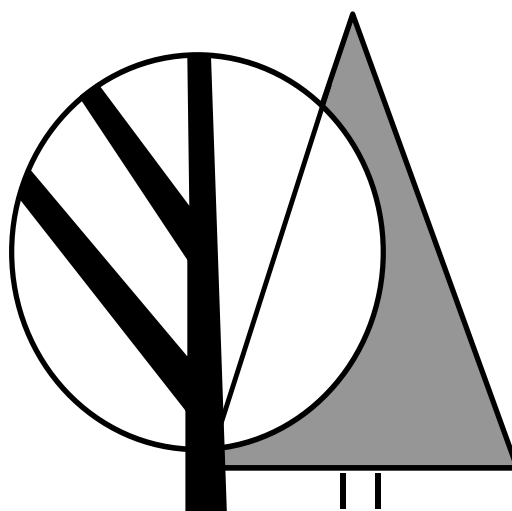


LES CAHIERS FORESTIERS DE GEMBLoux



INDICES ET COURBES DE FERTILITE POUR
LES PEUPEMENTS DE DOUGLAS
[*PSEUDOTSUGA MENZIESII* (MIRB.) FRANCO]
EN BELGIQUE

N° 16

A. THIBAUT, J. RONDEUX, H. CLAESSENS

LES CAHIERS FORESTIERS DE GEMBOUX

visent à faire connaître les travaux (documents techniques, rapports de recherche, publications, articles de vulgarisation) émanant des Unités des Eaux et Forêts de la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux et de ses groupes de recherche, financés par des organismes internationaux, nationaux ou régionaux.

Adresse de contact :

Unité de Gestion et Economie forestières
Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux
B - 5030 Gembloux - Belgique

Tél : 32 (81) 62 23 20

Fax : 32 (81) 62 23 01

E-MAIL : rondeux.j@fsagx.ac.be

<http://www.fsagx.ac.be/gf>

INDICES ET COURBES DE FERTILITE POUR LES PEUPELEMENTS DE DOUGLAS [*PSEUDOTSUGA MENZIESII* (MIRB.) FRANCO] EN BELGIQUE (*)

A. THIBAUT⁽¹⁾, J. RONDEUX⁽²⁾, H. CLAESSENS⁽¹⁾

Résumé

La réalisation d'une étude intégrée du douglas en Belgique s'est appuyée sur l'analyse d'un échantillon de 256 placettes de production temporaires dont 87 ont fait l'objet d'un ou de deux remesurages. Sur base de l'analyse combinée de la représentation graphique des accroissements en hauteur dominante observés au sein des 87 placettes remesurées et de l'allure générale du nuage de points construit à partir de 169 couples de données hauteur dominante - âge, on a procédé à l'ajustement par voie manuelle de 4 courbes destinées à différencier des niveaux de productivité. Celles-ci, après avoir été digitalisées, ont fait l'objet d'un ajustement mathématique du modèle de JOHNSON-SCHUMACHER qui répond à l'équation générale suivante :

$$H_{\text{dom}} = b_0 \exp [-b_1/(A-b_2)] ,$$

où :

H_{dom} = hauteur dominante en mètre,
 A = âge,
 b_0, b_1 et b_2 = coefficients à estimer,
 \exp = "e", base de logarithmes népériens.

Un faisceau constitué de 3 courbes, correspondant chacune à un niveau de productivité fixé respectivement à 36, 33 et 30 m de hauteur dominante à 50 ans, permet d'appréhender la variabilité du potentiel de production du douglas.

La suite logique de cette étude portera sur l'opportunité de mettre en relation les indices de fertilité et les facteurs du milieu afin de construire des modèles prédictifs de la productivité potentielle du douglas.

Mots-clés : *Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO, douglas, placettes semi-permanentes, indice de fertilité, table de production.

(*) Recherche financée par l'I.R.S.I.A. (Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et dans l'Agriculture).

(1) Centre de Recherche et de Promotion Forestières (I.R.S.I.A.) - Section "Ecologie". Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux. Passage des Déportés, 2 - B 5030 Gembloux (Belgique).

