Atelier Recherche et gestion forestières – REGEFOR – 2007
Forêts mélangées : quels scénarios pour l'avenir ?
Essai de synthèse scientifique

Quelques chiffres et définitions sur les forêts mélangées en France

Surfaces et volumes

Selon la campagne annuelle 2005 de l'IFN[1], **les peuplements mélangés[2] représentent, en France métropolitaine, environ la moitié de la surface forestière et la même proportion du volume sur pied**. Ils sont surtout situés dans le nord-est, le Jura, les Alpes et les Pyrénées.

	% de la surface forestière	% du volume sur pied
Mélange à 2 essences	34	35
Mélange à 3 essences	13	12
Mélange à 4 essences	2	2

Les mélanges résineux sont beaucoup moins fréquents que les mélanges feuillus, et même que les mélanges mixtes.

	% de la surface forestière	% du volume sur pied
Mélange résineux	6	9
Mélange feuillus	68	64
Mélange mixtes	26	27

Ce sont les forêts communales qui sont les plus mélangées (56% de leur surface est en forêt mélangée, contre 48% pour les forêts domaniales ainsi que pour les forêts privées).

Si l'on s'interroge sur la part de mélange dans les différents types de structure, on s'aperçoit que **les futaies irrégulières sont plus mélangées (62% de leur surface)** que le mélange futaie-taillis[3] (52%), la futaie régulière (46%) et le taillis (42%).

La composition des mélanges

Les mélanges feuillus sont essentiellement à base de chêne : les peuplements mélangés à base de chêne représentent plus de 50% de la surface des peuplements mélangés totaux (y compris mélanges mixtes et mélanges résineux). Les plus importants sont la chênaie-charmaie (800 000 ha, soit 11,1% de la surface mélangée, et 140 millions de m^3) et la hêtraie-chênaie (740 000 ha, soit 10,3% de la surface mélangée, et 150 millions de m^3). Le frêne est également une essence importante des peuplements mélangés puisqu'il est présent sur 880 000 ha de peuplements mélangés (dont 390 000 ha en mélange avec le chêne) représentant 140 millions de m^3.

Les mélanges mixtes concernent majoritairement les mélanges chênes-pins (420 000 ha, soit 5,9% de

1 Depuis 2004, l'IFN a changé de méthode d'inventaire : il s'agit désormais d'un passage annuel sur 7000 points en forêt de production (hors peupleraie) répartis sur l'ensemble du territoire (10000 points visités au sol). La forêt est ici définie comme une formation composée d'arbres forestiers susceptibles d'atteindre plus de 5 m de haut à maturité *in situ*, avec un taux de couvert de plus de 10%, une superficie de plus de 50 ares et une largeur en cime de plus de 20 m.

2 La composition du peuplement est relevée sur un cercle de 25 m de diamètre. La mesure est celle du taux de couvert libre de chaque essence. Un peuplement est dit pur lorsqu'une essence a un taux de couvert libre supérieur à 75%. Un peuplement est dit mélangé à deux essences lorsque deux essences ont ensemble un taux de couvert libre supérieur à 75%, etc.

3 Le mélange futaie-taillis correspond à un peuplement dans lequel taillis et futaie ont tous deux un taux de couvert supérieur à 25%.

la surface mélangée, et 60 millions de m^3), devant la hêtraie-sapinière-pessière (380 000 ha, soit 5,3% de la surface mélangée, et 10 millions de m^3).

Les mélanges résineux sont quant à eux surtout à base de **pins** (190 000 ha, 2,6% de la surface mélangée).

Les essences en mélange

Côté feuillus, tilleuls, érables, tremble, charme et merisier sont presque systématiquement en mélange (à plus de 75% du volume de ces espèces). Le chêne pédonculé est plus souvent en mélange que le sessile (53% du volume de l'essence contre 41%), mais **les chênes méditerranéens (vert et pubescent) sont avant tout en peuplements purs** (75% du volume de ces essences en peuplements purs).

