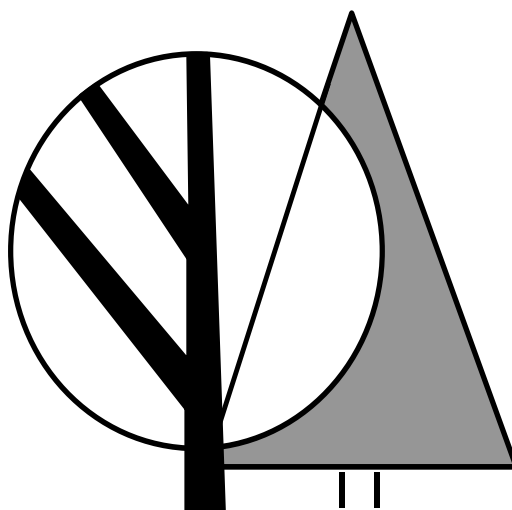


# LES CAHIERS FORESTIERS DE GEMBLoux



TARIFS DE CUBAGE POUR LES PETITS BOIS  
DE MELEZE (*LARIX SP.*) EN ARDENNE BELGE

N° 23

D. PAUWELS, J. RONDEUX

## LES CAHIERS FORESTIERS DE GEMBLoux

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](mailto:rondeux.j@fsagx.ac.be)

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

## TARIFS DE CUBAGE POUR LES PETITS BOIS DE MELEZE (*LARIX SP.*) EN ARDENNE BELGE (\*)

D. PAUWELS <sup>(1)</sup> et J. RONDEUX <sup>(1)</sup>

### Résumé

Des tarifs de cubage à deux entrées (circonférence, hauteur totale) ont été construits à partir de 242 analyses de tige effectuées dans 15 peuplements de mélèze situés en Ardenne et ce, en vue d'estimer le volume total (tige) et le volume bois fort tige de petits bois, c'est-à-dire d'arbres dont la circonférence sur écorce à 1,3 m est inférieure à 70 cm. Ce type de tarif trouve sa raison d'être dans le cubage de bois de premières éclaircies pour lequel les tarifs plus généraux couvrant une large amplitude de grosseurs sont beaucoup moins appropriés. Le volume total tige trouve surtout un intérêt en matière de recherche et plus particulièrement en génétique forestière où les performances d'accroissement d'arbres de faibles dimensions (10 à 20 premières années de croissance) ne peuvent être évaluées sur la base du volume bois fort tige, celui-ci négligeant la portion de tige située au-delà de 22 cm de circonférence.

Afin de déterminer leur précision, ces tarifs ont été testés sur un jeu de 45 données indépendantes de celles ayant été utilisées pour leur construction. Ils donnent une estimation non biaisée du volume total et du volume bois fort tige.

**Mots-clés** : mélèze, *Larix*, tarif de cubage, petits bois.

### Volume tables for small larch trees (*Larix sp.*) in belgian Ardennes

#### Summary :

Volume tables (total volume of the stem and volume to an upper diameter limit of 7 cm) have been elaborated for larch from 242 sample felled trees in 15 evenaged stands located in Ardenne (natural region in the Southern part of Belgium). The originality of the proposed tables is to concern only trees whose diameters (dbh) are less than 22 cm over bark at 1.3 m above the ground level ( $C_{130} < 70$  cm). They are particularly useful to estimate total tree volume of trees (excluding branches) of early thinnings and volume increment of small-sized trees in genetic improvement experiments.

The accuracy of the volume tables have been tested on an independant data set of 45 felled larch trees observed in 14 stands located in the same region to which the equations refer.

The relative mean error (difference between measured and estimated volumes divided by measured volumes) is 0.35 % for total stem volume and 2.2 % for volume to upper girth limit of 22 cm. Volume tables give unbiased estimation of the considered volumes.

**Key-words** : larch, *Larix*, volume tables, small trees.

---

(\*) Recherche financée par la Région Wallonne. Ministère de l'Environnement, des Ressources Naturelles et de l'Agriculture.

(1) Unité de Gestion et Economie forestières. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux.

