

L'estimation rapide des volumes sur pied en taillis sous futaie de chênes

par

J. RONDEUX (*), J. HEBERT (*) et A. TOUSSAINT (**)

Résumé

Cette étude concerne l'établissement d'équations de cubage destinées à déterminer rapidement les volumes sur pied de peuplements de chênes indigènes (*Quercus petraea* (MATTUSCHKA) LIEBLEIN et *Quercus robur* L.). Les peuplements analysés appartiennent tous à des taillis sous futaie situés dans la partie méridionale de la Belgique. Les équations, qui permettent l'estimation de plusieurs types de volumes ramenés à l'hectare, nécessitent la détermination préalable de la surface terrière à l'hectare, de la hauteur dominante et, dans certains cas, de la circonférence moyenne des peuplements. Seuls les arbres de la réserve sont pris en considération.

1. Introduction

Dans la partie Sud de la Belgique le taillis sous futaie occupe environ 100.000 hectares, ce qui représente, selon les résultats fournis par un inventaire forestier régional effectué de 1980 à 1983 [RONDEUX *et al.*, 1986], 42 % de la forêt feuillue couvrant la région wallonne et 20,5 % de la surface boisée productive de cette même région.

Afin de pouvoir procéder à des estimations rapides des volumes sur pied de peuplements de ce type à dominance de chênes (*Quercus petraea* (MATTUSCHKA) LIEBLEIN et *Quercus robur* L.) dans le cadre d'inventaires couvrant plusieurs dizaines ou centaines d'hectares, nous avons envisagé la construction de tarifs de cubage de peuplements basés sur la surface terrière à l'hectare, la hauteur dominante et la circonférence moyenne.

(*) Unité de Gestion et d'Economie Forestières. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat. Passage des Déportés, 2. B-5800 GEMBLoux (Belgique).

(**) Centre de Calcul et d'Informatique. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat. Avenue de la Faculté d'Agronomie, 8. B-5800 GEMBLoux (Belgique).

Nous évoquerons en premier lieu la nature du matériel expérimental (paragraphe 2), ainsi que les calculs qui ont été effectués (paragraphe 3). Nous présenterons ensuite les résultats obtenus (paragraphe 4) avant de montrer comment appliquer la méthode d'estimation proposée (paragraphe 5) et de tirer quelques rapides conclusions (paragraphe 6).

2. Matériel expérimental

Les données qui ont été utilisées en vue de construire des tarifs de cubage de peuplements sont issues d'unités d'échantillonnage circulaires de 10 ares, installées lors de l'inventaire régional précité [LECOMTE et RONDEUX, 1986]. Elles concernent les taillis sous futaie d'Ardenne, d'Entre-Sambre-et-Meuse, du Condroz et de Famenne à dominance de chênes (ceux-ci intervenant, par convention, pour plus des 2/3 de la surface terrière totale des essences présentes).

L'échantillon qui a servi de base à l'étude porte sur 437 placettes pour lesquelles la surface terrière ramenée à l'hectare, la circonférence moyenne et la hauteur dominante des chênes de la réserve présentent les valeurs minimales, moyennes et maximales, ainsi que les coefficients de variation repris dans le tableau I.

Tableau I. - Valeurs minimales, moyennes, maximales et coefficients de variation estimés des principales caractéristiques dendrométriques de l'échantillon.

Minimum, mean, maximum and estimated coefficients of variation of the main variables.

Caractéristiques dendrométriques	Valeurs			Coefficients de variation
	minimales	moyennes	maximales	
Surface terrière/ha (m ²)	5	14	30	38,2 %
Circonférence moyenne (cm)	55	115	239	29,9 %
Hauteur dominante (m)	14	19	27	15,7 %

3. Calculs effectués

Au sein de chaque placette d'échantillonnage, les mesures ont exclusivement concerné les chênes de la réserve : elles ont porté sur les circonférences à 1,50 m du sol et sur les hauteurs totales des plus gros arbres à raison d'un arbre par 2,5 ares.

Nous avons ainsi pu calculer :

- la valeur moyenne de ces hauteurs, correspondant, par convention, à la hauteur dominante ;
- la surface terrière de tous les arbres ;
- la circonférence moyenne.

Après élimination des placettes présentant trop d'irrégularités ou pour lesquelles la hauteur dominante faisait défaut, nous avons, grâce à des tarifs de cubage individuels, mis au point à la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux [DAGNELIE *et al.*, 1985], déterminé les volumes de tous les arbres. Ces volumes ont exclusivement concerné le bois de tige :

- jusqu'à la découpe de 22 cm de circonférence, encore appelé « bois fort tige » ;
- jusqu'à la découpe en circonférence située à 50 % de la circonférence à 1,50 m du sol [RONDEUX, 1975] ;
- jusqu'aux découpes de 60, 90, 120 et 150 cm de circonférence.

