

# ESTIMATION DE LA PRODUCTIVITÉ FORESTIÈRE : PRINCIPES ET MÉTHODES

par

Jacques RONDEUX

*Faculté des Sciences Agronomiques, Chaire de Sylviculture  
5800 Gembloux (Belgique)*

---

## 1. Introduction et généralités

La productivité revêt, à plusieurs égards, une importance considérable en matière d'aménagement des forêts. Sa détermination, condition essentielle au choix judicieux des essences, à la justification de leur localisation et à l'estimation de la production ligneuse, est aussi un élément clé dans l'appréciation du développement des peuplements. La notion de productivité ou de «capacité de production» est étroitement liée à la notion de «station».

La station, pour le gestionnaire forestier, s'identifie généralement à une étendue de forêt homogène (conditions écologiques et peuplements), sur laquelle il peut pratiquer la même sylviculture et peut espérer obtenir une même production.

Il importe de faire une distinction nette entre la productivité potentielle (ou naturelle ou optimale possible) et la productivité actuelle (ou artificielle). En principe, la première concerne une production optimale conditionnée par les propriétés intrinsèques des stations et relative à des peuplements «idéaux» (1) d'essences cultivées ou naturelles ; la seconde a trait à la production réelle constatée d'une station dans ses composantes actuelles (sol, peuplement, traitement, accidents, etc...).

(1) Non perturbés, homogènes, pleins, à densité normale (ne présentant ni vides, ni surstockages).

De manière générale deux démarches distinctes peuvent être utilisées dans l'appréciation de la productivité :

— soit que l'on détermine ou mesure un ou plusieurs *facteurs de l'environnement* étroitement liés à la croissance des arbres,

— soit que l'on mesure diverses caractéristiques des *arbres* ou de la *végétation* elles-mêmes liées aux facteurs de l'environnement.

Si la première approche, qui consiste à isoler les «causes», postule essentiellement l'étude de facteurs tels que le *climat*, la *topographie* ou plus souvent le *sol* et ses propriétés, la seconde approche, destinée à isoler les effets, est plus nettement orientée vers l'étude de la *végétation*, qu'il s'agisse des *plantes* ou des *espèces* indicatrices (phytosociologie, étude floristique) ou des *peuplements* (volume, hauteur, accroissements et autres caractéristiques dendrométriques).

En pratique, déterminer la productivité d'une station revient souvent à déterminer la production totale des peuplements qu'elle porte à un moment donné mais, en toute rigueur, cette façon de procéder ne permet pas toujours de mesurer la productivité potentielle ou encore la fertilité<sup>(2)</sup> de la station ; en effet, l'estimation de celle-ci suppose que l'on se trouve en présence de peuplements normaux et de stations uniformes sur le plan écologique, c'est-à-dire aussi que le contexte sol-climat-peuplement reste pratiquement constant au cours du temps (SUSMEL, 1966). Il faut bien admettre que semblables conditions se retrouvent de plus en plus rarement dans nos forêts.

Afin d'éviter une ambiguïté très souvent rencontrée dans la littérature forestière (JOHNSTON *et al.*, 1967), nous nous intéresserons donc aux méthodes d'estimation de la productivité ou du potentiel de croissance des milieux forestiers (stations), non par référence directe à des caractéristiques propres aux stations elles-mêmes (approche qualitative), mais plutôt par référence à la *croissance* ou à la production des peuplements en relation, directe ou non, avec divers éléments de l'environnement (approche quantitative).

(2) Si nous utilisons néanmoins par la suite des termes tels que «indice de station» ou «critère de fertilité», ce sera uniquement par souci de conformité vis-à-vis de la littérature existante. Pour préciser cependant les idées, la notion habituelle de fertilité intègre généralement l'effet des différents facteurs de production, qu'ils appartiennent à la station, à l'espèce ou au traitement. Il semble plus logique de définir cet effet complexe par «classe de productivité» et de réserver le terme «fertilité» à ce qui concerne en propre la station (DECOURT, 1967).