(2) Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux. Département des Eaux et Forêts - Unité de Gestion et Economie forestières. Passage des Déportés, 2 - B 5030 Gembloux (Belgique).

Indices and site index curves for stands of Douglas-fir in [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco] Belgium

Abstract

Height growth, site index curves and equations for managed even-aged pure stands of douglas-fir under management in the Southern Belgium are presented. They were derived from 256 temporary sample plots, 87 of which were remeasured to give top height periodic increments.

The range age and site classes being not equally covered, a special attention was paid to the increments of the total height of dominant trees (1 tree/are of sample plot). A large number of equations were tested to determine which was best suited to express the relationship of age and top height. Regression was employed to fit 4 digitized freehand curves drawn on the average pattern of top heights and top height increments observed at various ages.

The form of the JOHNSON-SCHUMACHER model used in this study is :

$$H_{\text{dom}} = b_0 \exp [-b_1/(A-b_2)] ,$$

where :

H_{dom} = top height,
 A = age,
 b_0, b_1 et b_2 = coefficients to be estimated by non-linear regression procedures,
 \exp = "e", the base of Napierian logarithms.

The coefficients were estimated for the 4 curves. Each of the resulted equations was solved for height at age 50, thereby assigning a site index value to each equation. Site index was introduced into the height-age equation as an independent variable by expressing the coefficients as function of site index itself.

Three site index curves corresponding to 36, 33 and 30 m attained at age 50 were then derived. The logical issue of this study is to develop a prediction equation based on ecological factors wich should be most correlated with site index.

Keywords : *Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO, douglas-fir, sample plots, site index, yield table.

1. Introduction

A l'occasion d'une étude intégrée portant sur le douglas [RONDEUX *et al.*, 1991], la fixation du potentiel de production de cette essence par niveaux constituait le point de passage obligé de la construction de tables de production adaptées à la sylviculture moyenne observée et, ultérieurement, à divers types de traitement (éclaircies) qui pourraient être préconisés.

Ces niveaux ont été déterminés par voie dendrométrique indirecte, impliquant l'étude de l'évolution de la hauteur dominante en fonction de l'âge plutôt que celle de la production totale en volume trop difficilement contrôlable au cours du temps. Les courbes mises en œuvre, appelées courbes d'indice de productivité ou encore d'indice de fertilité⁽¹⁾, permettent de différencier le potentiel de production des peuplements existants et, dans une certaine mesure, d'estimer celui de peuplements qui seraient installés dans des conditions ou milieux écologiques bien déterminés.

Nous précisons d'abord la place occupée par le douglas en Belgique (paragraphe 2) et présenterons le matériel qui a servi de base à l'étude (paragraphe 3). Nous détaillerons ensuite la méthode de construction des courbes de fertilité

⁽¹⁾ Ou "site-index", expression couramment utilisée dans les pays anglo-saxons et correspondant à la hauteur dominante atteinte à un âge de référence.

(paragraphe 4) et expliciterons les résultats obtenus (paragraphe 5), avant de tirer quelques brèves conclusions (paragraphe 6).

2. Présentation générale du douglas en Belgique

Les surfaces occupées par les peuplements de douglas sont majoritairement présentes dans le Sud-Est de la Belgique, en région wallonne. Selon RONDEUX *et al.* [1986] celles-ci y couvraient, en 1983, 11.000 hectares (soit 4,4 % de l'ensemble des massifs résineux), tandis que la région flamande ne compterait que 750 hectares, si l'on se réfère au dernier recensement complet de l'Institut National de Statistique [I.N.S., 1976]. En Wallonie, la répartition de ces surfaces boisées entre propriétés publiques et propriétés privées correspondait respectivement à 55 % et 45 %. Enfin, l'analyse de la répartition des surfaces boisées en douglas par classes d'âge révélait que 90 % des peuplements existants avaient un âge inférieur à 60 ans et que 75 % n'atteignaient même pas 45 ans.