Les résineux sont globalement moins mélangés que les feuillus, les plus « mélangés » étant le sapin et le pin d'Alep (respectivement 43 et 44 % du volume de ces essences), les plus « purs » le Douglas et le pin maritime (respectivement 74 et 81 % du volume de ces essences est en peuplement pur).

La richesse en espèces des mélanges

Lorsque l'on prend en compte l'ensemble des essences forestières présentes, donc y compris les essences du sous-étage, **les peuplements mélangés comptent toujours plus d'essences arborées que les peuplements purs**, y compris lorsqu'on prend en compte les essences qui n'ont pas de couvert libre. Les mélanges feuillus et mixtes sont les plus riches.

Le cornouiller mâle, les tilleuls et les érables sont les essences les « mieux accompagnées » côté feuillus : là où elles sont présentes, elles sont accompagnées en moyenne de plus de 6 autres essences arborées. Côté résineux ce sont l'épicéa, le sapin et le douglas qui se distinguent avec plus de 4 essences accompagnantes en moyenne. La « bonne place » du Douglas va à l'encontre des idées reçues ; en moyenne le Douglas, qui se trouve très majoritairement en peuplement pur, est accompagné d'un sous-étage arboré relativement diversifié.

Les mélanges définis par les gestionnaires

Du point de vue de la gestion un peuplement est généralement considéré comme mélangé si on lui fixe au moins deux essences-objectifs en proportions significatives ; selon cette définition, les peuplements mélangés sont moins fréquents que selon la définition de l'IFN. Par contre, dans des peuplements considérés comme ayant une seule essence objectif, un certain mélange peut être recherché, notamment des feuillus précieux en mélange avec une essence sociale (effet pépite : un seul érable ondé peut valoir 200 hêtres).

En outre, les gestionnaires distinguent pour leur travail des types de mélanges selon des considérations spatiales ou temporelles que l'IFN ne prend pas en compte :

- selon la répartition spatiale des essences dans le mélange : mélanges par bouquets, par parquets, ou pied-à-pied ;

- selon la dimension temporelle du mélange : mélanges transitoires (on récolte une essence à croissance rapide en premier et on laisse la seconde en place jusqu'à maturité en peuplement pur ; ex. chêne-pin), mélanges permanents (on mène côte-à-côte deux essences pendant toute la durée de vie du peuplement ; ex. hêtre-sapin) ou mélanges avec des essences « temporaires facultatives » qui peuvent être valorisées à différents stades en fonction des besoins et/ou des opportunités (ex. érables, sapin, épicea).

=> *Près de la moitié (49%) de la surface forestière française est mélangée. Les mélanges les plus fréquents sont les mélanges feuillus et, plus particulièrement, les mélanges à base de chênes. Les futaies irrégulières sont plus mélangées que les mélanges futaie-taillis et les futaies régulières.*

Vertus et faiblesses des mélanges

Les gestionnaires ont à gérer des mélanges existants, transmis par les générations précédentes ou installés plus récemment. Dans les documents d'orientation de la sylviculture, les peuplements mélangés sont le plus souvent fortement recommandés au motif qu'ils peuvent diminuer les risques à la fois environnementaux (aléas biotiques et abiotiques) et économiques. L'état des connaissances actuelles permet parfois de conforter le bien fondé de ces recommandations, mais pas systématiquement, soit que la connaissance ne soit pas suffisante, soit que l'effet bénéfique supposé soit trop infime.

Mélanges et interactions entre essences

L'une des questions que pose le mélange est celle de la compétition entre essences pour la lumière, pour l'eau et pour les éléments nutritifs. Différents paramètres influencent cette compétition : vitesse de croissance, mode de reproduction, phénologie, caractéristiques morphologiques...

