
Relier milieu et production des essences forestières : comparaison de deux approches

Jean-Michel Gilbert

Lorsqu'il cherche à mettre en valeur un terrain par le boisement ou le reboisement, le gestionnaire forestier est inévitablement confronté à un choix d'essence forestière à planter. Mais la question se pose aussi d'une façon plus large lors de l'aménagement d'une forêt, pour le choix des essences à installer ou à favoriser en fonction des objectifs.

Parmi les espèces qui, *a priori*, répondent à des critères généraux d'adaptation au site, la question du choix sur un plan productiviste peut être déclinée en termes plus précis :

- quel niveau de production de bois en volume peut-on espérer pour telle ou telle essence ?
- quelle sera la qualité des produits obtenus ?

Une réponse complète à ces questions devrait prendre en compte l'influence du milieu, de la génétique (choix de provenances ou de variétés améliorées) et de la sylviculture, sur la croissance et la qualité du bois. Dans cet article, nous nous limiterons à l'étude des relations entre le milieu et la production en volume des essences forestières.

Deux approches des relations milieu-production applicables en dehors de situations expérimentales ont été retenues et testées au Cemagref de Nogent-sur-Vernisson : la mise en relation type de station-production d'une part, et l'approche autécologique d'autre part. Avec la première approche, les types de stations sont établis *a priori*, indépendamment des essences et de leur croissance. On regarde ensuite si et comment la croissance de telle essence est explicable par cette typologie. Avec la seconde approche, on essaie d'expliquer les variations de croissance d'une essence donnée

par les variations du milieu. Cette explication peut revêtir plusieurs formes : soit une typologie du milieu faite *a posteriori* pour expliquer au mieux les variations de croissance ; soit une formule mathématique qui relie la croissance avec quelques variables du milieu quantifiées. Dans cet article, ces deux approches sont exposées, chacune à partir d'un exemple, puis comparées. Il est ainsi possible de dégager les différences et les points communs, et de juger de l'intérêt des résultats obtenus dans chaque cas.

Une problématique en trois questions

Actuellement, des réponses aux relations milieu-production ne peuvent être apportées en toute rigueur que dans le cas des essences forestières cultivées en futaie régulière monospécifique, c'est-à-dire cultivées en peuplements constitués d'une seule essence, où tous les arbres ont le même âge. Comme on le verra plus loin, la production de bois en volume n'est pas estimée en valeur absolue, mais à travers un indice dit de « fertilité » qui permet de classer, pour une essence donnée, les milieux relativement les uns par rapport aux autres en fonction de leurs potentialités de production. Cet indice, qui renseigne sur les conditions générales de croissance de l'essence en fonction du milieu, constitue aussi un critère permettant de juger son adaptation.

La problématique peut être scindée en trois parties :
1° - caractériser le milieu ;
2° - caractériser la production par un indice de fertilité ;
3° - mettre en relation le milieu et l'indice de fertilité.

Jean-Michel Gilbert
Cemagref
Domaine des Barres
45290 Nogent-sur-Vernisson

Comment caractériser le milieu ?

Le milieu est défini ici comme l'ensemble des paramètres écologiques extérieurs au peuplement forestier, mais qui peuvent agir sur sa croissance. Plus concrètement, il s'agit des éléments du climat, de la topographie, du sous-sol et du sol qui peuvent jouer un rôle dans l'apport d'énergie, l'alimentation en eau et l'alimentation en éléments nutritifs des arbres.

La végétation, dans certaines conditions, peut servir de bio-indicateur des conditions écologiques (Becker, 1986), c'est-à-dire synthétiser un ensemble de paramètres écologiques. On constate en effet que, dans les forêts anciennes et stabilisées, il existe un lien entre la composition du tapis végétal, le type de sol, le type d'humus et la composition du peuplement forestier. Après une coupe à blanc ou dans les coupes de régénération naturelle, par l'afflux de lumière ou, au contraire, dans les jeunes peuplements, par manque de lumière, la végétation perd son caractère indicateur des conditions écologiques. Dans les forêts modifiées par l'activité humaine ou sur les terres récemment abandonnées par l'agriculture et colonisées par les ligneux, il devient nécessaire de prendre en compte la dynamique de la végétation au cours du temps.

■ La démarche analytique

Le milieu peut être décrit de manière factorielle, c'est-à-dire par un ensemble de paramètres écologiques et floristiques, considérés indépendamment les uns des autres. C'est la manière de procéder la plus directe et la plus simple. Ainsi, sur un site donné, on décrira successivement de façon détaillée les éléments du climat, la topographie, le sous-sol et le sol, la végétation.

