d'érosion ou rendosol, issu de marne	Pin d'Alep clair sur garrigue à romarin
	station fraîche sur roche siliceuse	Brunisol oligosaturé issu de grès, schiste, micaschiste, gneiss, amphibolite	Chênaie verte
	station sèche sur roche siliceuse	Rankosol issu de grès, schiste, micaschiste, gneiss	Pineraie de pin d'Alep ouverte sur maquis bas

Tab. I :
Répertoire descriptif des principales unités stationnelles présentées dans les Directives et Schémas régionaux d'aménagement pour la zone méditerranéenne de basse altitude

Même les sols acides développés sur roches siliceuses, dans les massifs des Maures ou des Albères, par exemple, ont des caractéristiques chimiques (pH relativement élevés) qui les préservent d'une perte de fertilité forte consécutive à l'exportation de matière organique. L'engorgement par une nappe d'eau n'affecte que des stations marginales. En définitive, les sols sont donc également peu sensibles au tassement en profondeur.

Par contre, les caractéristiques du climat méditerranéen et la topographie les exposent à des risques d'érosion. Ce phénomène pourrait connaître une évolution défavorable sous l'effet du changement climatique, avec l'augmentation des épisodes de pluies violentes, combinée à l'accroissement des risques d'incendie ou de dépérissement du couvert végétal. Pour autant, une déstabilisation des terrains n'est pas à craindre à moyen terme. En effet, depuis l'instauration, il y a plus d'un siècle, de la politique de RTM (Restauration des terrains en montagne), la maîtrise de l'érosion est une préoccupation constante en région méditerranéenne, surtout en moyenne montagne. L'expérience acquise et l'amélioration des connaissances en la matière devraient nous permettre de faire face à la situation (Cf. Photo 1).

Choisir le matériel végétal (essences et provenances)

La question du choix du matériel végétal en perspective du changement climatique ne peut pas être éludée, mais elle doit être abordée de manière graduée.

Mieux connaître la place de chaque essence

Le terme de « mesures sans regret » est utilisé par l'ONERC¹ pour désigner les mesures d'adaptation au changement climatique, qui présentent un intérêt dès maintenant. L'amélioration de l'isolation des bâtiments, ou toute autre mesure de limitation des pertes énergétiques en est un exemple.

Nous pouvons également en matière forestière mettre en œuvre des « mesures de bon sens sans regret ». Le travail de recherche systématique des couples essences x stations fragiles va en effet nous permettre de



prendre conscience de l'importance des surfaces plantées d'essences actuellement mal adaptées à la station. Dans bien des cas, cette inadaptation va s'accroître sous l'effet du changement climatique, et les premiers cas de « basculement » risquent fort de se produire dans ce type de circonstance.

Ainsi le sapin a eu tendance, au cours du XX^e siècle, à coloniser de nouvelles stations à basse altitude (phénomène d'avalaison). Ces fameuses « sapinières sèches » présentent, suite à la sécheresse de 2003, des atteintes qui pourraient être considérées comme des coups de semonce. Un dépérissement inquiétant du sapin avait déjà été signalé dans quelques forêts de basse altitude dans les années 1990, déclenchant une étude de l'autécologie du sapin pectiné et des stations sous sapinière dans les Alpes du Sud (NOUALS, 2000 et DELAHAYE-PANCHOUT, 2004). Ce travail, mené selon la démarche analytique évoquée précédemment, a permis notamment d'identifier des stations à risque pour le sapin (Cf. Fig. 1). Les résultats ont été rapidement intégrés par les gestionnaires forestiers qui n'ont pas été surpris par les mortalités récentes. L'ampleur nouvelle du phénomène justifie cependant que les chercheurs s'y investissent, à l'instar du projet Dryade : « Vulnérabilité des forêts face aux changements climatiques : de l'arbre aux aires bioclimatiques » (<http://www.inra.fr/dryade>), qui se penche notamment sur ce cas.

Photo 1 :