L'hypothèse couramment admise est que la compétition pour la lumière est le facteur déterminant de la succession forestière, l'ombre étant alors perçue comme une contrainte. A partir de là on classe les essences forestières en pionnières (bouleau, saule, peuplier, aulne), intolérantes à l'ombre, post-pionnières (pins, chênes, érables, tilleuls, charme), supportant plus d'ombrage, et dryades (hêtre, sapin, épicéa, if), tolérantes à l'ombre.

Cependant, des études récentes, menée sur différents mélanges dans le monde, viennent compléter et modifier cette vision de la dynamique forestière. Dans la lignée de cette nouvelle analyse des interactions entre espèces au cours de la succession forestière, des mesures faites le long de transects en Maurienne par l'Université de Bordeaux montrent que :

- **En milieu favorable, humide et doux,** les contraintes majeures sont bien le déficit de lumière et de nutriments et l'intensité des perturbations. Dans ce cas, **les espèces les plus compétitives sont celles ayant optimisé l'interception de la lumière et la tolérance à l'ombre.**

- **En climat plus sévère,** les contraintes majeures sont l'excès de lumière, le froid et les sécheresses atmosphériques et édaphiques. Ce sont alors plutôt **des phénomènes de facilitation qui se mettent en place, hors années exceptionnelles où c'est la compétition pour l'eau qui est déterminante.** En années normales, l'installation des essences pionnières permet de diminuer le stress d'installation pour les essences de stades mature (augmentation de l'humidité de l'air, diminution des contraintes thermiques), qui sont dans ce contexte plus compétitives.

- **La tolérance à l'ombre ou à la lumière n'est pas forcément le critère clé de la succession des essences ; l'efficience d'utilisation des nutriments et des ressources en eau est également importante.** Ainsi l'érable est plus tolérant à l'ombre que le hêtre, mais vient avant dans la succession de végétation, ce qui pourrait s'expliquer par la différence d'efficience d'utilisation des nutriments.

Mélanges et diversité génétique des arbres

La diversité génétique est à la fois une composante de l'hétérogénéité des forêts et le réservoir des évolutions futures de la diversité des espèces comme de l'adaptation des espèces. Il est donc important de chercher à conserver au mieux la diversité génétique des différentes essences existantes. Mais l'action du gestionnaire a-t-elle un impact sur la diversité génétique ? Les principaux facteurs qui déterminent la diversité génétique sont[4] :

- des facteurs démographiques : nombre de reproducteurs efficaces (variable dans l'espace et dans le temps), dispersion du pollen et des graines (succès variable selon le milieu d'arrivée), intensité de la

4 Ces facteurs influencent l'importance respective des quatre forces qui pilotent la diversité génétique :
- la mutation génétique (phénomène de fréquence très faible laissé de côté pour l'analyse présentée) ;
- la dérive génétique (modification de la fréquence des allèles d'un gène due aux hasards de la reproduction) : elle est très forte dans les populations d'arbres et son poids dépend du nombre de reproducteurs ;
- la sélection (évolution dirigée par les pressions biotiques et abiotiques) : ses effets dépendent de l'intensité des pressions de sélection et donc en partie des facteurs environnementaux ;
- la migration (flux de pollens et de graines) : elle vient tamponner les effets de la sélection et de la dérive génétique et a donc un rôle crucial pour les populations d'arbres.

régénération ;

- et les conditions environnementales : pressions de sélection, interactions biotiques....

La gestion contrôle en partie certains de ces facteurs (nombre de semenciers, répartition spatiale, hétérogénéité environnementale) et donc *in fine* la diversité et la qualité génétique des populations d'arbres forestiers.

En forêt mélangée, l'hétérogénéité des conditions environnementales et la baisse de la pression parasitaire joue dans le sens de l'augmentation de la diversité génétique, mais la diminution du nombre de reproducteurs de chaque espèce joue fortement en sens inverse. Il est donc difficile de dire dans l'absolu si la forêt mélangée est favorable ou non à la diversité génétique.