Dans les lignes qui suivent nous envisagerons les principales méthodes quantitatives d'estimation de la productivité forestière (paragraphe 2), nous présenterons ensuite ces diverses méthodes, de manière plus détaillée, en analysant successivement : les méthodes dendrométriques directes (paragraphe 3), les méthodes dendrométriques indirectes (paragraphe 4) et les méthodes mixtes (paragraphe 5). Le paragraphe 6 concernera, dans les grandes lignes, la méthodologie qui pourrait être utilisée en matière d'étude quantitative globale de la productivité et le paragraphe 7 sera consacré à quelques conclusions.

## 2. Principales méthodes quantitatives d'estimation et indices de productivité

En termes de productivité actuelle, les indices de productivité ou les critères de station sont des paramètres qui caractérisent la productivité d'une station pour une ou plusieurs essences données. Dans ce cas, à la condition d'admettre l'hypothèse que dans une station déterminée, un matériel végétal donné suit en moyenne une même loi de croissance en volume (DECOURT, 1973), la productivité s'identifiera à la *production totale* des peuplements.

Idéalement les indices de productivité, témoins de qualités « stationnelles » fixées, doivent être faciles à mesurer, être convenablement corrélés avec la production et si possible être indépendants des variables influençant cette production.

Les principales méthodes quantitatives mettant en œuvre ces indices peuvent être regroupées en 3 types :

— *méthodes dendrométriques directes* : le critère de productivité concerne la production totale de matière ligneuse, soit le volume total <sup>(3)</sup> produit à un âge de référence, soit l'accroissement annuel moyen en volume à ce même âge.

— *méthodes dendrométriques indirectes* : le critère de productivité est défini par une caractéristique dendrométrique en liaison étroite avec la production totale en volume.

— *méthodes mixtes* : le critère de productivité résulte de l'association de

(3) Par volume total ou production totale en volume, il faut entendre la totalité du matériel produit, soit le matériel sur pied («peuplement principal») additionné au matériel enlevé en éclaircie («peuplement accessoire»).

caractéristiques dendrométriques et de diverses variables du milieu (sol, flore, topographie, climat, etc...).

Les deux premières méthodes sont essentiellement de nature dendrométrique et s'adressent spécifiquement aux peuplements, elles font intervenir des indices «dendrométriques», la troisième méthode permet par contre d'associer les indices dendrométriques et les facteurs de l'environnement sous la forme d'indices «mixtes».

Les indices dendrométriques servent aussi «d'entrée» dans la plupart des tables de production (4) articulées en niveaux de productivité, les peuplements relevant de tel ou tel niveau sont ainsi caractérisés sur le plan de leur production (volumes, nombres de bois et surfaces terrières à l'hectare, accroissements divers). Dans cet ordre d'idées, les tendances les plus récentes consistent à relier la croissance des peuplements non seulement à certaines de leurs caractéristiques dendrométriques, mais aussi à des éléments du milieu, ces relations étant synthétisées au moyen de fonctions de croissance (CARBONNIER, 1975 ; KOIVISTO, 1970).

### 3. Méthodes dendrométriques directes

#### 3.1. PRODUCTION TOTALE EN VOLUME

Le volume total produit à un âge donné, le plus souvent à l'âge de référence de 100 ans, est l'expression dendrométrique la plus stricte de la productivité d'un milieu forestier (MADER, 1963 ; PRODAN, 1951 ; SAMMI, 1965). L'utilisation de ce critère n'est cependant pas très pratique, si l'on songe aux calculs longs et fastidieux que sa détermination nécessite (risque d'oublis ou d'erreurs de comptabilisation du matériel prélevé, perte d'informations), à l'obligation d'utiliser des volumes de référence strictement identiques (problème des tarifs de cubage adéquats) correspondant généralement au bois fort de la tige (5).