Sol érodé sur marno-calcaire
Photo Marc Delahaye
Panchout, ONF

1 - ONERC : Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

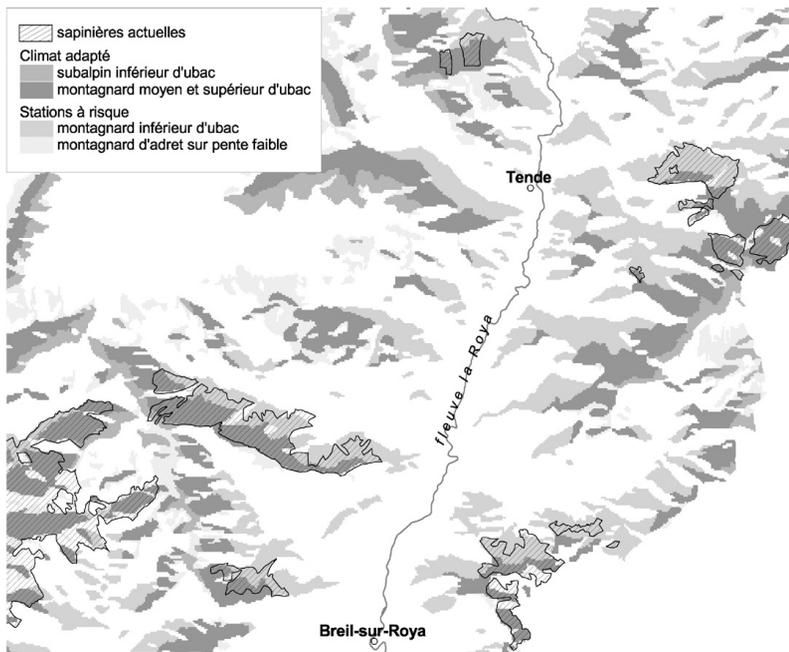


Fig. 1 :
Extension actuelle et potentielle (sous climat actuel)
du sapin dans la vallée de la Roya



De même, le dynamisme et la tolérance à l'ombrage du hêtre le conduisent à coloniser les pinèdes naturelles occupant des espaces autrefois pâturés, ou encore les plantations RTM (Restauration des terrains en montagne) de pin noir, comme dans le massif du Ventoux (DREYFUS, 2004). Quel sera le devenir de ces peuplements lorsque l'étage dominant de pin disparaîtra, et que l'évolution défavorable du climat se fera sentir ? Un équilibre mouvant devrait s'établir entre cette dynamique de conquête et le recul à basse altitude sous l'effet du changement climatique (LADIER *et al.*, 2007). Cette question, qui inquiétait moins les forestiers méditerranéens que leurs collègues septentrionaux, est aujourd'hui d'actualité avec l'apparition de signes de dépérissement dans certaines hêtraies des Préalpes.

Enfin, la situation du pin sylvestre dans les Alpes du Sud est particulièrement préoccupante. Cette essence réputée très rustique souffre, plus que d'autres, des effets des sécheresses répétées. Bien que les pineraies sylvestres constituent souvent des peuplements médiocres, ce phénomène est d'autant plus inquiétant qu'il est d'une ampleur inattendue et qu'il touche la première essence de Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) en surface (Cf. Photo 2).

Favoriser le mélange des essences

Une autre mesure sans regret, mais pas dénuée de difficultés techniques, consiste à favoriser activement le mélange des essences dans les peuplements, quand la station le permet, en introduisant ou favorisant des espèces résistantes à la sécheresse et adaptées au contexte stationnel et climatique. Les peuplements mélangés sont a priori supposés plus résistants aux diverses atteintes, même si les arguments scientifiques solides pour le démontrer restent peu nombreux, et semblent moins bien établis pour la résistance aux stress climatiques, qu'ils ne le sont pour la résistance aux insectes phytophages (JACTEL, REGEFOR, 2007), voire aux attaques biotiques en général (BARTHOD,

Photo 2 :
Installation du hêtre sous le pin sylvestre
dans les Préalpes du Sud
Photo Pauline Delord

1994). Le plus certain des bénéfiques du mélange est lié aux différences de températures des espèces, qui ne sont pas toutes sensibles aux mêmes atteintes (notamment dans le cas des bioagresseurs, souvent inféodés à une espèce ou à un faible nombre d'espèces), ni réactives aux mêmes seuils de stress, dans le cas d'une atteinte physique (sécheresse, engorgement du sol, tempête...). Les peuplements mélangés peuvent généralement être considérés comme plus résilients, ne serait-ce que par la possibilité de conserver un couvert forestier partiel lors d'un dépérissement, et donc un potentiel séminal, grâce à la résistance d'une partie des composants du mélange (DHÔTE *et al.*, 2005).

Le mélange peut être également une façon d'introduire progressivement dans les peuplements des espèces plus adaptées aux conditions futures, sans anticiper sur la disparition des espèces actuellement dominantes (LEGAY *et al.*, soumis). Enfin, la présence de bouquets feuillus dans les peuplements résineux améliore leur bilan hydrique, notamment en favorisant une meilleure pénétration des pluies hivernales à travers le couvert jusqu'au sol.

Le mélange d'essences, en complément du réajustement du choix des essences objectifs, fait bien sûr partie des mesures mises en œuvre en région méditerranéenne. On peut citer le cas de la forêt domaniale de Comefroide Picaussel dans le pays de Sault dans l'Aude (ONF, 2006), constituée pour l'essentiel d'une sapinière trop pure et présentant des signes de dépérissement. L'aménagement, en cohérence avec la Directive régionale d'aménagement, prévoit de ne conserver la sapinière que sur les meilleures stations, pour favoriser le mélange avec le hêtre à moyenne altitude, et passer à la hêtraie et à la cédraie sur les stations sèches.

Les possibilités de recours à un mélange d'essences stable sont cependant limitées en région méditerranéenne. En effet, les mélanges existants correspondent généralement à des substitutions d'essences en cours et sont donc des phases transitoires vers d'autres peuplements monospécifiques. Dans ce type de situation, le forestier peut tenter de maintenir l'essence pionnière avec l'essence climacique pendant une génération, mais ne peut contrecarrer durablement l'évolution naturelle.