Par convention, les volumes calculés jusqu'aux découpes envisagées n'ont concerné que les arbres ayant une circonférence à 1,50 m du sol au moins égale ou supérieure à celle de la découpe.

En l'absence de règles objectives fixant le volume du bois d'œuvre, l'utilisateur peut ainsi choisir la définition se rapprochant le plus possible de l'objectif qu'il poursuit (gestion, commercialisation, usages locaux, etc.).

Nous avons ensuite déterminé les volumes et les surfaces terrières à l'hectare de telle sorte que nous disposions, pour chaque unité d'échantillonnage, des variables suivantes : les volumes VC22, VC50%, VC60, VC90, VC120, VC150, la surface terrière G, la hauteur dominante HDOM et la circonférence moyenne CMOY.

4. Résultats obtenus

4.1. EQUATIONS DE CUBAGE

Sur la base de l'expérience acquise lors de la réalisation de plusieurs travaux antérieurs traitant de la construction de tarifs de cubage de peuplements pour l'épicéa commun (*Picea abies* KARST.) [RONDEUX, 1977] et pour le hêtre (*Fagus sylvatica* L.) [TOUSSAINT *et al.*, 1983], nous avons mis en relation, par régression multiple, les différents volumes à l'hectare avec la surface terrière à l'hectare et la hauteur dominante. Il s'est avéré que la qualité des ajustements était de moins en moins bonne au fur et à mesure que la circonférence à la découpe grandissait.

C'est ainsi que si des équations assez classiques de la forme :

$$V = a_0 + a_1 G.HDOM ,$$

se sont révélées excellentes pour expliquer la variabilité des volumes dans le cas des découpes situées à 22 cm de circonférence et à 50 % de la grosseur à 1,50 m, nous avons, après de nombreux tests, retenu une équation de la forme :

$$V = a_0 + a_1 G.HDOM + a_2 CMOY ,$$

pour tous les autres types de volumes.

Nous avons ainsi mis en évidence les équations de cubage ci-après (entre parenthèses figurent respectivement le coefficient de détermination R^2 et le coefficient de variation résiduelle CVR) dans lesquelles les volumes «V» sont exprimés en m^3/ha , la surface terrière G, en m^2/ha , la hauteur dominante HDOM, en m, et la circonférence moyenne CMOY, en cm :

$$VC22 = 3,3473 + 0,4546 G.HDOM \quad (R^2 = 0,996) \\ (CVR = 2,6 \%)$$

$$VC50 \% = 3,4716 + 0,4297 G.HDOM \quad (R^2 = 0,997) \\ (CVR = 2,5 \%)$$

$$VC60 = -3,3609 + 0,4051 G.HDOM + 3,1510 CMOY \quad (R^2 = 0,970) \\ (CVR = 8,4 \%)$$

$$VC90 = -90,3252 + 0,2922 G.HDOM + 0,8049 CMOY \quad (R^2 = 0,888) \\ (CVR = 22,1 \%)$$

$$VC120 = -121,7200 + 1,0022 G.HDOM + 10,0217 CMOY \quad (R^2 = 0,838) \\ (CVR = 36,4 \%)$$

$$VC150 = -120,3777 + 0,1326 G.HDOM + 0,8928 CMOY \quad (R^2 = 0,768) \\ (CVR = 45,8 \%)$$

Pour mieux fixer les idées, le tarif fournissant le volume du bois fort tige à l'hectare (VC22) est présenté sous une forme plus conventionnelle dans le tableau II.

Tableau II. - Tarif peuplement chênes - Volume (en m³/ha) du bois fort de la lige en fonction de la surface terrière (en m²/ha) et de la hauteur dominante (en m) (1).
Oak stand volume table - Volume (m³/hectare) to upper girth limit of 22 cm in relation with the basal area (m²/hectare) and the top height (m) (1).

Y X		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
10	67	72	76	81	85	90	94	99	103	108	112	117	122	126	138
11	73	78	83	88	93	98	103	108	113	118	123	128	133	138	151
12	80	85	91	96	102	107	112	118	123	129	134	140	145	151	163
13	86	92	98	104	110	116	122	127	133	139	145	151	157	163	175
14	92	99	105	112	118	124	131	137	143	150	156	162	169	175	
15	99	106	112	119	126	133	140	147	153	160	167	174	181	187	
16	105	112	120	127	134	142	149	156	163	171	178	185	192	200	
17	112	119	127	135	142	150	158	166	173	181	189	197	204	212	
18	118	126	134	142	151	159	167	175	183	192	200	208	216	224	
19	124	133	142	150	159	167	176	185	193	202	211	219	228	237	
20	131	140	149	158	167	176	185	194	203	212	222	231	240	249	
21	137	147	156	166	175	185	194	204	213	223	232	242	252	261	
22	143	153	163	173	183	193	203	213	223	233	243	253	263	273	
23	150	160	171	181	192	202	212	223	233	244	254	265	275	286	
24	156	167	178	189	200	211	222	232	243	254	265	276	287	298	

(1) X = surface terrière (en m²/ha) (basal area).