En pratique, initialement, la méthode est basée sur la division de la production totale en classes ou en niveaux de productivité pour des peuplements

(4) Les tables de production sont des tableaux de chiffres permettant de décrire le développement de peuplements équiennes (principales caractéristiques dendrométriques ramenées à l'hectare), en fonction de l'âge et de la productivité stationnelle, pour le peuplement «principal», «accessoire» et «total» (DAGNELIE *et al.*, 1976).

(5) Découpe effectuée à 22 cm de circonférence.

purs équiennes et de densité normale, se développant dans un domaine de croissance donné.

### 3.2. ACCROISSEMENT ANNUEL MOYEN TOTAL EN VOLUME

La productivité peut aussi être exprimée au moyen de l'accroissement annuel moyen total en volume à un âge donné (généralement aussi 100 ans), cet accroissement étant évidemment en relation directe avec le volume total dans les peuplements à structure équienne.

Une tendance affirmée ces dernières années, a été de considérer comme différentielle de productivité, dans le cas des peuplements qui le permettent, le *maximum* d'accroissement annuel moyen en volume, ce procédé éliminant le problème du choix toujours discutable d'un âge de référence et s'appliquant à diverses essences ayant des croissances à allure différente (HAMILTON et CHRISTIE, 1971 ; JOHNSTON *et al.*, 1967 ; VAN SOEST, 1954).

### 3.3. ACCROISSEMENT PÉRIODIQUE EN VOLUME

Dans les peuplements non équiennes ou jardinés, dans lesquels l'âge n'a plus de sens, le seul critère de station acceptable mettant le volume en œuvre est l'accroissement périodique (DAGNELIE, 1956, 1957) ou l'accroissement annuel. Il convient, à cet effet, de posséder des informations complètes sur les éclaircies effectuées et sur l'évolution du matériel ligneux durant une période donnée.

## 4. Méthodes dendrométriques indirectes

### 4.1. LA HAUTEUR

La méthode indirecte, d'estimation la plus utilisée part du principe qu'il est possible d'apprécier valablement la production totale en volume d'un peuplement à partir de sa hauteur. A ce titre, la hauteur moyenne du peuplement, à un âge de référence donné (50 ans, par exemple), constitue un indice de productivité intéressant à condition cependant d'être peu sensible au traitement sylvicole et de refléter, aussi étroitement que possible, le potentiel de la station : de nombreuses recherches ont permis de montrer que la hauteur moyenne des arbres dominants (6) était celle qui répondait le mieux à ces exigences (KRAMER, 1959).

(6) La hauteur dominante est plus précisément, par convention, la hauteur de l'arbre de surface terrière moyenne des 100 plus grosses tiges à l'hectare.

Le choix de la hauteur dominante est lié à certaines hypothèses ou «lois» relatives à la croissance en volume des peuplements.

#### 4.1.1. *Relation entre la hauteur et la production totale*

Selon la «loi» bien connue d'EICHHORN (EICHHORN, 1904), valable initialement pour le sapin et confirmée pour d'autres essences par de nombreux auteurs tels que ETTER (1949) et MOOSMAYER (1957), la production totale en volume d'une essence donnée, croissant en futaie sensiblement équiennne au sein d'une région climatiquement homogène («Wuchsgebiet»), est essentiellement fonction de sa seule hauteur. Cela implique l'adoption de plusieurs hypothèses que l'on peut résumer comme suit : la relation entre la hauteur dominante et la production totale est indépendante de l'âge, de la station et de la densité du peuplement ou encore, dans une assez large mesure, du type, voire de l'intensité, des éclaircies pratiquées.

