

## Tarif de cubage peuplement pour le hêtre (*Fagus sylvatica* L.) en Wallonie

par

A. TOUSSAINT (\*), J. FAGOT (\*), H. LECOMTE (\*) et J. RONDEUX (\*\*)

### Résumé

Cette étude est relative à l'établissement et à l'utilisation d'un tarif conçu pour estimer rapidement le volume du bois fort tige à l'hectare de peuplements de hêtres (*Fagus sylvatica* L.) situés dans la partie méridionale de la Belgique. Les peuplements concernés appartiennent à des futaies d'allure jardinée, dont l'aspect et la structure sont très fluctuants d'un endroit à l'autre.

Ce tarif est avant tout destiné à l'estimation rapide du matériel ligneux à l'échelle de massifs ou de zones boisées relativement étendues. Il nécessite la détermination préalable de la surface terrière à l'hectare et de la hauteur dominante des peuplements.

### 1. Introduction

Il est possible de déterminer avec une précision très satisfaisante le volume d'un peuplement ou d'un massif forestier à l'aide d'un modèle mathématique basé sur la surface terrière et la hauteur moyenne ou dominante de ce peuplement.

Cette approche que nous avons déjà appliquée au cubage de peuplements équiennes d'épicéas [RONDEUX 1977a, 1977b; RONDEUX et TOUSSAINT, 1980] met en œuvre des variables qui sont habituellement envisagées dans la plupart des modèles de production. Elle s'intègre facilement aux inventaires par échantillonnage, particulièrement à ceux qui s'appuient sur la méthode de l'angle critique de BITTERLICH [RONDEUX, 1983b] et elle permet l'estimation

(\*) Convention de recherche « Inventaire des Ressources Forestières Wallonnes » financée par la Région Wallonne. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat. Passage des Déportés, 2. B-5800 GEMBLoux (Belgique).

(\*\*) Chaire de Technologie forestière. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat. Passage des Déportés, 2. B-5800 GEMBLoux (Belgique).

directe des volumes sur de grandes étendues en réalisant un compromis idéal entre la précision et le coût des opérations d'inventaire.

La présente étude concerne la construction d'un tarif destiné au cubage des hêtraies situées au Sud du Sillon Sambre-et-Meuse. Seuls le hêtre (*Fagus sylvatica* L.) et les chênes indigènes (*Quercus petraea* (MATTUSCHKA) LIEBLEIN et *Quercus robur* L.), principales essences compagnes, ont été pris en considération.

A cet égard, nous envisagerons la nature des données récoltées et tenterons de caractériser les peuplements concernés (paragraphe 2), nous présenterons les résultats obtenus (paragraphe 3) et formulerons quelques conseils ou précautions à prendre en matière d'utilisation (paragraphe 4). Le dernier paragraphe (paragraphe 5) consacré aux conclusions envisagera aussi une perspective de valorisation de la méthode d'investigation proposée.

## 2. Matériel et méthode

### 2.1. ALLURE GENERALE DES PEUPELEMENTS

Les données de base relatives à la présente étude sont issues de plusieurs centaines d'unités d'échantillonnage (1) installées de 1978 à 1982 pour les besoins de l'inventaire des ressources forestières de Wallonie [RONDEUX, 1983a]. Seules ont été retenues les unités ou « placettes » entières comportant du hêtre à raison de plus de 66 % de la surface terrière totale des essences présentes (hêtre et chêne presque exclusivement). Les peuplements analysés sont principalement situés en Ardenne et en Gaume, ils concernent les *futaies* dont la structure globale tend vers une allure jardinée. La régénération est, selon les endroits, inexistante ou installée sous la forme de groupes d'étendues variables, ce qui confère un aspect équiennne local aux peuplements de l'étage dominant ou aux groupes de régénération issus d'une même fructification. Les aspects jardinés (par pieds d'arbres) ou équiennes (par groupes) sont d'ailleurs très fluctuants d'un endroit à l'autre et la démarcation entre les deux est rarement nette [ROISIN, 1981].

