



**HAL**  
open science

## Ressource et disponibilité forestières

Lucien Brenac

► **To cite this version:**

Lucien Brenac. Ressource et disponibilité forestières. Revue forestière française, 1977, 29 (3), pp.163-184. 10.4267/2042/21133 . hal-03396392

**HAL Id: hal-03396392**

**<https://hal.science/hal-03396392>**

Submitted on 22 Oct 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# RESSOURCE ET DISPONIBILITÉ FORESTIÈRES

L. BRENAC

*Class. Oxford 5*

*As-tu compté les arbres ? Compter les arbres !  
Comment ? dit en riant Stéphane Arcadiévitch...  
Compter les grains de sable ou les rayons des  
planètes, un esprit supérieur pourrait peut-  
être y parvenir... (Léon Tolstoï - Anna Karénine).*

Un des fondements d'une politique industrielle et, plus généralement, de toute politique économique, est relatif à la connaissance des ressources en matières premières.

Quand il s'agit du bois, ressource renouvelable, issue de cet organisme vivant qu'est la forêt, la prévision qu'implique cette connaissance a un caractère original et présente une particulière complexité que l'on rencontre dès le moment où est abordée la définition de la ressource disponible ou « disponibilité ».

Faut-il la définir suivant les normes de l'économie politique en termes de capital et de revenu ? Dans un tel contexte l'analyse à laquelle nous serions conduits nous révélerait l'ambiguïté, si ce n'est l'impropriété, du langage ci-dessus utilisé, car la ressource est de la nature d'un capital dont la maintenance exige le recours à l'amortissement à partir duquel se dégage la notion de revenu net auquel nous serions tenté d'assimiler la disponibilité en bois. Nous souscrivions alors pleinement à la formule de Hicks citée par Raymond Barre [4] : « Le revenu est ce que le sujet peut dépenser sans s'appauvrir. »

Il s'agit là, toutefois, de concepts économiques ayant une signification en termes de valeur exprimée en unités monétaires. Ainsi en est-il de celui relatif au revenu net et à l'amortissement du capital qui ne se conçoit qu'en tant qu'exprimant les dépenses consenties pour maintenir ou renouveler le capital (dépenses de replantation, coût des travaux de régénération, etc.).

Or ce qui importe en premier, avant toute traduction éventuelle en valeur et sans nier l'importance des contraintes de rentabilité, c'est l'aspect purement physique du problème de la disponibilité.

Dans cette perspective, la définition suivante a été proposée : « On entend par disponibilité forestière les quantités maximales de produits ligneux (par catégories d'essences et de dimensions) que l'on peut espérer mobiliser, à une échéance donnée ou pendant une période donnée, dans une zone déterminée, sans compromettre l'avenir des peuplements, compte tenu des modèles de sylviculture adoptés. »

Il y a ainsi une certaine correspondance, à titre non d'identité mais d'image, avec la formule précitée relative au revenu que l'on peut dépenser sans appauvrir le capital producteur.

On peut, toutefois, constater qu'il y a au moins deux interprétations possibles de cette définition ou, si l'on préfère, deux niveaux de disponibilité à considérer :

- le premier correspond à la capacité de production telle qu'elle résulte du niveau actuel d'utilisation de la fertilité de la station ;
- le deuxième à la capacité de production maximale qu'il serait possible de tirer du sol forestier.

## CAPACITÉ BIOLOGIQUE DE PRODUCTION

Cette dernière notion se relie à celle de la capacité biologique de production telle qu'elle résulte des facteurs <sup>(1)</sup> naturels de production (sol et climat).

De nombreuses tentatives ont été faites dans le passé en vue d'évaluer cette capacité ou pour, tout au moins, établir un classement des stations.

Une revue des méthodes utilisées dans ce but a été effectuée par J.P. Rennie [54]. Cet auteur souligne le fait que la dimension atteinte par les arbres et la durée de leur croissance font de cette évaluation une entreprise plus risquée et plus difficile qu'elle ne l'est en matière agricole.

Il distingue les méthodes directes et les méthodes indirectes :

- les premières consistent à mesurer la production relative à des éléments de peuplements sur des placettes temporaires ou permanentes. Il est, toutefois, long et difficile de mesurer ou de calculer cette production, qui sans doute, dépend des caractéristiques écologiques de la station mais n'est pas indépendante de la nature et de l'état du peuplement. Aussi a-t-on cherché, parmi les caractéristiques du peuplement, des indices dendrométriques ne présentant pas ce dernier inconvénient. L'indice de productivité le plus souvent utilisé est la hauteur dominante d'un peuplement équienne [21] ;

- les secondes se fondent : sur des indices climatiques, tels que celui de de Martonne, ou l'indice C.V.P. de Paterson-Weck (Pardé, 1959) [49] ; sur la végétation spontanée au moyen de plantes indicatrices ; sur les propriétés physiques, chimiques ou biologiques des sols (Duchaufour, 1960) [23] ; sur le diagnostic foliaire et enfin, la cartographie des stations (Duchaufour P. et al., 1958) qui intègre l'ensemble des caractéristiques du milieu.

De très nombreuses tentatives ont été depuis longtemps effectuées en vue d'établir la liaison entre le milieu et la production, c'est-à-dire pour « expliquer » les caractéristiques des peuplements à partir des facteurs écologiques [27]. C'est ce qui a été tenté, notamment, pour le pin sylvestre en Sologne, en utilisant les ressources des techniques statistiques de l'analyse multivariable, par N. Décourt et al. [19] en 1969.

Ces auteurs ont constaté, en conclusion de leur étude, les difficultés très grandes qui apparaissent lorsqu'on veut étudier l'action du milieu sur la production sans se référer aux paramètres tirés du peuplement forestier lui-même. Dans ces conditions, environ 50 % de la production potentielle reste en effet inexplicée malgré la prise en compte de 24 caractères édaphiques et biotiques.

Il faut aussi souligner que ce qui est ainsi partiellement expliqué ce n'est pas la production potentielle elle-même mais l'indice de production traduit par la hauteur moyenne théorique du peuplement à 50 ans.

La liaison entre cet indice et la fertilité de la station comporte une marge d'incertitude et sa détermination pose des problèmes : le résultat pouvant être différent suivant la méthode suivie comme l'ont montré R.O. Curtiss et al. [17]. De tels indices caractérisant des classes

(1) Le concept de « facteur » est, ici, identique à celui utilisé, notamment, par P. Bouvarel [12] avec un sens différent de celui relatif aux « facteurs » (caractères hypothétiques) mathématiquement définis dans l'analyse en composantes principales [44].

de fertilité ne sont d'ailleurs pratiquement déterminés qu'à partir de peuplements de futaie régulière, ou tout au moins, de peuplements de futaie [32] et ne sont disponibles que pour un nombre limité d'essences et de régions.

Il existe, en conséquence, des raisons surabondantes de penser qu'il ne sera pas avant longtemps possible de calculer la capacité biologique de production d'une station à partir des facteurs écologiques. Ce n'est pas, toutefois, une raison suffisante pour nier l'intérêt du classement des sols forestiers suivant leur niveau de productivité — ou classe de fertilité — relatif à une essence donnée, quelque imperfection que puisse présenter ce classement. Cette caractéristique est en effet une de celles qu'il est essentiel de prendre en considération dans toute étude sur des éléments homogènes de peuplements.

Dans certains états des U.S.A., où les problèmes posés par la diversité des traitements n'existent pas, une approche rapide et simple de la capacité de production maximale (potential annual cut), supposée égale à l'accroissement potentiel maximum, est obtenue, comme nous le précisons plus loin, à partir des superficies de chaque classe de fertilité et l'accroissement correspondant d'un peuplement plein, feuillu ou résineux.

## CONNAISSANCE DE L'ÉTAT DES PEUPELEMENTS — INVENTAIRE FORESTIER

La connaissance de la ressource disponible exige, en premier, celle de l'état actuel des formations boisées.

C'est la tâche qui a été confiée par la loi (article 204-1 du Code forestier) au ministre de l'Agriculture en l'invitant à procéder « à l'inventaire permanent des ressources forestières nationales ».

La mission qu'a reçue, dans ce but, l'organisme chargé de la réalisation de cet inventaire a été comprise dans le sens le plus large quant aux formations à inventorier puisqu'elle concerne, non seulement les forêts, mais aussi les peupleraies, les plantations d'alignement, les haies, les arbres forestiers épars et qu'elle n'a pu laisser de côté les landes et autres vacants. Elle vise à recueillir, par départements et régions forestières, des données aussi complètes que possible, susceptibles de caractériser ces formations du point de vue statique et dynamique, qui sont relatives aux superficies, volumes sur pied et exploités, accroissements (diamètre, hauteur, volume), nombre d'arbres, suivant l'usage du sol, les grandes catégories de propriété, les types de peuplement, les essences, les traitements sylvicoles, les classes d'âge et de diamètre. L'ambition de ce programme contraste avec le peu d'exigence jusque-là manifesté quant à la connaissance, au travers de telles données, de l'état de la forêt française. En ce qui concerne les seules superficies, ce qui est bien la plus élémentaire et la plus immédiate des données que l'on puisse désirer connaître, un écart de l'ordre de deux millions d'hectares paraît avoir existé entre la réalité et les statistiques disponibles au moment où l'inventaire forestier était entrepris.

Il y a pourtant près de deux siècles, en 1790, qu'un agronome étranger — alors que nos gouvernements vacuaient, il est vrai, à d'autres soins — eut le souci de connaître cette superficie et en donna la première estimation tant soit peu précise. En effet, Arthur Young mesura, pour ce faire, la contenance des bois figurés sur 240 feuilles de la carte (1) de Cassini (1740-1782) qui en comprenait 280 [29].