#### 4.1.2. *Analyse critique des hypothèses*

Si l'indépendance de la relation hauteur dominante — volume total vis-à-vis de l'âge et de la station est acceptée par beaucoup, des tendances plus récentes mettent cependant l'accent sur la nécessité de diviser en plusieurs niveaux la production observée en un même lieu pour un âge et une hauteur dominante identiques (ASSMANN et FRANZ, 1965 ; HAMILTON et CHRISTIE, 1971 ; PARDE, 1976). La loi d'EICHHORN semble pourtant garder un indéniable intérêt pratique, étant donné l'écart de grandeur des productions totales le plus fréquemment observé (10 à 15 %).

En ce qui concerne le problème de la densité, il est très souvent admis que, dans des limites généralement exprimées en termes de surface terrière, l'accroissement courant en volume ne dépend pas de l'intensité des éclaircies. Dans nos types de sylviculture, l'accroissement courant en volume passe par une valeur maximum pour une densité fixée (optimale) et garde une valeur sensiblement constante dans des limites assez larges (par exemple : 0,6 à 1,3 fois cette surface terrière optimale).

Dans ces conditions, il serait sans doute plus strict de préciser que la loi d'EICHHORN concerne la production totale correspondant à l'accroissement courant maximum (DECOURT, 1973).

#### 4.1.3. *Matérialisation des niveaux de productivité*

La hauteur dominante atteinte à un âge donné (50 ans, par exemple) (7)

(7) Appelé «site index» dans la littérature forestière anglo-saxonne.

permet de fixer les niveaux de productivité ou encore de «classer» les peuplements selon leurs potentialités. Chaque niveau est lui-même représenté par la courbe de croissance de la hauteur dominante en fonction de l'âge des peuplements («Site index curve») et reflète donc la croissance des peuplements situés sur des stations identiques. Ces courbes sont établies à partir de données issues de placettes permanentes ou temporaires ou encore d'analyses de tiges. Les valeurs de ces courbes ont souvent été déterminées de manière proportionnelle par rapport à une courbe mathématique moyenne ajustée sur l'ensemble des stations investiguées ; il en résulte que l'indice de productivité de peuplements relatifs à un niveau de productivité donné ne varierait pas au cours de la vie de ceux-ci. Cette hypothèse de construction est cependant discutable : pour y remédier, on peut envisager de construire des courbes de croissance indépendamment pour chaque type de station (VAN ECK et WHITESIDE, 1963 ; ZAHNER, 1962) ou de tenir compte de modifications affectant les propriétés stationnelles et les facteurs limitants durant la croissance des peuplements (caractéristiques du développement juvénile, différences génétiques, etc...) (JONES, 1967).

Dans le même esprit, on peut imaginer que la densité observée chez certaines espèces ou dans certains peuplements est de nature à influencer la croissance en hauteur et que la seule relation hauteur-âge ne suffit plus à matérialiser valablement un indice de productivité, auquel cas il convient de lui substituer une relation hauteur-âge densité (ALEXANDER *et al.*, 1967).

#### 4.1.4. *Le problème de la structure des peuplements*

Si la relation entre la hauteur et l'âge donne lieu, dans le cas de peuplements équiennes, à une expression simple et généralement appréciée de la productivité forestière, ce type de relation n'a plus de sens dans les peuplements non équiennes. En effet, dans ceux-ci, la notion d'âge est difficilement envisageable et la croissance en hauteur dépend davantage des conditions mêmes rencontrées au sein des peuplements. Dans ce cas, il paraît tout à fait plausible d'envisager la hauteur totale moyenne des arbres dominants arrivés à maturité ou d'une proportion des plus gros arbres (10 par hectare, par exemple). Dans une étude orientée vers ces problèmes, Mc LINTOCK et BICKFORD (1957) s'intéressant aux peuplements de *Picea rubra* Link. au Nord-Est des Etats-Unis concluent que la relation entre la hauteur dominante et le diamètre des arbres dominants constitue l'indice le plus fiable. De la même manière que pour le «site index» basé sur l'âge, la hauteur dominante est ici considérée à un diamètre dominant fixé.

