



**HAL**  
open science

## Tarif de cubage à deux entrées pour le cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en France

Francois Courbet

► **To cite this version:**

Francois Courbet. Tarif de cubage à deux entrées pour le cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en France. *Revue forestière française*, 1991, 43 (3), pp.215-226. hal-02711510

**HAL Id: hal-02711510**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02711510>**

Submitted on 11 Mar 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# technique et forêt

## TARIF DE CUBAGE À DEUX ENTRÉES POUR LE CÈDRE DE L'ATLAS (*Cedrus atlantica* Manetti) EN FRANCE

F. COURBET

Tout sylviculteur soucieux du revenu de sa forêt a besoin d'estimer le plus exactement possible le volume de ses arbres sur pied, ce qui nécessite un tarif de cubage adapté au peuplement. Pour cela, il est préférable d'utiliser des tarifs construits à partir de mesures d'échantillons spécifiques plutôt que des tarifs de type Algan ou Schaeffer ou des barèmes. De nombreux tarifs régionaux ou nationaux ont été construits pour les principales espèces forestières de notre pays. Le Cèdre faisait exception et il nous a paru utile de combler cette lacune compte tenu de l'importance croissante de cette essence.

En France, le Cèdre de l'Atlas est présent sur 24 000 ha<sup>(1)</sup>. Il est prépondérant (au sens de l'IFN : cf. figure 4, p. 218) sur près de 11 000 ha<sup>(1)</sup> dont 80 % dans les seules régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon. Une extension naturelle se produit à partir des vieux massifs (Ventoux, Luberon...) mais l'essentiel de la cèdraie pure (couvert relatif  $\geq 75$  %) est constitué de jeunes reboisements dont les plus anciens arrivent maintenant au stade de la première éclaircie.

### MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les données utilisées proviennent de deux sources :

— les placettes permanentes et temporaires de la Station de Sylviculture méditerranéenne de l'INRA-Avignon ;

(1) Source IFN. Formations boisées de production. Ces chiffres ne tiennent pas compte des extensions récentes, les passages de l'IFN dans de nombreux départements datant de plusieurs années.

## F. COURBET

— l'ensemble des placettes levées par l'Inventaire forestier national lors des inventaires départementaux (1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycle).

### Caractéristiques des échantillons

L'échantillon INRA se compose de 959 cèdres répartis en 37 lots issus de 16 placettes installées dans des peuplements pleins, homogènes, purs et équiennes.

Sur ce total, 521 arbres-échantillons se répartissent en 23 lots mesurés par grimpage à chaque inventaire de placette (certaines placettes ont été mesurées plusieurs fois). Ces arbres sont répartis proportionnellement à l'effectif des classes de circonférence et chaque lot est dans ce cas représentatif du peuplement dont il est issu (Décourt, 1973a).

Les 14 lots restants, soit 438 arbres, proviennent d'éclaircies sélectives pratiquées dans les placettes ou à proximité. Ils ont donc été mesurés abattus.

L'effectif des lots est assez important, variant de 20 à 30 arbres pour la plupart d'entre eux et si leur origine géographique est moins diversifiée que celle de l'échantillon IFN, les principaux massifs de Cèdre sont très bien représentés (tableau I).

L'échantillon IFN comprend 672 arbres répartis en 139 lots, chaque lot rassemblant les cèdres cubés sur un même point d'inventaire (tableau II). Le nombre d'arbres par lot varie de 1 à 25 mais plus de la moitié des lots n'ont qu'un ou deux arbres. Cet échantillon, de par la méthode

Tableau I Répartition géographique et par placette des lots et arbres de l'échantillon INRA

Département	Localisation	Placette	Nombre de lots	Nombre d'arbres échantillons
Ardèche .....	Lac de Ternay	07-1	1	23
Aude .....	Rialsesse	03 bis L4	2 2	77 146
	Marcelly	11-3	1	22
Drôme .....	Saou	26-1	2	48
Gard .....	Belvezet	30-7	2	43
		30-8	2	42
		30-9	2	46
Hérault .....	Lamalou-les-Bains	34-18	1	24
Vaucluse .....	Luberon	84-3	1	26
		84-4	6	140
	Ventoux	84-5	2	68
		84-6	7	89
		84-7	2	65
		84-9	3	72
	Cabrières d'Avignon	84-15	1	28
TOTAL .....			37	959