Au-delà des cas d'inadaptation actuelle ou prévisible à la station (espèces en marge stationnelle ou en marge de leur aire de distribution), il semble difficilement justifiable d'entreprendre une transformation systématique des peuplements au nom du changement climatique. Il convient certainement de réajuster le choix des essences en fonction notamment du risque de sécheresse, en particulier lorsque l'on est déjà dans un contexte de plantation, mais il serait injustifiable de transformer massivement des peuplements autochtones avant qu'ils ne manifestent d'eux-mêmes des signes évidents d'inadaptation. Ce serait une perte de biodiversité inacceptable, y compris sur le plan strictement utilitariste, dans la mesure où ces peuplements représentent des sources de gènes irremplaçables, en particulier lorsqu'ils poussent dans des stations très sèches sur lesquels ils peuvent avoir développé des adaptations locales.

Se préparer à des reboisements massifs ?

Cependant, dans l'éventualité où la souffrance de certains peuplements se déclarerait de façon brutale, à l'occasion de crises de mortalité massive à la suite d'accidents climatiques, il convient de réfléchir dès maintenant aux essences de reboisement potentielles.

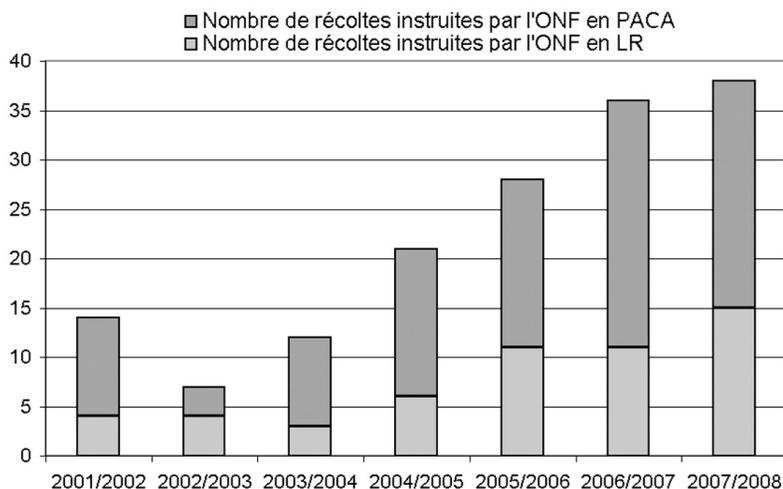
Nous nous trouvons à une période charnière favorable au bilan des différents essais d'espèces ou de provenance mis en place dans les années 70. Beaucoup de ces essais (150 essais dans le patrimoine expérimental de l'ONF) arrivent aujourd'hui en fin de vie. La synthèse de leurs enseignements permettrait de faire un bilan du potentiel de reboisement d'un certain nombre d'espèces testées dans des conditions souvent difficiles de sécheresse, d'acidité ou d'exposition à la pollution.

Dans ce contexte, certaines espèces méditerranéennes trouvent un regain d'intérêt pour le reboisement, y compris dans les stations sèches et chaudes de la moitié nord de la France. Cet engouement coïncide avec l'extension à de nombreuses essences méditerranéennes de la réglementation sur les matériels forestiers de reproduction. Il se manifeste déjà par une augmentation sensible des récoltes de graines (Cf. Fig. 2).

Fig. 2 (ci-dessous) :
Evolution de la demande de récolte de graines de 2001 à 2007 (toutes essences confondues) en régions PACA (Provence-Alpes-Côte d'Azur) et LR (Languedoc-Roussillon)

Photo 3 (en bas) :
Récolte de cônes de cèdre de l'Atlas en forêt domaniale de l'Issole
Photo Marc Delahaye
Panchout, ONF

C'est typiquement le cas du cèdre de l'Atlas (RIOU-NIVERT, 2007). Cette essence a été beaucoup utilisée à basse altitude en Provence et Languedoc, avec des fortunes diverses, depuis une trentaine d'années. Après une période de forte diminution des surfaces plantées, elle apparaît aujourd'hui comme la principale alternative au sapin pectiné sur les stations limites pour celui-ci, dans les moyennes montagnes méditerranéennes, mais aussi dans des régions plus septentrionales (Cf. Photo 3).



Compter sur la variabilité intraspécifique ?

Une idée séduisante pourrait être de mettre à profit la variabilité des espèces au sein de leur aire pour remplacer à terme nos peuplements inadaptés, en allant chercher par exemple des provenances du sud des aires de nos grandes essences sociales. Cependant, il faut souligner que les approches empiriques de caractérisation de l'enveloppe climatique des espèces (dites « modèles de niche »), comme celle développée par Vincent Badeau pour le hêtre (BADEAU *et al.*, LOUSTAU *et al.*, 2004), en s'intéressant à l'enveloppe totale de l'espèce, intègrent *de facto* la variabilité des climats auxquels elles se sont adaptées. Le simple transfert organisé de provenances du sud vers le nord ne semble donc pas offrir d'espoir supplémentaire de maintien des espèces, là où les modèles de niches prévoient leur disparition.

