

Réchauffement climatique

Le changement climatique et la forêt : une réalité

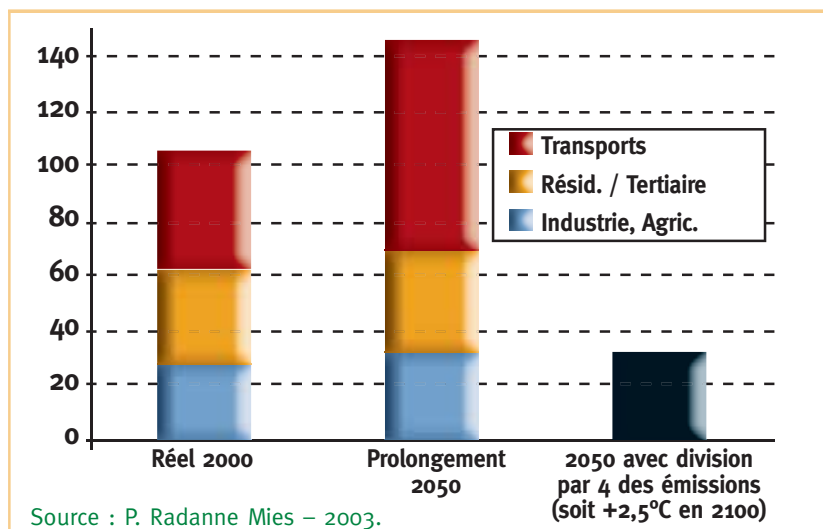
Quels effets les changements climatiques ont et auront-ils ? Comment faire pour préserver nos forêts ? Faut-il changer de technique de sylviculture ? Si oui, laquelle adopter ? Quelles seront les essences les plus touchées par les changements climatiques ? Faudra-t-il les remplacer par d'autres ? Mais quand, où et comment ? La question que se posent tous les forestiers : comment préparer et entretenir la forêt de demain ? Le réchauffement climatique a déjà commencé.

La cause ? L'augmentation consécutive de l'effet de serre (voir encadré « L'effet de serre, qu'est-ce que c'est ? »). Le responsable (du moins pour une forte part) ? L'homme. La température terrestre et la concentration des gaz à effet de serre montraient en effet une grande stabilité jusqu'à la révolution industrielle de 1850. Depuis le développement des activités humaines (industries, automobiles, élevage intensif, combustibles fossiles...) accroît l'effet de serre, avec pour conséquence une augmentation de la température à la surface du globe. Depuis déjà quelques décennies, nous pouvons observer les conséquences de ce changement : réduction de la couverture neigeuse, réduction du nombre de jours de gelées, retrait des glaciers, augmentation de la température des océans, élévation globale du niveau de la mer, le nombre annuel de catastrophes climatiques a doublé en Europe depuis 1990...

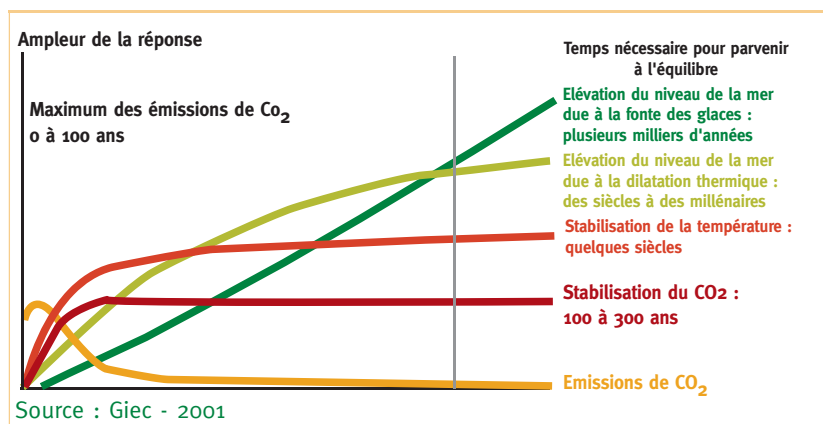
QUE PEUT-ON CRAINDRE ? COMMENT VA ÉVOLUER LE CLIMAT ?