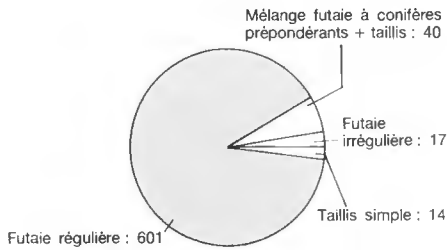
Tableau II Répartition des points d'inventaire et des arbres-échantillons par département et cycle de l'IFN  
Échantillon IFN

Département	Cycle	Nombre de points d'inventaire	Nombre d'arbres échantillons
Alpes-de-Haute-Provence .....	1	3	7
	2	4	7
Ardèche .....	1	3	5
	2	5	18
Aude .....	1	15	124
	2	20	139
Bouches-du-Rhône .....	1	3	9
Charente .....	2	1	1
Gard .....	1	8	26
	2	13	57
Gers .....	2	2	3
Hérault .....	1	5	28
	2	4	28
Indre .....	1	1	2
Loire .....	1	7	36
	2	5	28
Loiret .....	1	1	3
Lot .....	2	6	8
Puy-de-Dôme .....	2	1	2
Pyrénées-Orientales .....	2	4	12
Saône-et-Loire .....	2	1	2
Tarn .....	1	3	3
	2	2	30
Tarn-et-Garonne .....	2	1	1
Var .....	1	2	4
Vaucluse .....	1	19	89
TOTAL .....		139	672

d'inventaire utilisée par l'IFN, est représentatif de l'ensemble des cèdres situés en France et de la diversité de leurs conditions de croissance : les arbres proviennent de peuplements très variables quant à leur structure, leur couvert et leur composition (figures 1 à 4, p. 218).

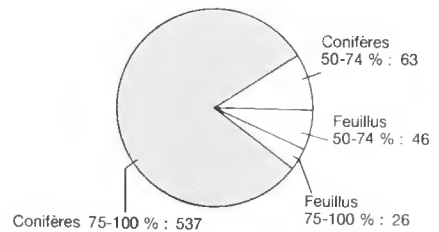
Le domaine de dimension des circonférences et hauteurs couvert par chaque échantillon est à peu près semblable. Les arbres de la forêt de Riasses (Aude) couvrent un domaine dimensionnel à part en regroupant tous les arbres de plus de 25 m de hauteur totale. Ils sont beaucoup plus nombreux dans l'échantillon INRA.

Figure 1 RÉPARTITION DES 672 CÈDRES DE L'ÉCHANTILLON IFN SELON LA STRUCTURE FORESTIÈRE



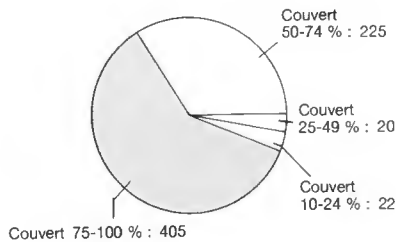
La structure forestière est appréciée sur une surface de 20 ares à 1 hectare autour du point d'inventaire.

Figure 2 RÉPARTITION DES 672 CÈDRES DE L'ÉCHANTILLON IFN SELON LA PROPORTION RELATIVE DE COUVERT FEUILLU-CONIFÈRES



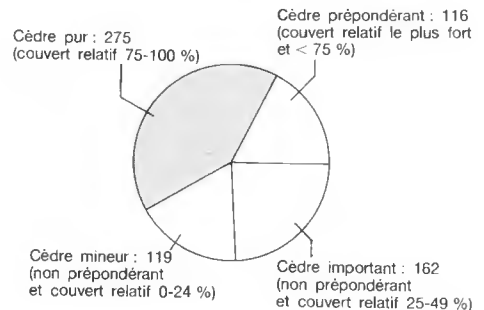
La composition du peuplement est appréciée sur une surface de 20 ares autour du point d'inventaire.

Figure 3 RÉPARTITION DES 672 CÈDRES DE L'ÉCHANTILLON IFN SELON LE TAUX DE COUVERT



Le taux de couvert du peuplement est apprécié sur une surface de 20 ares autour du point d'inventaire.

Figure 4 RÉPARTITION DES 672 CÈDRES DE L'ÉCHANTILLON IFN SELON L'IMPORTANCE DU CÈDRE



L'importance du cèdre est appréciée par son couvert relatif par rapport aux autres essences, sur une surface de 20 ares autour du point d'inventaire.

### Les mesures dendrométriques

Hormis la circonférence à 1,30 m et la hauteur totale, les autres mesures dendrométriques diffèrent quelque peu suivant l'organisme qui les a effectuées.