C'était là une méthode objective et il est permis de penser que c'est en partie l'absence d'outil méthodologique adéquat, comme d'un organisme susceptible de le mettre en œuvre, qui peut expliquer la carence ci-dessus constatée quant à la connaissance de nos ressources

(1) Une mesure de la superficie boisée de la France entreprise, en 1964, sur un échantillon de 91 feuilles de la carte I.G.N. au 1/100 000 et terminée en 1969 (date de la parution des dernières feuilles de l'échantillon) avait abouti à une estimation de 13 477 000 ha pour cette superficie.

forestières (1) (les statistiques de 1878 et 1912 ne fournissaient guère que, sur les seules superficies, des données recueillies au moyen de questionnaires remplis par les personnels forestiers). On peut, toutefois, se demander également si cette connaissance, dont il a été si longtemps permis de se passer, justifiait par son utilité les dépenses et les efforts qui doivent être déployés pour l'acquiescer.

Dans la négative il faudrait, il est vrai, se poser la même question relativement aux nombreux inventaires forestiers nationaux entrepris depuis le début de ce siècle tout au moins et régulièrement renouvelés, certains dans des pays comme le Canada ou la Russie où les ressources forestières paraissent pourtant pratiquement illimitées. Force est, d'autre part, de constater que si l'inventaire forestier national français a été entrepris c'est, notamment, en raison du besoin, très concrètement éprouvé par les industriels du bois du Sud-Ouest, d'avoir une connaissance précise de la ressource en pin maritime du massif gascon, seul moyen de résoudre le conflit d'intérêts né du projet d'installation d'une nouvelle usine partie prenante dans l'utilisation de cette ressource qui les opposait aux propriétaires forestiers [15].

La justification de l'effort consenti pour la connaissance des formations boisées couvrant une partie aussi importante de notre territoire — un quart environ — et qui suscite de la part de nos concitoyens un intérêt toujours croissant, n'est sans doute pas uniquement liée à la solution de tels cas : l'utilité de cette connaissance s'inscrivant dans le projet d'aménagement de l'espace rural [13] et également dans celui de la mise en œuvre de la loi de 1963 sur l'organisation de la forêt privée.

D'une façon plus précise et plus contraignante, la nécessité de disposer des données d'un inventaire forestier se manifeste, comme dans le cas rapporté ci-dessus, toutes les fois où sont en cause l'installation ou l'extension d'industries utilisant le bois comme matériau ou comme matière première et, plus généralement, des problèmes de politique forestière (2) tel que celui posé par le déficit croissant de notre balance commerciale dû, plus particulièrement, à l'importation de pâtes à papier et de bois de trituration.

La solution de tels problèmes nécessite la détermination de la ressource disponible à court et à long terme laquelle exige la connaissance de l'état actuel des peuplements tel qu'il résulte des données de l'inventaire, mais aussi, comme déjà dit, celle de leur évolution.

Ce qui complique grandement la question c'est que cette évolution — et, partant, la disponibilité qui en résulte — dépend, non pas seulement de l'action des facteurs naturels de production, mais aussi, dans une assez large mesure, des modalités de récolte de la production, c'est-à-dire de la sylviculture appliquée : « Timber has an unusual production function in that the level of production can be influenced by the rate of utilization [40]. »

## DISPONIBILITÉ ET POSSIBILITÉ

Pour résoudre le problème posé il paraîtrait tout naturel de se reporter aux résultats acquis dans le domaine des aménagements de forêts, la notion de disponibilité paraissant, à la seule différence de l'échelle, identique à celle de « possibilité » de beaucoup antérieure puisque déjà présente, il y a 6 siècles, du temps de Charles V et de Du Guesclin, pour l'exercice des

(1) Parmi les causes qui peuvent expliquer cette carence, il convient sans doute de mentionner la crainte éprouvée par les propriétaires forestiers que la forêt particulière soit, à la suite de l'exécution de l'inventaire « comme Phryné, toute dépouillée » (intervention du président du Syndicat des sylviculteurs du Sud-Ouest à la suite de l'exposé de L. Brenac au colloque de Bordeaux d'avril 1964 sur « La forêt source de matière première industrielle » [15], cette crainte ayant suscité l'adjonction d'une restriction, pourtant inutile du point de vue des possibilités techniques, à l'article 204-1 du Code forestier.

(2) Dans leur « note préliminaire sur la définition d'un programme d'études d'économie forestière » (R.F.F., n° 1, 1969), J.M. Bourgeau, M. Guet et P. Rimkin pouvaient écrire : « Nous venons de définir ce que pourrait être une représentation globale des phénomènes en jeu dans l'économie forestière en vue de permettre... aux différents agents d'étudier scientifiquement et efficacement leurs propres décisions (leurs choix politiques dans le cas de l'État). Il est évident que beaucoup reste à faire pour en arriver là... l'inventaire forestier national a été chargé de combler l'énorme retard accumulé dans la connaissance de la forêt française... »

Photo TOULGOUAT



droits d'usage dont il était dit qu'ils ne seraient soufferts que « selon la possibilité des forêts » (ordonnance de 1376, article 30).

Comme le fait remarquer Huffel [30], et à la différence de ce qui a lieu en matière agricole, le moment où la récolte forestière doit être effectuée n'est pas naturellement déterminé. Il en résulte que la notion de possibilité est inséparable de celle d'un règlement d'exploitation fixant l'assiette et la quotité des coupes conformément au choix de sylviculture décidé par l'aménagement.

La possibilité ou quotité annuelle des coupes, est le volume de bois que l'on peut et doit réaliser en application de l'aménagement. Celui-ci tend à amener la forêt à l'état normal dans lequel les classes d'âge ou de dimension sont représentées de façon équilibrée [28], le recrutement d'une possibilité égale à la production assurant, quand ce résultat est atteint, le maintien de l'état normal.

La formule de base du calcul de la disponibilité par volume est la suivante [7] :

$$P = \text{production} + \frac{V - Vn}{n}$$

La production étant égale à l'accroissement augmenté du passage à la futaie :

$V$  = le volume du matériel sur pied,

$Vn$  = le volume du matériel jugé normal,

$n$  = le nombre d'années retenues pour amener le matériel à l'état normal.

Cette formule très élémentaire ne tient compte ni des surfaces ni de la répartition des volumes par classes d'âges ou de dimensions qui interviennent dans la constitution de l'état normal. Il a été fait appel depuis longtemps à des hypothèses simplificatrices pour pallier cette insuffisance. La plus utilisée est celle relative à l'accroissement linéaire du volume se traduisant, quand on porte les âges ou les diamètres en abscisse et les volumes en ordonnée, par une structure triangulaire [28] qui se retrouve dans les formules.

Ainsi le volume normal est-il, d'après l'approximation de Heger, égal à la moitié du volume sur pied des peuplements parvenus au terme de la révolution.

Lorsqu'on dispose d'une table de production, donnant tous les  $n$  ans le volume sur pied, le volume normal correspondant est donné plus exactement par la formule [43] :

$$VN = \frac{n}{r} \left( Vn + V_{2n} \dots + \frac{Vr}{2} \right)$$

Les volumes à prendre en compte sont les volumes restant sur pied au terme d'une rotation de  $r$  années augmentés de la moitié du volume enlevé en éclaircie au cours de  $n$  années précédentes.

Dans le procédé Masson (1824-1876), autrefois appliqué aux sapinières des Vosges :

$$P = 2 \frac{V}{n}$$

On peut laisser de côté la formule de 1883 qui repose sur les mêmes hypothèses mais, dans la forme où elle est utilisée, comporte des coefficients arbitraires et signaler une formule plus récente, appliquée, notamment, dans l'ouest et le nord des États-Unis [33] et se réclamant des méthodes françaises, qui est celle de P.D. Kemp (U.S. Forest Service, 1958) :

$$P = \left( \frac{S_1 + 3 S_2 + 5 S_3 + 7 S_4}{4 \times n} \right) \times V_4$$

Les groupes d'âges d'égale amplitude sont supposés devoir occuper des superficies égales,  $S_1$  dans une forêt à l'état normal, les volumes relatifs, donc le poids de chaque groupe

(1, 3, 5, 7), étant géométriquement déterminés à partir de l'hypothèse d'une croissance linéaire par la structure en triangle ci-dessus évoquée [43].

Dans cette formule, qui peut être adaptée à un nombre quelconque de groupes ou classes d'âge, l'expression entre crochets traduit la possibilité en surface dont le produit par le volume moyen à l'unité de surface,  $V_4$ , du groupe des vieux bois donne la possibilité (allowable cut) annuelle en volume.

L'application de cette possibilité, périodiquement ajustée, tend à conduire les peuplements à l'état normal mais ne comprend pas les volumes recrutés en éclaircie qui doivent, éventuellement, être estimés séparément.

Les hypothèses qui sont à la base des formules ci-dessus, servant au calcul de la possibilité, ont un caractère empirique très accusé correspondant à une image financière, souvent traduite dans le langage, où le volume sur pied est assimilé à un capital produisant un revenu fixe. Le moins que l'on puisse dire est qu'il s'agit d'une démarche très éloignée de la nature biologique des lois qui conditionnent la croissance des arbres et des peuplements.

Le caractère élémentaire et assez artificiel de cette démarche contraste avec ce qui a été rapporté plus haut des efforts réalisés pour évaluer la capacité de production, avec la prise en compte de nombreuses variables écologiques et la mise en œuvre de moyens mathématiques relativement sophistiqués, malgré que, selon C. Millier, la structure d'espace vectoriel que supposent les techniques utilisées reflète la faiblesse des connaissances théoriques exigibles [44].