Selon nos estimations, ces peuplements couvrent environ 30.000 ha, ils ont été analysés au moyen de 400 unités d'échantillonnage au sein desquelles les hauteurs dominantes (2) varient de 15 à 42 m, les surfaces terrières de 4 à 40 m<sup>2</sup> (à l'ha) et les circonférences dominantes (2) de 63 à 277 cm, ces dernières traduisant en quelque sorte le stade d'évolution des peuplements rencontrés. Quant aux valeurs moyennes de ces mêmes caractéristiques, elles sont respectivement de 27,4 m, 19 m<sup>2</sup> et 174 cm.

- (1) Pour plus de précision, nous avons exclu de l'analyse les unités d'échantillonnage ne constituant pas un ensemble homogène caractérisable par une seule hauteur dominante, par exemple.
- (2) Les hauteurs dominantes et les circonférences dominantes concernent un nombre fixe d'arbres parmi les plus gros.

## 2.2. MESURES ET CALCULS EFFECTUES

Au sein des placettes d'étendues fixes, généralement de 10a, les circonférences de tous les arbres ont été mesurées, au centimètre près, à 1,50m du sol; en outre, on a également estimé la hauteur moyenne des arbres les plus gros (hauteur dominante) à raison d'un sujet par 2,5a, en prévoyant au moins 2 mesures aussi bien pour le hêtre que pour le chêne, le nombre de mesures par essence étant fixé au prorata de leur importance respective.

Le volume du matériel présent sur les placettes a ensuite été estimé au moyen d'équations de régression pondérées [PALM, 1981] mettant en œuvre la circonférence à 1,50m et la hauteur des arbres dominants. Nous avons utilisé une équation fournissant, pour chacun des arbres mesurés, le volume du bois fort de la tige.

De la même manière que pour les études antérieures portant sur des peuplements équiennes d'épicéas en Ardenne septentrionale [RONDEUX et TOUS-SAINT, 1980] et méridionale [RONDEUX, 1977a], nous avons mis à profit les données issues de 385 placettes d'échantillonnage pour déterminer les volumes ramenés à l'ha, les surfaces terrières à l'ha et les hauteurs dominantes.

Ces calculs ont été effectués séparément pour les hêtres et pour les chênes, soit, à titre d'information, sur 385 placettes de hêtre dont 74 comportaient aussi du chêne.

## 3. Résultats

### 3.1. VOLUMES A L'HECTARE

Plusieurs équations de régression ont été testées en vue d'estimer les volumes à l'ha en fonction de la surface terrière et de la hauteur dominante respectivement considérées comme facteurs de densité d'une part et de productivité, d'autre part.

En ce qui concerne le volume du bois fort de la tige qui servira surtout de référence en matière d'aménagement, mais que l'on pourrait aussi avantageusement considérer dans les opérations de commercialisation, nous avons retenu l'équation suivante

$$V = 2,0312 + 0,4105 G \cdot h_{\text{dom}} \quad [R^2 = 0,9988] \quad (1) \\ [CVR = 1,4\%]$$

si: V = volume du bois fort de la tige à l'ha, en m<sup>3</sup>,

G = surface terrière à l'ha, en m<sup>2</sup>,

h<sub>dom</sub> = hauteur dominante, en m.

Pour mieux fixer les idées, le tarif correspondant est présenté sous une forme plus conventionnelle dans le tableau I.

(1) R<sup>2</sup> et CVR représentent respectivement le coefficient de détermination et le coefficient de variation résiduelle.