3. Matériel d'étude

L'étude porte sur l'ensemble de la région wallonne. Afin de couvrir au mieux tous les types de peuplements et toute la diversité des milieux écologiques où le douglas a été implanté depuis le début du 20^e siècle, nous avons installé un réseau de 256 placettes d'échantillonnage dont 169 temporaires⁽¹⁾ et 87 semi-permanentes⁽²⁾. Ces placettes sont situées dans des peuplements de douglas *quasi-purs, équiennes, normalement denses, sans trouées et, en principe, de même origine génétique*⁽³⁾. Le tableau 1 présente, sous forme de pourcentages, la répartition, par région naturelle, des points de mesure principalement localisés au Sud du Sillon Sambre-et-Meuse.

(1) La placette temporaire s'identifie à une étendue de quelques ares non matérialisée sur le terrain et ne fait l'objet que d'un seul inventaire dendrométrique.

(2) La placette semi-permanente correspond à une étendue de quelques ares faisant l'objet d'un suivi sur plusieurs années, contrairement aux placettes permanentes en principe destinées à suivre un peuplement durant toute sa vie.

(3) Pour de plus amples détails, le lecteur pourra se référer à RONDEUX [1993].

Tableau 1. - Répartition des placettes (en %) par régions naturelles.

Sample plots distribution (%) according to natural regions.

Régions naturelles ⁽¹⁾	%
Région limoneuse	3,0
Pays Meusien et Sambrien	5,2
Pays de Herve	0,9
Condroz	14,2
Famenne-Fagne	18,5
Calestienne	6,9
Basse Ardenne	12,5
Moyenne Ardenne	28,0
Haute Ardenne	7,8
Région jurassique	3,0
Total	100,0

Ces placettes dont la surface varie de 2 à 15 ares selon la densité, l'étendue et la configuration des peuplements, ont toutes fait l'objet d'au moins un inventaire dendrométrique complet (hauteur dominante, circonférences, âge ...) et, pour certaines d'entre elles, d'une caractérisation stationnelle. Le petit nombre de peuplements âgés de plus de 60 ans et sa faible représentation au sein de l'échantillon utilisé ont justifié de fixer la limite supérieure des âges à 60 ans. Dans une gamme d'âges allant de 13 à 60 ans, les hauteurs dominantes s'échelonnent de 8,5 à 40 mètres. Au sein de ces 256 placettes, 87 d'entre elles ayant le statut semi-permanent ont été remesurées au moins une fois à intervalles de 3 ans. Les comparaisons de ces inventaires périodiques nous ont permis de calculer des accroissements en hauteur dominante.

4. Construction des courbes de fertilité

4.1. Fondements de la méthode utilisée

A partir des hauteurs dominantes⁽¹⁾ et des âges mesurés dans l'ensemble des stations retenues pour l'étude, le premier objectif était de modéliser l'évolution de la hauteur dominante observée au cours du temps et en tenant compte des différences de productivité.

Les données disponibles se composent, pour chaque placette temporaire, d'un triplet unique (numéro de placette, âge, hauteur dominante) et, pour chaque placette semi-permanente, de séries de ce même triplet issues des remesurages successifs.

Contrairement aux placettes semi-permanentes, les placettes temporaires ne fournissent qu'une information ponctuelle dans le temps de peuplements n'ayant, a priori, aucune relation entre eux. Dans ces conditions le mode ou la cinétique de croissance en hauteur dominante est identifié avec d'autant moins de pertinence que la représentation des niveaux de productivité par classes d'âge est inégale [RONDEUX, 1993]. Le nuage de points étant cependant bien équilibré, nous avons choisi

(1) Les régions naturelles sont prises au sens de la carte des territoires écologiques réalisée par DELVAUX et GALOUX [1962].

(1) Par convention, la hauteur dominante correspond à la valeur moyenne des hauteurs totales des 100 plus gros bois à l'hectare (1 par are de placette de production).

d'exploiter toute l'information disponible, qu'il s'agisse de mesures temporaires ou de remesurages successifs des placettes semi-permanentes et nous avons adopté une méthodologie mixte basée sur une analyse à la fois graphique et mathématique. Celle-ci vise à retracer l'évolution de la hauteur dominante en accordant davantage de poids aux accroissements réellement observés.