Par ailleurs, plusieurs cas d'adaptation rapide de peuplements transférés aux conditions de leur nouvel environnement sont documentés (FRANC, LEFÈVRE, KREMER, in RDVT HS n°3). Ainsi les populations françaises de cèdre présentent des caractéristiques génétiques originales par rapport aux peuplements de la région d'origine (LEFÈVRE, 2004). La grande diversité génétique intrapeuplement des espèces forestières sociales et l'exemple de ces transferts peuvent laisser penser qu'une action volontaire de transfert de provenance ne sera pas nécessairement plus efficace que l'adaptation *in situ* des peuplements en place.

Enfin, le déplacement volontaire de provenances pose *in fine* les mêmes problèmes que la substitution d'espèce : il altère la ressource locale, et ne semble pas devoir être entrepris avant que des signaux sérieux n'attestent de l'inadaptation des peuplements en place... De plus, toute initiative désordonnée anéantirait les efforts de traçabilité en cours de développement, grâce aux outils génétiques.

En conclusion, le changement climatique soulève en la matière des questions scientifiques encore non résolues, et ne semble pas déboucher sur des préconisations pratiques à court terme. L'analyse des tests de comparaison de provenance (installés il y a quelques décennies dans une optique de production) sous l'angle des nouvelles questions soule-

vées par le changement climatique pourra certainement faire progresser cette question. A ce titre, les dispositifs installés en région méditerranéenne présentent un intérêt particulier du fait de l'exposition des provenances testées à des conditions de stress hydrique prononcé.

Soulignons cependant que par l'affirmation des capacités élevées d'adaptation des espèces d'arbres forestiers, de mécanismes parfois encore mal connus, la génétique des populations est porteuse d'un message d'espoir qu'il faut retenir.

Choisir le bon mode de renouvellement et mettre à profit les atouts de la régénération naturelle

Cette marge importante et mal connue d'adaptabilité de nos espèces plaide en faveur de la régénération naturelle, lorsqu'aucune transformation n'est recherchée à court terme. La régénération naturelle permet en effet à la variabilité intraspécifique et à la sélection naturelle de s'exprimer, au profit d'une adaptation progressive des peuplements à leurs nouvelles conditions de croissance.

Par ailleurs, les semis naturels sont plus résistants à la sécheresse, comme l'épisode 2003 l'a clairement rappelé, avec de nombreux dégâts aux plantations.

Des pratiques sylvicoles d'enrichissement des peuplements doivent être progressivement développées, parfois par plantation, mais surtout par une meilleure gestion des essences secondaires naturellement présentes : préservation systématique des semenciers, attention portée aux semis lors des travaux de dégagement, etc.

Adapter nos pratiques sylvicoles

En tout état de cause, il nous faut adapter dès maintenant nos pratiques sylvicoles, ne serait-ce que pour tenir compte de l'augmentation de la productivité, déjà bien perçue par les forestiers eux-mêmes.

S'adapter à l'augmentation de la productivité

Les travaux de Jean-Daniel Bontemps (BONTEMPS, 2006 ou DHÔTE, BONTEMPS *et al.* in RDVT HS n°3) démontrent de façon robuste ce qui avait déjà été révélé, par Becker dès 1994 : la productivité forestière a augmenté de façon considérable depuis le milieu du XX^e siècle. Ils nous apprennent aussi que cette augmentation de productivité est un phénomène complexe, multifactoriel, susceptible de variations dans l'espace... et probablement dans le temps (voir première partie).

Sans préjuger de l'augmentation des volumes économiquement valorisés, qui dépendra aussi des pertes par chablis, ou mortalités dues aux sécheresses extrêmes, il nous faut adapter nos itinéraires sylvicoles à cette nouvelle donne. Ne pas le faire serait non seulement une erreur en termes économiques, mais aussi une erreur écologique, conduisant à accumuler trop de matériel sur pied, au détriment de la biodiversité et de la stabilité des peuplements.

Mettre au point des sylvicultures économes en eau

En effet, les travaux de Nathalie Bréda ont montré le rôle d'une densité excessive des peuplements de la forêt de la Harth dans le dépérissement qu'ils ont subi dans les années 80 (BRÉDA, PEIFFER, 1999). La surface foliaire des peuplements conditionne en effet leur bilan hydrique. Un peuplement trop « chargé » consomme plus d'eau, et intercepte plus les pluies (LEGAY, GINISTY, BRÉDA, 2006). Il convient d'en tenir compte en évitant les situations de surdensité, liées à des éclaircies insuffisantes (notamment dans un contexte d'augmentation de la productivité). Il faut donc dynamiser nos sylvicultures, en tenant compte de l'âge et de l'état des peuplements, une intervention brutale dans un peuplement âgé pouvant elle-même occasionner un stress.

A plus long terme, le développement de modèles de croissance intégrant les mécanismes physiologiques nous permettra peut-être d'optimiser quantitativement nos itinéraires sylvicoles en fonction de la consommation d'eau des peuplements façonnés.