## 1. Introduction

Le mélèze présente un grand intérêt tant au niveau de la très haute qualité de son bois que de sa rapidité de croissance et de son rôle aux plans cynégétique, biologique, esthétique et paysager. A l'heure de la diversification des essences, le mélèze n'occupe pas la place qu'il mérite et sa valorisation ne pourra sans doute se développer qu'à condition d'envisager sa culture sur de plus grandes étendues.

Le croisement entre le mélèze d'Europe (*Larix decidua* Mill.) et le mélèze du Japon (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.) permet de produire des hybrides (*Larix eurolepis*) dont les performances de croissance sont encore améliorées. Afin de sélectionner précocement les variétés les plus productives, il s'est avéré déterminant de pouvoir estimer le volume des bois de petites dimensions. Pour cette raison, des tarifs de cubage à deux entrées (circonférence, hauteur totale) ont été construits en vue d'estimer le volume total<sup>(1)</sup> (jusqu'au bourgeon terminal) et le volume bois fort tige (jusqu'à la circonférence de 22 cm) d'arbres dont la circonférence à 1,3 m est inférieure à 70 cm.

Après avoir décrit les peuplements et les arbres échantillonnés ainsi que la méthode utilisée pour construire les tarifs précités (paragraphe 2), nous présenterons les résultats obtenus et nous discuterons leur précision en les appliquant à un jeu de 45 nouvelles données (paragraphe 3). Nous clôturerons par une brève conclusion (paragraphe 4).

## 2. Matériel et méthode

### 2.1. Peuplements

L'étude s'appuie sur un échantillon de 15 peuplements situés en Ardenne (région naturelle de Belgique méridionale) à des altitudes comprises entre 340 et 545 m. Ils sont localisés sur des pentes de 5 à 30° et sur des sols caillouteux à charge gréseuse, schisteuse ou schisto-gréseuse caractérisés par un bon drainage. Il s'agit principalement de peuplements de mélèze du Japon (8) ou mélangés mélèze du Japon/ mélèze d'Europe avec une dominance de mélèze du Japon (4). Seuls deux peuplements sont constitués de mélèzes hybrides, le dernier peuplement ne comportant que du mélèze d'Europe. Ces peuplements, équiennes, sont issus de plantations âgées de 12 à 46 ans et présentent des densités qui se situent entre 400 et 3500 tiges/ha.

Ils ont été choisis de manière à couvrir les 5 classes de fertilité (correspondant à des hauteurs dominantes s'échelonnant de 22 à 34 m à 50 ans) définies dans le cadre d'une étude axée sur la productivité des mélèzières et réalisée au sein de la même région naturelle [PAUWELS *et al.*, 1999].

---

(1) Par volume total il faut entendre ici le volume total de la tige, les branches étant exclues.

## 2.2. Arbres sélectionnés pour les tarifs

Au sein des peuplements sélectionnés, 242 arbres désignés pour l'exploitation ont fait l'objet d'une analyse de tige. Vu leur faible circonférence, il s'agit toujours d'arbres prélevés lors d'éclaircies et non d'arbres issus de mises à blanc. Nous avons toutefois veillé à disposer d'un échantillon représentatif des différentes classes sociales observées dans les peuplements et identifiées comme suit : 4 % de dominants, 23 % de codominants, 35 % d'intermédiaires et 38 % de dominés.

L'échantillon est constitué de 67 % de mélèze du Japon, 19 % de mélèzes hybrides et 14 % de mélèze d'Europe. Nous avons en effet émis l'hypothèse que la forme des arbres ne variait pas selon l'espèce et qu'un même tarif pouvait donc être utilisé pour cuber indifféremment tous les mélèzes.

Les mesures suivantes ont été réalisées sur chaque arbre :

- circonférence sur écorce à 1,3 m ;
- circonférence sur écorce mesurée au niveau d'abattage, à 0,5 m puis tous les mètres ;
- hauteur totale.

Le tableau 1 reprend la répartition des arbres échantillonnés par classes de circonférence (cm) et de hauteur totale (m).

Tableau 1. - Répartition des arbres échantillonnés par classes de circonférence à 1,3 m et de hauteur totale.