Dans le cas de taillis-sous-futaie à base de chêne, DELEVOY (1936) avait

déjà proposé un critère de station très comparable qui correspondait à la hauteur totale moyenne des arbres ayant atteint 40 cm de diamètre, ce diamètre de référence permettant d'observer des différences suffisamment prononcées entre niveaux de productivité.

#### 4.2. LA CROISSANCE PÉRIODIQUE EN HAUTEUR

Dans les jeunes peuplements (inférieurs à 20 ans ou n'ayant pas encore atteint le stade de la première éclaircie), la mesure de la hauteur dominante pose de sérieuses difficultés, de plus la moindre erreur dans l'âge affecte très sérieusement la détermination du «site index».

Pour remédier à cet inconvénient il existe une méthode basée sur la mesure de la croissance en hauteur réalisée par chaque arbre durant les cinq années qui suivent l'époque à laquelle le niveau hauteur d'homme a été atteint. On admet l'hypothèse que les arbres d'une espèce donnée, plantés à large écartement et ayant atteint le niveau hauteur d'homme sur des *stations comparables*, grandissent à des vitesses très voisines durant au moins les 5 années qui suivent.

Selon DAY *et al.* (1960), il existe une relation étroite entre la hauteur dominante à un âge donné et la longueur internodale correspondant à une croissance en hauteur de 5 ans, mesurée à partir du niveau hauteur d'homme.

### 5. Méthodes mixtes

Certaines méthodes ont pour objet de mettre en relation la hauteur dominante à un âge donné (ou un autre indice dendrométrique) avec les facteurs de l'environnement. Les raisons de cette approche résident entre autres dans l'intérêt de pouvoir estimer le «site-index» en l'absence de peuplements, par relation avec des facteurs relatifs à la station et dans le souci d'améliorer la précision offerte par l'utilisation des seules variables dendrométriques. La construction de tables de production par voie mathématique ayant permis d'attirer l'attention sur la variabilité pouvant exister dans les relations entre le volume total et la hauteur dominante (PARDE, 1976), de nombreuses et récentes recherches ont consisté à associer indices dendrométriques et variables du milieu, soit en vue de définir de nouveaux indices (indices «mixtes»), soit en vue d'élaborer des modèles de croissance ou des fonctions de production.

### 5.1. INDICES DE PRODUCTIVITÉ MIXTES

Mettre le «site index» en relation avec l'un ou l'autre facteur limitant du milieu nécessite le recours à des modèles plus élaborés.

Cette approche «factorielle» peut se concevoir, en pratique, de la manière suivante :

- choix préalable de facteurs de l'environnement liés à la hauteur dominante ou limitants ;
- élimination des variables peu aisées à récolter ou trop complexes ;
- matérialisation de points de sondage dans les peuplements aptes aux mesures et susceptibles de présenter tous les éléments de variabilité (âges, conditions écologiques) ;
- récolte des données ;
- régression de la hauteur dominante avec les variables explicatives présentant la contribution la plus significative à la précision de l'estimation (examen de la matrice des coefficients de corrélation, introductions ou éliminations progressives de variables).

De très nombreux facteurs ont pu ainsi être testés grâce à des formulations mathématiques se présentant sous la forme générale suivante :

$$HD_{30} = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$$

$X_1 \dots X_n$  = variables du milieu ou combinaisons de celles-ci.

$a_0 \dots a_n$  = constantes

Parmi ces variables il convient de souligner l'importance du sol (profondeur, texture, drainage ...) de la topographie (pente, altitude, exposition, géomorphologie ...) (COILE et SCHUMACHER, 1953 ; PAGE, 1970 ; SPRACKLING, 1973) et du climat (LEMOINE, 1969).

Un problème non négligeable rencontré dans ce type d'analyse est la nécessité de quantifier les variables qualitatives du milieu afin de pouvoir les intégrer dans un processus de régression. La codification numérique de ces variables suppose en effet que des données qualitatives discontinues soient représentées sous forme d'échelles continues de valeurs croissantes ou décroissantes pouvant impliquer des relations différentes entre les données initiales.