La mise au point de pratiques sylvicoles adaptées semble d'autant plus justifiée que le recul des espèces ne se fera vraisemblablement pas de façon progressive, mais par crises liées aux événements climatiques extrêmes. On peut imaginer que les peuplements adultes survivront un certain temps à l'évolution défavorable des conditions locales de climat, et ce d'autant mieux qu'ils seront maintenus dans de bonnes conditions par une sylviculture adaptée.

Actuellement, une telle dynamisation des sylvicultures est cependant le plus souvent hors d'atteinte en région méditerranéenne, au regard de la valeur des produits. La tendance générale est plutôt à une réduction du nombre d'interventions, avec un taux de prélevement suffisamment fort pour rentabiliser les exploitations.

Conserver la biodiversité

L'impact du changement climatique sur l'ensemble de la biodiversité (ordinaire et exceptionnelle) n'est qu'évoquée ici, car notre réflexion en la matière est moins avancée qu'en matière d'impact sur les peuplements d'arbres.

Tout au plus pouvons-nous ici poser quelques données du problème. Plusieurs publications ont cherché à analyser les impacts potentiels du changement climatique sur la biodiversité, aboutissant à un taux local d'extinction des espèces en Europe de l'ordre de 30 % à l'horizon 2050 (BAKKENES, 2002). Les différentes espèces pourront être très diversement affectées, certaines voyant de vastes territoires leur devenir potentiellement favorables, d'autres subissant une contraction de leur aire potentielle, d'autres enfin étant peu affectées. C'est donc à une modification de la composition spécifique des écosystèmes que l'on devrait assister.

L'une des grandes inconnues dans cette évolution, et certains modèles cherchent déjà à la circonscrire, est la capacité de migration des espèces face au glissement de leur aire potentielle. Si toutes les espèces végétales auront a priori du mal à suivre les rythmes de migration imposés par la vitesse de l'évolution climatique, c'est-à-dire à coloniser

au fur à mesure les zones qui leur deviendront favorables, ce rythme est hors d'atteinte pour les espèces aux capacités de migration les plus limitées (DUPOUEY *et al.*, 2002).

Enfin, les dispositifs de conservation de la Nature vont devoir également s'adapter, car beaucoup reposent sur la préservation d'un territoire, hébergeant tel écosystème ou telles espèces reconnues comme remarquables. Le réseau Natura 2000 est une instance privilégiée pour mener cette réflexion, qui devra débiter par une analyse diagnostique des habitats et espèces les plus menacées, mais aussi des sites qui auront à subir les plus profondes modifications sous l'effet de l'évolution du climat. La notion même de « bon état de conservation » des écosystèmes devra devenir évolutive. Cette question concerne la région méditerranéenne française, qui compte un taux élevé de zones protégées au titre de Natura 2000, soumises à un réchauffement plus élevé qu'en moyenne sur le territoire français. Les écosystèmes méditerranéens sont d'ailleurs considérés parmi les plus vulnérables parmi les écosystèmes continentaux européens, au côté des écosystèmes de montagnes (SCHRÖTER, 2005).

La situation actuelle est très contrastée. Les formations forestières à affinité méditerranéenne qui trouvent en région méditerranéenne leurs stations les plus méridionales, telles que les hêtraies de la Sainte-Baume et de Valbonne, y sont les plus menacées. Par contre, certains habitats thermoméditerranéens, tels que les formations saxicoles à Euphorbe arborescente, sont en extension. La gestion appliquée doit être adaptée au cas par cas.

Développer les réseaux de surveillance et d'observation, gérer les crises

Le devoir de monitoring

Prendre des décisions en environnement changeant et incertain requiert de développer notre capacité à suivre les évolutions en cours. Ce monitoring peut aussi avoir des retombées opérationnelles très concrètes en

matière d'alerte, qu'il s'agisse de détecter précocement une hausse de mortalité ou de repérer l'apparition d'un ravageur ou d'un pathogène nouveau ou épidémique.

La France s'est dotée d'un dispositif de monitoring associant plusieurs réseaux complémentaires, intégrés dans des dispositifs européens :

- le réseau RENECOFOR (participation française au réseau européen de niveau 1) Cf. Photo 4 ;

- le réseau 16 km X 16 km de surveillance de la santé des forêts (correspondant au niveau 2 européen), et le réseau de compétence des correspondants-observateurs du Département de la Santé des forêts ;

- et enfin l'Inventaire forestier national.

Ces dispositifs opérationnels sont complétés par les sites-ateliers de l'observatoire de recherche en environnement F-ORE-T (<http://www.gip-ecofor.org/>) sur lesquels sont menées des investigations plus poussées dans le cadre de projets de recherche. Parmi les sept sites-ateliers métropolitains du réseau F-ORE-T, deux sont situés en zone méditerranéenne : l'un dans la chênaie verte, à Puéchabon (Hérault), l'autre dans un mélange de pin d'Alep et de chêne vert, à Font Blanche (Bouches-du-Rhône). De même que les tests de comparaisons de provenances, ces dispositifs situés en région méditerranéenne présentent, dans le contexte du changement climatique, un intérêt accru et qui dépasse le cadre régional.