*Sampled trees distribution grouped by girth at 1.3 m and total height.*

Haut. (m).	5	8	11	14	17	20	23	Total
Circ. (cm)	7,9	10,9	13,9	16,9	19,9	22,9	25,9	
10 - 19	3	0	0	0	0	0	0	3
20 - 29	9	11	2	0	0	0	0	22
30 - 39	1	9	18	13	4	0	0	45
40 - 49	0	6	20	22	24	2	0	74
50 - 59	0	2	3	15	30	9	0	59
60 - 69	0	0	0	2	19	17	1	39
Total	13	28	43	52	77	28	1	242

## 2.3. Méthode de construction des tarifs

A partir des mesures de circonférence effectuées à différents niveaux, le volume bois fort tige ainsi que le volume total de chaque tige ont été calculés par sommation des volumes (v) des billons successifs la constituant. Ces billons sont assimilés à des troncs de cônes et cubés par la formule :

$$v = \frac{L}{12\pi} \left( c_0^2 + c_f^2 + c_0 c_f \right),$$

dans laquelle :

L = longueur du billon,

$c_0$  = circonférence à la base du billon,

$c_f$  = circonférence fin bout du billon.

En ce qui concerne le volume bois fort tige, il a été nécessaire de déterminer pour chaque arbre la hauteur correspondant à une circonférence de 22 cm. Cette hauteur est calculée en supposant que pour le billon concerné, l'évolution de la circonférence en fonction de la longueur est linéaire.

Le tableau 2 présente les caractéristiques dendrométriques des arbres échantillonnés.

Tableau 2. - Caractéristiques dendrométriques des arbres ayant servi à construire les tarifs de cubage.

*Mean and dispersion parameters of independent and dependent variables.*

Caractéristiques dendrométriques	Moy.	Coeff. var. CV (%)	Min.	Max.
circonférence (cm)	46	26,6	16	69
hauteur totale (m)	15,5	27,0	5,3	23,1
volume total (m <sup>3</sup> )	0,1583	65,4	0,0079	0,4549
volume bois fort tige (m <sup>3</sup> )	0,1516	69,2	0,0005	0,4514

Les différences relatives entre les volumes totaux, d'une part, et bois fort tige, d'autre part, évoluent, en fonction des circonférences, selon une exponentielle décroissante comme l'indique le tableau 3.

Les volumes totaux et bois fort tige, une fois déterminés, sont mis en relation avec les caractéristiques dendrométriques des arbres.

Des tarifs à une entrée (basé sur la seule circonférence) n'ont pas été déterminés car leur domaine d'application est trop restreint. De plus, ils ne conviennent pas au cubage d'arbres seuls, ni à celui de peuplements pour lesquels une grande exactitude serait exigée [RONDEUX, 1993]. Les tarifs à une entrée gradués en hauteur dominante [DAGNELIE *et al.*, 1985] ont un champ d'application plus général. Cependant, la sylviculture du mélèze est en pleine évolution. Aussi, l'application de ce type de tarif pour le cubage d'arbres conduits selon une sylviculture intensive (éclaircies fortes et précoces) ne permet pas une estimation non biaisée des volumes. Seuls les tarifs à deux entrées (circonférence, hauteur totale) ont donc été construits en raison de leur précision accrue et de leur usage nettement plus général. Il faut aussi noter que grâce à des appareils performants tels que le dendromètre à ultrasons VERTEX [RONDEUX et PAUWELS, 1998], les mesures de hauteur gagnent en facilité, rapidité et précision et ne sont donc plus un frein à l'utilisation de ce type de tarif.

Tableau 3. - Différences relatives entre les volumes totaux et les volumes bois fort tige de mélèzes dont la circonférence à 1,3 m est inférieure à 70 cm.

*Relatives differences between total and volume to an upper girth limit of 22 cm.*

Classes de circonférence (cm)	Différences relatives entre les volumes totaux et les volumes bois fort tige ( $v_{tot}-vc_{22}$ )/ $v_{tot}$ (%)		
	moy.	min.	max.
10 - 19	87,9	77,9	93,9
20 - 29	44,3	20,8	79,6
30 - 39	14,2	6,0	29,9
40 - 49	5,6	2,3	11,1
50 - 59	2,6	1,4	6,1
60 - 69	1,4	0,8	2,3

Plusieurs modèles mathématiques sont ajustés par la méthode des moindres carrés (régression multiple) en vue de déterminer ceux qui permettent la meilleure estimation des volumes à partir de la circonférence à 1,3 m et de la hauteur totale. La qualité des ajustements est évaluée par le coefficient de détermination  $R^2$ , le coefficient de variation résiduelle CVR (écart-type résiduel divisé par le volume moyen) et par l'analyse visuelle des résidus, destinée à apprécier les éventuels biais (surestimations ou sous-estimations systématiques des volumes estimés par rapport aux volumes « réels » pour certaines catégories de circonférence, par exemple).