Y = hauteur dominante (en m) (top height).

Equation de cubage : $VC_{22} = 3,3e^{.73} + 0,45e^{-.6} G.HIDOM$ (stand volume equation).

4.2. FORMULES SIMPLIFIEES

Partant de l'hypothèse que le volume V d'un peuplement peut résulter de l'application de la formule classique :

$$V = G.H.F ,$$

G représentant la surface terrière du peuplement,

H représentant la hauteur moyenne de celui-ci,

F représentant son coefficient de forme,

nous avons tenté de voir s'il n'existait pas de relation satisfaisante entre, d'une part, le rapport V/G (= $H.F$), correspondant à la «hauteur réduite» et, d'autre part, la hauteur dominante des peuplements, paramètre sensiblement plus facile à estimer qu'une hauteur moyenne générale.

A cette fin, nous avons retenu le modèle mathématique :

$$V/G = a_0 + a_1 \text{ HDOM} ,$$

qui a donné lieu aux résultats suivants, selon la nature des volumes :

$VC22/G = 0,9957 + 0,4166 \text{ HDOM}$	$(R^2 = 0,977)$ $(CVR = 2,0 \%)$
$VC50\%/G = 1,1185 + 0,3856 \text{ HDOM}$	$(R^2 = 0,982)$ $(CVR = 1,8 \%)$
$VC60/G = -3,1708 + 0,5836 \text{ HDOM}$	$(R^2 = 0,796)$ $(CVR = 10,7 \%)$
$VC90/G = -8,9778 + 0,7770 \text{ HDOM}$	$(R^2 = 0,621)$ $(CVR = 29,8 \%)$

La variabilité des rapports $VC120/G$ et $VC150/G$ étant très importante, nous n'avons trouvé aucun modèle satisfaisant pour en rendre compte.

Le tableau III fournit les valeurs calculées des rapports V/G pour les 4 types de volumes envisagés ci-avant ainsi que les coefficients de forme «peuplements» (1) issus de la division de ces mêmes rapports par la hauteur dominante.

(1) Basés ici sur la hauteur dominante et pas, comme leur définition le laisse supposer [PRODAN, 1965] sur la hauteur moyenne du peuplement.

Tableau III. – Valeurs des hauteurs réduites V/G et des coefficients de forme F en fonction de la hauteur dominante HDOM.
Form heights V/G and form coefficients F in relation with the top height HDOM.

HDOM	VC22/G	F22	VC50%/G	F50	VC60/G	F60	VC90/G	F90
15	7,2	0,480	6,9	0,460	5,6	0,373	2,7	0,180
16	7,7	0,481	7,3	0,456	6,2	0,387	3,4	0,212
17	8,1	0,476	7,7	0,453	6,8	0,400	4,2	0,247
18	8,5	0,472	8,1	0,450	7,3	0,406	5,0	0,278
19	8,9	0,468	8,4	0,442	7,9	0,416	5,8	0,305
20	9,3	0,465	8,8	0,440	8,5	0,425	6,6	0,330
21	9,7	0,462	9,2	0,438	9,1	0,433	7,3	0,348
22	10,2	0,463	9,6	0,436	9,7	0,441	8,1	0,368
23	10,6	0,461	10,0	0,435	10,2	0,443	8,9	0,387
24	11,0	0,458	10,4	0,433	10,8	0,450	9,7	0,404

On notera la très grande stabilité des coefficients de forme F en ce qui concerne les volumes VC22 et VC50%, à tel point que pour la pratique courante des estimations très rapides de ces volumes, on pourra appliquer les relations :

$$VC22 = G.HDOM \cdot 0,47 \quad , \quad \text{et}$$

$$VC50\% = G.HDOM \cdot 0,44 \quad ,$$

la première s'adresse plutôt aux estimations du volume «aménagement» et la seconde aux estimations du volume du «bois d'œuvre» ou du volume «marchand».