En France, la température a augmenté de plus de 1,2°C depuis 1950. Les seize dernières années comprennent les dix années les plus chaudes depuis un siècle (décompte arrêté en 2004), les précipitations sont également en augmentation. Par exemple, à Dijon, en cent ans, les précipitations ont augmenté de 10 % en moyenne sur la période mais il pleut nettement plus l'hiver (+ 20 %) et moins l'été (moins 10 %). Les forestiers s'inquiètent de voir se multiplier sécheresses, dépérissements et attaques parasitaires... Certains estiment déjà voir les effets du changement climatique sur leurs propriétés (cf. témoignages pages suivantes).

ÉMISSION DE GAZ À EFFET DE SERRE EN FRANCE



CONSÉQUENCES DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE



D'après les rapports du GIEC (Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat) de 2001 et 2007, les principales évolutions attendues pour l'horizon 2100 sont notamment : une température moyenne en augmentation (+ 1,1

à 6,4 °C en Europe), des précipitations en augmentation en hiver mais mal réparties, des sécheresses et canicules estivales avec pour conséquence une augmentation des incendies naturels, des tempêtes plus nombreuses ainsi que le déplace-

RÉSUMÉ DES PRINCIPALES CONSÉQUENCES ATTENDUES

Causes	Effets	Conséquences				
		Gain productivité	Stress	Sensibilité ravageurs	Difficulté régénération	Mortalité
Taux de CO ₂	Photosynthèse	X				
Température d'automne, d'hiver et de printemps	Photosynthèse hivernale (résineux)	X				
	Saison de végétation	X				
	Activité des mycorhizes	X				
	Gelées (automne et printemps) ?		X		X	
	Gel hivernal ?		X	X	X	X
	Dessiccation hivernale (résineux)		X	X	X	X
	Progression de certains ravageurs		X	X		X
Température estivale et sécheresse	Respiration		X			
	Transpiration et stress hydrique		X	X	X	X
	Dégâts dus à la chaleur		X	X	X	X
Incendies			X	X		X
Tempêtes	Chablis		X	X		X

x Effets positifs x Effets négatifs

► ment des zones de végétation (de 400 à 800 kilomètres vers le nord et de 300 à 600 mètres en altitude, entraînant de nombreuses disparitions d'espèces)... Les experts du GIEC ont élaboré divers scénarios d'évolution pour le siècle à venir. Parmi ceux-ci, le scénario A2 relativement pessimiste puisqu'il prévoit la poursuite de la situation actuelle, sans grande coopération entre les États et le B2, plus optimiste, avec une meilleure collaboration environnementale des États. Suivant le scénario A2, la France aurait à subir d'ici 2100 les conséquences d'un réchauffement très important (plus de trente jours de canicule par an dans le sud et l'est de la France contre trois à dix jours en 2000), une

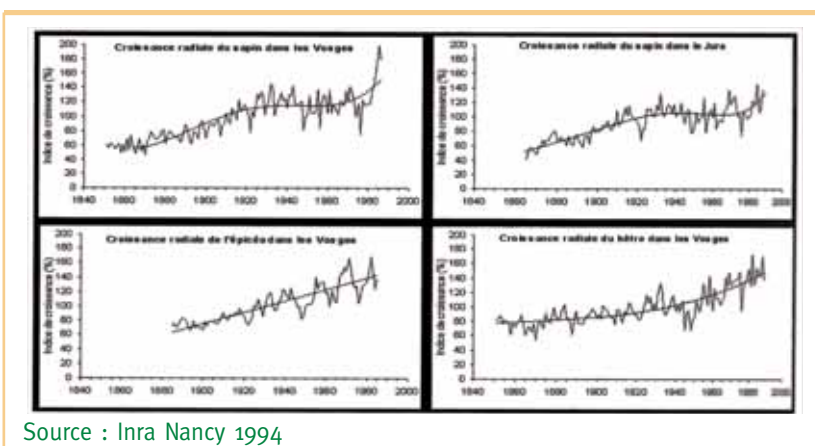
sécheresse estivale accrue (plus de trente jours sans pluie en été plus particulièrement dans l'ouest et le sud du pays), des précipitations en augmentation mais mal réparties sur l'ensemble du pays avec des risques d'inondations majeurs notamment en Bretagne et dans les massifs montagneux de l'Est.