Une attitude logique consisterait à adopter comme codes, dans les cas qui le permettent, des valeurs (1 à 9, par exemple) traduisant la plus ou moins grande liaison existant entre les variables considérées et la productivité (KINLOCH et PAGE, 1966 ; BEERS, *et al.*, 1966).

Le problème est sans doute plus compliqué dans le cas d'équations mettant principalement en œuvre des plantes indicatrices ou des associations de plantes. Généralement celles-ci interviennent dans les modèles de régression avec la valeur 0 si elles sont absentes et 1 si elles sont présentes <sup>(8)</sup> (MAC LEAN et BOLSINGER, 1973a, 1973b). Cette méthode, relativement récente, est très utile à considérer car, généralement, la végétation et la répartition naturelle des espèces qui la compose synthétisant très bien l'ensemble des conditions du milieu. En pratique, cette hypothèse est d'ailleurs confirmée par le fait que l'absence ou la présence d'espèces ou de groupes d'espèces représentatifs de tel ou tel milieu contribuent de manière souvent très significative à l'explication de la variabilité de la hauteur dominante.

### 6. Etude quantitative globale de la productivité

L'étude de la productivité peut concerner divers niveaux de l'aménagement forestier et se concevoir de manière globale, sur une assez grande étendue, en intégrant plusieurs facteurs importants du milieu (HILLS, 1960). Dans cette perspective, la modélisation constitue sans doute l'approche la plus pertinente. En pratique, dans les grandes lignes, elle peut être envisagée de la manière suivante :

— choix d'une surface (à l'intérieur d'une zone climatique donnée) et d'essences à partir desquelles les équations prédictives pourront être ajustées,

— matérialisation de placettes d'échantillonnage dans des peuplements présentant une gamme aussi large que possible de stades de développement (âges) et de conditions de productivité,

— mesure des hauteurs dominantes, des âges, des facteurs topographiques, édaphiques, phytosociologiques et éventuellement climatiques au sein ou dans l'environnement proche de chaque placette. De préférence, les variables à récolter seront des variables «brutes», aussi simples que possible, nécessitant très peu ou pas d'analyses de laboratoire et à la portée de la plupart des gestionnaires. En matière phytosociologique, par exemple, l'inventaire floristique devrait porter sur un nombre limité de plantes indicatrices parmi les plus représentatives des milieux rencontrés.

De cette manière, il est possible de prévoir les valeurs de la hauteur dominante pour plusieurs espèces en relation avec divers facteurs du milieu

(8) Le fait d'utiliser un coefficient d'abondance-dominance, par exemple, confère plus de signification aux modèles.

et, pour autant que les données récoltées permettent de couvrir un maximum de cas, cette méthode peut donner lieu à de nombreuses applications, parmi lesquelles nous citerons :

- la prévision de la productivité de milieux couverts ou non par la forêt ;
- le choix objectif d'espèces forestières les mieux adaptées du point de vue de la production ligneuse ;
- l'établissement de cartes de potentialité forestière (zones d'isopotentialité) (PAGE, 1970) et la possibilité de définir ou de préciser, sur bases objectives, le type et le degré d'aménagement des forêts ;
- la réalisation progressive d'un inventaire des peuplements « en station » et la détermination de la production réellement utilisable.

Considérées dans cette optique globale, les études de productivité servent de support à une planification forestière à relativement grande échelle et sont très importantes en ce qui concerne l'estimation et la prévision objective des ressources dans le cadre de leur valorisation (installation ou développement d'industries transformatrices du bois, par exemple).