■ La démarche synthétique

Mais le milieu peut aussi être décrit de manière synthétique, c'est-à-dire en caractérisant des unités de terrain - les stations forestières (Delpech *et al.*, 1985) - par un ensemble de paramètres écologiques et floristiques, liés entre eux. La typologie des stations forestières (encadré 1) a donc pour objet, dans un contexte macroclimatique et géologique déterminé, de regrouper après inventaire les stations qui présentent des affinités. Sont ainsi définis des types de stations, chaque type étant décrit par un ensemble de caractéristiques écologiques communes et pouvant être identifié sur le terrain à partir de critères simples.

Comment caractériser la production par un indice de fertilité ?

La production en volume d'un peuplement forestier est classiquement définie comme la quantité de bois fabriquée sur une surface et pendant une période de temps déterminée. La nécessité d'un intervalle de temps de référence avec des situations connues aux bornes rend cette notion applicable surtout à la futaie régulière (Franc et Houllier, 1989). La production reste toutefois une grandeur difficile à mesurer. Elle nécessite un suivi dynamique du peuplement permettant de connaître, outre le volume actuel, le volume des prélèvements par éclaircie ou par mortalité depuis une origine fixée.

En pratique, ce n'est pas la production en tant que telle qui est déterminée, mais un indice de fertilité qui, dans des peuplements monospécifiques, équiennes et fermés, est supposé varier dans le même sens que la production (Franc et Houllier, 1989). L'indice de fertilité le plus couramment utilisé est la hauteur dominante du peuplement à un âge de référence. Sa détermination nécessite l'existence ou la construction d'un modèle de croissance hauteur dominante-âge pour l'essence étudiée, à moins de disposer de peuplements tous du même âge, ce qui reste exceptionnel.

Les données de croissance nécessaires à la détermination de cet indice de fertilité pour un peuplement sont prélevées suivant un protocole éprouvé (Duplat, 1989), dont les grandes lignes sont évoquées ci-dessous :

- délimitation d'une placette circulaire de 6 ares, dans un peuplement monospécifique, régulier et fermé. La placette doit être homogène sur le plan des caractéristiques écologiques ;

- sur cette placette, repérage des premier, troisième et cinquième plus gros arbres en circonférence à 1,30 m ;

- mesure de la hauteur totale de chacun de ces trois arbres et carottage à cœur à 1,30 m pour détermination de l'âge.

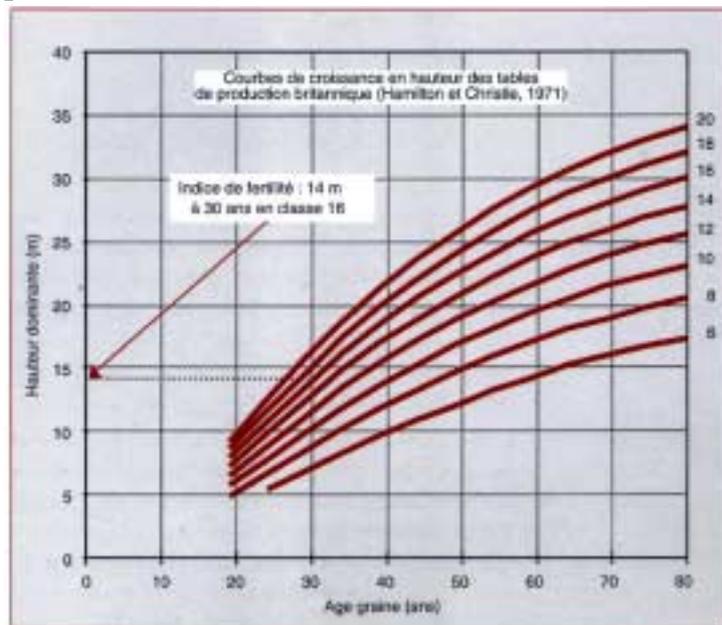
La hauteur moyenne et l'âge moyen de ces trois arbres permettent de situer le peuplement de la placette dans un faisceau de courbes hauteur dominante-âge et donc d'estimer son indice de fertilité (figure 1). Cet indice permet de comparer les niveaux de fertilité de placettes situées dans des conditions de milieu différentes.

Comment mettre en relation le milieu et l'indice de fertilité ?

La mise en relation type de station-production et l'approche autécologique sont deux approches qui cherchent à établir un lien entre milieu et indice de fertilité. Chacune est décrite ci-après à partir d'un exemple.