CONSÉQUENCES SUR LES ARBRES ET LA FORÊT

Tous ces changements climatiques ne sont et ne seront pas bien sûrs sans avoir de nombreuses conséquences sur la forêt. Aussi étrange que cela puisse paraître, les conséquences attendues ne seront pas toutes négatives, du moins dans un premier temps.

L'Inra a étudié dans les années 1980 l'évolution de la production des principales essences forestières françaises. Une augmentation de la croissance radiale pouvant dépasser 100 % au cours du XX^e siècle par rapport au XIX^e siècle a été constatée ! L'augmentation du taux de CO₂ entraîne en effet une augmentation de la photosynthèse, ce qui signifie une hausse de la croissance pour nos arbres. La hausse des températures induit quant à elle l'allongement de la durée de la saison de végétation et stimule l'activité des mycorhizes. Tout cela va dans le sens d'un gain de productivité. Prenons le hêtre, par exemple. En cent ans, d'après les mesures de l'Inra, ses durées de révolution ont diminué de 40 % ! Le diamètre de 60 cm est actuellement atteint à quatre-vingt-dix ans au lieu de 150, soit un gain de soixante ans ! À ce stade de la lecture du dossier, le lecteur de *Forêts de France* s'interroge. Le changement climatique tant redouté serait-il bénéfique pour sa forêt ? Aujourd'hui peut-être, mais demain malheureusement non (cf. tableaux « Résumé des principales conséquences attendues »). L'augmentation de la croissance des arbres forestiers ne pourra par exemple pas se poursuivre indéfiniment, notamment à cause du manque d'eau durant la période estivale. Il en résultera à terme une diminution de la production de la plupart des essences forestières, variable selon leur situation géographique et

AUGMENTATION DE LA CROISSANCE DE DIFFÉRENTES ESPÈCES (1850 À 2000)



Source : Inra Nancy 1994

L'effet de serre

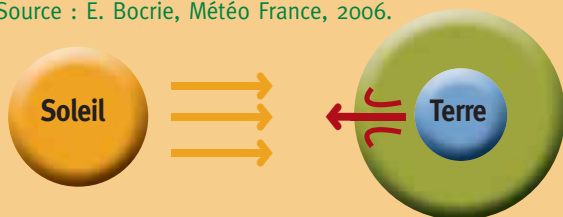
Qu'est-ce que c'est ?

L'énergie solaire reçue par la Terre sous forme d'ondes courtes est réémise sous forme de chaleur (ondes infrarouges). Ces ondes infrarouges sont piégées en haute atmosphère par les gaz à effet de serre qui en renvoient une partie vers l'espace et une autre vers la Terre, augmentant ainsi sa température de surface. Sans l'effet de serre, la température moyenne du globe serait de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ au lieu de $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$! Le phénomène est donc en soi hautement bénéfique et permet la vie ; c'est son augmentation qui pose problème...

La vapeur d'eau est le principal gaz à effet de serre, mais l'Homme a peu d'impact sur elle car sa concentration est régulée par les océans. Si l'on met à part l'effet de la

L'AUGMENTATION DE L'EFFET DE SERRE

Source : E. Bocrie, Météo France, 2006.



vapeur d'eau, le dioxyde de carbone (CO_2), est responsable de près des deux tiers du solde de l'effet de serre, devant le méthane (un cinquième), les halocarbures et le protoxyde d'azote.