La construction des courbes de fertilité se base donc surtout sur l'exploitation des données issues des 87 placettes semi-permanentes.

A partir de la représentation graphique des 169 points et des 87 segments de droite correspondant aux remesurages successifs de placettes semi-permanentes individualisées et caractérisant chacun une croissance périodique en hauteur dominante observée (figure 1), nous avons, guidés par l'allure du nuage de segments, tracé quatre courbes à main levée. Ces quatre courbes traduisent l'évolution estimée de la hauteur dominante au cours du temps et fournissent une première idée des différences de productivité qu'identifie de manière globale l'amplitude observée du nuage de segments. Chacune des 4 courbes issues de cet ajustement graphique a été digitalisée pour fournir un ensemble de couples de données (hauteur dominante/âge) qui ont ensuite fait l'objet d'ajustements mathématiques appropriés.

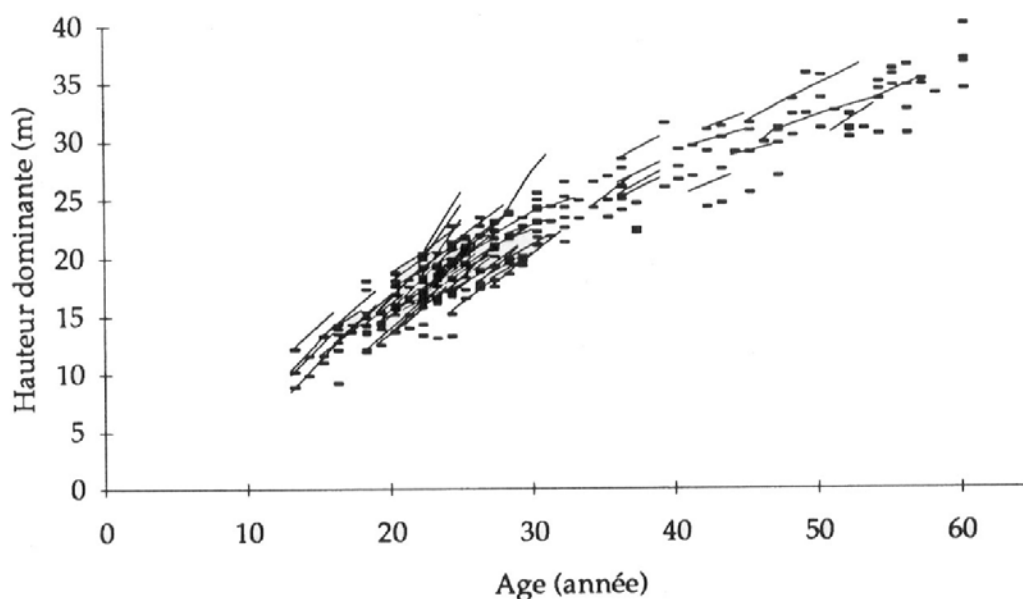


Figure 1. - Hauteurs dominantes et accroissements périodiques de hauteur dominante en fonction de l'âge (segments de droite).
Top heights and periodical top height increments over age (broken line).

4.2. Choix du modèle de croissance en hauteur dominante

Le choix du modèle de croissance en hauteur dominante a été effectué à partir de l'analyse des valeurs des résidus et des valeurs des paramètres globaux d'ajustements réalisés sur l'ensemble des mesurages et remesurages. Pour des raisons de qualité d'ajustement et de commodité d'interprétation, nous avons retenu le modèle de JOHNSON-SCHUMACHER qui se présente sous la forme générale suivante :

$$H_{\text{dom}} = b_0 \exp \left[- \frac{b_1}{(A - b_2)} \right], \quad (\text{Equation 1})$$

dans lequel :

- H_{dom} = hauteur dominante en mètre,
- A = âge depuis la plantation,
- b_0 = asymptote horizontale, correspondant à la hauteur maximale pouvant être atteinte,
- b_1 et b_2 = paramètres qui déterminent respectivement l'étalement de la croissance dans le temps et le début de la croissance.