■ La démarche relation type de station-production : cas du Douglas dans le Pays d'Othe

Le Pays d'Othe est une région naturelle située entre Sens et Troyes. Le climat, de type océanique altéré est caractérisé par une pluviométrie moyenne annuelle de l'ordre de 700 mm et une température moyenne annuelle de 10 °C. Le substrat géologique est la craie du crétacé, recouverte sur les plateaux par des matériaux plus ou moins acides, argilo-sableux et limoneux à silex. La typologie des stations forestières¹ a été établie par le Cemagref



▲ Figure 1. - Exemple de détermination d'un indice de fertilité pour le Pin laricio de Corse - (les classes de fertilité figurent à droite du graphique).

Encadré 1

La typologie des stations forestières et ses méthodes

La typologie des stations forestières vise, sur une région naturelle présentant une certaine unité géologique et climatique, à regrouper après inventaire les relevés stationnels qui présentent des caractères écologiques communs.

Les relevés stationnels, en général trois cents à quatre cents pour une région naturelle, comprennent une description de la topographie, de l'exposition, du sol et de la végétation (tapis végétal et peuplement forestier), sur une surface homogène de 400 m².

Méthode phytocéologique

La végétation, par son caractère intégrateur des conditions de milieu, est souvent utilisée pour définir les types de stations. Les méthodes d'analyse de données multivariées - analyse factorielle des correspondances, classification hiérarchique - sont applicables aux relevés de végétation. Elles permettent de regrouper, d'une part les plantes associées en groupes auxquels une signification écologique est attribuée, d'autre part les relevés présentant des cortèges floristiques voisins. Ces groupes de relevés floristiquement homogènes pourront constituer des types de stations ou être divisés en autant de types de stations que l'on aura reconnu à l'intérieur de variations de certains paramètres écologiques jugés importants tels la topographie, l'exposition, le sol.

Méthode géomorphologique

Lorsque la végétation n'est pas utilisable, la définition des types de stations ne peut se faire qu'avec des critères physiques tels que le sous-sol, le sol, le relief, l'exposition, le climat. Dans ce cas de figure, la géomorphologie devient un outil précieux qui permet de prédire la localisation des types de stations dans le paysage, en établissant des relations entre la nature du relief, la position topographique, le type de sol ou de formation superficielle, et le microclimat.

1. Étude financée par le ministère de l'Agriculture et la région Bourgogne.

suivant la méthode phytoécologique (Becker, 1985 ; Brêthes, 1989). Elle a permis de définir dans la région, vingt-deux types de stations en fonction de la topographie - plateau, versant, fond de vallon - et de critères floristiques et pédologiques (Girault, 1990).

1. - Étude financée par le ministère de l'Agriculture et la région Bourgogne.

Le Douglas a été très utilisé en reboisement dans cette région naturelle. Une étude¹ de relations type de station-production pour cette essence a donc été réalisée par le Cemagref à la suite de la typologie des stations pour renseigner le sylviculteur sur les potentialités de production en Douglas des stations forestières identifiées (Gilbert, 1995).

Cette étude a été menée sur un échantillon de cent quarante deux placettes. Les mesures de croissance ont été réalisées suivant le protocole précité (Duplat, 1989), dans des peuplements d'âge compris entre quatorze et vingt-sept ans. Le type de station a été noté après utilisation de la clé de détermination de la typologie. La plus grande variété des types de stations a été recherchée ; quatorze types, dont les plus répandus, ont pu ainsi être suffisamment échantillonnés. L'indice de fertilité de chaque placette, hauteur dominante à vingt ans, a été déterminé à l'aide d'un faisceau de courbes hauteur dominante-âge construit spécialement à cette occasion à partir d'analyses de tiges effectuées dans dix-neuf peuplements de Douglas de la région.

2. - Étude financée par le ministère de l'Agriculture et les régions Pays de la Loire et Centre.

L'analyse de variance de l'indice de fertilité en fonction du type de station fait ressortir dans ce cas un

pourcentage de variance expliquée par l'effet station de 52 %. On constate sur la figure 2 que des types de stations différents peuvent présenter le même niveau de fertilité : par exemple dans l'ensemble 1. Cette considération a d'ailleurs permis de regrouper les placettes de types peu échantillonnés et écologiquement proches (moins de cinq relevés) afin de disposer d'effectifs de relevés suffisants pour une analyse statistique. Chaque type de station échantillonné est apparu homogène pour l'indice de fertilité, à l'exception de deux types (P9 et V10) présentant une certaine variabilité liée à la difficulté de bien les identifier sous peuplement résineux.