Les mesures pratiquées par l'INRA (cf. figure 5) ne permettent que de calculer le volume commercial bois fort tige sur écorce (arrêté à la découpe 7 cm de diamètre ou 22 cm de circonférence) par la formule classique :

$$V_{c7} = \frac{C_m^2 H_d}{4\pi} \quad (1)$$

avec  $V_{c7}$  = volume commercial bois fort,  
 $H_d$  = hauteur de la découpe bois fort,  
 $C_m$  = circonférence à mi-hauteur de découpe.

L'IFN mesure un certain nombre de couples hauteur-diamètre intermédiaires entre 1,30 m et la hauteur totale (figure 6), en particulier le diamètre situé au milieu du billon compris entre 2,60 m et la découpe.

Figure 5 MESURES EFFECTUÉES PAR L'INRA POUR LE CUBAGE DES ARBRES-ÉCHANTILLONS

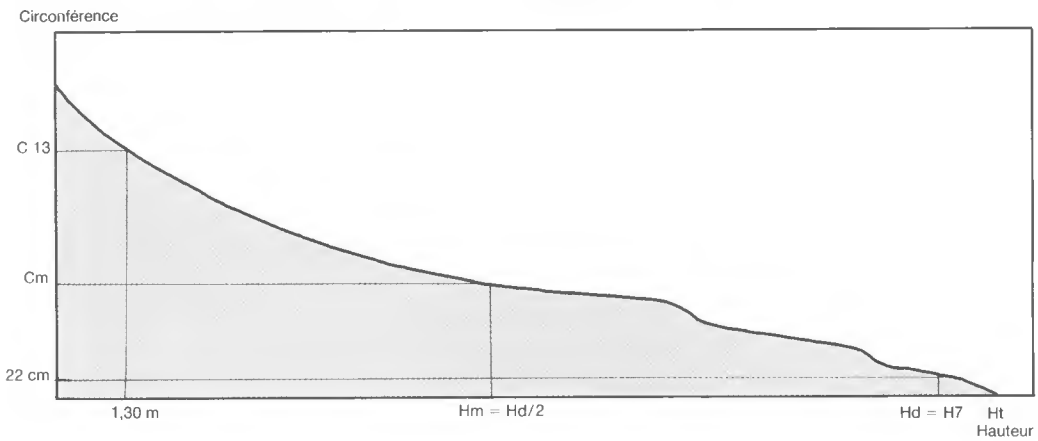
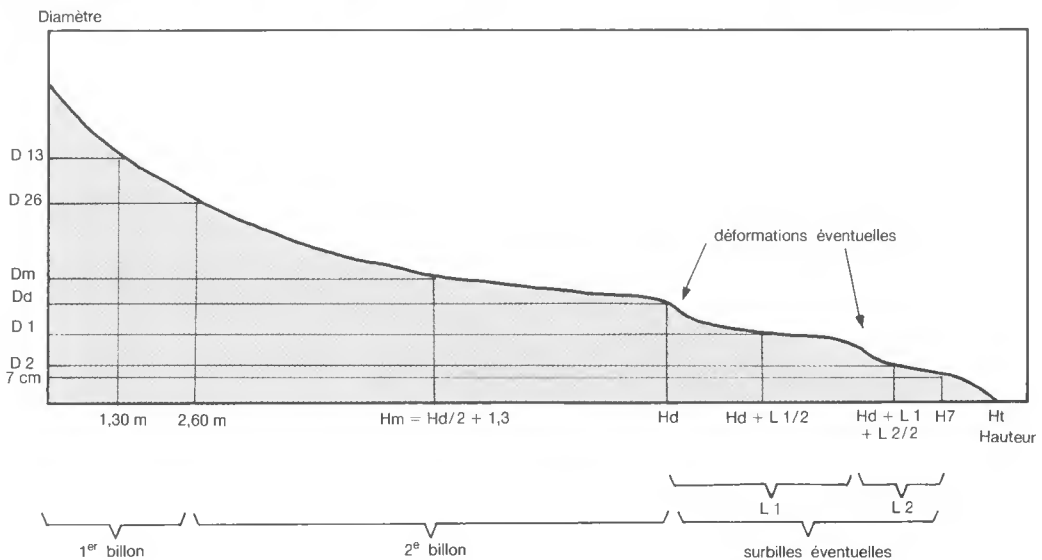


Figure 6 MESURES EFFECTUÉES PAR L'IFN POUR LE CUBAGE DES ARBRES-ÉCHANTILLONS



La découpe IFN est fixée à 7 cm de diamètre également ou à la première déformation (grosse branche, décroissance brutale). Dans ce cas, on cube une ou plusieurs surbilles de tige, d'au moins un mètre de long, entre chaque déformation jusqu'à la découpe bois fort si possible. Seuls 20 arbres de l'échantillon ont fait l'objet de mesures d'une ou deux surbilles.