Quelques pistes pour l'avenir

Afin de se donner des atouts pour anticiper les effets du changement climatique sur la gestion forestière il est important de :

- **renforcer les diagnostics stationnels.** Nous avons besoin de nouveaux critères simples (réserve hydrique) et de cartes de risques ;
- **réaliser des synthèses sur l'autécologie des essences :** quels facteurs limitants ? Relance des programmes d'expérimentation sur les résineux et les exotiques ;
- **réorienter l'amélioration génétique** vers les essences et provenances résistantes au stress hydrique ;
- **généraliser la futaie claire** régulière ou irrégulière, la forêt mosaïque, les mélanges, le traitement des lisières ;
- **raccourcir les révolutions par une gestion plus dynamique** et augmenter les récoltes afin d'éviter la capitalisation, source de stress des peuplements et d'augmentation des risques.

sensible tout d'abord dans la moitié sud de la France.

Par exemple, on a constaté que la production du pin sylvestre en Provence, en limite sud de son aire, chute depuis 1970. À l'inverse, le pin d'Alep, qui progresse, voit la sienne augmenter. Mais elle devrait chuter à son tour à partir des années 2040, par manque d'eau, d'après les simulations du Cemagref (Centre de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de la forêt) d'Aix-en-Provence.

Si l'allongement de la saison de végétation paraît une bonne chose pour la productivité, elle risque par contre d'aggraver les dégâts dus aux gelées de printemps entraînant des débourrements trop précoces. Elle risque également de provoquer un mauvais aoûtement, ce qui rendra les arbres plus sensibles aux gelées d'automne et au froid hivernal.

Il faudra aussi faire face à une recrudescence des incendies sur des surfaces beaucoup plus conséquentes, notamment hors de la zone méditerranéenne, où ils étaient traditionnellement limités.

Aspects phytosanitaires : gare aux attaques ! Les conséquences phytosanitaires du changement climatique sont importantes pour les arbres, car l'augmentation des températures, notamment en hiver, permet l'extension de l'aire de certains ravageurs (insectes) et pathogènes (champignons).

Progression de la chenille processionnaire du pin. Partie du Sud-Ouest, la chenille processionnaire du pin progresse vers

le nord et en altitude. Elle devrait atteindre Paris vers 2025. Heureusement, sa progression pourrait être ralentie (mais non stoppée) par les canicules estivales, comme en 2003 où l'on a enregistré des mortalités massives (cf. fiche sanitaire *Forêts de France* n° 491, p. 27).

Progression de l'aire potentielle de l'encre du chêne (*Phytophthora cinnamomi*). L'encre du chêne se développe actuellement principalement dans le sud-ouest de la France sur le chêne rouge d'Amérique. Son aire d'extension potentielle couvre cependant toute la façade ouest de la France et elle peut attaquer le chêne pédonculé. L'encre du chêne pourrait progresser sur plus de la moitié de la France en 2100.

De nombreux autres pathogènes, dont l'oïdium, seront favorisés par la hausse des températures. Il en est de même pour certains insectes. Les scolytes de l'épicéa (cf. fiche sanitaire *Forêts de France*, p.29, n°481) pourraient se reproduire au rythme de trois par an et les pucerons plus encore !

Dans quelles régions va régresser le pin sylvestre demain ? Le douglas saura-t-il s'adapter au changement de température dans le sud du Massif central ? Où pourra-t-on planter du chêne pédonculé ? Faudra-t-il substituer le sapin de Nordmann à son cousin le sapin pectiné ? L'aire climatique potentielle d'une espèce n'est pas une prédiction de l'aire où nous pourrions l'observer demain. Sa présence y dépendra en effet de plusieurs facteurs : saura-t-elle y migrer ?

Saura-t-elle trouver son équilibre et cohabiter avec des nouveaux pathogènes auxquels elle n'est pas habituée ? Pourra-t-elle s'adapter à la compétition avec de nouvelles espèces herbacées et ligneuses ?

Par exemple, l'épicéa demande beaucoup d'eau et des températures pas trop élevées. Une augmentation de deux degrés de température peut le faire sortir de son domaine de prédilection. C'est ainsi qu'on pourra le voir dépérir, non pas parce qu'il aura été implanté au mauvais endroit, mais parce que le climat aura évolué entre-temps !