Le résultat final de l'étude est :

- la distinction de trois niveaux de fertilité pour le Douglas dans le Pays d'Othe ;
- l'affectation d'un niveau de fertilité à chaque type de station échantillonné.

C'est le niveau trophique de la station - représenté par le taux de saturation en bases échangeables (S/T) de l'horizon A1 du sol - qui, dans le contexte régional, est prépondérant dans la variation de l'indice de fertilité du Douglas (figure 2).

Signalons que, sur les stations de plus faible fertilité, on observe généralement des peuplements incomplets, hétérogènes en hauteur et en diamètre, en état sanitaire souvent déficient (attaques de rouille suisse : *Phaeocryptopus gaeumannii* [Rohde] Petrak). Ce sont plutôt les problèmes liés à cet état de santé que le niveau de fertilité, convenable dans l'absolu, qui conduisent à proscrire le Douglas sur ces stations.

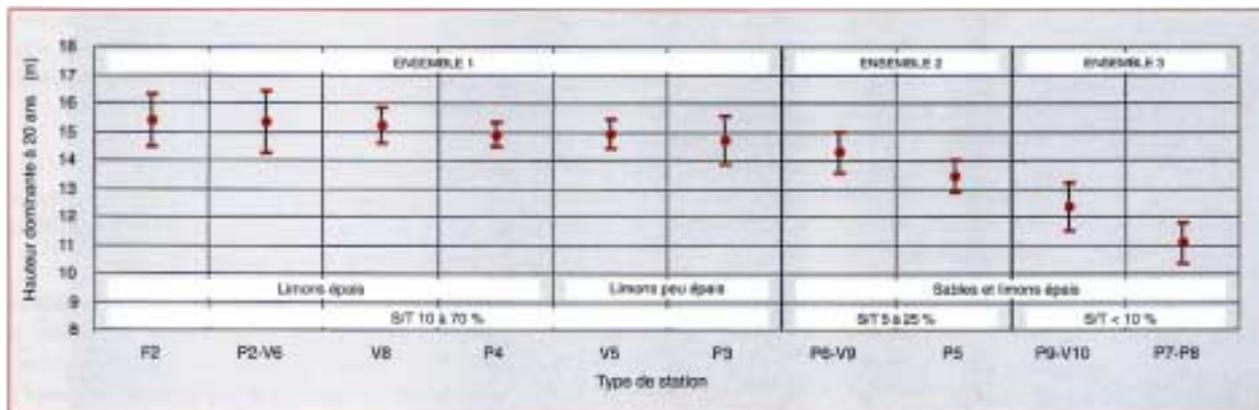
■ La démarche autécologique : cas du Pin laricio de Corse dans le secteur ligérien

Le Pin laricio de Corse est l'essence la plus utilisée en boisement et en reboisement dans les régions Pays de la Loire et Centre (photo 1). Dans ces régions de climat ligérien, où règne une sécheresse estivale assez marquée, il est apparu utile d'évaluer, selon les milieux, les potentialités de production de l'espèce afin de mieux cerner la place pouvant lui être réservée. L'étude² de l'autécologie du Pin laricio de Corse dans cette zone a été réalisée par le Cemagref (Gilbert *et al.*, 1996).

Un échantillon de quatre cents placettes de mesures dendrométriques et écologiques a été constitué dans



▲ Photo 1. - Le Pin laricio de Corse est très utilisé en boisement et reboisement sur les sols acides des régions Pays de la Loire et Centre (photo R. Chevalier).



des peuplements de Pin laricio de Corse purs et équiniennes, d'âge généralement compris entre vingt et quarante ans, en cherchant à couvrir l'amplitude la plus large des conditions de milieu. Pour chaque placette, le milieu a été représenté de manière factorielle en quantifiant chaque paramètre écologique et floristique. Ainsi, le climat a été décrit en référence à la station météorologique la plus proche. Le sol a été décrit sur fosse avec prélèvement d'échantillons pour analyses. Les espèces du tapis végétal ont été inventoriées en recouvrement. Les mesures de croissance ont été effectuées suivant le protocole déjà cité (Duplat, 1989). L'indice de fertilité de chaque placette, hauteur dominante à trente ans a été déterminé à l'aide du modèle de croissance hauteur dominante-âge des tables de production britanniques qui s'est révélé le mieux adapté pour la zone d'étude (Gilbert et Chevalier, 1994).