Grâce à un algorithme (Chevrou, note IFN non publiée) qui utilise en particulier la fonction cubique de Delord (1984), nous avons calculé par interpolation la circonférence (cm) située à mi-hauteur de découpe. Nous avons ainsi pu calculer le volume commercial bois fort par la formule (1), excepté pour la vingtaine d'arbres à surbille(s) au volume desquels on ajoute le volume commercial de la (des) surbille(s).

### Les données des peuplements

Les mesures pratiquées par l'INRA dans ses placettes permettent de calculer les caractéristiques classiques suivantes : nombre de tiges à l'hectare, hauteur dominante, facteur d'espace-ment de Hart-Becking, indice de fertilité donné par la hauteur dominante à 50 ans d'après les courbes d'accroissement en hauteur dominante en fonction de l'âge (Toth, 1973). On dispose en outre de l'âge et de la nature du sous-sol (calcaire ou siliceux).

Les relevés de l'IFN mentionnent un certain nombre de critères appréciés sur une surface réduite (cf. figures 1 à 4, p. 218).

### Construction

Nous avons employé la méthode classique de régression linéaire multiple pondérée qui minimise la quantité :

$$S = \sum_{i=1}^n w_i (y_i - \hat{y}_i)^2$$

où pour chaque individu  $i$  :

- $y_i$  est la valeur du volume mesuré,
- $\hat{y}_i$  est la valeur du volume estimé par l'équation du tarif,
- $w_i$  est son poids dans la régression.

On cherche à expliquer le volume mesuré par une combinaison linéaire de monômes construits à partir des variables explicatives  $C$  (= circonférence à 1,30 m) et  $H$  (= hauteur totale). Les 9 monômes proposés forment une cubique complète ( $C, C^2, C^3, C^2H, CH, CH^2, H^3, H^2, H$ ).

La variance des volumes mesurés augmente avec la taille des arbres, ce qui rend nécessaire l'emploi d'une pondération. Celle-ci permet d'obtenir le tarif le plus précis (variance minimale) et d'estimer sans biais la variance résiduelle et donc la précision des estimations réalisées à partir du tarif de cubage.

Nous avons choisi un modèle de la variance  $s^2$ , proportionnelle à une puissance  $\alpha$  de  $C^2H$ , selon la procédure mise en œuvre à l'IFN (Chevrou, 1985) :  $s^2 = a(C^2H)^\alpha$

On calcule la variance des observations par case de mêmes classes de circonférence et de hauteur en ayant pris soin auparavant de ramener chaque observation aux valeurs centrales de la case par le calcul :

$$V_{ij}' = V_{ij} \frac{C_{oi}^2 H_{oi}}{C_{ij}^2 H_{ij}}$$

$V_{ij}$  : volume mesuré de l'arbre  $j$  de la case  $i$ ,

$V_{ij}'$  : volume centré de l'arbre  $j$  de la case  $i$ ,

$C_{ij}, H_{ij}$  : circonférence et hauteur mesurées de l'arbre  $j$  de la case  $i$ ,

$C_{oi}, H_{oi}$  : valeurs centrales de la case  $i$ .

$\alpha$  a été estimé après transformation logarithmique par régression linéaire pondérée par l'effectif des cases. Nous avons finalement choisi une pondération unique en  $(C^2H)^{-1,9}$ .

Nous avons construit un tarif pour chaque échantillon (IFN et INRA). Le modèle retenu est un polynôme en C, CH, C<sup>2</sup>H, CH<sup>2</sup>. La figure 7 permet de comparer l'estimation des volumes donnée par chaque tarif pour une gamme de circonférences et de hauteurs couverte par les observations. Un test F a permis d'établir que les volumes estimés à partir du tarif INRA <sup>(2)</sup> sont significativement supérieurs à ceux prédits par le tarif IFN dans pratiquement tout le domaine dimensionnel où les deux échantillons sont simultanément bien représentés.

Ce résultat est logique car l'échantillon INRA n'est constitué que d'arbres de futaie régulière, pleine et pure, alors que l'échantillon IFN comprend aussi des arbres dont le coefficient de forme, à circonférence à 1,30 m et hauteur égales, est théoriquement plus faible (arbres de lisière, de peuplements clairs, de mélange futaie + taillis...).