Il est au surplus possible de constater que la possibilité — ou quotité des coupes — est souvent fixée par contenance, ce qui est toujours le cas dans le traitement en taillis simple ou en taillis sous-futaie, la nature et la quantité des produits annuellement récoltables n'étant pas alors déterminées à l'avance, sauf à partir des acquis de l'expérience. La possibilité par contenance, qui consiste à fixer seulement la surface à parcourir annuellement et la nature de la coupe à asseoir, est aussi — et de plus en plus semble-t-il — appliquée au régime de la futaie avec les mêmes conséquences [9]. Alors même qu'il est fait application, en totalité ou en partie, de la possibilité par volume, celle-ci joue beaucoup plus le rôle d'un outil dans la mise en œuvre pratique de l'aménagement qu'elle n'offre le moyen, pour le propriétaire et l'utilisateur, de prévoir les catégories et volumes de produits récoltables.

Le « Manuel d'aménagement » de l'Office national des forêts [8], dont les directives ont été approuvées par décision, en date du 29 décembre 1969, du secrétaire d'État auprès du ministre de l'Agriculture, insiste particulièrement sur ce point (annexe 7, pp. 193 à 195) en distinguant la « possibilité technique » qui est celle couramment appliquée et ci-dessus envisagée — comme étant entre les mains du gestionnaire un outil commode pour l'application de l'aménagement mais d'une utilité très limitée du point de vue économique <sup>(1)</sup> — d'une « possibilité commerciale » qui, envisagée du point de vue de l'utilisateur, pourrait tout aussi bien être qualifiée de possibilité industrielle.

Ce même manuel souligne également avec insistance le fait de la quasi impossibilité de calculer avec exactitude une possibilité volume à l'aide des formules qu'il indique. Ceci tient, sans doute, non seulement à l'imprécision des données utilisées, mais encore au caractère empirique ci-dessus souligné, des formules qui ne sauraient traduire toute la complexité incluse dans l'évolution d'un peuplement. D'où cette constatation que la sylviculture est un art plus qu'une science tout en souhaitant que, dans l'avenir, les données recueillies lors des inventaires statistiques par échantillonnage permettent de résoudre d'une façon plus scientifique le problème de la prévision (annexe 8, pp. 197 à 199).

(1) On sait que les inventaires d'aménagement sont faits en utilisant des « tarifs d'aménagement » à une seule entrée ayant un caractère conventionnel, car ils ne sauraient traduire toute la variabilité de hauteur et de forme rencontrée au sein d'une même forêt, mais trouvent leur seule justification dans le fait qu'ils sont aussi utilisés pour recruter la possibilité. En créant le tarif en sylviculture, adaptable à chaque cas par un coefficient de conversion, les contrôlistes avaient manifesté le souci de remédier à ce caractère conventionnel et de pallier le manque d'exactitude des tarifs d'aménagement.



Le fait de s'élever du domaine de l'unité d'exploitation forestière, objet d'un aménagement, à celui des grands ensembles pris en compte par l'Inventaire forestier national (types de peuplements, régions forestières, département, ensemble du territoire) n'a malheureusement pas pour effet de simplifier ce problème de la prévision malgré que ces ensembles aient été appréhendés par le moyen de l'échantillonnage statistique. Est alors atteint, en effet, un degré supérieur dans l'hétérogénéité des peuplements du point de vue de leur composition, de leur traitement — ou de l'absence de traitement — et de la structure foncière, aussi bien par le fait du morcellement de la propriété que par son extrême parcellement (1).

Il ne saurait être question de définir pour ces ensembles l'homologue de la « possibilité technique » pratiquée en matière d'aménagement — en supposant qu'elle soit calculable au moyen des formules empiriques ci-dessus évoquées — une telle possibilité n'ayant d'intérêt que dans la mesure où les responsables de la politique forestière auraient les moyens de la faire appliquer. Cette possibilité, ou plutôt les opérations sylvicoles qu'elle comporterait, aurait alors le mérite de permettre la mobilisation de la ressource sans, toutefois, en prévoir d'une façon précise le contenu sauf par la projection des résultats constatés comme il est possible de le faire dans le cas des forêts soumises au régime forestier.

La définition d'une politique forestière, comme la solution de tel problème, général ou ponctuel, d'installation ou d'extension industrielle, exigerait, par contre, comme nous l'avons vu, la connaissance de la « disponibilité » homologue de la « possibilité commerciale » ou industrielle permettant de prévoir, par nature et quantité, les catégories de produits exploitables normalement : c'est-à-dire sans compromettre l'avenir des peuplements et, par là même, leur capacité de production.

Il est à peine besoin de souligner, à la lumière de la comparaison faite ci-dessus avec la possibilité d'une forêt aménagée, l'ambition d'un tel projet.

Faute de pouvoir faire appliquer une sylviculture définie — en dehors des forêts soumises ou, tout au moins, des forêts domaniales — il est sans doute possible de recourir, à cet égard, à des hypothèses. Celles-ci ne pouvant être mises en application, sauf dans le cas où elles consistent dans le prolongement des conditions passées, il n'est plus toutefois possible de fonder une prévision sur la constatation des résultats acquis.

Il y a donc plus qu'une différence d'échelle entre la notion de possibilité et celle de disponibilité, cette dernière, quoiqu'elle s'applique à de plus grands ensembles présentant le plus généralement un degré supérieur d'hétérogénéité quant à la composition et au traitement, devant assez paradoxalement satisfaire à des exigences plus grandes que celles admises pour le calcul d'une « possibilité technique ».

L'appareil mathématique susceptible de répondre à ces exigences devra donc nettement dépasser le niveau des formulations utilisées pour le calcul d'une telle disponibilité, formulations dont le caractère très simplifié et éloigné de la vraie nature des lois qui conditionnent la croissance des arbres et des peuplements a déjà été souligné. Il est naturel de penser, qu'avec la nécessité de la prise en compte des facteurs qui conditionnent la croissance des peuplements, les méthodes susceptibles de répondre au but visé doivent être assez proches de celles ci-dessus mentionnées comme ayant été appliquées à l'évaluation de la capacité de production.

## TABLES DE PRODUCTION

Il est vrai que, depuis longtemps à l'étranger et plus récemment en France, des méthodes serrant de plus près la réalité et d'ailleurs très voisines de celles ci-dessus rappelées quant

(1) L. Bourgenot a pu conclure une série d'articles sur les méthodes d'aménagement en mettant l'accent sur « l'extrême complexité de la forêt française » alors qu'il avait en vue essentiellement les forêts soumises au régime forestier [9].

à l'outil mathématique mis en œuvre, ont été utilisées pour construire des tables de production. Ces tables sont établies, le plus souvent, à partir de données tirées de placettes temporaires ou semi permanentes, couvrant un éventail complet suivant les caractéristiques étudiées des peuplements concernés. Elles traduisent des modèles d'évolution des peuplements et donnent, en fonction de l'âge, leurs caractéristiques moyennes essentielles [22]. Chaque table comprend autant de modèles, donc de tableaux de chiffres différents, qu'il est distingué de classes de productivité au moyen d'un indice qui est généralement fourni, comme déjà dit, par la hauteur dominante [20].

En France, il a été construit, depuis 1965, dix tables de production de ce type concernant six essences pour différentes régions [6] [20]. Elles reposent sur une loi empirique, dite « loi de Eichhorn élargie », qui lie la production d'un peuplement depuis son origine à sa hauteur, et sur un ensemble d'équations établies, par voie de régression progressive multiple, entre différentes caractéristiques du peuplement des placettes. Seule la dernière en date de ces tables (J.-H. Bartet, 1976), établie pour l'épicéa dans les Alpes-du-Nord, est « à sylviculture variable », c'est-à-dire admet l'application de plusieurs régimes d'éclaircies.

La justification de la somme considérable de travail qu'a exigé la construction des tables de production réside bien dans la possibilité qu'elles offrent — en plus de leur utilisation comme modèle de sylviculture — de prévoir d'une façon indirecte l'évolution des caractéristiques d'un peuplement et, en conséquence, les volumes exploitables aux différentes périodes de la vie de ce peuplement. Il s'agit bien là d'une prévision de la disponibilité qui n'exclut pas l'ambition d'indiquer à chaque âge, pour le peuplement et les arbres enlevés en éclaircie, la répartition par classes de diamètre des tiges et les volumes des différentes catégories de produits (1).

Il serait donc légitime de songer à utiliser les tables de production pour la détermination de la disponibilité. Cette possibilité existe mais elle est limitée aux futaies régulières équiennes, d'une seule essence, de densité normale (2), auxquelles est appliquée une sylviculture assez proche de celle prévue par la table.

L'extrême morcellement de la propriété, déjà souligné, qui s'accompagne d'une grande hétérogénéité, rend cependant très exceptionnel les cas où les peuplements peuvent satisfaire aux conditions posées sur toute l'étendue de l'un des domaines pris en compte par l'Inventaire forestier national.

Par contre, des tables de production, suffisamment nombreuses et bien adaptées, pourraient permettre, pour chaque niveau de productivité — à condition d'avoir pu calculer l'indice correspondant — de déterminer de façon indirecte, dans des conditions analogues à ce qui a été indiqué plus haut, la capacité biologique d'une station pour telle essence donnée.

## TABLES DE PEUPEMENT

Pour les peuplements d'âges mêlés, voire même pour les peuplements équiennes et notamment ceux de feuillus durs dont l'âge, jusqu'ici, ne peut être facilement mesuré, la méthode fondée sur la « projection » des tables de peuplement (stand tables projection) peut être utilisée à la place de celle tirée des tables de production tout en ne lui étant pas entièrement équivalente.

Une table de peuplement donne, par classes de diamètre, le nombre de tiges à l'unité de surface, leur hauteur moyenne et, généralement, les accroissements moyens en diamètre mesurés par sondage à la tarière.

(1) Ce projet exige la construction de tarifs donnant le volume des différentes parties de l'arbre et ne peut parfaitement résoudre le problème relatif à la destination des bois car les catégories d'utilisation ne sont pas entièrement prédéterminées.