Les illustrations qui suivent montrent l'évolution potentielle pour le chêne vert et l'épicéa. Ce qui peut-être est plus inquiétant encore, c'est que le phénomène du changement climatique, si les estimations des climatologues s'avèrent exactes est a priori irréversible, malgré tous les efforts que nous pourrions déployer. En effet, une quasi-suppression (théorique) des émissions de dioxyde de carbone anthropique, c'est-à-dire de source humaine, d'ici cinquante ans, ne prendrait effet que dans cent à trois cents ans et ne ferait que stabiliser la concentration de CO_2 dans l'atmosphère. La température, certes, augmenterait moins vite, mais elle ne se stabiliserait qu'au bout de quelques siècles.

CONSÉQUENCES SUR LA GESTION

Les forestiers comprennent la nécessité de faire évoluer leurs pratiques de gestion sylvicole. La sylviculture devra s'adapter pour parer ▶

ÉVOLUTION DE L'AIRE POTENTIELLE DE GROUPES BIOGÉOGRAPHIQUES D'ESSENCES

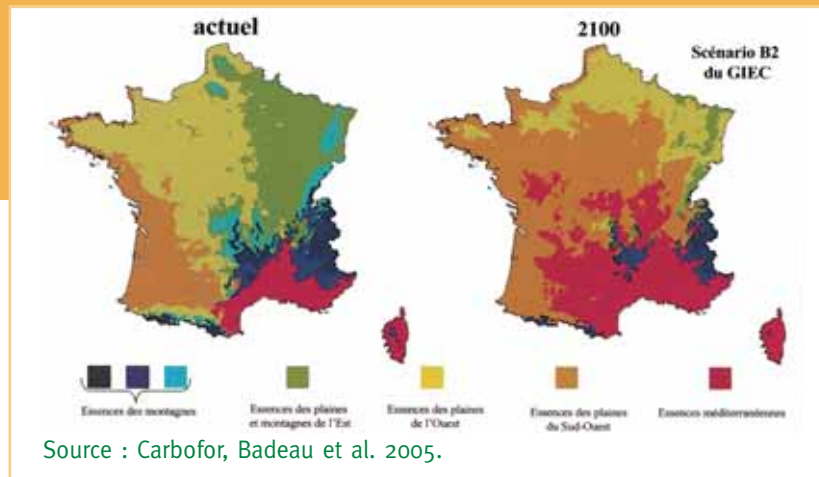
► aux conséquences du changement climatique. Nous sommes encore loin d'avoir toutes les réponses aux questions que nous forestiers nous posons sur la sylviculture de l'avenir. Nous manquons de dispositifs expérimentaux adaptés aux problématiques nouvelles. Comme nous l'avons vu dans le dossier de *Forêts de France* n° 494 également consacré au climat, certains CRPF ont mis en place des actions intéressantes pour anticiper et gérer au mieux les changements. Retrouvez dans ce dossier, un an après, un premier bilan de ces expériences (cf. témoignages p.23). La démarche classique d'aide à la décision du propriétaire forestier devient plus complexe. Auparavant le diagnostic des forêts en place était peut-être compliqué, mais il était fiable dans le temps, notamment pour les données stationnelles. En effet, la station, définie par le climat, le sol, la topographie et la végétation, donnée jusqu'à présent fixe, devient mobile sous l'effet de l'évolution du climat. La vitesse et les modalités d'évolution de cette station sont par ailleurs encore très floues, ce qui rend les décisions encore plus délicates à prendre.

Le diagnostic stationnel doit devenir prospectif. Il devra à partir des catalogues de stations, dresser le bilan des facteurs limitants (réserve utile en eau, réserve minérale...) et faire des hypothèses sur leur évolution pour déboucher sur une cartographie des zones à risque. Dans un premier temps, il sera possible de s'appuyer sur les dépérissements observés après la canicule de 2003. Il faudra également faire évoluer les catalogues dans le temps

GESTION DES PEUPELEMENTS EN PLACE (PAR RAPPORT AU CHANGEMENT CLIMATIQUE)