Nous avons donc sélectionné parmi l'échantillon IFN, les 218 cèdres de futaie régulière, pleine (couvert total ≥ 50 %) et pure (couvert relatif du Cèdre par rapport aux autres essences ≥ 75 %),

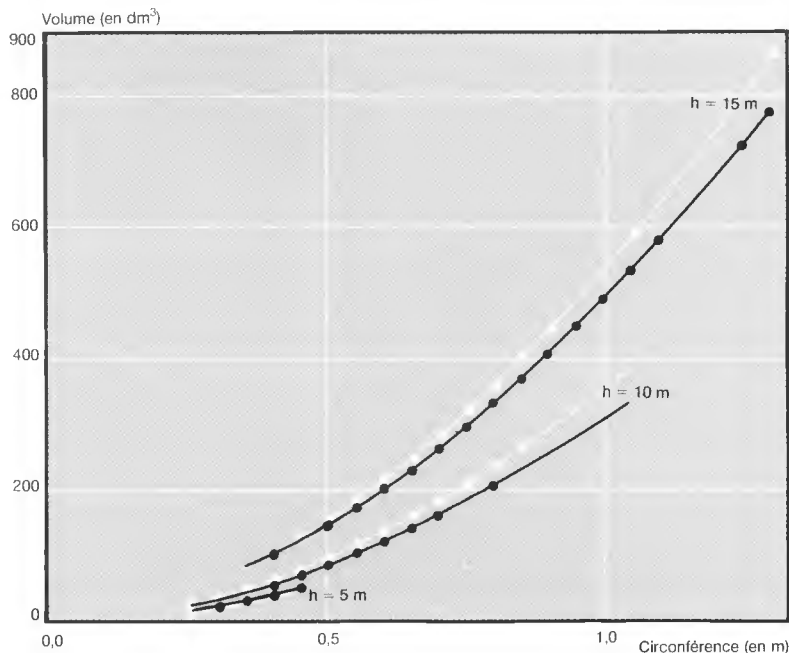
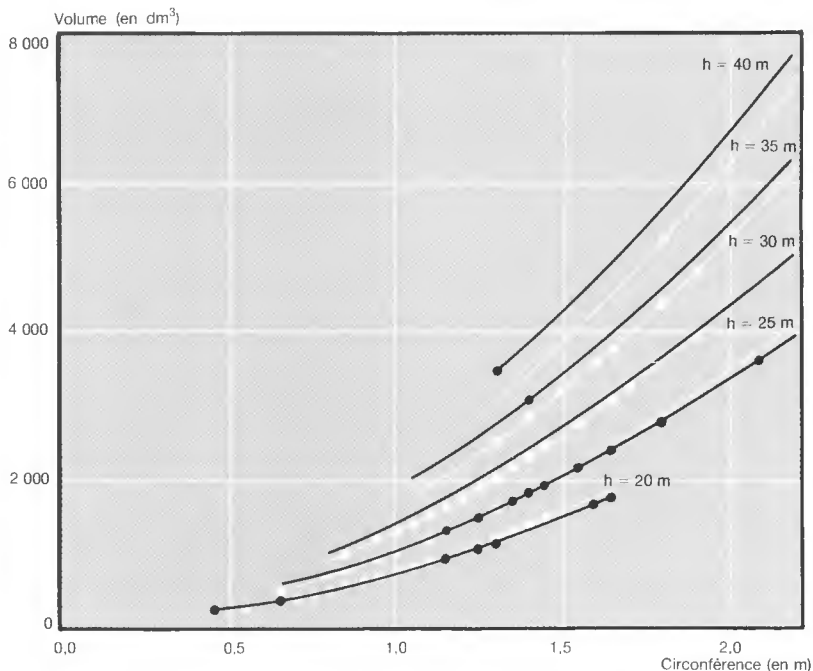


Figure 7 COMPARAISON DES TARIFS IFN ET INRA

Tarif INRA   
 Tarif IFN

Les symboles  (INRA) et  (IFN) signifient qu'il existe au moins un arbre mesure dans les classes de circonférence (ou diamètre) et de hauteur correspondantes.

(2) On parlera de tarif IFN et de tarif INRA pour désigner les tarifs construits à partir de données recueillies par chaque organisme.



## F. COURBET

critères proches de ceux qui président à la sélection des peuplements où sont installées les placettes de l'INRA.

Le tarif construit sur ces sous-échantillons IFN est toujours significativement moins fort que le tarif INRA, s'en étant même éloigné quelque peu (Courbet, 1990).

Les différences constatées semblent bien liées aux échantillons respectifs et non au modèle choisi, comme on a pu s'en rendre compte en comparant les volumes mesurés centrés moyens par case, mais les variables et caractéristiques relevées sur les placettes sont insuffisantes pour en révéler l'origine.

