

# LES TARIFS DE CUBAGE ET L'ESTIMATION DU VOLUME SUR PIED DES PEUPELEMENTS DE PINS (✱)

## I. — GÉNÉRALITÉS

Les tarifs de cubage donnent, sous forme de tableau ou de graphique, le volume d'un arbre, ou le volume moyen par tiges d'une somme d'arbres. Ils sont de deux sortes :

*Tarif à simple entrée* : on obtient le cubage en fonction d'une seule donnée (diamètre ou circonférence à hauteur d'homme) ;

*Tarif à double entrée, ou table de cubage* : on obtient le cubage en fonction de deux données (diamètre ou circonférence à hauteur d'homme, et hauteur).

Les tarifs à double entrée sont les plus pratiques pour l'estimation de petits nombres d'arbres, dans le cas d'une éclaircie de bois d'œuvre ou de comptage de placeaux d'exploitation de forêt autochtone. Mais ils sont d'un emploi long et délicat (estimation erronée de la hauteur), dès que l'on désire estimer le volume d'un peuplement, d'un reboisement par exemple, ou suivre l'évolution d'un même peuplement dans le temps ; et dans ces cas on leur préférera toujours les tarifs à simple entrée.

Il ne s'agira donc, dans cette étude, que des tarifs à simple entrée, et uniquement pour les pins ; la section de Madagascar du Centre Technique Forestier Tropical (1) a en effet depuis quelques années établi des tarifs à simple entrée pour *Pinus patula* et *Pinus khasya* dans plusieurs stations (et un tarif à double entrée pour *Pinus patula*, pour certaines dimensions).

Les tarifs de cubage du C.T.F.T. ont été établis par la méthode graphique suivant le procédé traditionnel : abattage et mensurations d'arbres de toutes grosseurs, report sur graphique des volumes en fonction des circonférences à 1,30 m, et tracé de la courbe moyenne (portion de parabole). Mais la comparaison des différents tarifs, parfois voisins, fait apparaître certaines anomalies, et il est difficile de choisir un tarif pour estimer un peuplement quelconque.

(✱) par B. CHAUVET, Ingénieur agronome, Conservateur des Eaux et Forêts, Chargé d'une Maîtrise de conférences à l'École Nationale Supérieure Agronomique.

(1) Cette section sera désignée ci-dessous par les initiales « C.T.F.T. ».

Il existe des méthodes « mathématiques » pour calculer ces tarifs (2) ; et cette note va en montrer l'application possible aux reboisements en pins de Madagascar.

## II. — MODE DE « CALCUL » D'UN TARIF DE CUBAGE

De nombreux forestiers adoptent la formule suivante pour le volume d'un arbre ou d'un peuplement équienne :

$$V = a + bx^2$$

V désigne le volume,

x désigne le diamètre ou la circonférence à hauteur d'homme,

a et b sont des coefficients qui dépendent du peuplement.

Cette équation peut donc s'appliquer aux reboisements de Madagascar ; le volume est ainsi proportionnel au carré de la grosseur de l'arbre, et sa représentation graphique (volume et grosseur) est une parabole ; cette courbe devient une droite si on représente le volume en fonction du carré de la grosseur, ce dont il sera fait application plus loin.

Si on choisit la circonférence c, l'équation devient :

$$V = a + bc^2$$

Le calcul des coefficients a et b se fait par résolution des équations suivantes :

$$n a + b \sum c^2 = \sum V$$

$$a \sum c^2 + b \sum c^4 = \sum V c^2$$

n désignant le nombre d'arbres de l'échantillon.

La résolution du système conduit à

$$b = \frac{\frac{\sum V c^2}{\sum c^2} - \frac{\sum V}{n}}{\frac{\sum c^4}{\sum c^2} - \frac{\sum c^2}{n}}$$

$$a = \frac{\frac{\sum V}{n} - b \frac{\sum c^2}{n}}{1}$$

Ce qui revient à calculer les sommes  $\sum c^2$ ,  $\sum c^4$ ,  $\sum v$  et  $\sum vc^2$  ; ce calcul est en réalité assez simple, surtout si l'on dispose d'une machine à calculer permettant les multiplications et les totalisations.

(2) Le principe en est exposé dans : PARDE (J.), *Dendrométrie*, Gap, Imprimerie Louis Jean, 1961.

La difficulté est de choisir le nombre  $n$  d'arbres de l'échantillon ; ce nombre  $n$  doit être représentatif de l'échantillon, c'est-à-dire des catégories de tiges du peuplement, il doit comprendre des tiges « choisies au hasard », pour éviter le choix d'arbres trop bien ou mal conformés. Pratiquement 20 à 30 arbres donnent une bonne précision.