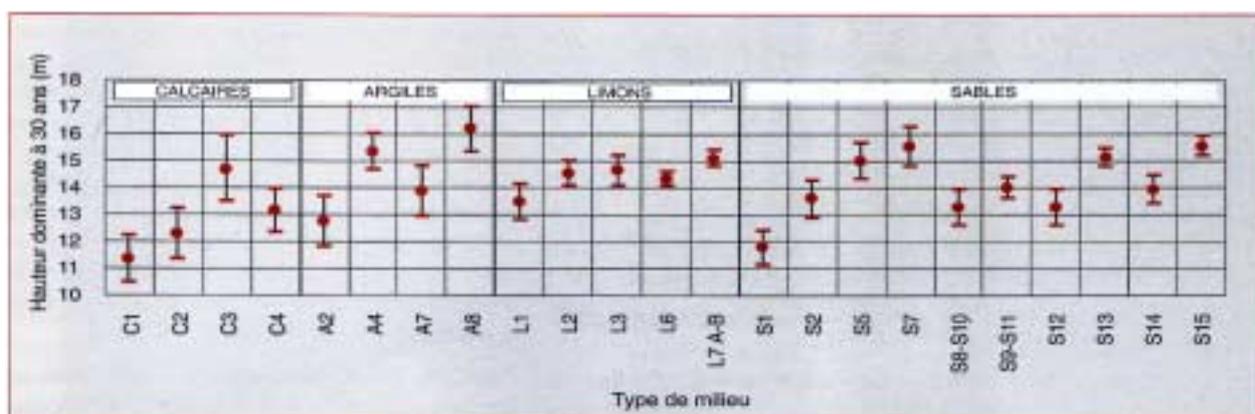
Les relations indice de fertilité-paramètres écologiques ont tout d'abord été étudiées en considé-

rant ces derniers pris individuellement, puis en recherchant par l'analyse de variance les combinaisons de facteurs les plus discriminantes pour l'indice de fertilité. Cette démarche a permis ici d'individualiser trente deux unités appelées types de milieu, constituées par des combinaisons de facteurs écologiques liés aux caractéristiques physiques et chimiques du sol et du matériau. L'analyse de variance globale de l'indice de fertilité en fonction du type de milieu fait ici ressortir un pourcentage de variance expliqué par l'effet milieu de 32 %. Ceci recouvre des pourcentages différents selon les grands types de matériaux : calcaire proche de la surface, argiles, limons, sables avec, respectivement, des pourcentages de 48 %, 52 %, 6 %, et 37 %. On constate donc sur les matériaux limoneux une certaine uniformité du niveau de production du Pin laricio de Corse.

Le résultat du travail est une clé autécologique dans laquelle les types de milieux sont définis à partir des relations constatées entre l'indice de fertilité

▲ Figure 2. - Relation type de station - indice de fertilité du Douglas dans le Pays d'Othe (S/T = taux de saturation en bases échangeables de l'horizon A1 du sol).

Figure 3. - Relation milieu - indice de fertilité du Pin laricio de Corse dans les régions Pays de la Loire et Centre.



du Pin laricio de Corse et un petit nombre de paramètres écologiques prépondérants pour la croissance de l'essence. Citons, parmi ces paramètres, le type de matériau, la profondeur d'apparition d'un horizon hydromorphe, le niveau trophique du sol traduit par la végétation. La figure 3 illustre les relations entre indice de fertilité et type de milieu pour chacun des grands types de matériaux individualisés.

Dans ce cas également, la croissance n'est pas le seul indice à prendre en compte pour juger de l'adaptation de l'essence. En effet, sur certains milieux à bon niveau trophique, mais à réserve utile en eau du sol limitée, des dépérissements vraisemblablement liés à l'attaque d'un champignon (*Sphaeropsis sapinea* [Fr.] Dyko et Surton) mettent en cause l'avenir des peuplements.

Comparaison des deux démarches

Les particularités des deux démarches illustrées figure 4 peuvent être résumées de la manière suivante :

■ La démarche de mise en relation type de station et production

- Elle concerne une petite région naturelle et potentiellement plusieurs essences ;
- la démarche s'articule en deux étapes : typologie des stations forestières, puis mise en relation type de station-production pour différentes essences ;
- la typologie des stations est constituée à partir de la collecte de descripteurs du milieu (climat, topographie, sol, flore) stratifiés et découpés en classes ou modalités, *a priori* indépendamment du comportement des essences forestières ;
- il y a une exigence d'exhaustivité dans l'inventaire des types de stations ;
- la typologie des stations est censée être valable pour toutes les essences, mais peut être remise en cause à partir des résultats des relations type de station-production ; les types de stations hétérogènes en fertilité doivent être redécoupés en autant de types homogènes que nécessaire ;
- compte tenu du nombre de types de stations définis dans la typologie, des regroupements sont fréquemment nécessaires pour une exploitation statistique des relevés ;
- les résultats sont peu extrapolables en dehors de la région naturelle puisque les relations obtenues