Il ne faut pas sous-estimer un effet possible des techniques de mesure propres à chaque organisme (Décourt, 1973b). Le biais éventuel qui découlerait d'erreurs de mesure systématiques

		Hauteur totale (en m)														
		4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Circconférence à 1,30 m (en m)	0,2	4	4	6	10											
	0,3		20	24	31	41										
	0,4		38	47	58	73	90	110	134							
	0,5		60	73	90	111	135	163	195	230						
	0,6			104	127	155	188	224	266	311	362					
	0,7				170	206	247	294	346	403	465	532	605			
	0,8				218	263	315	372	435	505	580	661	748	841	940	
	0,9					326	389	458	534	617	706	803	905	1 015	1 131	1 254
	1					396	471	553	643	740	844	956	1 076	1 203	1 337	1 479
	1,1						560	656	761	873	994	1 123	1 260	1 405	1 559	1 720
	1,2						656	768	888	1 017	1 155	1 302	1 458	1 622	1 796	1 979
	1,3						760	888	1 024	1 171	1 327	1 493	1 669	1 854	2 049	2 254
	1,4								1 171	1 336	1 511	1 697	1 894	2 101	2 318	2 546
	1,5								1 326	1 511	1 707	1 914	2 132	2 362	2 603	2 854
	1,6									1 697	1 914	2 143	2 385	2 638	2 903	3 180
	1,7										2 133	2 385	2 650	2 928	3 219	3 522
	1,8											2 639	2 930	3 233	3 550	3 881
	1,9											2 906	3 223	3 553	3 898	4 256
	2											3 186	3 529	3 887	4 261	4 649
	2,1											3 478	3 849	4 237	4 639	5 058
2,2											3 782	4 183	4 600	5 034	5 484	

## Technique et forêt

ne pourrait être mis en évidence et quantifié que par la mesure d'un même échantillon par les techniques et les équipes de chaque organisme.

Pour satisfaire à l'objectif d'une utilisation commerciale, en l'absence de raison valide pouvant motiver la présentation de plusieurs tarifs adaptés à des types de peuplement différents et parce que l'échantillon INRA permet de combler le déficit de gros arbres de l'échantillon IFN, nous avons calculé un tarif unique, bâti sur les deux échantillons complets INRA et IFN.

Nous avons constaté qu'il n'existait aucune liaison entre les écarts relatifs, calculés entre le volume mesuré et le volume estimé des différents lots par le tarif, et les caractéristiques des peuplements dont ils sont issus (âge, structure forestière, taux de couvert, importance du Cèdre, localisation géographique, circonférence moyenne du lot). Ces critères restent donc sans utilité pour l'amélioration de la précision du tarif.

### PRÉSENTATION DU TARIF

Nombre d'observations : 1 631

V = volume commercial tige sur écorce arrêté à la découpe bois fort (7 cm de diamètre ou 22 cm de circonférence),

C ou D = circonférence (ou diamètre) à 1,30 m

H = hauteur totale

$$\text{Pondération} = \frac{1}{(C^2 H)^{1,9}}$$

On obtient :

— en fonction de la circonférence

$$V = - 0,0174 + 0,1205287 C - 0,0128906 CH + 0,02615843 CH^2 + 9,285532 \times 10^{-4} CH^2$$

— en fonction du diamètre

$$V = - 0,0174 + 0,3786521 D - 0,04049701 DH + 0,25817336 D^2H + 0,0029171359 DH^2$$

avec V en m<sup>3</sup>

C, D et H en m

Coefficient de corrélation = 0,9711

Carré moyen résiduel =  $3,6 \times 10^{-5}$

La variance résiduelle au point Ci, Hi du domaine de dimension est

donc égale à :  $\frac{3,6 \times 10^{-5}}{(Ci^2 Hi)^{1,9}}$

Tableau III

#### Tarif de cubage à deux entrées pour le Cèdre de l'Atlas en France

Volume commercial tige sur écorce en dm<sup>3</sup> arrêté à la découpe bois fort (7 cm de diamètre ou 22 cm de circonférence) en fonction de la circonférence à 1,30 m et de la hauteur totale

Tarif construit à partir d'un échantillon de 1 631 Cèdres.

$$V = - 0,0174 + 0,1205287 C - 0,0128906 CH + 0,02615843 C^2H + 9,285532 \times 10^{-4} CH^2$$

avec V = volume commercial tige sur écorce arrêté à la découpe bois fort en m<sup>3</sup>.