(2) Il existe il est vrai des tables de production prenant en compte les variations de densité [36] et des formules telles que celle de Gehrhardt, modifiée par Gevorkiantz et Duerr, permettant d'effectuer des corrections de densité [32].

La prévision de l'évolution du peuplement est, dans ce cas, basée sur celle des tiges qui le composent ou, plus précisément, sur celle des arbres moyens par catégories de diamètre. La croissance des arbres et tout particulièrement celle du diamètre et du coefficient de forme étant directement liée à l'espace disponible pour chaque arbre, la nécessité est généralement reconnue de conduire des études distinctes pour chaque élément homogène du point de vue de l'essence, du type de traitement et du niveau de productivité [16]. L'hypothèse du maintien, au cours de la période à venir, de l'accroissement en diamètre, mesuré par sondage à la tarière, peut conduire à de sérieuses surestimations [36], de même que la non-prise en compte de la loi de distribution des diamètres et de leurs accroissements [32]. Des corrections sont en outre nécessaires pour tenir compte de la mortalité et du passage à la futaie.

Une méthode, proche de celle ci-dessus évoquée tout au moins en ce qui concerne l'utilisation de l'accroissement en diamètre et en volume par catégories de diamètre, a été depuis longtemps utilisée en France, sous sa forme la plus simplifiée, pour le calcul de la possibilité des sapinières et pessières, aménagées en futaie jardinée, à partir de leur accroissement ainsi mesuré [7].

L'application sans modification de cette méthode, qui utilise les tarifs aménagement, se justifie dans les futaies vraiment irrégulières, du type jardiné en équilibre, où il est possible d'admettre la stabilité des corrélations liant le diamètre à son accroissement ainsi qu'à la hauteur et au coefficient de forme et de les assimiler à des lois de croissance. Mais de tels peuplements présentant un état idéal d'équilibre sont rares.

Dans les futaies équiennes la stabilité des corrélations en cause ne peut être admise. Il faut alors être en mesure de prévoir l'évolution des accroissements en diamètre pour construire la table de peuplement, à la fin de la période considérée, après prise en compte du passage à la futaie, des tiges exploitées et des arbres morts, puis, de traduire cette table en volume, ce qui nécessite la prévision de l'évolution de l'accroissement en hauteur et du coefficient de forme ; il est vrai que, pour le calcul d'une « possibilité technique » d'aménagement l'accroissement calculé est celui relatif à une période écoulée supposé égal à l'accroissement futur.

B. Husch [32] remarque que, dans la méthode du contrôle, une démarche inverse permet d'estimer la production à partir des résultats, exprimés par catégories de diamètre, de deux inventaires séparés par la durée de la rotation des coupes (1).

Une déjà longue expérience paraît montrer que la mesure de l'accroissement en volume, par catégorie de diamètre à partir de sondages à la tarière, donne des résultats presque toujours supérieurs à ceux obtenus par comparaison d'inventaire [26].

E. Assmann a souligné le fait que pour être pleinement efficace et permettre, notamment, la détermination du matériel optimum, la méthode du contrôle n'échappait pas à l'exigence générale relative à la nécessité de la stratification des peuplements suivant les classes de productivité et à la connaissance de la répartition des âges [3].

## FONCTIONS DE PRÉVISION

La prise en compte de tous les paramètres qui, à partir des données recueillies sur les peuplements actuels, permet de prévoir leur évolution future est, il est vrai, une entreprise complexe exigeant — comme pour la construction des tables de production, mais, dans une perspective plus large, moins dépendante de l'âge — l'ajustement aux données, par la méthode des moindres carrés d'équations de régression multiple, linéaires ou non, simulant l'évolution plus ou moins corrélée de ces différents paramètres. On peut désigner par l'expression « fonctions de prévision », ces équations de régression [36].

(1) Dans « Sapinières » [55] est indiquée une méthode de calcul du « temps de passage », fondée sur les mouvements départ et arrivée, relatifs à une catégorie de diamètre et sur l'effectif de cette catégorie, qui, adaptée au calcul de l'accroissement en diamètre, et quelque peu modifiée pour être plus exacte, peut donner de bons résultats.



Photo Ministère de l'Agriculture — VERNEY

Il y a de multiples façons de prévoir la croissance des peuplements qui dépendent des variables utilisées dans ces fonctions de prévision.

La variable dépendante peut être l'accroissement courant en volume et les variables indépendantes telles que : le volume sur pied, l'âge, la densité exprimée par le nombre d'arbres ou la surface terrière à l'unité de surface, la hauteur ou le diamètre moyen soit pris séparément, soit combinés.

Ainsi, en Norvège, dans la « Comprehensive projecting method » de Langsaeter et Seip [47] — après avoir stratifié les peuplements selon l'essence, la classe de productivité, l'âge et, si possible, la dimension — l'accroissement par dixième d'hectare (decare) pour une période de dix années exprimée par son logarithme est ajusté par régression linéaire aux logarithmes du volume et de l'âge résultant des données d'un inventaire.

B. Husch [32] cite des exemples de fonctions de prévision exprimant l'accroissement périodique moyen en fonction du volume et de la surface terrière, ou bien, en prenant comme variables indépendantes la surface terrière, l'âge et l'indice de productivité.

La prévision du volume et de l'accroissement en volume peut également être obtenue indirectement à partir de celle de certains paramètres comme la hauteur et la surface terrière [57] ou le nombre de tiges à l'hectare. Il est possible de classer dans cette dernière catégorie la méthode

ingénieuse et très synthétique de G.R. Müller [46] appliquée à des peuplements d'épicéas de Suède et de Bavière.

Une étape importante est franchie, mais aussi un degré supplémentaire de complexité, dans l'étude de la croissance des peuplements et la prévision de la production quand est pris directement en compte le fait (parfois remarqué même par des profanes en matière forestière tel Michel Simon (1) mais pas toujours assumé dans les formulations — voire même dans les inventaires [2]) suivant lequel les arbres restent toujours à la même place, fait qui, joint au maintien de la croissance sur toute la durée de la vie, caractérise les populations d'arbres et détermine, avec l'intensité de la concurrence vitale, la nécessité d'éclaircies dans un but non purement sélectif.

Pour prendre entièrement en compte ce fait et ses conséquences, des constructions mathématiques, traduites dans des programmes de calcul [48], ont été réalisées qui :

- déterminent l'arrangement spatial de chaque tige et définissent ses dimensions ;
- évaluent le degré de compétition ;
- simulent comment sa croissance est affectée par ce facteur ou autres agents limitants ;
- suppriment cette tige après sa mort ou son exploitation.

L'accent est mis sur la difficile solution de ce dernier problème et sur l'importance des progrès restant à réaliser pour améliorer les modèles existants.

Dans l'étude de K.J. Mitchell [45], portant sur les peuplements de Douglas de seconde génération de la Colombie britannique, sont pris en charge la distance entre arbres et le développement concurrentiel des cimes. Vingt-deux équations de régression mettant en jeu une trentaine de paramètres déterminent à partir de l'âge, de l'indice de productivité et de la vigueur de l'arbre, la croissance en hauteur, l'allongement des branches, la forme et la taille de la cime, le volume du feuillage, le volume et la répartition de l'accroissement du tronc. Ces relations sont introduites dans un modèle mathématique dynamique qui simule l'expansion, dans l'espace à trois dimensions, des cimes de chaque arbre sous l'effet des processus internes de croissance et de la concurrence. La production des peuplements est la résultante de ces croissances individuelles.

## FONCTIONS DE CROISSANCE

La complexité des modèles élaborés et plus encore, sans doute, leur grande diversité, aussi bien dans la forme que dans les variables indépendantes utilisées pour expliquer une même variable dépendante, seraient de nature à faire naître un doute sur la fiabilité des méthodes et la valeur prévisionnelle des modèles établis. La possibilité de traduire une croissance par une équation de régression a d'ailleurs pu être mise en doute [59, 41].

Il a, d'autre part, été souligné que les méthodes statistiques ne pouvaient remonter jusqu'à la causalité des phénomènes. C'est ainsi que V.A. Kostitzin [37] a pu écrire que Descartes, statisticien, n'aurait jamais découvert la loi de la réfraction et qu'un polynôme ajusté aux données d'expérience par un statisticien moderne ne lui aurait été d'aucun secours.

C'est bien grâce aux travaux de Kostitzin et de ses prédécesseurs, tels Lotka, Volterra, Huxley, Teissier [59] qu'il a pu être possible, au moins dans quelques cas, de déduire la forme mathématique de l'expression et de décider du choix des variables indépendantes à y inclure.

Le point de départ est alors une équation différentielle traduisant une hypothèse biologique concernant le processus de croissance qui, par intégration, conduit à une fonction de croissance.

La valeur numérique des coefficients, qui ont eux-mêmes une signification biologique, est déterminée par voie d'ajustement aux données de placettes.

(1) « J'aime les arbres parce qu'ils sont sédentaires, ils sont toujours là ». Europe n° 1, 29 novembre 1965.

Un tel exemple a été donné par le modèle de croissance de Von Bertalanffy (1951) qui a émis l'hypothèse suivant laquelle le taux de croissance potentiel en volume résulte de la différence entre ceux des processus anaboliques et cataboliques, le premier étant exprimé comme proportionnel à la surface de l'organisme et le deuxième à son volume, ce qui s'exprime mathématiquement par :

$$\frac{dV}{dt} = a V^{2/3} - bV$$

$2/3$  étant la constante d'allométrie.

Cette expression a été généralisée en :

$$\frac{dV}{dt} = a V^m - bV$$

Ce qui conduit par intégration relativement à l'âge à une fonction de croissance exponentielle (1) qui, outre le volume, serait applicable à toute autre variable qui aurait avec lui une relation d'allométrie.