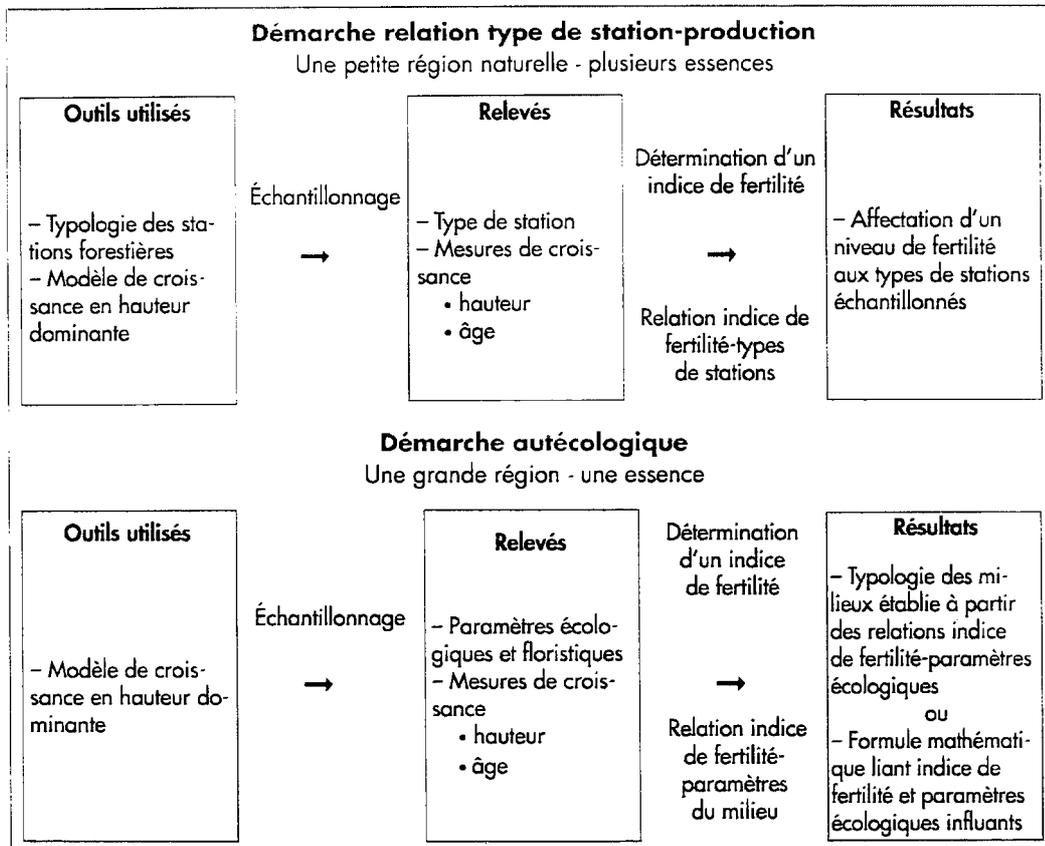
entre l'indice de fertilité et les types de stations permettent difficilement d'individualiser le rôle des différents facteurs écologiques synthétisés dans la notion de station.

■ La démarche autécologique

- Elle concerne une seule essence, de préférence sur une vaste zone pour disposer d'un échantillon de peuplements et de milieux suffisant ;
- la démarche est réalisée en une étape : la relation entre milieu et indice de fertilité est construite à partir de la collecte conjointe de descripteurs écologiques et floristiques et de données de croissance ;
- si on choisit l'option typologie, la stratification et le découpage en classes des descripteurs du milieu se font *a posteriori* sur la base des relations entre ceux-ci et l'indice de fertilité ;
- la typologie du milieu obtenue est valable uniquement pour l'essence étudiée ;
- cette typologie devrait être validée sur un échantillon différent de celui qui a servi à sa construction ;
- ces deux dernières considérations sont aussi valables si la relation milieu-indice de fertilité est exprimée par une formule mathématique ;
- la démarche apporte une compréhension des relations paramètres écologiques-indice de fertilité en permettant de sélectionner les facteurs les plus influents, mais aussi de détecter les compensations de facteurs.