Mélanges et richesse spécifique de l'écosystème forestier

Il existe très peu d'études sur la question, en particulier en France, et quasiment toutes se focalisent sur la diversité végétale (plus facile à mesurer ?) et laissent de côté les champignons, les invertébrés, les oiseaux, etc. La difficulté des ces études réside dans le fait que de multiples effets se superposent et interagissent : gestion, histoire de la parcelle, conditions du milieu, mélange d'essences.

La présence des arbres influence la disponibilité des ressources (eau, lumière, nutriments) pour la flore. En théorie, on peut donc faire l'hypothèse que diversifier les essences forestières diversifie les niveaux de ressource, multiplie les niches écologiques et donc permet l'installation d'une flore plus diversifiée. Mais est-ce bien le cas ? **En fait, il n'y a pas d'effet systématique : une plus grande richesse du mélange d'espèces arborées (nombre d'espèces présentes) ne correspond pas toujours à une plus grande richesse spécifique de la flore. Inversement, la pureté de l'essence dominante (ici en proportion de surface terrière) ou « degré de mélange » ne correspond pas toujours non plus à une plus faible diversité végétale.**

Dans la majorité des études publiées au niveau international, l'augmentation de la richesse végétale (herbacées, broyphytes, herbacées, ligneux) concorde avec l'augmentation du nombre d'essences forestières. Cependant quelques autres études ne mettent pas en évidence ce phénomène. Dans le cas des mélanges feuillus, les études s'accordent et montrent une baisse de la richesse en espèces végétales quand le nombre d'espèces ligneuses du sous-étage augmente.

En France, des analyses ont été faites en Brie par le Cemagref, en futaie et taillis-sous-futaie vieilli à base de chêne. L'augmentation du nombre d'espèces forestières de demi-ombre est corrélée à une baisse de la richesse spécifique de tous les groupes, mais le sens et l'intensité des réponses observées sont là aussi variables, et pas toujours significatifs, selon le groupe floristique pris en compte.

Mélanges et changements climatiques

L'évolution annoncée du climat va modifier sensiblement, voire fortement, les aires climatiques et donc les aires de répartition potentielles des essences, ce qui pose des questions sur la mobilité des espèces (migration naturelle ou mouvements dus aux actions, volontaires ou non, de l'homme). D'autre part, **la modification du régime des perturbations (augmentation de la fréquence des évènements extrêmes et multiplication potentielle des bioagresseurs par migration) devrait favoriser les essences pionnières**, contrairement à la situation actuelle qui est très favorable aux dryades.

L**es peuplements mélangés présentent une meilleure résilience que les peuplements purs** : la présence d'essences diverses tamponne les effets des perturbations biotiques et abiotiques et améliore les capacités de cicatrisation. Par ailleurs, le mélange d'espèces peut présenter un intérêt supérieur à la simple addition des intérêts de chaque espèce, par exemple en termes de productivité (meilleure occupation de l'espace). Il est donc un bon outil de gestion des forêts en période instable, comme le sera vraisemblablement le 21^{ième} siècle. Il ne faut cependant pas en faire un remède universel et mélanger en toutes circonstances, à toutes forces et à n'importe quel prix. **Le mélange est en fait surtout à développer sur les stations difficiles ou hétérogènes** (où il peut augmenter sensiblement la résilience du peuplement) **et à privilégier en cas de reboisement** (essence introduite+essence spontannée, essence productive +essence résistante, essence en progrès+essence en retrait).