L.V. Pienaar et K.J. Turnbull [52] ont fait application de cette fonction à la croissance en surface terrière et à la production des peuplements équiennes éclaircis ou non. Ajusté à la croissance, en fonction de l'âge, du volume, de la hauteur, du « formhöhe », de la surface terrière, ce modèle très flexible se traduit par des courbes dont la forme sigmoïde est bien connue des forestiers.

J.H. Bartet [5] a été conduit à améliorer l'idée de Von Bertalanffy pour exprimer la croissance en hauteur à l'aide d'une fonction de croissance assez sophistiquée ne comprenant pas moins de 9 paramètres sur laquelle, avec la loi empirique de Eichhorn il propose de faire reposer la construction, en France, des tables de production à partir de 1976.

## SIMULATION PAR VOIE INFORMATIQUE

Les tables de production classiques, dont la rigidité est difficilement adaptable à la nature dynamique des peuplements et à la multiplicité des facteurs entrant en jeu, ainsi qu'au caractère aléatoire et discontinu des phénomènes de croissance (ce double caractère a pu justifier le recours aux chaînes de Markov) [31], tendent à être abandonnées au bénéfice de moyens mieux adaptés et plus souples.

Certains auteurs [39] ne font d'ailleurs pas de distinction entre les tables de production et le recours aux programmes d'informatique qui sont, il est vrai, utilisés comme moyen de calcul pour leur construction et pour l'application numérique des modèles, qu'il s'agisse de fonctions de production ou de croissance. De là, on passe à la constitution de modèles dynamiques plus flexibles pouvant admettre des données nouvelles tirées de la croissance — au moyen, notamment, de placettes permanentes ou d'inventaires continus —, de l'évolution intervenue et de décisions relatives à la sylviculture à appliquer ou dont il s'agit de prévoir les effets grâce à la simulation au moyen de tels modèles.

Dans cette démarche où l'ordinateur permet de prendre en charge une bonne part de raisonnement de l'analyse logique et déductive et où les relations entre faits mesurés sont établies ou

(1) Vers la même époque (1951) l'A. avait, également, établi une formule exponentielle, exprimant le volume en fonction du diamètre, à partir de raisonnements, fondés sur le rôle de l'eau dans la croissance de l'arbre, que le professeur M. Prodan avait eu l'indulgence de juger « très remarquables » ajoutant que c'était, selon sa connaissance, « la première fois qu'on a déduit une formule pour l'ajustement des volumes des arbres en partant de considérations de la croissance de l'arbre, alors que toutes les autres formules sont prises en considération seulement d'après leurs propriétés d'ajustement » (lettre personnelle du 10 septembre 1965). Dans cette formule la relation d'allométrie entre le diamètre à 1,30 m et le volume ne se retrouve que sous forme asymptotique. On ne voit d'ailleurs pas comment une dimension non homologuée de la tige pourrait rigoureusement satisfaire une telle relation.

précisées au moyen de la statistique, il serait possible d'apercevoir une analogie avec les procédés de l'économétrie dont la définition donnée par Léontief : « type spécial d'analyse économique dans lequel l'approche théorique générale — souvent formulé en termes explicitement mathématiques — se combine fréquemment au moyen de procédures statistiques complexes à la mesure empirique des phénomènes économiques [4] » pourrait être adoptée en substituant seulement « biologique » à « économique ».

## CARACTÈRES COMMUNS DES MÉTHODES EXAMINÉES [60, 37, 58]

Les diverses méthodes de prévision de l'évolution des peuplements apparaissent comme ayant en commun un certain nombre de caractères essentiels qui sont déterminants du point de vue de l'utilisation éventuelle pour le calcul de la disponibilité. Ces caractères communs paraissent pouvoir être résumés comme suit :

— l'élaboration des méthodes en cause est le fait de spécialistes — ou même d'équipes multidisciplinaires —, chercheurs ou enseignants ;

— ces méthodes ne sont normalement applicables qu'à des peuplements d'une essence — deux exceptionnellement — homogènes, très généralement équiennes ou, tout au moins, traités en futaie de densité normale ou proches de cette densité.

Les modèles établis sont, en conséquence, ajustés à partir de données qui ne sont pas issues d'échantillons représentatifs de l'ensemble des peuplements tels qu'ils existent en réalité, dans la mesure où ces peuplements comportent des mélanges d'essences, des trouées, des traitements sylvicoles s'écartant des normes admises. Il suffit, pour s'en rendre compte, de comparer les volumes sur pied et les accroissements moyens indiqués par les tables de production à ceux résultant d'un inventaire portant sur un échantillon représentatif.

On pourrait ajouter que les cas envisagés s'appliquent presque toujours à des résineux et sont mieux adaptés à des peuplements artificiels de densité uniforme, éclaircis ou non, et exploités par coupes rases.

L'état idéalisé des peuplements ci-dessus décrits contraste avec le caractère sophistiqué des méthodes à mettre en œuvre qui ne sont d'ailleurs pas encore affranchies du domaine de la recherche, la nécessité de leur perfectionnement étant très généralement reconnue.

## CONSÉQUENCES POUR LE CALCUL DE LA DISPONIBILITÉ

Il résulte des constatations faites ci-dessus que les tables de production et les différents modèles prévisionnels actuellement disponibles sont d'application étroite, c'est-à-dire qu'ils ne s'appliquent qu'à des peuplements de futaie (presqu'exclusivement, à la futaie régulière), et exigent une stratification préalable de ces peuplements selon tout au moins, l'essence, la classe d'âge, la classe de productivité, la dimension ou la densité. On aboutit ainsi, avec par exemple 5 essences, 6 classes d'âge, 5 classes de productivité, 3 classes de densité — en laissant de côté les classes d'exploitabilité — à 450 strates à traiter séparément. Ainsi que le souligne S. Nersten [47], on arrive dans ces conditions à dépasser la capacité des ordinateurs disponibles. Encore cet auteur n'envisage-t-il que le cas limité où il s'agirait d'une seule forêt et d'un seul mode de traitement. Si on ajoute à cela une distinction par régions et 4 ou 5 hypothèses différentes de sylviculture, on aboutit à une multiplication des strates qui se chiffre, non plus en centaines, mais par milliers.

La lourdeur et la complication qui s'attache à une telle mise en œuvre de méthodes élaborées, tendant à approcher d'aussi près que possible la réalité, permet de comprendre la place restreinte

accordée à la rigueur scientifique aussi bien dans le calcul des possibilités d'aménagement que dans leur application.

Il est également compréhensible que les tentatives les plus nombreuses et les plus poussées, en vue d'introduire cette rigueur dans la prévision de l'évolution des peuplements, aient eu lieu d'abord dans les pays où des facteurs tels que la latitude ou la faible densité de population, relativement à l'étendue des ressources, ont largement contribué à la simplification des problèmes, soit comme le premier de ces facteurs, en réduisant à l'extrême le nombre des essences et en leur interdisant de s'élever en altitude ou, comme le second en limitant l'action humaine qui n'a pas rompu l'homogénéité des peuplements ni l'uniformité de leur structure, sur de grandes étendues où se sont maintenues les formations naturelles climatiques (1).

L'ancienneté et l'intensité de l'action humaine, le flux et le reflux des terres cultivées, ayant abandonné, sur une grande partie des surfaces actuellement boisées, le limon de leur extrême parcellement, comme sans doute aussi, l'esprit individualiste des français [9], ont contribué à donner à nos forêts un aspect en opposition presque parfaite avec celui ci-dessus évoqué et grandement accrue la difficulté de toute spéculation ou action raisonnée (2).

Il peut être tentant, au niveau de la première de ces activités qui permet l'abstraction, de créer l'homogénéité nécessaire à notre projet par un artifice qui — en négligeant l'une des caractéristiques essentielles, déjà soulignée, des populations d'arbres — consisterait à réunir les tiges par groupes-essences et catégories de diamètre, indépendamment de leur peuplement d'origine, et de leur faire application d'une méthode de projection.

Mais ce qui est possible au moment de l'utilisation des produits — qui inspire la constitution de ces catégories de classement — ne l'est pas à l'amont, au niveau de la gestion, voire même de l'exploitation où il ne peut être fait abstraction des contraintes liées à l'état de peuplement qui sont les facteurs essentiels de son évolution et de la sylviculture à mettre en œuvre.

Ce besoin de simplification extrême des données physiques, pour permettre de leur appliquer une méthode mathématique de programmation, est manifeste dans les travaux du « Groupe d'études et de recherches en économie forestière » tels qu'ils ont été présentés, il y a cinq ans, aux lecteurs de cette revue [11].

Pour l'application des modèles d'optimisation aux problèmes de gestion forestière, les auteurs de l'étude ont été conduits à choisir l'exemple des futaies régulières et, parmi celles-ci, le cas le plus simple qui est celui du pin maritime des Landes de Gascogne, grâce à la durée réduite de la révolution et à la régénération par coupes rases. Une nouvelle étape dans le processus de simplification a d'ailleurs dû être franchi en abordant cet exemple au travers des seules données techniques des tables de production.

Très conscients de n'avoir « pas pris en compte toute la complexité de la vie de la forêt » en se limitant, notamment, au domaine de validité de ces tables (3), ces auteurs ont constaté dans leur conclusion « qu'il ne fallait pas se faire d'illusions sur la possibilité de tout formaliser dans un domaine aussi complexe que la forêt ».

Après avoir dû constater « que la longueur du cycle de production... amène des problèmes de prévision extrêmement difficiles à résoudre », la même école de pensée avait posé en principe qu'un traitement identique, en matière d'études d'économie forestière, ne pouvait être appliqué qu'à des surfaces élémentaires, homogènes au point de vue des catégories d'agents producteurs, et, aussi bien, des caractéristiques propres aux peuplements que des multiples facteurs internes et externes qui conditionnent la production [10].