On voit que les deux démarches de mise en relation entre le milieu et la production des essences forestières explicitées ne répondent pas exactement au même objectif. Dans le premier cas, on dispose d'une typologie du milieu fine et exhaustive, que l'on cherche à utiliser pour effectuer un choix parmi une panoplie d'essences forestières aux exigences et aux réactions différentes face aux conditions écologiques. Dans le second cas, on préfère se concentrer sur une seule essence. En contrepartie, la mise en relation directe indice de fertilité-paramètres écologiques permet de choisir les descripteurs du milieu les plus pertinents pour discriminer au mieux les niveaux de fertilité et de mieux comprendre le rôle des principaux facteurs écologiques pour la croissance de l'essence.

Les deux démarches permettent d'effectuer un choix d'essences forestières raisonné en fonction



◀ Figure 4. – Deux approches des relations milieu-production des essences forestières.

des relations observées entre le milieu et un indice de fertilité. Dans l'absolu, cet indice ne traduit pas à lui seul l'adaptation de l'essence. Il est également nécessaire de prendre en compte les risques sanitaires encourus par l'essence sur certains milieux.

■ Comparaison de leur faisabilité et de leurs coûts

Dans les deux cas, une contrainte importante est de disposer d'un nombre suffisant de peuplements de l'essence étudiée, en futaie régulière, et situés dans des conditions écologiques les plus variées possibles. Ces conditions sont difficiles à réunir sur une petite région naturelle, sauf dans le cas d'une ou deux essences vraiment prépondérantes. Il est donc intéressant de pouvoir travailler sur une vaste zone regroupant plusieurs régions naturelles et offrant ainsi une forte variabilité écologique et un bon choix de peuplements. *A contrario*, il n'est sans doute pas souhaitable de travailler sur un territoire trop vaste afin de bien cerner la

variabilité écologique et de limiter les phénomènes de compensation de facteurs qu'il est toujours délicat d'étudier (Boisseau, 1996). Sur la moitié nord de la France, l'échelle d'un ensemble de régions naturelles, de la taille d'une ou deux régions administratives semblerait un bon compromis. Elle permettrait de limiter la variabilité climatique dont les facteurs restent difficiles à cerner et dont le rôle est souvent difficile à bien expliciter.

Sur le plan du coût, le prix de revient d'une typologie des stations forestières sur une région naturelle qui nécessite en moyenne trois cents à quatre cents relevés, associé à celui de la relation station-production pour deux essences de cette même région naturelle demandant chacune cent cinquante à deux cents relevés, est comparable à celui de l'étude autécologique d'une essence sur une région beaucoup plus vaste, qui nécessite pour sa part de l'ordre de trois cents à quatre cents relevés. Cette comparaison rapide, mais réaliste, permet de situer l'efficacité des méthodes en terme de coût.

Deux démarches complémentaires mais un avantage pour l'autécologie

Deux méthodes utilisées pour mettre en relation le milieu et la production des essences forestières en futaie régulière monospécifique ont été présentées et illustrées : la mise en relation type de station-production et l'approche autécologique.

Le problème général consiste à établir la relation la plus pertinente entre les descripteurs du milieu et un indice de fertilité traduisant la croissance de l'essence étudiée. En typologie, cela signifie que, pour une essence donnée, dans une région donnée, les types de milieux définis soient, d'une part les plus homogènes possible vis-à-vis de l'indice de fertilité (variance intra types faible), d'autre part, les plus différents possible entre eux au niveau de ce même indice (variance inter types forte). Les études qui illustrent les deux démarches comparées montrent que chacune peut apporter des résultats intéressants et, qui plus est, du même ordre de précision, ce qui a déjà été montré par d'autres travaux (d'Epenoux, 1994).

Insistons sur le fait que la description du milieu ne peut être faite dans l'absolu, mais est né-

cessairement finalisée, ici dans ses relations avec la croissance des essences forestières. Ceci a des conséquences sur la procédure à mettre en œuvre et, en particulier, sur le choix des paramètres descripteurs du milieu à privilégier dans les typologies de stations forestières.

On peut conclure en disant que la typologie des stations forestières et les connaissances autécologiques sont complémentaires. Les connaissances en autécologie des essences forestières mettent l'accent sur les descripteurs du milieu pertinents et explicitent les relations entre ceux-ci et la croissance. Ces connaissances peuvent être utilisées pour mieux structurer les typologies de stations. A l'inverse, les typologies de stations forestières apportent une connaissance fine et exhaustive du milieu et permettent de généraliser les connaissances autécologiques à l'ensemble d'un territoire.