Mélanges et tempêtes

Les évènements extrêmes devraient se multiplier dans les décennies à venir. Bien que souvent citée, une fréquence plus élevée des tempêtes n'est pas clairement établie, mais ne peut être exclue. On dit souvent que le mélange augmente la résistance des peuplements au vent et présente des dégâts plus diffus. Qu'en est-il réellement ? Comment et où faut-il mélanger si l'on s'intéresse à la résistance[5] et à la résilience[6] au vent ? Face au vent, les facteurs de risques sont :

- au niveau de l'arbre : la taille du houppier, le positionnement du houppier en hauteur, la ramification, la fourchaison, le module de rupture de la tige, l'extension racinaire, le module de rupture des racines, les fragilités de la tige et des racines ;

- au niveau du peuplement : la force et la direction du vent, la hauteur dominante, la rugosité de la canopée, les ouvertures récentes, l'humidité du sol, la profondeur du sol, les essences forestières.

Il n'y a pas de propriété supplémentaire de résistance d'une essence du fait qu'elle soit en mélange. La résistance des essences en présence est plus importante que la nature mélangée ou non du peuplement considéré (l'épicéa est toujours très sensible, qu'il soit en mélange ou en peuplement pur). La résistance d'un peuplement, mélangé ou non, dépend de la résistance des essences[7] qui le composent.

Lorsque le vent rencontre une lisière, cela produit des turbulences plus loin dans le peuplement. **Les mélanges feuillus-résineux « grossiers » (par parquet) peuvent donc aggraver les dégâts en période hivernale** : les feuillus defeuillés représentent des trouées, donc des zones de lisières supplémentaires dans le peuplement.

C'est la hauteur dominante du peuplement qui est le facteur déterminant du niveau de dégâts : plus le peuplement est haut, plus il est fragile ; les arbres dominants sont par ailleurs les plus exposés au vent. La structure verticale (nombre de strates et surface feuillée) du peuplement influence faiblement la répartition et la force des rafales et donc des dégâts. Elle n'influence danc pas tellement la résistance au vent. En revanche elle joue sur sa résilience : un peuplement monostrate sera moins résilient (pas de régénération en place au moment de la perturbation).

En bref, le mélange a un effet généralement très positif sur la résilience du peuplement, beaucoup moins sur sa résistance. Les mélanges sont donc à privilégier surtout dans les zones particulièrement risquées afin d'augmenter la résilience des peuplements dans ces zones : stations exposées au vent, reliefs, sols peu profonds.

Mélanges, ravageurs et pathogènes

De nombreuses études ont été menées sur ce thème et, pour essayer d'en tirer une vision globale, une méta-analyse a été menée par l'INRA de Bordeaux[8].

Concernant les insectes ravageurs, 80% des études indiquent un effet positif de la diversification des arbres, c'est-à-dire une baisse du niveau de dégâts. Deux mécanismes permettent d'expliquer cela :

- d'une part une moindre accessibilité de la plante hôte pour l'insecte (barrières physiques ou chimiques) et donc une moins grande disponibilité de la ressource alimentaire ;

- et d'autre part la présence accrue des ennemis naturels des insectes ravageurs (le mélange offre plus d'abris et de ressources alimentaires pour les ennemis naturels).

Cependant, dans le cas d'insectes polyphages non spécialisés, le mélange peut au contraire favoriser la contagion : l'insecte s'attaque d'abord à l'hôte le plus appétant pour lui, la population d'insectes

5 Capacité à maintenir un fonctionnement normal de l'écosystème en cas de perturbations extérieures.

6 Capacité à rétablir rapidement un fonctionnement normal après une perturbation.

7 A partir des connaissances sur la résistance intrinsèque des espèces et de méthodes statistiques prenant en compte la hauteur des arbres, on peut établir le classement suivant pour la résistance au vent, casse et renversement confondus : peuplier – tremble < épicéa < douglas < pin sylvestre < châtaignier < pin laricio < pin noir < merisier < hêtre < bouleau < sapin < grandis < chêne sessile < chêne pédonculé < charme < frêne. A noter que pour certaines espèces, comme le hêtre et l'épicéa, la profondeur prospectable par les racines peut modifier sensiblement la place dans ce classement.

8 Cent dix-neuf cas ont été pris en compte, couvrant la période 1966-2006 et concernant 34 espèces d'arbres et 34 espèces d'insectes.

augmente et les arbres voisins moins appétants sont colonisés.