Enfin, en complément des réseaux dédiés au suivi des écosystèmes, différents dispositifs expérimentaux à base de placettes permanentes, en particulier la coopérative de données sylvicoles, peuvent contribuer à cet effort de suivi en continu.

Chacun de ces dispositifs a entrepris, de façon progressivement concertée, de s'adapter à la problématique du changement climatique, qui n'était évidemment pas centrale à leur mise en place. Il appartient aux pouvoirs publics de prendre la mesure de l'effort à consentir, et à la communauté des gestionnaires et des chercheurs d'y participer. Si un effort de renforcement des réseaux pouvait être fait (au-delà de leur maintien, d'une absolue nécessité), c'est peut-être en zone supra-méditerranéenne qu'il serait le plus justifié, par exemple dans la chênaie pubescente, comme suggéré par Maurice Bonneau (colloque RENECOFOR, mai 2006,



Beaune), ou dans les peuplements marginaux de nos grandes essences forestières, souvent mal représentés dans des échantillonnages qui privilégient la typicité des écosystèmes.

Photo 4 :
Placette RENECOFOR du Mont Aigoual : collecte de litière
Photo Luc Croisé, ONF

Développer la culture du risque et de la gestion des crises

Les évolutions à venir laissent penser que la gestion forestière devra faire face à de nombreuses crises, dont la tempête de 1999 et la sécheresse de 2003 nous ont peut-être donné un avant-goût. Les crises climatiques (sécheresse, épisodes de pluies violentes),

Photo 5 :
Effets de la sécheresse caniculaire de 2003 dans une sapinière des Alpes-Maritimes
Photo Marc Delahaye Panchout, ONF



mais aussi les crises sanitaires (dépérissements, gradations de ravageurs ou pathogènes, invasions biologiques) risquent en effet de devenir plus fréquentes. Par ailleurs, l'augmentation à prévoir du risque d'incendie dans des régions qui y étaient jusqu'ici peu soumises appelle également des mesures d'adaptation spécifiques (Cf. Photo 5).

Nous devons nous préparer à mieux gérer ces crises, depuis le dispositif d'alerte, jusqu'à l'exploitation et la valorisation des produits forestiers récoltés suite à l'événement, sans oublier le retour d'expérience dans une démarche de progrès continu. En la matière, l'expérience acquise en région méditerranéenne dans la gestion des suites des incendies s'est révélée utile pour la gestion des dépérissements. Cette expérience pourrait également bénéficier aux régions situées plus au nord.

Dans l'immédiat, le principal défi à relever pour la communauté forestière concerne les relations entre pratique et recherche. Pour anticiper les réactions des écosystèmes en conditions changeantes, les gestionnaires vont avoir plus que jamais besoin des résultats de la recherche. Les préconisations de gestion vont devoir évoluer régulièrement en fonction de l'évolution des résultats, de l'affinement des scénarios, de la prise en compte de nouveaux mécanismes, etc. A la charnière entre gestion et recherche, le monitoring sera probablement un domaine d'échange privilégié.

Pour relever ce défi, nous pensons qu'il faudra renforcer la charnière du développement, en allant au-delà de la simple communication de résultats généraux à l'occasion de face-à-face ponctuels, par un travail de fond en commun sur des objectifs partagés.

M.L., J.L.

Bibliographie

- Bakkenes M., Alkemade J.R.M., Ihle F., Leemas R., Latour J.B. (2002), Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050, *Global change biology*.
- Barthod, C. (1994), Sylviculture et risques sanitaires dans les forêts tempérées. Première partie, *Revue Forestière Française* 46, 609-608.
- Bonneau, M. (1994), Les dépérissements à causes multiples : caractéristiques générales, *Revue Forestière Française* 46, 472-473.
- Bonneau M., Landmann G., Garbaye J., Ranger J. et Nys C. (1994), Gestion et restauration de la fertilité minérale des sols, *Revue Forestière Française* 46, 579-585.
- Bontemps J. (2006), Evolution de la productivité des peuplements réguliers et monospécifiques de Hêtre (*Fagus sylvatica* L.) et de Chêne sessile (*Quercus petraea* Liebl.) dans la moitié Nord de la France au cours du XX^e siècle, PhD thesis, ENGREF.
- Bréda N., Peiffer M. (1999), Etude du bilan hydrique des chênaies de la forêt domaniale de La Harth (Haut-Rhin) et impact des épisodes de sécheresse sur la croissance radiale des chênes, Rapport de convention ONF/INRA.
- Collectif (2007), Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques, *Rendez-vous Techniques* hors série n°3.
- Courcier J. et Dreyfus P. (2005), Retour du hêtre et du sapin dans les pineraies pionnières de l'arrière pays méditerranéen. Conséquences pour la gestion et la biodiversité, *Rendez-vous techniques* 10, 56-62.
- Delahaye-Panchout M. et al. (2004), La sapinière à la reconquête de son territoire, ONF collection "Les carnets du forestier Alpes du Sud", 40 p.
- Dhôte J.F., Cordonnier T., Dreyfus P. et Goff N.L. (2005), Quelques enjeux autour des forêts hétérogènes tempérées, *Rendez-vous techniques* 10, 22-29.
- Dreyfus P. (2004), Gestion d'une évolution forestière majeure de l'arrière-pays méditerranéen : la maturation sylvigénétique des pinèdes pionnières. Conséquences pour la biodiversité sur le site pilote du Mont Ventoux., in "Biodiversité et gestion forestière. Résultats scientifiques et actions de transfert", C. Millier, V. Barre et S. Landeau, GIP ECOFOR, MAP, MEDD, Paris.
- Dupouey J., Sciama D., Koerner W., Dambrine E. et Rameau J. (2002), La végétation des forêts anciennes, *Revue Forestière Française*, 54 (6), 521-532., *Revue Forestière Française* 54 (6), 521-532.
- Hoff C. et Rambal S. (1999), Les écosystèmes forestiers méditerranéens face aux changements climatiques, *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France* 85, 53-57.