Néanmoins, sur un plan pragmatique, il est clair que la démarche autécologique présente l'avantage de fournir, pour un prix de revient compétitif, une réponse rapide quant aux potentialités de production d'une essence bien représentée sur une vaste zone, avec une bonne précision. □

Résumé

Deux approches des relations entre le milieu et la production des essences forestières qui sont testées au Cemagref de Nogent-sur-Vernisson, sont présentées, illustrées et comparées. Ainsi, la mise en relation entre le type de station à la production d'une part, et l'approche autécologique d'autre part, sont utilisées dans des peuplements monospécifiques, équiennes et fermés. Dans le premier cas, le milieu est décrit de manière synthétique à travers une typologie des stations forestières. Dans le second cas, la description du milieu est analytique, chaque paramètre écologique étant détaillé. La production du peuplement est caractérisée par un indice de fertilité - la hauteur dominante à un âge donné - déterminé à partir d'un modèle de croissance en hauteur. De la comparaison, il ressort que les deux approches peuvent fournir des résultats intéressants et du même ordre de précision. L'approche autécologique s'avère néanmoins de mise en œuvre plus rapide et plus économique.

Abstract

Two methods of studying forest species site-yield relationships have been tested by the Cemagref forestry division, Nogent-sur-Vernisson (France) and are presented, illustrated and compared. One method concerns the relationships between forest site type and yield, the other the autecologic approach. These methods can be applied in monospecific, even-aged and closed stands. In the first case, the site description is synthetic and corresponds to a forest site typology. In the second case, site description is analytic, so the site is described by different ecological parameters. The wood yield of the stand is characterised by a site index - top height at a given age - determined using a top height growth model. The comparison between the two approaches shows that both give useful results, with the same level of accuracy. The autecologic approach proves however to be the quickest and cheapest method.

Bibliographie

- BECKER, M., 1985. Démarche méthodologique préconisée pour la typologie des stations forestières ; in « Colloques phytosociologiques, XIV, Phytosociologie et foresterie », Nancy, novembre 1985-1988, p. 299-311.
- BECKER, M., 1986. Avantages et limites de l'étude de la végétation spontanée pour la typologie des stations forestières, *Comptes rendus des séances de l'Académie d'Agriculture de France*, vol. 72, n° 10, p. 875-882.
- BOISSEAU, B., 1996. Écologie du Pin pignon et du Pin brutia : détermination d'un indice de fertilité fonction du milieu, *Revue Forestière Française*, vol. XLVIII, n° 4, p. 321-335.
- BRETHES, A., 1989. La typologie des stations forestières, recommandations méthodologiques, *Revue Forestière Française*, vol. XII, n° 1, p. 7-27.
- DELPECH, R., DUME G., GALMICHE P., 1985. Typologie des stations forestières, vocabulaire, Paris, ministère de l'Agriculture, Institut pour le Développement Forestier, 243 p.
- DUPLAT, P., 1989. Indice de fertilité basé sur un modèle de croissance en hauteur, in « Station forestière, production et qualité des bois : éléments méthodologiques », Groupe de travail sur la typologie des stations forestières, ministère de l'agriculture et de la forêt, coordination Cemagref, p. 51-78.
- EPENOUX (d'), F., 1994. Relations milieu-production. Application au Pin noir d'Autriche sur le versant nord du Ventoux, *Revue Forestière Française*, vol. XLVI, n° 3, p. 223-234.
- FRANC, A., HOULLIER, F., 1989. Étude des relations entre milieu et production : quelques critères de choix des méthodes, in « Station forestière, production et qualité des bois : éléments méthodologiques », Groupe de travail sur la typologie des stations forestières, ministère de l'Agriculture et de la Forêt, coordination Cemagref, p. 13-49.
- GILBERT, J.-M., 1995. Stations forestières et production du Douglas [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco] dans le Pays d'Othe ; *Revue Forestière Française*, vol. XLVII, n° 4, p. 343-356.
- GILBERT, J.-M., CHEVALIER, R., 1994. Relations milieu-production du Pin laricio - Etude de la croissance en hauteur, *Informations Techniques* du Cemagref, n° 96, note 2, 8p.
- GILBERT, J.-M., CHEVALIER, R., DUMAS, Y., 1996. Autécologie du Pin laricio de Corse dans le secteur ligérien, *Revue Forestière Française*, vol. XLVIII, n° 3, p. 201-216.
- GIRAULT, D., 1990. Les stations forestières du Pays d'Othe, « Études » du Cemagref, série Forêt, n° 3, 174 p.