### 3. Résultats obtenus et discussion

Bien que la variance des volumes augmente logiquement avec la circonférence des arbres, nous n'avons pas pondéré les équations de régression, car il s'est avéré que cette pondération ne permettait pas de diminuer le coefficient de variation résiduelle et n'améliorait pas la distribution des résidus, par ailleurs bien équilibrée, pour les régressions non pondérées. La faible amplitude des circonférences prises en compte pour l'élaboration des tarifs de cubage pourrait expliquer que la pondération ne soit pas nécessaire.

Le tableau 4 reprend les tarifs de cubage à deux entrées (circonférence, hauteur totale) pour le volume total et pour le volume bois fort tige. La circonférence à 1,3 m ( $c_{130}$ ) est exprimée en cm, la hauteur totale (htot) en m et les volumes [volume tige total ( $v_{tot}$ ) et bois fort tige ( $vc_{22}$ )] en  $m^3$ . A chaque équation sont associés le coefficient de détermination  $R^2$  (%) et le coefficient de variation résiduelle CVR (%) correspondants.

Le coefficient artificiel de forme (rapport entre le volume total de la tige et le volume du cylindre ayant comme base la surface de la section à 1,3 m et comme longueur, la hauteur totale) est de 0,511.

Tableau 4. - Tarifs de cubage à deux entrées pour les petits bois de mélèze ( $c_{130} < 70$  cm).*Regression equation of the volumes over circumference ( $c_{130}$ ) and total height (htot).*

Equations	R <sup>2</sup>	CVR
$vtot = 0,406780E - 5 * c_{130}^2 * htot$	98,8 %	7,3 %
$vc_{22} = -0,008877 + 0,412411E - 5 * c_{130}^2 * htot$	98,7 %	8,0 %

Afin d'apprécier la précision de ces tarifs de cubage, nous les avons appliqués à 45 mélèzes issus de 14 peuplements situés en Ardenne et n'ayant pas servi à la construction des tarifs. Pour ces mélèzes, nous disposons des mesures des circonférences sur écorce à la souche, à 1,3 m et à différents niveaux (non préalablement fixés) le long de la tige (en moyenne 10 billons par arbres). Nous avons en plus mesuré la hauteur totale de chaque bois. Les volumes ont été calculés par sommation des volumes des billons successifs assimilés à des troncs de cônes.

Un test de comparaison des moyennes, échantillons associés par paires, permet de comparer les volumes calculés aux volumes estimés par les tarifs de cubage. Le tableau 5 reprend pour chaque tarif, les différences moyennes absolue et relative entre le volume observé ( $v_{obs}$ ) et le volume estimé ( $v_{est}$ ), ainsi que le résultat du test de comparaison.

Tableau 5 - Comparaison entre les volumes observés et les volumes estimés.

*Comparison between measured and estimated volumes based upon an independant sample.*

Equations	Diff. moy. absolue en m <sup>3</sup> (vobs-vest)	Diff. moy. relative (vobs-vest)/vobs	Test de comparason : Egalité des volumes au seuil $\alpha = 0,05$
$vtot = f(c_{130}, htot)$	-0,00277	0,35 %	OUI
$vc_{22} = f(c_{130}, htot)$	-0,00135	2,2 %	OUI

Les tarifs proposés donnent une estimation non biaisée des volumes totaux et bois fort tige, bien que les arbres cubés présentent des caractéristiques différentes des bois ayant servi à construire les tarifs. La figure 1 montre en effet que ces derniers sont issus en majorité de peuplements âgés ayant été maintenus serrés alors que les bois utilisés pour valider les tarifs proviennent de peuplements jeunes généralement plantés à de plus larges écartements et plus éclaircis. A titre de comparaison, il convient de noter que l'utilisation du tarif de cubage à deux entrées élaboré par DAGNELIE *et al.* [1985] surestime systématiquement le volume bois fort tige (erreur relative moyenne : - 4,5 %) ; ces auteurs n'ont pas construit de tarif pour le volume total tige.