Myriam LEGAY
Interface Inra/ONF,
UMR EEF, équipe
phytoécologie,
Centre INRA
de Nancy, 54280
Champenois
Mél :
legay@nancy.inra.fr

Jean LADIER
ONF Direction
territoriale
Méditerranée,
Pôle Recherche-
développement-
sylviculture-
aménagement
Actiplus, ZI St Joseph,
04100 Manosque
Mél :
jean.ladier@onf.fr

- IPCC (2007), Working Group II Report "Impacts, Adaptation and Vulnerability", chapter 4 : Ecosystems, their properties, goods and services, Technical report, IPCC.
- Jactel H. et Brockerhoff E. (2007), Pourquoi les forêts mélangées sont plus résistantes aux attaques d'insectes ravageurs ? (communication) Séminaire REGEFOR <http://www.gip-ecofor.org>.
- Ladier J., Dreyfus P. et Reboul D. (2007), La place du hêtre en région méditerranéenne, *Rendez-vous techniques* numéro spécial n°2.
- Ladier J., (2004), Les stations forestières des Préalpes sèches, définition, répartition, dynamique, fertilité, ONF – Direction territoriale Méditerranée, 124 p.
- Lefèvre F., Fady B., Rubio D.F., Ghosn D. et Bariteau M. (2004), Impact of founder population, drift and selection on the genetic diversity of a recently translocated tree population, *Heredity* (2004) 93, 542-550.
- Legay M., Cordonnier T. et Dhôte J. (soumis), Des forêts mélangées pour composer avec les changements climatiques, *Revue Forestière Française*.
- Legay M., Ginisty C. et Bréda N. (2006), Que peut faire le gestionnaire face au risque de sécheresse ? *Rendez-vous techniques* 11, 35-40.
- Legay M., Mortier F., (2006), La forêt face au changement climatique : adapter la gestion forestière, ONF, dossier forestier n°16, 39 p.
- Loustau D. *et al.* (2004), Rapport final du projet CARBOFOR : Séquestration de Carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France. Quantification, spatialisation, vulnérabilité et impacts de différents scénarios climatiques et sylvicoles, Programme GICC 2001 "Gestion des impacts du changement climatique".
- Menzel A. et Fabian P. (1999), Growing season extended in Europe, *Nature* 397, 213.
- Nefaoui M. (1996), Dendroécologie, productivité et dynamique de la croissance radiale du Pin maritime naturel du Maroc, thèse, université d'Aix-Marseille III, pp. 302, 1996.
- Nouals D. (2000), Les Sapinières en région Provence-Alpes-Côte d'Azur : typologie des stations forestières, extension potentielle du Sapin 1. Les Alpes pré-ligures 50 p. , 2. les Préalpes sèches 53 p., 3. les Alpes intermédiaires humides 44 p., 4. le sud Dauphiné 49 p., ONF Cellule Régionale d'Appui Technique.
- ONERC (2004), Changement climatique : collectivités locales. Etes-vous prêts ?, <http://www.ecologie.gouv.fr/Collectivites-locales-Changeements.html>.
- ONF Méditerranée, 2006 (1) : Directives régionales d'aménagement pour la région Languedoc-Roussillon. Zone méditerranéenne de basse altitude, 102 p. Montagnes pyrénéennes, 110 p. Zone sous influence atlantique et bordure du Massif central. Zone des Grands Causses, 102 p.
- ONF Méditerranée, 2006 (2) : Schémas régionaux d'aménagement pour la région Languedoc-Roussillon. Zone méditerranéenne de basse altitude, 102 p. Montagnes pyrénéennes, 110 p. Zone sous influence atlantique et bordure du Massif central (sous presse). Zone des Grands Causses, 102 p.
- ONF Méditerranée, 2006 (3) : Directives régionales d'aménagement pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Zone méditerranéenne de basse altitude, 104 p. Montagnes pyrénéennes, 110 p. Préalpes du Sud, 123 p. Montagnes alpines (sous presse).
- ONF Méditerranée, 2006 (4) : Schémas régionaux d'aménagement pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Zone méditerranéenne de basse altitude, 104 p. Montagnes pyrénéennes, 110 p. Préalpes du Sud, 123 p. Montagnes alpines (sous presse).
- ONF, 2006 : Forêt domaniale de Comefroide Picaussel, révision d'aménagement forestier, 2006-2020, 91 p. + annexes.
- Rathgeber C., Nicault A. et Guiot J. (2005), Évolution de la croissance radiale du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Provence calcaire (Sud-est de la France), *Ecologia Mediterranea* tome 31, fascicule 1.
- Rathgeber C., Guiot J., Roche P. et Tessier L. (1999), Augmentation de productivité du chêne pubescent en région méditerranéenne française, *Ann. Sci. For.* 56, 211-219.
- Riou-Nivert P. *et al.* (2007), Climat propice pour le cèdre, *Forêt Entreprise*, dossier spécial 174, 11-58.
- Schröter D *et al.* (2005), Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe, *Science* 310 (5752), 1333-1337.
- Seynave I., Gégout J.C., Hervé J., Dhôte J., Drapier J., Bruno E. et Dumé G. (2004), Etude des potentialités forestières pour l'épicéa commun dans l'est de la France à partir des données de l'IFN, *Revue Forestière Française*, 56, 537-550.
- Vennetier M., Ripert C., Maillé E., (2003), Etude des potentialités forestières de la Provence calcaire ouest, *Forêt Méditerranéenne*, tome XXIV n°1, pp 32-44.