Tableau I. — Volume, par ha, du bois fort tige (m<sup>3</sup>) en fonction de la surface terrière G (en m<sup>2</sup>) et de la hauteur dominante h<sub>dom</sub> (en m).  
 $V = 2,0312 + 0,4105 G \cdot h_{dom}$

Volume (m<sup>3</sup> per hectare) to an upper girth of 22 cm in relation with the basal area G (m<sup>2</sup>) and the top height h<sub>dom</sub> (m)  
 $V = 2,0312 + 0,4105 G \cdot h_{dom}$

G	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
10	68.	72.	76.	80.	84.	88.	92.	96.	101.	105.	109.	113.	117.	121.	125.	129.	133.	137.
11	74.	79.	83.	88.	92.	97.	101.	106.	110.	115.	119.	124.	128.	133.	137.	142.	147.	151.
12	81.	86.	91.	96.	101.	105.	110.	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.	150.	155.	160.	165.
13	87.	93.	98.	103.	109.	114.	119.	125.	130.	135.	141.	146.	151.	157.	162.	167.	173.	178.
14	94.	100.	105.	111.	117.	123.	128.	134.	140.	146.	151.	157.	163.	169.	174.	180.	186.	192.
15	101.	107.	113.	119.	125.	131.	137.	144.	150.	156.	162.	168.	174.	181.	187.	193.	199.	205.
16	107.	114.	120.	127.	133.	140.	147.	153.	160.	166.	173.	179.	186.	193.	199.	206.	212.	219.
17	114.	121.	128.	135.	142.	149.	156.	163.	170.	176.	183.	190.	197.	204.	211.	218.	225.	232.
18	120.	128.	135.	142.	150.	157.	165.	172.	179.	187.	194.	202.	209.	216.	224.	231.	238.	246.
19	127.	135.	142.	150.	158.	166.	174.	181.	189.	197.	205.	213.	220.	228.	236.	244.	252.	259.
20	133.	142.	150.	158.	166.	174.	183.	191.	199.	207.	215.	224.	232.	240.	248.	257.	265.	273.
21	140.	149.	157.	166.	174.	183.	192.	200.	209.	218.	226.	235.	243.	252.	261.	269.	278.	287.
22	147.	156.	165.	174.	183.	192.	201.	210.	219.	228.	237.	246.	255.	264.	273.	282.	291.	300.
23	153.	163.	172.	181.	191.	200.	210.	219.	229.	238.	248.	257.	266.	276.	285.	295.	304.	314.
24	160.	170.	179.	189.	199.	209.	219.	229.	238.	248.	258.	268.	278.	288.	298.	307.	317.	327.
25	166.	176.	187.	197.	207.	218.	228.	238.	248.	259.	269.	279.	289.	300.	310.	320.	330.	341.
26	173.	183.	194.	205.	215.	226.	237.	248.	258.	269.	280.	290.	301.	312.	322.	333.	344.	354.
27	179.	190.	202.	213.	224.	235.	246.	257.	268.	279.	290.	301.	312.	323.	335.	346.	357.	368.
28	186.	197.	209.	220.	232.	243.	255.	266.	278.	289.	301.	312.	324.	335.	347.	358.	370.	381.
29	193.	204.	216.	228.	240.	252.	264.	276.	288.	300.	312.	323.	335.	347.	359.	371.	383.	395.
30	199.	211.	224.	236.	248.	261.	273.	285.	298.	310.	322.	335.	347.	359.	371.	384.	396.	408.
31	206.	218.	231.	244.	257.	269.	282.	295.	307.	320.	333.	346.	358.	371.	384.	397.	409.	422.
32	212.	225.	238.	252.	265.	278.	291.	304.	317.	330.	344.	357.	370.	383.	396.	409.	422.	436.
33	219.	232.	246.	259.	273.	287.	300.	314.	327.	341.	354.	368.	381.	395.	408.	422.	436.	449.
34	225.	239.	253.	267.	281.	295.	309.	323.	337.	351.	365.	379.	393.	407.	421.	435.	449.	463.
35	232.	246.	261.	275.	289.	304.	318.	332.	347.	361.	376.	390.	404.	419.	433.	447.	462.	476.
36	238.	253.	268.	283.	298.	312.	327.	342.	357.	371.	386.	401.	416.	431.	445.	460.	475.	490.
37	245.	260.	275.	291.	306.	321.	336.	351.	367.	382.	397.	412.	427.	442.	458.	473.	488.	503.
38	252.	267.	283.	298.	314.	330.	345.	361.	376.	392.	408.	423.	439.	454.	470.	486.	501.	517.
39	258.	274.	290.	306.	322.	338.	354.	370.	386.	402.	418.	434.	450.	466.	482.	498.	514.	530.
40	265.	281.	298.	314.	330.	347.	363.	380.	396.	413.	429.	445.	462.	478.	495.	511.	527.	544.