La formule

$$V = a + bc^2$$

permet de calculer facilement le tarif en fonction de la circonférence ; on peut tout aussi bien le faire en fonction du diamètre  $d$

$$V = a + b\pi^2 d^2$$

ou  $V = a + 9,8696 bd^2$

Cette formule permet aussi de calculer directement le volume du peuplement :

$$V = Na + b \sum n_i c_i^2$$

$N$  = nombre d'arbres du peuplement.

$n_i$  et  $c_i$  : nombre et circonférence moyenne de chaque catégorie de circonférence (de 5 en 5 cm, ou 10 en 10 cm par exemple).

Le volume de ce peuplement peut encore être calculé en fonction de la surface terrière  $S$  :

$$V = Na + 4\pi \times b \times S$$

ou  $V = Na + 12,566 b S$

ou enfin en fonction de la circonférence moyenne  $CM$  (ou du diamètre moyen) :

$$V = N(a + b CM^2)$$

On peut également « calculer » l'erreur à craindre, à l'aide de l'écart-type et du seuil de probabilité (1).

Le C.T.F.T. a, par exemple, mesuré 12 placeaux de comptages de pin argenté (*Pinus patula*) dans la station forestière de Manjakatempo (sous-préfecture d'Ambatolampy) ; il s'agit de reboisements considérés comme « riches », et 72 arbres ont été abattus pour l'établissement d'un tarif de cubage, intitulé « tarif 1 Manjakatempo ».

En choisissant, suivant les catégories de grosseur des tiges des différents placeaux et d'après une « table des hasards », 28 arbres, on aboutit par le calcul exposé ci-dessus à l'équation suivante :

$$V = -11,97 + 0,05538 c^2$$

dans laquelle  $V$  est exprimé en  $dm^3$  et  $c$  en cm.

L'équation du volume en fonction du diamètre sera :

$$V = -11,97 + 0,546057 d^2$$

$d$  étant exprimé en cm.

Ces deux équations permettent de calculer le tarif à simple entrée en fonction de la circonférence ou du diamètre.

(1) Cf., *op. cit.* ou un traité de statistique.

L'équation du volume d'un peuplement de N arbres, avec des catégories de  $n_1$  arbres de circonférence moyenne  $c_1$ , sera (volume sur écorce) :

$$V = - 11,97 N + 0,05538 \sum n_1 c_1^2$$

et ainsi de suite en fonction de la surface terrière ou de la circonférence moyenne.

Le calcul du volume des placeaux du C.T.F.T. est aisé, car la circonférence moyenne  $y$  est indiquée pour chaque placeau (1) par exemple pour le placeau 2 :

$$\begin{aligned} N &= 175 \\ C_M &= 39,5 \\ \text{et } V &= 13,27 \text{ m}^3 \\ &\quad (\text{V indiqué par le C.T.F.T. : } 14,99 \text{ m}^3) \end{aligned}$$

pour le placeau 9 :

$$\begin{aligned} N &= 154 \\ C_M &= 54,22 \\ \text{et } V &= 23,28 \text{ m}^3 \\ &\quad (\text{V indiqué par le C.T.F.T. : } 24,08 \text{ m}^3) \end{aligned}$$

On verra plus loin comment s'expliquent les différences constatées entre le volume calculé et le volume du C.T.F.T.

Le calcul de l'écart-type E.T. donne pour le placeau 2, par exemple, au seuil de probabilité de 0,95 :

$$\text{E.T.} = 6,6 \%$$

et l'erreur à craindre est d'environ 2 fois cet écart-type, soit  $1,36 \text{ m}^3$  ; le volume du placeau 2 précédent est donc, dans 95 % des cas (seuil de probabilité 0,95) :

$$V = 13,27 \text{ m}^3 \pm 1,36 \text{ m}^3$$

précision suffisante en général.

On voit que ce procédé « mathématique » nécessite un nombre restreint d'arbres à abattre et à mesurer, pourvu que ces arbres soient répartis correctement dans les différentes catégories de circonférences ; de plus il évite les erreurs du procédé graphique, est plus rapide, et permet facilement le calcul du volume d'un peuplement ; enfin on peut connaître le degré de l'erreur.

Avec cette méthode, près d'une cinquantaine de tarifs ont été calculés à la machine Olivetti Tétractys, à partir d'arbres abattus par le C.T.F.T. ou par les Stations forestières.

Pins .....	30 (dont 19 pour <i>P. patula</i> )
Eucalyptus ....	14
Divers .....	2

(1) Tableaux figurant dans le rapport spécial du C.T.F.T.

### III. — OBSERVATIONS CONCERNANT L'USAGE DES TARIFS MATHÉMATIQUES

#### 1) Intervalles d'utilisation

Un tarif doit être utilisé uniquement dans l'intervalle où il est valable, et il faut se garder d'extrapoler. En effet, avec un coefficient  $a$  négatif (formule  $V = a + bc^2$ ), le volume peut devenir négatif pour les faibles dimensions ; pour de fortes dimensions ce volume risque d'être trop élevé !