Concernant les pathogènes, les résultats sont similaires à ceux sur les insectes. Il faut toutefois signaler l'exception notable des maladies alternantes, du type de la rouille du peuplier *Melampsora laricii populina* : ces maladies nécessitent en effet pour boucler leur cycle de vie la présence plus ou moins rapprochée de deux essences dont il est donc bien entendu impératif d'éviter le mélange (à une échelle spatiale variable selon les maladies et les essences considérées).

Dans les deux cas, ce n'est pas tant le nombre d'essences forestières du mélange qui compte que leur identité et leur assemblage.

Mélanges et itinéraires sylvicoles

Obtenir et maintenir un peuplement mélangé est plus facile sur station riche que sur station pauvre ou difficile, or c'est justement dans ces situations difficiles que l'on tend à préconiser le mélange pour minimiser les risques (climatiques, biotiques). Il est également plus facile d'obtenir un mélange avec des essences pas trop compétitives qui auraient tendance à exclure les autres essences.

Cependant **si l'on prend comme principes de gestion l'utilisation optimale de la dynamique naturelle et la recherche de la fonctionnalité de chaque arbre, on aboutit presque toujours à un peuplement mélangé en essences et en diamètres.** Ce mélange diminue le besoin en soins culturaux et en interventions.

La gestion peut jouer de différentes façons sur le mélange :

- gestion du climat lumineux : dynamique de la mise en lumière du peuplement (rythme et répartition des coupes préparant la régénération), dosage de la lumière dans le peuplement (opérations d'amélioration) ;

- dosage de la composition du mélange : rythme de prélèvement des semenciers (ex. : essences les plus compétitives et « envahissantes » récoltées prioritairement, puis les essences objectifs et enfin les essences précieuses), plantation, dégagement et nettoiement, désignations, éclaircies, gestion cynégétique.

Mélanges et économie de la gestion forestière

Le mélange est un acte fort de l'aménagement, avec des répercussions sur les dépenses et les recettes. Réciproquement, le fait d'avoir un mélange modifie les dépenses et recettes. **Toute modification forte de la composition d'un peuplement, qu'elle soit pour imposer un mélange ou pour imposer la pureté d'une essence, coûte cher – surtout si elle va à l'encontre de la dynamique naturelle**. En France, le mélange est dans l'immense majorité des cas la situation naturelle.

Côté recettes, on peut « profiter » dans un peuplement mélangé des différences de revenus et de cours entre les essences. **La multiplicité des essences diminue le risque économique**, sans même prendre en compte « l'effet pépite » d'un feuillu précieux (érable ondé, alisier torminal et, dans une mesure moindre, merisier, cormier, poirier, chêne brogneux...). Par contre, **la vente des bois peut être un peu plus délicate** en peuplement mélangé qu'en peuplement pur du fait de lots plus petits ou hétérogènes.

Concernant les dépenses, **les soins culturaux sont normalement moins abondants** dans les peuplements mélangés et irréguliers : facilitation de la régénération, maîtrise de la concurrence par le maintien de certaines essences, amélioration de l'architecture des semis. Le temps à passer en soins et interventions est globalement diminué.

Mélanges et attentes sociales

Les peuplements purs ont souvent été stigmatisés, rejetés, mais plutôt dans le cas de plantations que de peuplements déjà installés (ex du Douglas dans le Massif central ou de l'épicéa dans les Vosges). Il est en fait assez difficile d'évaluer les préférences du public pour un type de peuplement plutôt qu'un autre. L'aspect le plus facilement mesurable est l'impact paysager. **Les rares études existantes montrent une large préférence pour le *statu quo***, quelle que soit la situation initiale, sauf en cas de bénéfice net et rapidemment visible. Dans une moindre mesure, **les personnes interrogées donnent la préférence au**

maintien de la diversité spécifique et à sa variabilité dans l'espace.