5. Utilisation des tarifs

L'application des équations de cubage préconisées suppose que l'on estime la surface terrière à l'hectare, la hauteur dominante et, pour certains volumes relatifs au bois d'œuvre, une variable supplémentaire : la circonférence moyenne. Nous suggérons à cet effet de recourir à des points de sondage disposés aléatoirement ou systématiquement au sein des peuplements à inventorier et en nombre tel que la variabilité naturelle des caractéristiques dendrométriques précitées puisse être maîtrisée de manière satisfaisante. En pratique, dans le cas de taillis sous futaie, nous conseillons d'utiliser au moins un point de sondage à l'hectare, ce qui permettrait de respecter un compromis satisfaisant entre coût et précision des mesures.

En chacun de ceux-ci, seule la mesure des chênes sera considérée : la hauteur dominante sera estimée sur la base des hauteurs totales des 2 arbres les plus gros dans un rayon de 13 m (\sim 5 ares), la surface terrière sera déterminée au moyen d'un prisme relascopique [RONDEUX, 1983] et une bonne estimation de la circonférence moyenne pourra être réalisée à partir des mesures de circonférence des 4 arbres les plus proches du point de sondage, ce qui nous paraît raisonnable, compte tenu d'études déjà menées sur la question en peuplements d'épicéas [LAURENT et RONDEUX, 1985] et de hêtres [LAURENT et RONDEUX, 1987].

6. Conclusions

L'estimation rapide du volume sur pied de la réserve de taillis sous futaie à base de chênes peut être réalisée au moyen de tarifs de cubage de peuplements mettant en œuvre la surface terrière, la hauteur dominante et, selon les cas, la circonférence moyenne.

Si ce n'est pour l'estimation de volumes impliquant l'adoption de découpes correspondant à des valeurs élevées de circonférences (120 à 150 cm, par exemple), ces tarifs sont largement satisfaisants pour les besoins de la gestion et ont incontestablement leur place, en particulier dans le cadre de la réalisation d'inventaires de ressources et de la fixation de directives régionales d'aménagement.

Pour estimer très rapidement le volume du bois fort tige à l'hectare, on pourrait même utiliser la relation approximative suivante :

$$VC22 = G.HDOM \cdot 0,47 \quad ,$$

alors que le volume du bois d'œuvre, exprimé par le volume jusqu'à une découpe correspondant à 50 % de la circonférence à 1,50 m du sol, pourrait être obtenu par la relation :

$$VC50\% = G.HDOM \cdot 0,44 \quad .$$

Summary

Rapid estimation of growing stock in stands (coppice with standards) of oaks

Stand volume equations have been calculated on the basis of data issued from more than 400 sampling plots measured in stands of oaks located in the Southern part of Belgium. For using the various equations that give the volume per hectare, it is required to assess the basal area per hectare, the top height and according to the type of volume the mean girth.

Bibliographie

- DAGNELIE P., PALM R., RONDEUX J. et THILL A. [1985]. Tables de cubage des arbres et des peuplements forestiers. Presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 148 p.
- LAURENT C. et RONDEUX J. [1985]. Etude comparative de diverses unités d'échantillonnage à nombre de bois prédéterminé (cas de forêts résineuses équiennes). Document 85-2. I.R.S.I.A. Centre de Recherche et de Promotion Forestières, Section «Aménagement et Production», Gembloux, 21 p.
- LAURENT C. et RONDEUX J. [1987]. Etude comparative de diverses unités d'échantillonnage en futaie feuillue. Document 86-1. I.R.S.I.A. Centre de Recherche et de Promotion Forestières, Section «Aménagement et Production», Gembloux, 16 p.
- LECOMTE H. et RONDEUX J. [1986]. Quelques considérations chiffrées sur la forêt feuillue wallonne. *Ann. Gembloux* 92, 111-125.
- PRODAN M. [1965]. Holzmesslehre. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, 644 p.
- RONDEUX J. [1975]. Pour une définition du volume du bois d'œuvre de nos principales essences forestières feuillues. *Rev. For. Fr.* 27, 371-376.
- RONDEUX J. [1977]. 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. [1983]. La méthode de l'angle critique : une conception particulière de l'échantillonnage appliqué aux inventaires forestiers. *Ann. Gembloux* 89, 183-200.
- RONDEUX J., FAGOT J., LAURENT C., LECOMTE H. et TOUSSAINT A. [1986]. Quelques données statistiques récentes sur la forêt wallonne. *Bull. Soc. R. For. Belg.* 93, 1-22.
- TOUSSAINT A., FAGOT J., LECOMTE H. et RONDEUX J. [1983]. Tarif de cubage peuplement pour le hêtre (*Fagus sylvatica* L.) en Wallonie. *Bull. Rech. Agron. Gembloux* 18 (3), 165-172.