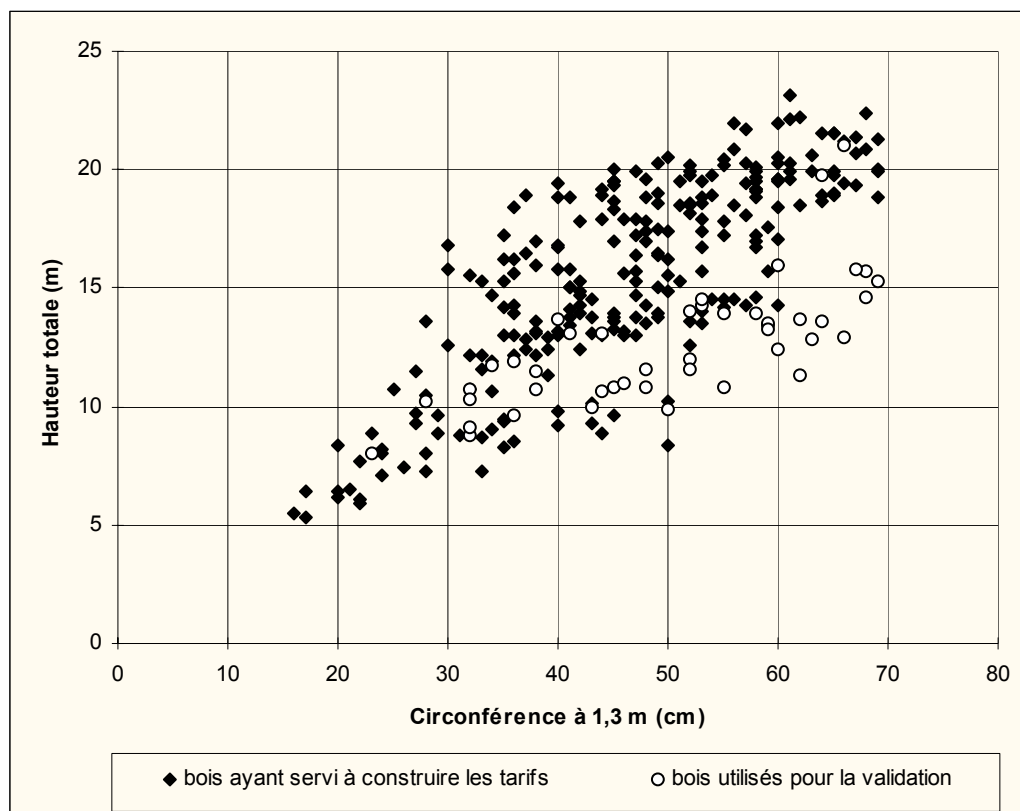


Figure 1. - Caractéristiques dendrométriques des arbres ayant servi à construire les tarifs de cubage et des arbres utilisés pour la validation.  
*Characteristics of trees used to determine and to validate the volume tables.*

#### 4. Conclusion

Des tarifs de cubage à deux entrées (circonférence, hauteur totale) ont été élaborés en vue d'estimer le volume total et le volume bois fort tige de mélèzes dont la circonférence à 1,3 m est inférieure à 70 cm. Ces types de tarifs encore très peu fréquents ont été validés sur un jeu de données indépendant. Ils peuvent être utilisés pour cuber précisément (sans biais) les bois de peuplements de mélèze situés en Ardenne. Ils sont destinés non seulement à estimer plus concrètement le volume des bois prélevés en première éclaircie mais aussi à mieux cerner les accroissements en volume lors d'expérimentations axées sur l'amélioration génétique.

#### Bibliographie

- DAGNELIE P., PALM R., RONDEUX J., THILL A. [1985]. *Tables de cubage des arbres et des peuplements forestiers*. Gembloux, Les Presses Agronomiques, 148 p.
- PAUWELS D., THIBAUT A., LEJEUNE P., RONDEUX J. [1999]. Elaboration de courbes de croissance en hauteur dominante pour les mélèzes (*Larix decidua* Mill. et *Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.) en Belgique méridionale. *Ann. Sci. For.* **56**, 27-34.