## 7. Conclusions

Le gestionnaire forestier doit prévoir à long terme et organiser à court terme (VENET, 1973), à cet effet il doit avoir une connaissance aussi précise que possible des *potentialités* des massifs forestiers. La répartition des zones boisées et des peuplements en classes de productivité joue un rôle déterminant dans le choix des essences à favoriser ou à introduire, ainsi que dans la prévision de la production des peuplements. Cette répartition s'appuie généralement sur l'utilisation d'indices de productivité entre autres établis à partir de méthodes quantitatives ; parmi celles-ci la hauteur dominante atteinte à un âge donné est très intéressante à considérer. Son utilisation nécessite cependant certaines mises au point (relation avec la production totale, nuances d'interprétation selon la structure des peuplements, etc...).

L'approche « factorielle » (indices de productivité mixtes) est sans aucun doute la plus complète et la plus à l'honneur aujourd'hui grâce à l'utilisation croissante de l'informatique ; elle permet d'identifier la productivité sur la base d'une combinaison d'indices écologiques et dendrométriques. Cette méthode doit permettre l'établissement de listes de critères simples, codifiables et synthétiques, de plus elle présente l'incontestable intérêt d'aborder le problème de la productivité forestière sous un angle pluridisciplinaire.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALEXANDER, R. R. ; TACKLE, D. and DAHMS, W. G. (1967). Site indexes for lodgepole pine, with corrections for stand density : methodology. U.S. For. Serv. Res. Pap. RM-29, 18 p.
- ASSMANN, E. et FRANZ, F. (1965). Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern. Forstwiss. Cbl. 84 (1-2), 13-43.
- BEERS, T. W. ; DRESS, P. E. ; WENSEL, L. C. (1966). Aspect transformation in site productivity research. *J. Forestry* 64 (10), 691.
- CARBONNIER, Ch. (1975). Produktionen i Kulturbestand ab ek i södra Sverige. *Studia forestalia suecica*, n° 125, Stockholm, 89 p.
- COILE, T. S. et SCHUMACHER, F. X. (1953). Relation of soil properties to soil site index of loblolly and shortleaf pines in the Piedmont Region of the Carolinas, Georgia, and Alabama. *J. Forest.* 51 (10), 739-744.
- DAGNELIE, P. (1956-1957). Recherches sur la productivité des hêtraies d'Ardenne en relation avec les types phytosociologiques et les facteurs écologiques. *Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembloux*, (24), 249-284 ; (25), 44-94.
- DAGNELIE, P. ; RONDEUX, J. ; THILL, A. (1976). Tables dendrométriques. *Presses Agronomiques de Gembloux*, 128 p.
- DAY, M. W. ; BEY, C. F. ; RUDOLPH, V. J. (1960). Site index for planted Red Pine by the 5-year growth intercept method. *J. Forestry* 58 (3), 198-202.
- DECOURT, N. (1967). Le douglas dans le Nord-Est du Massif Central. Tables de production provisoires. *Ann. Sci. forest.*, 24 (1), 45-84.
- DECOURT, N. (1973). Production primaire, production utile : méthodes d'évaluation, indices de productivité. In «Ecologie forestière. Station et production ligneuse». *Ann. Sci. Forest.*, 30 (3), 219-238.
- DELEVOY, G. (1936). Considérations sur le cubage sur pied des peuplements de chênes de taillis-sous-futaie. *Bull. Soc. Centr. For. Belgique* 39 (4), 129-141 ; 39 (5), 198-216.
- EICHHORN, F. (1904). Beziehungen zwischen Bestandeshöhe und Bestandesmasse. *Allg. Forst-u. Jagdz.* 80, 45-49.
- ETTER, H. (1949). Über die Ertragsfähigkeit verschiedener Standortstypen. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw.* 26, 91-151.
- HAMILTON, G. J. et CHRISTIE, J. M. (1971). Forest management tables (metric). Forestry Commission Booklet n° 34, 201 p.
- HILLS, G. A. (1960). Regional site research. *Forest. Chron.* 36 (4), 401-423.
- JOHNSTON, D. R. ; GRAYSON, A. J. ; BRADLEY, R. T. (1967). Forest Planning. Faber and Faber L. 541 p.
- JONES, J. R. (1967). Aspen site index in the Rocky Mountains. *J. Forestry* 65 (11), 820-821.
- JONES, J. R. (1969). Review and comparison of site evaluation methods. USDA Forest Service. Res. Paper RM-51, 27 p.
- KINLOCH, D. et PAGE, G. (1966). Quantitative techniques for relating site conditions