(1) Ce qui permet de parler de peuplements de seconde ou de première génération comme si ces derniers étaient nés au lendemain du déluge ou lui avaient survécu. Il est vrai que ces peuplements ont été souvent renouvelés du fait de catastrophes naturelles.

(2) Toute règle comportant des exceptions, on peut citer celles que constituent les taillis simples et les peupleraies où, comme en agriculture, l'action humaine a tendu à uniformiser.

(3) Dont un forestier connaissant particulièrement bien le massif landais a pu écrire : « qu'il y a bien peu de peuplements qui soient exactement conformes à ceux décrits dans ces tables [42] ».



Les mêmes auteurs, économistes et forestiers, ont été également conduits à admettre « qu'une des conditions pour que la prévision des conséquences d'un choix soit bonne était qu'elle s'appuie sur une représentation des enchaînements des phénomènes en cause qui soit la plus fidèle possible à la réalité. Toute omission d'une relation déterminante compromet la portée opérationnelle de l'étude parce qu'elle compromet sa valeur logique ».

Il serait difficile de ne pas reconnaître qu'une attitude d'esprit se voulant scientifique conduit inévitablement à la formulation des principes ci-dessus énoncés.

Cette attitude est, plus précisément, celle découlant de la philosophie cartésienne dont il a pu être constaté que tout Français qui se respecte a assimilé la méthode en buvant le lait maternel [9].

Nous devons d'ailleurs constater que ces exigences du réductionnisme analytique sont conformes à celles ci-dessus rencontrées comme condition d'application des différentes méthodes de prévision de la production qui ont été examinées.

Force est, cependant, de reconnaître que de telles exigences, soutenables dans l'abstraction, ont conduit, pour rendre possible leur mise en application, à abstraire également de la réalité des représentations assez peu fidèles, rendant très difficile la généralisation des résultats.

Un exemple tel que celui donné par l'étude de S. Nersten [47] met en lumière le degré de complication auquel peut conduire — s'agissant même de la forêt scandinave et des seules caractéristiques physiques — la nécessité de la décomposition des peuplements en éléments simples.

Le seuil qui sépare la complication de la complexité — situation dans laquelle échoue la prétention à l'exhaustivité de l'analyse et à la mise en évidence de « longues chaînes de raisons toutes simples » du Discours de la méthode — est rapidement franchi dès que sont abordées les situations concrètes, surtout si, aux paramètres purement physiques, qui conditionnent l'évolution des peuplements, est ajoutée l'action de tous les facteurs externes — pas seulement de nature économique et financière — qui interviennent dans la mobilisation de la ressource.

La nécessité d'admettre l'intervention du hasard dans les relations causales a déjà été un sujet de scandale [14]. Ce scandale a pu être dépassé en admettant que « le rôle de la méthode statistique est de déblayer le terrain, d'établir une certaine quantité de lois empiriques, de faciliter le passage des variables statistiques aux variables analytiques... l'analyse mathématique étant seule capable de remonter jusqu'à la causalité des phénomènes [37] ».

C'est pourtant Ludwig von Bertalanffy, biologiste, dont nous avons rappelé une des tentatives pour franchir cette étape, qui est le créateur de la théorie du « Système général » par laquelle sont remis en cause, depuis quelques décades, les préceptes fondamentaux énoncés par Descartes et qui, jusque-là, étaient considérés — dans la pensée occidentale tout au moins — comme étant à la base de toute méthode scientifique [38].

Malgré la contribution essentielle et ayant pu paraître décisive apportée par l'essor de l'informatique à la prétention d'exhaustivité dans la traduction des phénomènes complexes, la théorie des systèmes ou « systémique » — « system analysis » des Anglo-Saxons — en abandonnant cette prétention et à la faveur d'une démarche accordant plus de place à l'intuition, substitue au précepte de l'analyse réductionniste celui de l'analyse globaliste (1) qui privilégie la prise en considération de l'environnement aux dépens de la réduction en partie d'un tout insécable et tend à substituer les préceptes de finalité et d'agrégativité respectivement à ceux de causalité et d'exhaustivité [38].

(1) Bertalanffy aurait proposé « perspectivisme » sans doute plus heureux qu'une expression dont les deux termes paraissent s'opposer [38].

## CONCLUSION

L'examen, ci-dessus effectué, des problèmes posés à l'occasion de l'étude de l'évolution des peuplements et de la prévision de la ressource disponible tend à mettre en lumière des situations assez paradoxales dans lesquelles le souci d'une approche scientifique conduit, en fait, à ne retenir de la réalité que des éléments à ce point simplifiés que les modèles construits perdent beaucoup de leur utilité pratique, d'autant plus que la formulation mathématique établie entre les variables est elle-même déformante et, en tous cas, « anormalement simple » comme l'a souligné C. Millier à propos de l'étude des liaisons station-production : la technique de régression ne permet pas d'expliquer un comportement, elle n'ouvre pas l'accès aux relations causales qui seules permettent véritablement de passer de la prédiction à l'action.

Encore ne s'agit-il là que de l'approche du problème sous son aspect physique. L'introduction du seul environnement humain, qui intervient dans la production des peuplements et conditionne la mobilisation de la ressource, engendre une complexité telle qu'elle paraît exiger le recours à d'autres moyens, alors surtout qu'il s'agit, non plus de futaies pures et équiennes, mais des formations boisées de notre pays avec leurs structures morcelées, leur hétérogénéité de composition, de traitement et, trop souvent, l'absence de gestion raisonnée.

Il faut, d'ailleurs, bien reconnaître que l'utilisation qui est faite des méthodes mathématiques de régression implique déjà une sérieuse prise de distance à l'égard des préceptes d'exhaustivité et d'analyse cartésiens. Les exigences d'explication causale ne sont, elles-mêmes, guère compatibles avec le passage dans cette « boîte noire » dont on connaît les entrées et les sorties en ignorant le fonctionnement interne [44] [53].

La démarche qui a conduit de nombreux chercheurs, biologistes tels que L. Bertalanffy, ou sociologues, de la recherche opérationnelle à l'analyse de système — du mode de penser analytique au mode de penser synthétique [1] — est, peut-être le tournant (1) à prendre pour aborder dans toute sa généralité et sa complexité le problème de la disponibilité.

La définition donnée, dans cette perspective, d'un « système » par R.L. Ackoff [1] paraît bien d'ailleurs être parfaitement applicable à un peuplement forestier et à son environnement.

Un système est un ensemble de deux ou plusieurs éléments de nature quelconque en corrélation qui satisfont aux conditions suivantes :

1. Les propriétés ou le comportement de chaque élément de l'ensemble a un effet sur les propriétés ou le comportement de l'ensemble considéré comme un tout.
2. Les propriétés et comportement de chaque élément et leur mode d'action sur l'ensemble dépendent des propriétés et du comportement d'au moins un autre élément de l'ensemble. En conséquence aucune partie n'a un effet indépendant sur le tout et chaque partie est affectée par au moins une autre partie.
3. Chaque sous-ensemble possible d'éléments possède les deux propriétés ci-dessus : dès lors le tout ne peut être décomposé en sous-ensembles indépendants.

\*  
\* \*

En attendant qu'interviennent les progrès décisifs pouvant résulter d'une nouvelle approche intellectuelle du problème de l'évaluation de la ressource qui permette de l'assumer dans toute sa complexité — sans pour autant abandonner la rigueur scientifique — la nécessité conduit à accepter des solutions reposant en partie sur l'empirisme, au sens propre du terme, c'est-à-dire fondées essentiellement sur l'expérience : soit la connaissance apportée par les inventaires sur l'état des peuplements et leur évolution.

(1) « Le tournant de notre recherche est, peut-être, un changement de niveau dans la connaissance de la réalité » N. Décourt. *Annales des sciences forestières*, fasc. 30, n° 3, 1973, p. 366.

Dans une telle perspective des forestiers spécialistes de l'analyse de la ressource [34] [35] procèdent, dans les conditions précisées ci-dessous, pour l'évolution des *volumes exploitables prévisibles* (perspective available cut) à moyen ou long terme.

Ils étudient préalablement, à partir des données des inventaires successifs, les variations intervenues dans :

- les superficies boisées par grandes régions naturelles et catégories de propriété ;
- la répartition par catégories de diamètre des feuillus et résineux ;
- la production à l'unité de surface — et toutes ses composantes — par classes de diamètre, grandes régions naturelles et catégories de propriété ;
- les volumes exploités comparés à la production ;
- les volumes sur pied des feuillus et des résineux à l'intérieur des mêmes unités d'inventaire

et en dégagent des tendances.

Ils admettent ensuite, qu'en l'absence de changements significatifs soit dans les superficies boisées, soit dans l'état des peuplements, la production nette <sup>(1)</sup> fournisse une estimation des volumes exploitables.

Comme des changements sont, toutefois, susceptibles d'intervenir, ils sont pris en compte, pour améliorer la prévision, dans la mesure où leurs effets peuvent être déterminés. De tels changements peuvent concerner notamment : les surfaces, l'équilibre des classes d'âge, les orientations des aménagements, dont il peut généralement être admis qu'elles tendront à égaliser la coupe à la production.

Les projections sont faites, à la fois, sur le volume total exploitable et sur celui des seuls bois de sciage. Il s'agit d'un calcul réaliste du volume de la coupe prévisible (prospective available cut) qui correspond assez bien à la première acception de la notion de disponibilité définie au début de cet article.

Il est concurremment procédé, par les mêmes analystes, à une évaluation de la *coupe disponible potentielle* (potential available cut) qui correspond à la deuxième interprétation — ou niveau de disponibilité — qui a été proposée comme correspondant à la capacité de production maximale.