RONDEUX J. [1993] *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. Gembloux, Les Presses Agronomiques, 521 p.

RONDEUX J., PAUWELS D. [1998]. Le Forestor Vertex : une nouvelle génération de dendromètres. *Rev. For. Fr.* **50**, 59-64.

### Remerciements

Il nous est agréable de remercier les personnes qui ont contribué à la réalisation de cette étude et plus particulièrement :

- MM. LORENT et MARENNE, techniciens forestiers, qui ont récolté toutes les mesures nécessaires à l'élaboration de ces tarifs de cubage.
- les propriétaires forestiers privés ainsi que la Division Nature et Forêts qui nous ont permis d'effectuer les analyses de tige dans les peuplements qui leur appartiennent ou dont ils assurent la gestion.

### Dans la même collection

- |       |   |
|-------|---|
| N° 1  | La forêt et les forestiers : réalités, nouvelles approches et défis<br>par J. RONDEUX   |
| N° 2  | Pour une production ligneuse de qualité : impératifs écologiques et sylvicoles<br>par Ph. BAIX, M. DETHIOUX et J. RONDEUX   |
| N° 3  | Construction d'une table de production pour le douglas [ <i>Pseudotsuga menziesii</i> (MIRB.) FRANCO] en Belgique<br>par J. RONDEUX, C. LAURENT et A. THIBAUT   |
| N° 4  | Nouveaux développements dans l'usage de l'informatique dans l'aménagement forestier<br>par J. RONDEUX   |
| N° 5  | Les inventaires forestiers en Europe : Tentative de synthèse<br>par H. LECOMTE et J. RONDEUX  |
| N° 6  | Technique d'inventaire d'alignements forestiers : Application aux brise-vent situés dans le nord du Sénégal<br>par J. HEBERT, S. VANWIJNSBERGHE, J. RONDEUX et A. TOUSSAINT   |
| N° 7  | Etablissement de courbes de productivité pour les peuplements de frêne ( <i>Fraxinus excelsior</i> L.) en région limono-calcaire du Condroz et de l'Entre-Sambre-et-Meuse<br>par A. THIBAUT, H. CLAESSENS, J. RONDEUX |
| N° 8  | Essai d'amélioration de la pisciculture de l'Ombre commun [ <i>Thymallus thymallus</i> L.]<br>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 Sangha<br>par T. d'ESPINEY, J. TELLO, W. DELVINGT   |
| N° 10 | Management information systems : emerging tools for integrated forest planning  |

---

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

- |       |   |
|-------|---|
| N° 11 | Les ingénieurs agronomes forestiers<br>par J. RONDEUX                                       |
| N° 12 | Ressources naturelles et inventaires intégrés : la logique du possible<br>par J. RONDEUX    |
| N° 13 | Modèles de croissance et gestion des forêts : une étroite complémentarité<br>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
- N° 16 Indices et courbes de fertilité pour les peuplements de douglas (*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO) en Belgique  
par A. THIBAUT, J. RONDEUX, H. CLAËSSENS
- N° 17 Classement d'aspect appliqué aux sciages d'épicéa commun (*Picea abies* (L.) KARST) d'Ardenne  
par F. BAILLY, H. LECOMTE, L. FRAIPONT
- N° 18 Evolution des principaux types d'aides à la décision en matière de gestion forestière  
par P. LEJEUNE, J. RONDEUX, J. HEBERT
- N° 19 L'inventaire permanent des ressources ligneuses de la Région wallonne : principaux aspects méthodologiques  
par J. RONDEUX, H. LECOMTE, P. FLORKIN, M. THIRION
- HS3 1897 - 1997. Répertoire des thèses de fin d'études des Ingénieurs agronomes - orientation "Eaux et Forêts" issus de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux
- N° 20 Itinéraires sylvicoles pour la production de frêne de qualité  
par H. CLAËSSENS
- N° 21 Quelques données inédites sur l'accroissement des peuplements de hêtre en Région wallonne  
par J. RONDEUX, H. LECOMTE, P. FLORKIN, M. THIRION, J. HEBERT
- N° 22 Forestry curricula at the Gembloux Agricultural University  
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.