A titre indicatif, compte tenu d'un échantillon beaucoup plus réduit, en appliquant le même raisonnement au seul chêne, compagnon normal du hêtre dans des proportions allant de moins de 10% à 30%, on obtient la relation générale ci-après:

$$V = 1,6675 + 0,4430 G \cdot h_{\text{dom}} \quad [R^2 = 0,9962] \\ [CVR = 2,6\%]$$

### 3.2. RAPPORTS ENTRE LES VOLUMES ET LA SURFACE TERRIERE

Une autre manière d'estimer les volumes du bois fort de la tige à l'ha est d'utiliser la relation existant entre les rapports V/G, aussi appelés « hauteurs réduites » ou « hauteurs de forme », et la hauteur dominante.

A cette fin, nous avons eu recours au modèle mathématique suivant, valable pour le hêtre:

$$V/G = -0,39456 + 0,4555h_{\text{dom}} - 0,0000095801 h_{\text{dom}}^2 \quad [R^2 = 0,9891] \\ [CVR = 1,3\%]$$

Le tableau II fournit les valeurs calculées de ce rapport ainsi que les coefficients de forme (1) «peuplement» F issus de la division des rapports V/G par la hauteur dominante.

Tableau II. — Valeurs des rapports V/G et du coefficient de forme F en fonction de la hauteur dominante  $h_{\text{dom}}$ .

*V/G ratios and stand form factor F in relation with the top height  $h_{\text{dom}}$ .*

$h_{\text{dom}}$	V/G	F
18	7,8	0,433
20	8,7	0,435
22	9,6	0,436
24	10,5	0,438
26	11,4	0,439
28	12,4	0,443
30	13,3	0,443
32	14,2	0,444
34	15,1	0,444
36	16,0	0,444
38	16,9	0,445

(1) Basés ici sur la hauteur dominante et non, comme leur définition le suppose, sur la hauteur moyenne du peuplement.

On constatera la très grande stabilité du coefficient de forme, ce qui permet de déduire une relation approximative très simple fournissant le volume à l'ha, soit :

$$V = G \cdot h_{\text{dom}} \cdot 0,44$$

#### 4. Utilisation des tarifs

L'utilisation de ces types de tarifs implique l'estimation de la surface terrière à l'ha et de la hauteur dominante à partir de plusieurs points de sondage répartis de manière aléatoire ou systématique au sein des peuplements ou des massifs à inventorier. La précision obtenue sera non seulement fonction de la qualité des estimations de surface terrière et de hauteur dominante, mais aussi du nombre d'échantillons sur lequel s'appuyent ces deux estimations et de l'homogénéité des peuplements à inventorier (structures, mélanges, hauteurs, etc.).

Compte tenu de l'échelle à laquelle s'appliquent principalement ces outils dendrométriques et de l'objectif que le forestier poursuit en y recourant, il nous paraît raisonnable pour des questions de coût et de durée des opérations, d'estimer les surfaces terrières au prisme relascopique ou au relascope de BITTERLICH [HAMILTON, 1975; RONDEUX, 1983a] à raison de 1 à 4 points à l'ha (1) et d'assimiler la hauteur dominante à la moyenne des hauteurs totales des 4 plus gros arbres rencontrés dans un rayon de 18m autour de ces points.

L'utilisation pratique de pareils tarifs peut être envisagée dans plusieurs voies :

- simplifier les calculs inhérents aux méthodes de cubage conventionnellement adoptées en matière d'inventaires,
- permettre l'estimation de volumes de peuplements à partir de photos aériennes,
- fournir un moyen d'estimation rapide de la croissance des peuplements.

#### 5. Conclusions

Un tarif de cubage peuplement a été construit pour faciliter l'estimation du volume des hêtraies situées au Sud du Sillon Sambre-et-Meuse.