Une solution rapide de ce problème peut être obtenue — si les données nécessaires sont disponibles — en établissant un classement des sols suivant leur niveau de productivité et en appliquant à leurs surfaces respectives les productions potentielles relatives aux peuplements naturels de densité optimale.

Une estimation plus élaborée du niveau maximum de la coupe pouvant être atteint, grâce à l'application d'une sylviculture intensive, est obtenue en fixant les objectifs d'aménagement en termes de surface terrière à l'unité de surface et de coefficient de Liocourt <sup>(2)</sup> (stand-structure coefficient) ce qui revient à fixer un certain équilibre des classes d'âge.

Pas plus que dans le cas de la coupe prévisible il ne s'agit, dans cette évaluation de la coupe potentielle, de prévisions basées sur des hypothèses plus ou moins gratuites, ayant peu de fondement dans la réalité des situations et des moyens, mais au contraire, de l'estimation du niveau maximum de la coupe effectivement réalisable, sans modification radicale de la sylviculture, mais grâce à une intensification de « l'aménagement <sup>(3)</sup> » y compris éventuellement le boisement de nouvelles terres.

(1) Production nette : accroissement des arbres sur pied en fin d'année + le passage à la futaie en début d'année + l'accroissement des tiges passées à la futaie + l'accroissement des arbres exploités + l'accroissement des arbres morts — la mortalité (volumes des arbres morts).

(2) Le coefficient de décroissance de Liocourt [55] a été défini, en réalité, pour la seule futaie jardinée mais, ainsi que l'a montré Zimmerle [3] il y a similitude entre la loi de distribution du nombre de tiges par catégories de diamètre en futaie jardinée et celle relative à une série de futaie régulière équilibrée d'une même classe de fertilité.

(3) Le mot « aménagement » est placé entre guillemets car il n'a pas, ici, le sens habituel relatif à l'action de prévoir la sylviculture et les travaux à mettre en œuvre, mais cette mise en œuvre, elle-même, n'impliquant pas nécessairement l'existence d'un document portant ce nom et plus ou moins traduit dans les faits.

Il convient, en conséquence, de souligner que les projections en cause — qu'elles concernent la coupe prévisible ou la coupe potentielle — supposent la préexistence d'une action consciente sur la forêt de la part des propriétaires. Une totale ignorance de leurs intentions est considérée comme interdisant toute prévision en matière de volume exploitable [33].

L'absence de données disponibles fournies par, au moins, deux inventaires successifs rend particulièrement malaisé le dégagement de tendances d'évolution.

Faute de données suffisamment fiables en ce qui concerne ces tendances il est, sans doute, toujours possible d'avoir recours à des hypothèses notamment sur l'orientation future de la sylviculture et d'essayer d'évaluer le niveau de la ressource correspondant à chaque groupe d'hypothèses ainsi avancées.

Dans une telle perspective il faut, toutefois, ne pas perdre de vue :

— qu'en l'absence de relations causales, il n'est pas possible de jongler avec des hypothèses concernant la sylviculture appliquée si on veut être en mesure de dégager des estimations suffisamment fiables de la disponibilité correspondante. L'exemple fourni par la construction des tables de production, qui correspond pourtant à des conditions de peuplement simplifiées, suffit à montrer combien est difficile l'introduction de telles hypothèses ;

— que des hypothèses qui ne correspondraient pas à des moyens d'action possible sur le comportement des propriétaires, des exploitants et des utilisateurs de la ressource, ne présenteraient pas beaucoup plus qu'un intérêt purement intellectuel.

\*  
\* \*

La connaissance très sommaire de la plus grande partie des formations boisées de notre pays (1) dont il a paru possible de se contenter jusqu'à une époque récente était sans doute assez en harmonie avec son état, tant du point de vue de la structure foncière que du niveau de l'organisation.

Malgré les progrès très importants réalisés quant au dernier de ces aspects, depuis la mise en application de la loi de 1963 sur la forêt privée et grâce, également, à l'action de la Fédération des propriétaires forestiers sylviculteurs, cette première constatation autoriserait à se poser la question de savoir si, compte tenu de cet état, la richesse d'informations et le degré de précision apportés par la réalisation de l'inventaire forestier national ne constituait pas un luxe en partie inutile.

Si, en effet, le mot « inventaire » était utilisé en français avec la signification « d'état de la forêt constaté par l'inventaire » parfois donné en américain à son homologue « inventory », il serait possible d'écrire : « l'inventaire, par son caractère hétérogène, tant au point de vue de sa composition que de sa structure, par la fragmentation de ses éléments est à l'opposé des conditions requises pour permettre une évaluation suffisamment fiable de la disponibilité à moyen ou à long terme ».

Un inventaire forestier, qui doit donner la photographie de la forêt à un moment donné a, nécessairement, les caractéristiques de ce qu'il traduit. Seule une profonde transformation d'un état de fait, qui constitue d'ailleurs une pierre d'achoppement pour la plupart des mesures intéressant la forêt particulière — quand ce ne sont pas les forêts soumises elles-mêmes [61] — peut aboutir à une solution traduisible par des données d'inventaire claires, simples, homogènes et normalement utilisables, notamment pour la prévision de l'évolution des peuplements et de la ressource disponible.

Dans le cas où des conditions proches de l'optimum — en ce qui concerne, sinon la structure foncière, mais, tout au moins, l'homogénéité quant à la composition, au traitement et à l'exis-

(1) Le cadastre, seule statistique permanente de base sur les formations boisées, ne fournissait que sur les superficies des données de valeur très inégale : « Le cadastre fourmille d'erreurs... » (André Leclère, Qu'est-ce que l'état boisé, *Le Bois*, n° 15, 15-20 août 1971). De plus, alors que les « parcelles parties » qui ne sont pas délimitées sur les plans ont été en principe supprimées depuis qu'a été entreprise la rénovation du cadastre, il apparaît qu'elles subsistent en fait pour les bois et forêts.

tence d'une tradition sylvicole — telles qu'elles sont réalisées dans les Landes de Gascogne, on doit cependant constater que, même en disposant de données plus abondantes que dans la majorité des cas (inventaire forestier, enquête sur l'activité de la branche exploitation forestière, statistiques de la Centrale forestière, tables de production et classes de productivité), un forestier ayant, au surplus, une longue et profonde expérience de ces forêts de pin maritime reconnaît, dans la conclusion d'une étude récente [42] sur un essai de prévision des ressources en bois d'œuvre et de trituration dans le Massif Landais, qu'il a éprouvé « d'énormes difficultés » pour dégager les tendances de l'évolution probable de la ressource disponible.

Ce serait commettre une erreur majeure que de traiter un faux problème : la conclusion qui paraît s'imposer avec évidence, c'est que l'accroissement de la ressource, son adaptation aux besoins, sa mobilisation et la possibilité même d'études de disponibilité ayant un caractère tant soit peu scientifique et susceptibles d'orienter et quantifier l'action d'aménagement de cette ressource et de son utilisation passe par une transformation profonde d'une grande partie de la forêt française quant à la structure foncière et à l'existence d'une gestion effective. Mais, tout comme pour la prévision éventuelle de la coupe prévisible et de la coupe potentielle, la possibilité d'une telle transformation exige sans doute en premier lieu la connaissance de la situation en cause (ce fut déjà, semble-t-il, un des buts visés par l'enquête Daubrée) et de son évolution.

L'exécution du cadastre forestier — ou, plus exactement, de la matrice forestière cadastrale — de portée encore réduite par sa limitation au territoire communal et de l'enquête de structure déjà amorcée, doivent apporter le complément indispensable à l'inventaire forestier pour la connaissance de cette situation.

C'est, suivant le vœu de la loi, le renouvellement régulier de cet inventaire qui, à défaut de la possibilité d'une étude exhaustive de l'action de chaque facteur sur l'évolution des peuplements et la mobilisation de la ressource, doit permettre, par l'enregistrement périodique des variations globales résultant de leur effet combiné, de mettre en évidence les grandes tendances de cette évolution.

En raison de l'impossibilité d'obtenir par l'enquête de branche la ventilation des volumes exploités, suivant les grandes catégories de propriété et formations boisées, il est très souhaitable que — malgré les difficultés techniques à surmonter et le supplément de coût qui doit en résulter — l'Inventaire forestier national puisse fournir périodiquement de telles données sur la coupe, par le remesurage de placettes permanentes devant satisfaire aux conditions antagonistes d'être à la fois invisibles sur le terrain et facilement repérables. Cette utilisation de placettes permanentes présenterait l'avantage supplémentaire de permettre la seule évaluation vraiment fiable des pertes résultant de la mortalité et la mesure directe de l'accroissement en volume et du passage à la futaie sans recourir aux sondages à la tarière. Seraient ainsi au total mesurés, à défaut des facteurs de croissance eux-mêmes, les divers éléments entrant dans le calcul de la production nette des peuplements.