C = circonférence à 1,30 m en m,

H = hauteur totale en m.

Tableau IV

**Tarif de cubage à deux entrées pour le Cèdre de l'Atlas en France**

Volume commercial tige sur écorce en  $\text{dm}^3$  arrêté à la découpe bois fort (7 cm de diamètre ou 22 cm de circonférence) en fonction du diamètre à 1,30 m et de la hauteur totale

Tarif construit à partir d'un échantillon de 1 631 Cèdres.

$$V = -0,0174 + 0,3786521 D - 0,04049701 DH + 0,25817336 D^2H + 0,0029171359 DH^2$$

avec V = volume commercial tige sur écorce arrêté à la découpe bois fort en  $\text{m}^3$ ,

D = diamètre à 1,30 m en m,

H = hauteur totale en m.

	4	6	8
0,1	19	22	27
0,15		54	65
0,2			113
0,25			
0,3			
0,35			
0,4			
0,45			
0,5			
0,55			
0,6			
0,65			
0,7			

Dans les tableaux (p. 222 et 224) sont présentés par classes de circonférence et de hauteur :

— le volume tarif définitif en fonction de la circonférence (tableau III) ou du diamètre (tableau IV), circonscrits à la zone de validité déterminée à l'aide de deux premiers tableaux :

- volume observé centré moyen, effectif et écart-type par classes de circonférence et de hauteur,
- écart relatif entre volume estimé par le tarif et volume mesuré centré moyen qui permet de juger de l'adaptation du tarif dans le domaine dimensionnel couvert par les observations.

Nous tenons ces deux tableaux à la disposition de tous les lecteurs qui nous en feront la demande.

**UTILISATION**

Dans le cas le plus probable où l'on ne dispose que de la circonférence ou du diamètre pour tous les arbres à cuber, il faut alors utiliser un tarif à une entrée.

On peut utiliser la méthode déjà décrite dans cette même revue par Bouchon (1982).

On affecte à chaque classe de l'inventaire des circonférences une hauteur réduisant ainsi les entrées du tarif à la seule circonférence. Pour cela, on construit, sur un échantillon de 20 à 30 arbres représentatif de la population à cuber<sup>(3)</sup> et dont on mesure la circonférence à 1,30 m C et la hauteur totale H, une relation  $H = f(C)$ .

Les valeurs de chaque classe de circonférence et de leur hauteur correspondante calculées par cette formule sont reportées dans la formule du tarif et on en déduit ainsi le tableau tarif à une entrée.

Cette opération augmente la variance d'estimation par rapport à l'utilisation directe du tarif à deux entrées (voir par exemple Cunia et Michelakackis, 1983).

(3) Cet échantillon est en général renforcé par la mesure d'arbres supplémentaires choisis parmi les plus faibles et les plus fortes circonférences pour préciser l'allure de la courbe aux extrémités du nuage de points.

## Technique et forêt

Hauteur totale (en m)																	
10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40		
																0,1	
35	45															0,15	
80	99	121	147	176	209											0,2	
139	169	204	243	287	336	390	448									0,25	
210	254	304	360	422	489	562	642	727	817	914						0,3	
	355	423	498	579	668	764	866	976	1 093	1 216	1 347	1 485				0,35	
		560	656	760	873	993	1 122	1 259	1 404	1 558	1 719	1 889				0,4	
		714	835	964	1 103	1 251	1 409	1 576	1 752	1 937	2 132	2 337	2 550	2 773	3 005	0,45	
				1 191	1 359	1 538	1 726	1 926	2 136	2 356	2 587	2 828	3 080	3 343	3 616	0,5	
					1 641	1 852	2 075	2 310	2 556	2 813	3 083	3 364	3 657	3 961	4 277	0,55	
						2 196	2 455	2 727	3 012	3 310	3 620	3 944	4 280	4 629	4 991	0,6	
							2 865	3 178	3 504	3 844	4 199	4 567	4 949	5 346	5 756	0,65	
								3 307	3 662	4 032	4 418	4 819	5 234	5 665	6 111	0,7	
									3 780	4 180	4 597	5 030	5 480	5 946	6 428	6 926	7 441

### PRÉCISION — DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Les tarifs de cubage sont des outils d'utilisation pratique par rapport au cubage exact des arbres sur pied.