Ce tarif, qui exprime le volume du bois fort de la tige à l'ha en fonction de la surface terrière à l'ha et de la hauteur dominante, devrait permettre de rencontrer les besoins de la gestion forestière et des inventaires intéressant le matériel sur pied des massifs boisés ou des coupes d'exploitation.

(1) Dans le contexte d'opérations de gestion à l'échelle de coupes de quelques dizaines d'ha, par exemple, et en fonction de leur hétérogénéité.

De la même manière que pour l'épicéa commun [RONDEUX *et al.*, à paraître], nous sommes arrivés à la conclusion qu'un tarif de ce type, construit à l'échelle de la région, pouvait être appliqué à des unités géographiques plus limitées, identifiées, par exemple, par les milieux écologiques. Il est évident que les résultats seront d'autant plus fiables que la zone inventoriée est étendue.

Enfin, pour mieux répondre aux impératifs de commercialisation des produits ligneux, nous envisageons d'associer à cette technique d'estimation rapide des volumes la notion de découpe, exprimée en termes de grosseur de telle manière qu'il soit possible d'apprécier, en relation avec une caractéristique moyenne des peuplements, la proportion de volume de bois fort correspondant à divers volumes relatifs au bois d'œuvre.

### Remerciements

Cette étude a pu être réalisée grâce à la collaboration active et compétente de plusieurs techniciens œuvrant dans le cadre d'une convention de recherche - développement, passée entre la Région Wallonne et la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, en vue d'inventorier les ressources forestières de Wallonie.

Nous leur adressons nos vifs remerciements ainsi qu'aux agents de l'Administration des Eaux et Forêts qui ont apporté une importante contribution à la récolte des données sur le terrain.

### Summary

#### *A stand volume table for beech (Fagus sylvatica L.) in Walloon*

A stand volume table has been constructed to give rapid low-cost estimates of volume per hectare for beech (*Fagus sylvatica* L.) located in the south of Belgium. The stand structure in this area is rather heterogeneous, with mixed even-aged and uneven-aged aspects. The use of the table requires the assessment of the basal area per hectare  $G$  (in  $m^2$ ) and the top height  $h_{dom}$  (in m) of the crop. The volume  $V$  (in  $m^3$ ) up to 22 cm girth is given by the following equation:

$$V = 2,0312 + 0,4105 G \cdot h_{dom}.$$

### Bibliographie

- HAMILTON G.J. [1975]. Forest mensuration handbook. Forestry Commission Booklet. London, no. 39, 274 p.
- PALM R. [1981]. Contribution méthodologique au cubage des arbres et à la construction de tables de cubage et d'assortiments. Thèse Doct. Sci. Agron. Gembloux, Fac. Sci. Agron., 295 p.
- ROISIN P. [1981]. Sylviculture des futaies feuillues jardinées ou d'allure jardinée en Belgique. *Rev. For. Fr.*, 33, no. spécial, 113-128.
- RONDEUX J. [1977a]. Construction et utilisation de tarifs de cubage peuplement pour l'épicéa (*Picea Abies* KARST) en Ardenne Méridionale. *Bull. Rech. Agron. Gembloux* 12 (4), 339-348.
- RONDEUX J. [1977b]. Tarifs de cubage «peuplement» pour l'épicéa commun en Ardenne. *Bull. Soc. R. For. Belg.* 84 (2), 124-130.
- RONDEUX J. et TOUSSAINT A. [1980]. Tarif de cubage «peuplement» pour l'épicéa commun en Haute Ardenne septentrionale. *Bull. Soc. R. For. Belg.* 87 (5), 227-231.
- RONDEUX J. [1983a]. Un inventaire forestier au service de la Région Wallonne. *Wallonie* 83, 10 (1), 41-49.
- RONDEUX J. [1983b]. La méthode de l'angle critique: une conception particulière de l'échantillonnage appliqué aux inventaires forestiers. *Ann. Gembloux* 89 (3), 183-200.