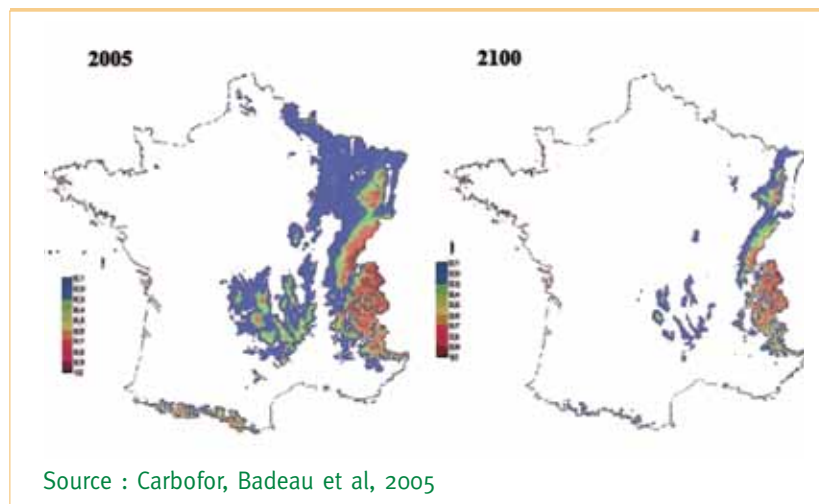
Le diagnostic des peuplements eux-mêmes (composition, âge, densité, structure, hauteur, état sanitaire...) doit aussi évoluer. Il faudra mieux prendre en compte l'état sanitaire pour anticiper les dépérissements en observant soigneusement notamment l'état du houppier.

Le classement des peuplements (fonction des paramètres essence, station, stabilité, longévité...) devra désormais tenir compte des risques nouveaux liés au changement climatique. Trois grandes catégories peu-



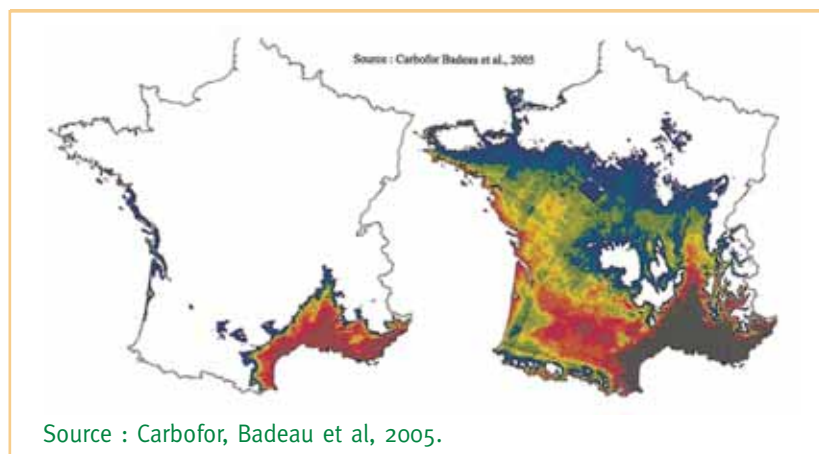
Source : Carbofor, Badeau et al. 2005.

ÉVOLUTION DE L'AIRE POTENTIELLE DE L'ÉPICÉA (2005-2010)



Source : Carbofor, Badeau et al, 2005

ÉVOLUTION DE L'AIRE POTENTIELLE DU CHÊNE VERT



Source : Carbofor, Badeau et al, 2005.

vent être définies : peuplement sans avenir, à avenir incertain, à avenir potentiel.

En attendant d'avoir des réponses plus précises, voici quelques conseils pratiques en matière de diagnostic, de classement et de conduite des peuplements.

Peuplements sans avenir. Pour ces peuplements, le diagnostic a décelé une station

« limite », un mauvais état sanitaire ou une instabilité... Il faudra songer alors à une récolte anticipée avec une mise en vente dynamique. On ne sait pas encore à ce jour quelles seront les zones concernées. L'avenir des peuplements de chêne pédonculé, par exemple, pose problème dans le centre de la France.

AUTÉCOLOGIE ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Le tableau ci-après est un essai de résumé de la réaction supposée des principales essences forestières au changement climatique.