Lucien BRENAC  
Ingénieur général du G.R.E.F.  
Chef du Service  
INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL  
1<sup>er</sup>, avenue de Lowendal  
75700 PARIS

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] ACKOFF (R.L.). — Redesigning the future. — John Wiley and Sons, 1974.
- [2] AFOCEL-CTFT. — Une estimation rapide des ressources ligneuses en France. *Revue forestière française*, n° 5, 1973, pp. 399-406.
- [3] ASSMANN (E.). — *Waldstragskunde*. — Munich, Bayerischer Landwirtschaftsverlag, 1961.
- [4] BARRE (Raymond). — *Économie politique* (9<sup>e</sup> édition). — P.U.F., 1972.
- [5] BARTET (J.H.). — Méthode utilisée pour construire les tables de production en France à partir de 1976. — Paris, office national des forêts — section technique, 1976 (Document n° 76-6, XVI<sup>e</sup> Congrès I.U.F.R.O.).
- [6] BARTET (J.H.). — Construction de tables de production à sylviculture variable pour l'épicéa dans les Alpes du nord. — Fontainebleau, office national des forêts — section technique, 1976 (Document n° 76-2).
- [7] BOURGENOT (L.) et al. — *Manuel pratique d'aménagement*. — Paris, office national des forêts, 1964.
- [8] BOURGENOT (L.) et al. — *Manuel d'aménagement* (2<sup>e</sup> édition). — Paris, office national des forêts, 1970.
- [9] BOURGENOT (L.). — En France : nouvelles tendances en matière de méthodes d'aménagement — 4. Les méthodes de conversion et de transformation. Conclusion générale. *Revue forestière française*, n° 3, 1969, pp. 198-208.
- [10] BOURGAU (J.M.), GUET (M.), RIMKINE (P.). — Note préliminaire sur la définition d'un programme d'études d'économie forestière. *Revue forestière française*, n° 1, 1969, pp. 53-62.
- [11] BOURGAU (J.M.), POUPARDIN (D.). — Modèles de gestion sylvicole. *Revue forestière française*, n° 2, 1972, pp. 131-140.
- [12] BOUVAREL (P.). — Écologie forestière : station et production ligneuse. *Annales des sciences forestières*, vol. 30, n° 3, 1973, pp. 199-200.
- [13] BRENAC (L.). — L'inventaire forestier. *Génie rural. Revue de l'aménagement et de l'équipement du milieu rural*, n° 9, septembre 1967, pp. 563-571.
- [14] BRENAC (L.), SCHAEFFER (L.). — La méthode statistique et ses applications en matière forestière. *Revue forestière française*, n° spécial, août 1953.
- [15] BRENAC (L.). — L'inventaire forestier. *Cahiers du CENECA*. Colloque de Bordeaux, 1964.
- [16] CHAPMAN (H.H.), MEYER (W.H.). — *Forest mensuration*. — New York, Mac Graw Hill Book C., 1949.
- [17] CURTIS (R.O.), DE MARS (D.J.), HERMANN (F.R.). — Which dependent variable in site — indexheight — age regressions? *Forest science*, vol. 20, n° 1, 1974, pp. 74-87.
- [18] DECOURT (N.). — Remarque sur une relation dendrométrique inattendue. Conséquences méthodologiques pour la construction des tables de production. *Annales des sciences forestières*, vol. 31, n° 1, 1974, pp. 47-55.
- [19] DÉCOURT (N.), GODRON (M.), ROMANE (F.), TOMASSONE (R.). — Comparaison de diverses méthodes d'interprétation statistique de liaison entre le milieu et la production du pin sylvestre en Sologne. *Annales des sciences forestières*, vol. 26, n° 4, 1969, pp. 413-443.
- [20] DECOURT (N.). — Tables de production pour les forêts françaises. — Nancy-Champenoux, Centre national de recherches forestières, 1973.
- [21] DECOURT (N.). — Production primaire, production utile : méthodes d'évaluation, indices de productivité. *Annales des sciences forestières*, vol. 30, n° 3, 1973, pp. 219-238.
- [22] DECOURT (N.). — Les tables de production : leur limite et leur utilité. *Revue forestière française*, n° 8-9, 1964, pp. 640-657.
- [23] DUCHAUFOR (P.). — Stations, types d'humus et groupements écologiques. *Revue forestière française*, n° 7, 1960, pp. 484-494.
- [24] DUCHAUFOR (P.). — *Précis de pédologie*. — Paris, Masson, 1970, 482 p.
- [25] DUPLAT (P.), GOUPIL (Ph.). — Confrontation des tables de production Décourt à la réalité d'une grande forêt de pin maritime. — Paris, office national des forêts — section technique, 1976, 40 p.
- [26] FRANÇOIS (T.). — Comparaison d'inventaires et sondages à la tanière de Pressler. *Société forestière de Franche-Comté. Bulletin* n° 7, 1934, pp. 444-459.
- [27] GARBAYE (J.), LEROY (Ph.), LE TACON (F.), LÉVY (G.). — Réflexions sur une méthode d'études des relations entre facteurs écologiques et caractéristiques des peuplements. *Annales des sciences forestières*, vol. 27, n° 3, 1970, pp. 303-321.
- [28] HILEY (W.E.). — *Woodland management* (2<sup>e</sup> édition). — Londres, Faber and Faber, 1967, 464 p.
- [29] HÜFFEL (G.). — *Économie forestière* (2<sup>e</sup> édition). — Tome I, Paris, L. Laveur, 1910, p. 244.
- [30] HÜFFEL (G.). — *Économie forestière* (2<sup>e</sup> édition). — Tome III, Paris, L. Laveur, 1926, p. 48.

- [31] HOOL (J.N.). — A dynamic programming-Markov chain approach to forest production control. *Forest science. Monograph* 12, 1966.
- [32] HUSCH (B.). — Forest mensuration and statistics. — New York, Ronald Press, 1963.
- [33] HUTCHISON (O.K.). — Alaska's forest resource. — Juneau, Institute of northern forestry — Pacific north-west forest and range experiment station, 1968.
- [34] KNIGHT (H.A.), Mc CLURE (J.P.). — Virginia's timber. *U.S. Forest Service. Southern forest experiment station. Resource Bulletin* S.E. 8, 1967, 47 p
- [35] KNIGHT (H.A.), Mc CLURE (J.P.). — North Carolina timber 1966 et 1974. *U.S. Forest Service. South-eastern forest experiment station. Resource Bulletin* S.E. 5, 1967 et 1975.
- [36] KOZLOWSKI (T.T.). — Tree growth. — New York, The Ronald Press Company, 1962.
- [37] KOSTITZIN (V.A.). — Biologie mathématique. — Paris, Armand Colin, 1937.
- [38] LEMOIGNE (J.L.). — L'analyse de système : nouveau discours de la méthode. *France Forum*, octobre-novembre 1976.
- [39] LOETCH, HALLER, ZÖHRER. — Forest inventory. — Volume 2, München, ELV Verlag, 1973, 469 p.
- [40] MARTY (R.). — Some special problems of forecasting timber supplies. *Journal of forestry*, n° 2, 1969, pp. 88-91.
- [41] MAYRAT (André). — Allométrie et taxonomie. *Revue de statistique appliquée*, vol. 8, 1970.
- [42] MAUGÉ (J.P.). — Ressources en bois dans le massif landais : essai de prévision de leur évolution. 1975 (non publié).
- [43] MEYER, RECKNAGEL, STEVENSON, BARTOO. — Forest management (2<sup>e</sup> édition). — New York, Ronald Press Company, 1961.
- [44] MILLIER (C.). — Méthodologie mathématique des études de liaison station-production. *Annales des sciences forestières*, vol. 30, n° 3, 1973, pp. 351-366.
- [45] MITCHELL (K.J.). — Dynamics and simulated yield of Douglas fir. *Forest Science, monograph* 17, 1975.
- [46] MÜLLER (G.R.). — A new method to find the growth and yield of forests without use of yield-tables.
- [47] NERSTEN (S.). — Long term yield projections in Norwegian forestry. *Readings in forest economics*, 1969 (Oslo-Bergen-Tromsø, Universitets forlaget).
- [48] PAILLÉ (G.), SMITH (J.H.). — Uses of simulation in forecasting stand growth and mortality. *In* : WARDLE P.A. (Ed.). — Operational research and the managerial economics of forestry. *Bulletin, Forestry commission, London*, n° 44, 1971.
- [49] PARDÉ (J.). — Retour sur l'indice C.V.P. de Paterson. *Revue forestière française*, n° 1, 1959, pp. 50-53.
- [50] PARDÉ (J.). — Table de production pour les forêts de chêne rouvre de qualité de tranchage du secteur ligérien. *Station de recherche et d'expérimentation forestière de Nancy. Notes techniques forestières* n° 11 mars 1962.
- [51] PARDÉ (L.). — Traité pratique d'aménagement des forêts. — Paris, 1930.
- [52] PIENAAR (L.V.), TURNBULL (K.J.). — The Chapman-Richards generalization of von Bertalanffy's growth model for basal area growth and yield in even-aged stands. *Forest science*, vol. 19, n° 1, 1973, pp. 2-22.
- [53] O'REGAN (W.G.), ARVANITIS (L.), GOULD (E.M.). — Systems, simulation and forest management. *Proceedings, Society of american foresters*, 1965.
- [54] RENNIE (J.P.). — Methods of assessing site capacity. *The Commonwealth forestry bureau*, vol. 42, n° 114, decembre 1963.
- [55] SCHAEFFER (A.), GAZIN (A.), ALVERNY (A. d'). — Sapinières. — Paris, P.U.F., 1930.
- [56] SPENCER (J.S.). — Arizona's forests. *U.S. Forest Service. Intermountain forest range experiment station. Ressource Bulletin* INT-6, 1966.
- [57] SPURR (S.H.). — Forest inventory. — New York, The Ronald Press, 1952.
- [58] STRUB (M.R.), VASSEY (R.B.), BURKHART (H.E.). — Comparison of diameter growth and crown competition factor in loblolly pine plantations. *Forest Science*, vol. 21, 1975, pp. 427-431.
- [59] TEISSIER (G.). — La relation d'allométrie, sa signification statistique et biologique. — First international biometric conference, 1947.
- [60] TURNBULL (K.J.), PIENAAR (L.V.). — A non-linear mathematical model for analysis and prediction of growth in non-normal an thinned forest stands. *In* : International advisory group of forest statisticians. 2nd Conference. Stockholm, 1st octobre 1965.
- [61] VILLAEYS (A.), TREILHOU (J.). — Un préalable souvent indispensable à l'aménagement du patrimoine forestier en zone de montagne : le regroupement foncier. *Bulletin d'information de l'Office national des forêts*, avril 1977.