Pour que les courbes aient un point de départ commun, on a imposé leur passage par le point d'abscisse 0 an et d'ordonnée 0,30 m correspondant à la hauteur moyenne des plants lors de la plantation, ce qui implique pour le paramètre b_1 de prendre la valeur suivante :

$$b_1 = b_2 \ln \left(\frac{0,3}{b_0} \right) \quad (\text{Equation 2})$$

Dans ces conditions, le modèle général devient :

$$H_{\text{dom}} = b_0 \exp \frac{- \left[b_2 \ln \left(\frac{0,3}{b_0} \right) \right]}{A - b_2} \quad (\text{Equation 3})$$

Ce modèle a été ajusté à chacune des 4 courbes digitalisées, ce qui a permis d'estimer 4 valeurs des paramètres b_0 et b_2 . Afin de disposer d'une équation générale s'adaptant ultérieurement aux niveaux de productivité préfixés, les paramètres ont été exprimés en fonction de la hauteur dominante à 50 ans (H_{50} , en m), elle-même estimée pour chaque courbe par l'équation 3.

Le paramètre b_2 présente la meilleure relation avec H_{50} et peut être déterminé au moyen de l'équation linéaire suivante :

$$b_2 = - 19,1 + 0,358 H_{50} \quad (\text{Equation 4})$$

Pour qu'à l'âge de référence fixé à 50 ans, les hauteurs dominantes coïncident exactement avec l'indice de fertilité I_0 (matérialisé par une hauteur dominante préfixée à ce même âge), la valeur du paramètre b_0 est obtenue en imposant à la

courbe le passage par l'abscisse 50 ans et l'ordonnée I_0 , ce qui donne lieu à l'équation suivante :

$$b_0 = \exp \{[(b_2 \ln 0,3) + (50 - b_2) \ln I_0] / 50\}$$

(Equation 5)

Connaissant b_0 et b_2 , le dernier paramètre b_1 se déduit immédiatement de l'équation 2.

5. Résultats obtenus

Compte tenu de l'amplitude des hauteurs dominantes atteintes à 50 ans (indices de fertilité), ainsi que des moyennes et des écarts-types des hauteurs dominantes observées selon les classes d'âge, trois niveaux de productivité se sont avérés suffisants pour couvrir la variabilité des conditions stationnelles rencontrées et justifier un écart suffisamment perceptible (3 m) entre indices de fertilité.

La détermination des courbes de fertilité résulte de l'application de l'équation 3 comportant les valeurs estimées des paramètres b_0 , b_1 et b_2 , pour des indices de fertilité I_0 respectivement fixés, par convention, à 36, 33 et 30 m. Les valeurs des paramètres de l'équation de JOHNSON-SCHUMACHER en fonction de l'indice de fertilité I_0 sont présentées dans le tableau 2.

Elles donnent lieu aux hauteurs dominantes reprises dans le tableau 3 et permettent d'établir les courbes de la figure 2.

Si on analyse l'ensemble des courbes, il s'avère que la fertilité moyenne des peuplements de douglas en Belgique se situe autour de la classe 2 ($I_0 = 33$ m). Pour mieux fixer les idées, les stations ayant fait l'objet de cette étude et en principe représentatives des douglasaies belges se répartissent comme suit selon les classes de fertilité : 25 % "en classe 1", 50 % en "classe 2" et 25 % en "classe 3".

Tableau 2. - Valeurs des paramètres de l'équation de JOHNSON-SCHUMACHER, en fonction de l'indice de fertilité I_0 .

Values of the JOHNSON-SCHUMACHER equation parameters by site index.

Classes de fertilité	I_0 (m)	Valeurs des paramètres		
		b_0	b_1	b_2
1	36 m	65,26	33,54	- 6,21
2	33 m	65,46	39,24	- 7,29
3	30 m	64,79	44,94	- 8,36

Tableau 3. - Valeurs des hauteurs dominantes (en m), en fonction des âges pour les 3 indices de fertilité I₀.

Top height values by site index for different ages.