=> *Les peuplements mélangés sont dans la majorité des cas en France la tendance naturelle et, en situation difficile (contraintes climatiques), les espèces mettent en place des mécanismes de facilitation plutôt que de compétition entre elles. Les peuplements mélangés sont incontestablement plus résilients que les peuplements purs face aux aléas biotiques et abiotiques. Dans certains cas, ils sont également plus résistants (cas des insectes ravageurs), mais parfois aussi plus fragiles (cas des maladies alternantes). En revanche, il n'y a pas d'effet systématiquement et significativement positif du mélange sur la diversité végétale ni d'effet tranché sur la diversité génétique des populations d'arbres. Ils coûtent normalement moins cher à installer et à soigner que les peuplements purs à condition de rechercher la fonctionnalité de chaque arbre. On peut donc a priori les recommander dans bien des cas, et en particulier dans les zones difficiles, risquées ou instables. Il ne faut cependant pas tomber dans l'excès et vouloir « mélanger partout tout le temps ».*

Besoins pour la gestion

Le mélange (composition, structure) est le reflet à un instant donné de la dynamique de la végétation. Pour le décrire et prévoir son évolution, étapes toutes deux importantes pour prendre une décision de gestion, il est important de disposer de paramètres descriptifs de ces peuplements. Ces paramètres doivent être le plus simple possible à relever et s'avérer pertinents pour les objectifs recherchés - description de l'état présent et de l'évolution possible (donc en particulier il ne faut pas oublier de décrire la régénération).

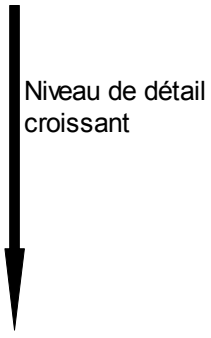
Les gestionnaires s'interrogent également sur les échelles, temporelles et spatiales, auxquelles rechercher le mélange (faut-il mélanger partout tout le temps ?). La réponse dépend de plusieurs paramètres : intérêts recherchés (économiques, sociaux, environnementaux), dynamique du peuplement, taille du massif forestier... Au-delà des paramètres descriptifs permettant de faire un diagnostic du peuplement et de son évolution en l'absence d'intervention, les gestionnaires ont donc besoin d'outils permettant de comparer différents scénarios en fonction des choix envisagés.

Etablir des modèles de croissance en peuplement mélangé

Etablir un modèle de croissance en peuplement mélangé est plus difficile qu'en peuplement pur car si l'on fait l'approximation que le peuplement peut être représenté par un « arbre moyen » on perd beaucoup d'informations. Il faut choisir un niveau de détail pertinent, appréhender la complexité des interactions intra et inter spécifiques, le rôle de la fertilité.

On distingue classiquement quatre types de modèles de croissance :

- les modèles « arbre moyen », les plus anciens, simples, aux données facilement accessibles, mais dont la pertinence pour représenter le mélange n'est pas évidente ;
- les modèles basés sur des distributions de diamètre ;
- les listes d'arbres non spatialisées ;
- les listes arbres spatialisées, plus récentes, très réalistes et qui permettent de traiter des questions diverses, mais exigent de nombreuses données et une capacité de calcul importante.



En forêt d'Orléans, une étude est en cours au Cemagref pour construire et comparer ces différents types de modèles sur le mélange chêne-pin. Le premier modèle testé[9], un modèle spatialisé, a mis en évidence une influence réelle mais faible de la présence des voisins sur la croissance des arbres : une influence de tous les arbres pour le chêne, et seulement les résineux pour le pin.

Dans l'arrière-pays méditerranéen, un modèle développé par l'INRA d'Avignon sur les peuplements de pins

9 Voir la thèse de Marie-Ange Ngo Bieng : Construction de modèles de structure spatiale permettant de simuler des peuplements virtuels réalistes. Application aux peuplements mélangés Chêne sessile – Pin sylvestre de la région Centre.