Résumé

Nous présentons les grandes lignes d'une réflexion conduite au sein de l'ONF, en partenariat étroit avec l'INRA, pour adapter la gestion forestière au changement climatique. Cette réflexion, articulée autour de deux ateliers successifs associant scientifiques et managers techniques, a permis de dégager onze axes d'adaptation de la gestion forestière aux effets du changement climatique.

La première étape de la démarche d'adaptation proposée consiste à acquérir une vision cohérente dans l'espace, et évolutive dans le temps, des contraintes écologiques auxquelles sont soumis les peuplements. Le gestionnaire doit être attentif aux facteurs de vulnérabilité sur lesquels la gestion peut influencer, et en particulier veiller au bon état des sols. Sur la base de cette connaissance des contraintes écologiques, peuvent être raisonnés les choix d'espèces et de provenances. Les éventuelles transformations de peuplements ne sont à entreprendre qu'à bon escient : l'intérêt de la régénération naturelle, permettant d'obtenir des peuplements divers et adaptables *in situ*, ne doit pas être négligé. La sylviculture doit se doter d'outil de gestion de peuplements en situation non permanente, et intégrant de nouvelles variables d'évaluation des itinéraires, comme le bilan hydrique des peuplements façonnés... Cette gestion adaptative doit s'appuyer sur le suivi en continu de l'état des forêts, dont les dispositifs revêtent une importance stratégique nouvelle. Face à des risques de crises accrues (chocs climatiques, phases de dépérissement...), une culture de gestion de crise doit être développée. Une réflexion sur la nécessaire évolution de nos dispositifs de conservation de la biodiversité est à entreprendre. Enfin, le transfert des connaissances et la communication doivent inciter et permettre à chaque acteur de se saisir de façon pertinente du problème à son niveau d'action.

Pour chaque axe d'adaptation proposé, nous examinons sa déclinaison dans la région méditerranéenne, qui occupe bien souvent une position originale dans cette réflexion : parfois « en première ligne », parfois forte d'une expérience antérieure, parfois encore marginalement concernée du fait de ses spécificités naturelles.

Summary

Forestry management in the light of climate change : initial guidelines for adapting publicly-owned forests. The case of Mediterranean woodlands

We present here the main focus of thinking within the ONF (France's national forestry commission), worked out in close collaboration with the INRA (France's main agricultural research body), about how to adapt forestry management to climate change. This process of reflection, organised around two successive workshops attended by scientists and hands-on managers, led to the identification of eleven guidelines for adapting forestry management to climate change.

The first step in the recommended adaptive approach is to acquire a coherent overview, open to modification over time, of a given area concerning the ecological constraints to which its stands are subjected. A manager must be very aware of the factors inducing vulnerability which management can hope to modify, paying particular attention to the good state of the soil. On the basis of an understanding of the ecological constraints, it becomes possible to make a reasoned choice of species and provenances. Any proposed transformation of a stand should only be undertaken after full consideration : do not overlook the advantages of natural regeneration which results in diversity and adaptability within a stand. Silviculture must acquire the wherewithal for managing stands where circumstances are transitory, integrating new variable indicators in assessments, for example hydrological patterns in managed stands... Such adaptable management must be based on the ongoing monitoring of the state of the woodlands involved. Such monitoring uses tools which now acquire a new strategic importance. Faced with the heightened threat of risk (climatic shock, periods of dying off...), there is a need to develop a mindset for crisis management. Thinking should be done on the necessary evolution of the tools available for conserving biodiversity. And finally, communicating and the transferal of knowledge should encourage and enable each person involved to get to grips with the issues at his or her particular level of activity.

For each of the proposed guidelines, we consider the implications for the Mediterranean context which has very often been the original seedbed for the thinking : sometimes in a « front line » position, sometimes as the source of previous experience or, on occasion, only marginally relevant on account of the Mediterranean's specific natural features.