Age	Classe 1 I ₀ = 36 m	Classe 2 I ₀ = 33 m	Classe 3 I ₀ = 30 m
15	13,5	11,3	9,5
20	18,2	15,5	13,3
25	22,4	19,4	16,8
30	25,9	22,9	20,1
35	29,0	25,9	23,0
40	31,7	28,5	25,6
45	34,0	30,9	27,9
50	36,0	33,0	30,0
55	37,8	34,9	31,9
60	39,4	36,5	33,6

6. Conclusions

Des courbes de fertilité ont été établies pour les peuplements de douglas essentiellement localisés dans la partie Sud de la Belgique.

L'étude portait sur l'analyse de plus de 250 placettes, dont 87 ayant fait l'objet de remesurages, réparties dans toutes les régions naturelles et couvrant la plus grande diversité possible de milieux de croissance et de peuplements existants. Le potentiel de production a été estimé à partir de la croissance de la hauteur dominante en fonction de l'âge et exprimée par le modèle de JOHNSON-SCHUMACHER qui se présente sous la forme suivante :

$$H_{\text{dom}} = b_0 \exp \frac{- \left[b_2 \ln \left(\frac{0,3}{b_0} \right) \right]}{A - b_2} ,$$

où :

- H_{dom} = hauteur dominante en mètre,
- A = âge depuis la plantation,
- b₀, b₁, b₂ = paramètres à estimer.

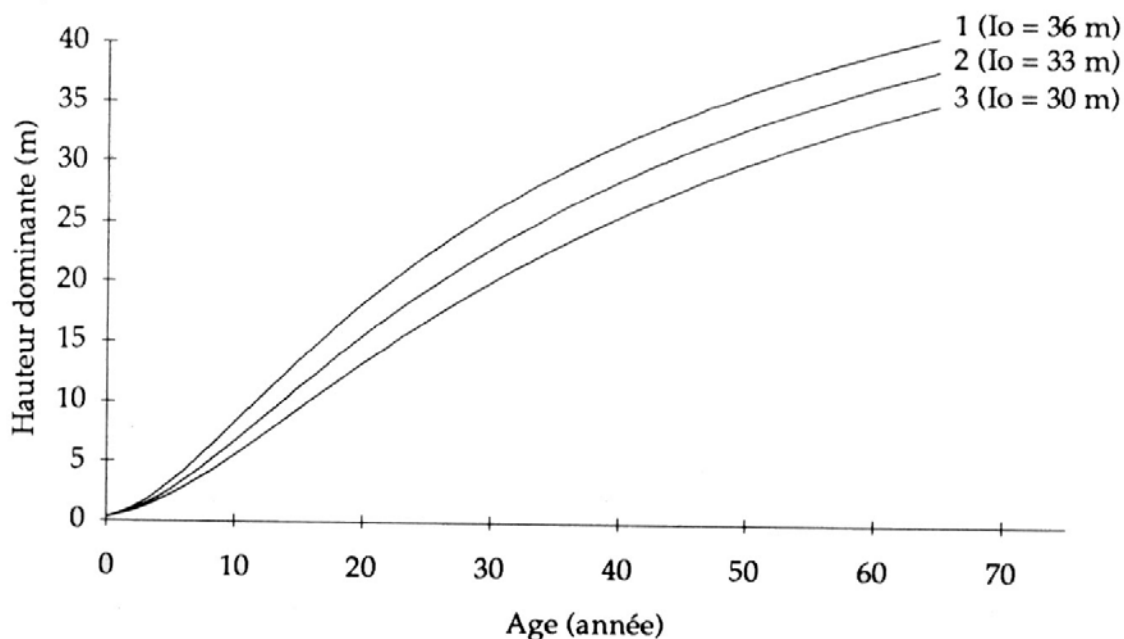


Figure 2. - Faisceau de courbes de fertilité pour le douglas en Belgique.
Site index curves for even-aged stands of douglas fir in the Southern Belgium.

Il apparaît que la variabilité de productivité du douglas mesurée par l'intermédiaire de peuplements existants est peu importante, comparée à celle de l'épicéa commun [RONDEUX et THILL, 1989]. Tout porte cependant à croire que l'explication la plus plausible vient de la conjugaison de la bonne qualité des terrains occupés, des conditions climatiques favorables et de la grande capacité d'adaptation de l'essence.