(noir, sylvestre et à crochet) associe modèle de croissance, dynamique des populations (régénération, migration et mortalité) et représentation spatiale. Cela permet de modéliser et visualiser la dynamique en cours et les différentes évolutions possibles. Il reste cependant beaucoup à faire pour simuler correctement la gestion et ses impacts sur les processus analysés.

Un exemple de transfert intégré : les peuplements mélangés dans les Alpes

A partir des connaissances scientifiques et de l'expérience des gestionnaires, trois outils intimement liés ont été mis en place dans les Alpes pour aider les gestionnaires de peuplements mélangés :

- Un guide de sylviculture co-réalisé par le Cemagref, l'ONF et le CRPF : il inclut des fiches de diagnostic du peuplement avec des éléments de description du mélange, des fiches de description des peuplements et des recommandations sylvicoles.

- Un modèle de croissance et de dynamique, Samsara, a été développé par le Cemagref pour modéliser puis visualiser les évolutions d'un peuplement.

- Des martéloscopes, gérés par l'ONF et le CRPF et entièrement cartographiés et numérisés, qui permettent de se former grandeur nature aux deux outils précédents : on commence par faire le diagnostic du peuplement en place en se reportant au guide de sylviculture, puis on applique en martelage les recommandations du guide. On peut alors visualiser sous Samsara l'évolution du peuplement à la suite de l'intervention faite, voire comparer différents types d'interventions.

Chercheurs et gestionnaires assurent ensemble la formation des gestionnaires à ces outils qui sont maintenant utilisés en gestion courante. Cette réussite a mis en évidence l'efficacité et la pertinence d'un schéma de « transfert des connaissances » dans lequel l'interaction chercheurs-gestionnaires est forte :

Recherche → Documents de référence → Formation → Appui technique

Chercheurs

Gestionnaires

=> *Des outils existent déjà : directives ou schémas régionaux et projets d'aménagement, plans simples de gestion (qui définissent les zones à mélange notamment en fonction des stations), typologies de stations et de peuplements, guides de sylviculture, modèles. Des améliorations et développements restent cependant nécessaires.*

Quelques questions pour l'avenir...

Les forêts font l'objet d'attentes croissantes dans les quatre grands domaines de la biodiversité, de la protection, de la production et de la récréation. Or, la problématique des peuplements mélangés concerne clairement ces quatre grands domaines même si elle n'apporte pas une solution immédiate et claire dans tous les cas. Compte tenu de cette importance, il apparaît nécessaire de renforcer nos connaissances sur cette problématique dont on ne peut que constater qu'elle a été insuffisamment étudiée jusque là. Après l'atelier REGEFOR de recherche et gestion forestières, il est évident que ces insuffisances conduisent parfois à ignorer certaines vertus du mélange, à en surestimer d'autres, à en négliger des faiblesses ou à raisonner de manière trop générale pour déboucher sur des conclusions adaptées à chaque situation et opérationnelles.

Dans de nombreux cas, la modélisation est une voie de progrès dans la mesure où elle est à même de synthétiser la connaissance, de simplifier la réalité pour la rendre accessible, de simuler des situations ou évolutions différentes par la variation des paramètres qu'elle autorise. Globalement, elle s'avère ainsi susceptible de favoriser, pour le plus grand bien des forêts, un rapprochement entre des deux communautés des chercheurs et des gestionnaires.

Références

L'ensemble des éléments présentés ici sont issus des présentations faites lors de l'édition 2007 des Ateliers Recherche et gestion forestière – REGEFOR -, qui avaient pour thème : « ***Forêts mélangées : quels*** scénarios pour l'avenir ». Le programme de ces journées (26-28 juin 2007) ainsi que les résumés et les supports des présentations sont disponibles sur le site web d'Ecofor. Les actes sont à paraître dans le numéro 2008-2 de la *Revue forestière française* en avril 2008.