to the productivity of certain conifers in North Wales. *Proceedings of the Sixth World Forestry Congress (Madrid, 1966)*. Vol. II, 1438-1441.

- KOIVISTO, P. (1970). Regionality of forest growth in Finland. *Comm. Inst. Forest. Fenn.* 71 (2), 76 p.
- KRAMER, H. (1959). Die Oberhöhe als Bestandesmerkmal. *Allg. Forst. u. Jagdz.* 30 (10), 241-255.
- LEMOINE, B. (1969). Le pin maritime dans les landes de Gascogne. Etude des relations d'allométrie concernant le volume des peuplements, en liaison avec certaines caractéristiques de la station. *Ann. Sci. Forest.* 26 (4), 445-473.
- MAC LEAN, C. D. et BOLSINGER, C. L. (1973a). Estimating Dunning's site index from plant indicators. USDA Forest Service, Res. Note PNW-197, 10 p.
- MAC LEAN, C. D. et BOLSINGER, C. L. (1973b). Estimating productivity on sites with a low stocking capacity. USDA For. Serv. Res. Paper PNW-152, 18 p.
- MADER, D. L. (1963). Volume growth measurement — an analysis of function and characteristics in site evaluation. *J. Forestry*, 61 (3), 193-198.
- MC LINTOCK, T. F. et BICKFORD, C. A. (1957). A proposed site index for red spruce in the Northeast. U.S. For. Serv. North. East. For. Exp. Sta. Paper n° 93, 30 p.
- MOOSMAYER, H. H. (1957). Zur ertragskundlichen Auswertung der standortsgliederung des Ostteils der schwäbischen Alb. Mitt. des Vereins für forstliche Ertragskunde und Fortpflanzenzüchtung, Stuttgart, n° 7, 1-41.
- PAGE, G. (1970). Quantitative site assessment: some practical applications in British Forestry. *Forestry* 43 (1), 45-56.
- PARDE, J. (1976). Les variations des tables de production. *Beiheft zu den Zeitschriften des Schweizforstvereins* nr. 57, 87-94.
- PRODAN, M. (1951). Holzmesslehre. Sauerländer's Verlag. Frankfurt am Main, 644 p.
- SAMMI, J. C. (1965). An appeal for a better index of site. *J. Forestry* 63 (3), 174-176.
- SPRACKLING, J. A. (1973). Soil-topographic site index for Engelmann spruce on granitic soils in Northern Colorado and Southern Wyoming. USDA For. Serv. Res. Note RM-239, 4 p.
- SUSMEL, L. (1966). Les techniques pour l'évaluation du potentiel de la station dans les climats tempérés. *Proceedings of the Sixth World Forestry Congress (Madrid, 1966)*, Vol. II, 1386-1397.
- VAN ECK, W. A. et WHITESIDE, E. P. (1963). Site evaluation studies in red pine plantations in Michigan. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 27, 709-714.
- VAN SOEST, (1954). The growth of Japanese Larch in the Netherlands. *Ned. Bosb. Tijds.* 26 (11), 281-286.
- VENET, J. (1973). Conclusion: expression des résultats en vue de leur application pratique. In: «Ecologie forestière-Station et production ligneuse». *Ann. Sci. Forest.* 30 (3), 367-373.
- ZAHNER, R. (1962). Loblolly pine site curves by soil groups. *For. Sci.* 8 (2), 104-110.