A ce titre, l'analyse des relations existant entre l'indice de fertilité, d'une part, et les principaux facteurs du milieu, d'autre part, fait l'objet d'une étude complémentaire en voie d'achèvement.

BIBLIOGRAPHIE

- DELVAUX J., GALOUX A. [1962] - *Les territoires écologiques du Sud-Est de la Belgique*. Travaux hors série. Surveys écologiques régionaux. 2 volumes, 315 p.
- I.N.S. [1976] - *Recensement général de l'Agriculture et des Forêts de 1970*. Tome V : recensement forestier. Bruxelles, Ministère des Affaires économiques, 261 p.
- RONDEUX J. [1993] - *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. Gembloux, Presses agronomiques de Gembloux, 521 p.
- RONDEUX J., LECOMTE H., FAGOT J., LAURENT C., TOUSSAINT A. [1986] - Quelques données statistiques sur la forêt wallonne. *Bull. Soc. R. For. Belg.* **93**, 1-22.
- RONDEUX J., THILL A. [1989] - L'estimation de la productivité des peuplements d'épicéa commun (*Picea abies* KARST.) en Ardenne. *Silva Belgica* **96**, 7-15.

RONDEUX J., LAURENT C., THIBAUT A. [1991] - Construction d'une table de production pour le douglas (*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO) en Belgique. *Cah. For. Gembloux* 3, 23 p.

Dans la même collection

- N° 1 La forêt et les forestiers : réalités, nouvelles approches et défis
par J. RONDEUX
- N° 2 Pour une production ligneuse de qualité : impératifs écologiques et sylvicoles
par Ph. BAIX, M. DETHIOUX et J. RONDEUX
- N° 3 Construction d'une table de production pour le douglas [*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO] en Belgique
par J. RONDEUX, C. LAURENT et A. THIBAUT
- N° 4 Nouveaux développements dans l'usage de l'informatique dans l'aménagement forestier
par J. RONDEUX
- N° 5 Les inventaires forestiers en Europe : Tentative de synthèse
par H. LECOMTE et J. RONDEUX
- N° 6 Technique d'inventaire d'alignements forestiers : Application aux brise-vent situés dans le nord du Sénégal
par J. HEBERT, S. VANWIJNSBERGHE, J. RONDEUX et A. TOUSSAINT
- N° 7 Etablissement de courbes de productivité pour les peuplements de frêne (*Fraxinus excelsior* L.) en région limono-calcaire du Condroz et de l'Entre-Sambre-et-Meuse
par A. THIBAUT, H. CLAESSENS, J. RONDEUX
- N° 8 Essai d'amélioration de la pisciculture de l'Ombre commun [*Thymallus thymallus* L.]
par B. LAFFINEUR, W. DELVINGT, A. LAMOTTE
- N° 9 Le "Programme de développement de la Région Nord" en République Centrafricaine. L'expérience de la zone pilote de Sangba
par T. d'ESPINEY, J. TELLO, W. DELVINGT
- N° 10 Management information systems : emerging tools for integrated forest planning
par J. RONDEUX
- N° 11 Facteurs écologiques de production du frêne (*Fraxinus excelsior* L.) en Condroz et productivité des stations potentielles
par H. CLAESSENS, A. THIBAUT, J. RONDEUX
- HS1 Etre ingénieur agronome forestier
par J. RONDEUX
- N° 12 Ressources naturelles et inventaires intégrés : la logique du possible
par J. RONDEUX
- N° 13 Modèles de croissance et gestion des forêts : une étroite complémentarité
par J. RONDEUX
- N° 14 Geo-referenced forest information for Belgium
par J. RONDEUX
- N° 15 L'inventaire forestier wallon : un outil de développement régional
par J. RONDEUX
- HS2 Quelle stratégie pour le développement rural dans la structuration de l'espace régional ?
par J. RONDEUX

Ce document a pu être édité grâce à l'appui d'un programme PRIME accordé par le Ministère de l'Emploi pour la Région Wallonne.