On peut, à partir des données du tarif (nombre d'observations et écart-type résiduel) et du lot à cuber (nombre d'arbres et valeur des entrées de chaque arbre<sup>(4)</sup>), calculer la précision de l'estimation du volume de ce lot par le tarif. Ces calculs donnent une précision théorique (au seuil de 5 %) assez bonne, de l'ordre de  $\pm 1$  à 2 %. Mais en pratique on constate que des erreurs d'estimation de l'ordre de  $\pm 10$  à  $\pm 20$  %, sur des lots d'arbres ayant servi à construire le tarif, sont courantes. Ces écarts relatifs importants proviennent des covariances entre les volumes des arbres d'un même lot (qui ne sont donc pas choisis indépendamment les uns des autres) qui ne sont pas prises en compte dans le calcul théorique (Cunia, 1986 ; Chevrou, 1988). Ces lots seraient justiciables d'un tarif différent du reste de la population.

Dans la pratique, il se révèle toujours plus précis pour cuber un peuplement, d'utiliser un tarif strictement local construit à partir d'arbres-échantillons tirés de ce seul peuplement plutôt qu'un tarif plus général construit sur plusieurs lots. Aussi, si l'on ne peut pas se contenter de ce risque d'erreur d'estimation, il faut construire un tarif spécifique bâti sur des arbres mesurés, représentatifs de la population à cuber. L'erreur à craindre (au seuil de 5 %) est alors de l'ordre de  $\pm 5$  %.

(4) On peut l'évaluer approximativement en utilisant la circonférence moyenne quadratique et la hauteur moyenne arithmétique du lot.

## F. COURBET

L'amélioration de la précision des estimations données par les tarifs de cubage passe par l'étude du profil des tiges et des facteurs qui l'influencent. Aussi ce tarif ne doit-il être considéré que comme une étape vers la construction d'autres outils, sans cesse plus performants grâce à l'acquisition de données plus complètes et précises (par exemple la hauteur de la base du houppier) qui permettent d'avancer dans la connaissance de la forme des arbres et de son déterminisme.

F. COURBET  
Ingénieur d'Études  
Station de Sylviculture méditerranéenne  
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE  
Avenue A. Vivaldi  
84000 AVIGNON

### Remerciements :

Je tiens à remercier le service de l'Inventaire forestier national pour son aide et en particulier Monsieur CHEVROU de l'Antenne Recherches de Montpellier pour ses remarques et Messieurs ROUSSEAU et GUILLAUME de l'échelon interrégional et du Centre de Traitement de l'Information à Nancy pour m'avoir fourni les données nécessaires.

## BIBLIOGRAPHIE

- BOUCHON (J.). — Les Tarifs de cubage. — Nancy : INRA-CNRF, École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 1974. — 140 p.
- BOUCHON (J.). — Tarifs de cubage à deux entrées pour le Hêtre (*Fagus sylvatica*) en France. — *Revue forestière française*, vol. XXXIV, n° 3, 1982, pp. 225-236.
- CHEVROU (R.-B.). — Construction et utilisation d'un tarif de cubage. — Montpellier : Inventaire forestier national - Antenne Recherches, 1985. — 74 p.
- CHEVROU (R.-B.). — Construction et utilisation d'un tarif de cubage. In : Cahiers techniques de l'Inventaire forestier national. — *Revue forestière française*, vol. XL, n° 1, 1988, pp. 69-86.
- COURBET (F.). — Tarif de cubage à deux entrées pour le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en France. — Avignon : INRA - Station de Sylviculture méditerranéenne, 1990. — 30 p. (Document interne n° 1-90 à distribution limitée).
- CUNIA (T.). — On the error of tree biomass regressions. Trees selected by cluster sampling and double sampling. In : Proceedings of the workshop on « Tree biomass regression functions and their contribution to the error of forest inventories estimates », 26-30 mai 1986. — Syracuse, New-York : Suny College of Environmental Science and Forestry, 1986.
- CUNIA (T.), MICHELAKACKIS (J.). — On the error of tree biomass tables constructed by a two-phase sampling design. — *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 13, n° 2, 1983, pp. 303-313.
- DÉCOURT (N.). — Protocole d'installation et de mesure des placettes de production semi-permanentes. — Champenoux : INRA-CNRF, 1973a. — 25 p.
- DÉCOURT (N.). — Remarque sur deux modes de cubages des peuplements : mesures directes ou tarif moyen ? — *Revue forestière française*, vol. XXV, n° 4, 1973b, pp. 308-311.
- DELORD (J.-M.). — Le Profil des tiges. — *Revue forestière française*, vol. XXXVI, n° 6, 1984, pp. 505-514.
- TOTH (J.). — Première approche de la production potentielle du Cèdre de l'Atlas dans le Sud de la France. — *Revue forestière française*, vol. XXV, n° 5, 1973, pp. 381-389.