Essences	Évolution d'ici 2100	Remarques
Chêne pédonculé	↘	A besoin de beaucoup d'eau. À recentrer sur stations de vallées
Hêtre	↘	A besoin de beaucoup d'eau. À recentrer en montagne sur l'ubac, à réduire en plaine sur sol superficiel
Frêne, peupliers, aulnes	↘	À limiter aux vallées, à proscrire des plateaux
Épicéa commun, sapin pectiné	↘	À recentrer en moyenne montagne
Grandis (Sitka ?)	↘	À éliminer progressivement si la pluviométrie est inférieure à 1 000 mm car très sensible à la sécheresse
Douglas	↗	Attention en plaine si la pluviométrie est inférieure à 800 mm. D'importants dépérissements sont signalés dans le sud du Massif central. Attention au choix des provenances
Chêne sessile	↗	À éviter sur sol filtrant. Devrait mieux résister que le pédonculé au changement climatique
Mélèze	↗	Demande au minimum 800 mm/an. Craint les étés secs. Attention au choix des provenances
Pin sylvestre	↘	Attention au choix des provenances. Va régresser dans le sud de la France
Pin maritime	↘	Provenances aquitaines à tester au nord
Pin laricio	↘	Demande au minimum 700 mm/an de pluviosité
Pin d'Alep	↘	Progression spontanée
Sapin de Nordmann, cèdre de l'Atlas, robinier, tilleuls ? Eucalyptus ?	↘	Écologie, provenances et sylviculture à préciser

Peuplements à avenir incertain. Pour ces peuplements, il sera nécessaire de raccourcir la révolution. Il faudra également intensifier la gestion pour atteindre au plus vite des dimensions suffisantes pour permettre la commercialisation.

Peuplements à avenir potentiel. Des précautions seront à prendre pour ces peuplements :

- revoir à la baisse les âges d'exploitabilité, pour tenir compte de l'augmentation de la productivité et des risques ;
- s'orienter vers la « futaie claire », régulière ou irrégulière, pour diminuer la consommation d'eau et la sensibilité au vent ;
- dynamiser les interventions (dépressages, éclaircies fortes et précoces), pour réduire les densités et la révolution ;
- adapter la gestion des lisières, pour améliorer la résistance aux tempêtes ;
- favoriser les mélanges et les unités de gestion de petite taille (3 à 5 hectares ?), pour constituer une forêt « mosaïque » et ne pas mettre tous ses œufs dans le même panier ;
- accroître la surveillance phytosanitaire. Dans tous les cas, concernant l'exploit-

ation, il faudra être très vigilant, notamment sur les sols fragiles (cloisonner, éviter les tassements, disperser les rémanents pour conserver la réserve minérale du sol...).

RENOUVELLEMENT DES PEUPELEMENTS

Reboisement : le diagnostic. Comme dans les cas des peuplements constitués, le bilan doit être prospectif (cf. paragraphe précédent « Conséquences sur la gestion »). Ce bilan doit également déboucher sur une cartographie des zones à risque, d'autant plus délicate à établir dans ce cas, que l'on ne peut pas toujours s'appuyer sur le peuplement en place. Il convient ensuite de rechercher des essences et provenances adaptées (autécologie) sur la durée de révolution prévue.

La survie d'une essence dépend de paramètres climatiques spécifiques tels que la température ou les précipitations. Mais elle dépend aussi de paramètres pédologiques ou topographiques telles en particulier la réserve en eau du sol, la présence d'une nappe d'eau dans le sol, la pente, l'exposition...

Matériel végétal et renouvellement du peuplement.

Dans les zones identifiées comme à risque, certaines essences sont menacées de disparition comme le chêne pédonculé, l'épicéa, le hêtre... Il faudra veiller avec une attention particulière à leur renouvellement : faut-il continuer à les régénérer naturellement ? Faut-il diversifier le semis avec des essences mieux adaptées au réchauffement général du climat ? Faut-il continuer à donner la priorité aux essences et aux provenances « indigènes » comme cela est préconisé dans la réglementation ? Ce concept sera peut-être à moduler car la garantie d'adaptation à la station qui faisait tout son intérêt risque en effet d'être mise en défaut à l'avenir...

On sera peut-être tentés par le choix de certaines essences exotiques afin de faire face à la hausse des températures moyennes. Mais attention, si elles peuvent être une solution d'avenir, il ne faut pas céder trop vite à un effet de mode car on ne connaît souvent mal leur autécologie et les provenances à conseiller.



► **Un exemple : le chêne pédonculé (d'après A. Ducouso, Inra Bordeaux).** Le chêne pédonculé représente 2 400 000 hectares en France, d'après l'IFN. La majorité se situe en forêt privée. Très peu de ces chênes sont véritablement « en station » : selon l'ONF environ 2% dans le Centre-Ouest ! Cela veut dire que sur près de 2 000 000 hectares, on risque d'enregistrer des dépérissements à plus ou moins long terme. Les premières observations de problèmes sanitaires importants datent de la sécheresse de 1976, ils ne font que se multiplier depuis la canicule de 2003. Que faudra-t-il donc mettre à leur place ?

EN CONCLUSION : FAUDRA-T-IL RÉVISER NOS ACQUIS EN MATIÈRE DE GESTION SYLVICOLE ?

Quoi planter et où ? L'existence même de certaines essences, notamment à longue révolution (chênes, hêtre, sapin, épicéa...) pourrait, dans certaines régions, être remise en cause.

On risque d'enregistrer un regain d'intérêt pour les résineux par rapport aux feuillus et pour les exotiques par rapport à certains indigènes, en raison de leur meilleure adaptation à la sécheresse, ce qui ne sera pas sans poser quelques problèmes dans le contexte sylvicole et environnemental actuel...

Nous devons rapidement prendre des mesures pour combler nos lacunes sur l'autécologie des essences et sur la description prospective des stations.

Modifier les techniques au niveau du peuplement ?

Le changement climatique risque de remettre en cause les méthodes de renouvellement des peuplements. La régénération naturelle est actuellement en vogue ; elle permet de conserver une certaine diversité génétique, et donc une capacité d'adaptation. Mais cela sera-t-il suffisant et faudra-t-il continuer à la pratiquer avec certaines essences à l'avenir compromis ? Attention notamment aux

peuplements de chêne pédonculé. Des solutions nouvelles sont à trouver, notamment en enrichissant les régénérations par des introductions d'essences en mélanges. Pourquoi pas chêne/pin, chêne/cèdre... ?

Une adaptation des techniques d'installation et d'entretien pour économiser l'eau est nécessaire.

De même, en matière de sylviculture, et toujours dans une optique de réduire le stress hydrique, il faut penser futaie claire et revoir densités, mélanges, accompagnement, structure, révolutions...

Modifier la gestion au niveau de la propriété ?

La gestion de demain doit s'adapter à l'accroissement des risques (sécheresse, pathologie, tempête, incendie) par une surveillance accrue et une méthode de diagnostic plus pointue. Cela peut déboucher sur une révision éventuelle des objectifs et des programmes des aménagements et des plans simples de gestion (choix d'essences, longueur des cycles, programmes de coupes...).

Adapter la politique forestière et la réglementation ?

Des réflexions sont à mener sur le matériel végétal (régions de provenances, amélioration génétique), les récoltes. Le niveau d'aide à l'investissement forestier, actuellement au plus bas, risque de poser problème en cas de dépérissements importants, impliquant des reconstitutions.

Les critères de certification de gestion durable (PEFC), de documents d'objectifs (Docob) Natura 2000, de gestion des ressources génétiques seront à réviser pour tenir compte de l'évolution du climat.

Se poseront à terme des problèmes d'aménagement du territoire : maintien de l'état boisé, enrichissement pouvant résulter des dépérissements, incendies, gestion de l'eau, remise en cause de certaines fonctions de la forêt (production mais aussi protection, accueil). Il est utile de réfléchir dès aujourd'hui aux modalités d'une gestion de crise...

PHILIPPE RIOU-NIVERT, INGÉNIEUR À L'IDF, ET CHRISTELLE MOUSSU



En montagne, la quantité de neige diminue.

C. MOUSSU