Il est facile de calculer le volume des arbres correspondant aux différentes dimensions à hauteur d'homme (diamètres ou circonférences) si on ne désire pas appliquer la formule ou si on veut comparer avec un tarif établi graphiquement.

Dans l'exemple du plateau 2 du tarif de Manjakatempo, le volume calculé était de 13,27 m<sup>3</sup>, le volume du C.T.F.T. de 14,99 m<sup>3</sup> : cette différence provient du tarif établi avec un certain nombre d'arbres de faibles circonférences ; pour le plateau 9, la différence est plus faible (23,27 m<sup>3</sup> et 24,08 m<sup>3</sup>).

#### 2) Comparaison avec les tarifs du C.T.F.T.

Les tarifs de cubage calculés ont tous été comparés à ceux du C.T.F.T. ; les différences sont minimes, en plus ou en moins ; ceux qui ont été calculés « montent » plus régulièrement en fonction de la circonférence que ceux du C.T.F.T.

L'application des tarifs aux volumes des plateaux d'essais d'éclaircies montre de faibles différences — parfois inférieures à 1 % — avec les volumes calculés à partir des tarifs du C.T.F.T.

#### 3) Importance de l'échantillonnage

La précision d'un tarif dépend de l'échantillonnage et du nombre d'arbres choisis, comme on l'a vu précédemment.

Un tarif calculé avec des arbres pris dans divers peuplements ne s'appliquera qu'à cet ensemble ; l'erreur risque d'être grande pour une parcelle déterminée qui n'est pas identique à l'ensemble, et inversement.

Pour un même peuplement, surtout jeune et vigoureux, le tarif varie en l'espace de 3-4 ans d'une manière appréciable (10-15 % par exemple) ; il faudra donc faire attention à ce problème en étudiant l'évolution d'une parcelle en fonction des éclaircies.

Enfin les arbres d'éclaircies donnent un tarif un peu inférieur à la réalité ; un certain nombre de tarifs ont été établis avec de tels arbres, et doivent être refaits.

Tous ces inconvénients s'appliquent évidemment aussi aux méthodes graphiques : ce sont les défauts des tarifs à une seule entrée.

#### IV. — APPLICATION DES TARIFS AUX PEUPELEMENTS DE PINS DES HAUTS-PLATEAUX

En 1964-1966, le Bureau Technique du Service des Eaux et Forêts a délimité et fait compter et mesurer un certain nombre de placeaux d'essais d'éclaircies dans les peuplements de pins des stations forestières des Hauts-Plateaux.

En appliquant les tarifs précédents, voici les volumes sur pied et sur écorce, rapportés à l'hectare, et les accroissements par hectare et par an de ces parcelles :

Espèce	Station	Parcelle	Date de plantation	Nombre de placeaux	Surface totale des placeaux	Volume /ha (mètres cubes)	Accroissement /ha/an (mètres cubes)	
					(ha)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	
<i>P. patula</i> ...	Angavokely .....	H 2	1952	7	3,25	128	9	
		Manjakatampo ...	E 2	1953	6	2,01	167	15,2
	B 7		1953	2	0,58	170	15,5	
	Antsampandrano .	A22	1954	6	2,00	332	33,2	
		» ..	A17	1953	6	2,76	372	34
	Andraimbe .....	70B	1939	1	0,35	301	12	
		» .....	71B	1939	1	0,16	686	26
		» .....	73	1938	1	1,27	342	13
		» .....	89	1945	3	535	27	
		» .....	91	1946	1	0,17	629	33
	Ialatsara .....	A12	1943	2	0,92	317	14,4	
		A13	1944	2	0,83	344	16,4	
		A78	1950	1	0,45	430	29	
		A79	1950	1	0,70	394	26	
A80		1953	1	0,56	324	27		
<i>P. khasya</i> ...	Andraimbe .....	32	1935	1	0,77	507	17	
		66	1945	1	0,45	619	31	
		70	1939	2	0,55	476	18	
		88	1945	1	0,27	619	31	
	Ialatsara .....	A 9	1943	2	1,27	509	23,1	
		A10	1944	2	1,18	463	22	
		A11	1944	2	1,13	400	19	
		A77	1950	1	0,33	449	30	

Les comptages datent de 1964 ou 1965 en général.

Ces parcelles ont été choisies dans les plus beaux peuplements pour les essais d'éclaircies, ce qui explique l'importance de l'accroissement par hectare et par an ; il ne faut pas extrapoler à l'ensemble des peuplements de chaque station. Les parcelles âgées d'Ialatsara ont

déjà été éclaircies il y a quelques années, mais sans qu'il soit possible de retrouver le volume enlevé, et l'accroissement/ha/an est certainement supérieur.

Le C.T.F.T. a par ailleurs des placeaux d'essais dans les reboisements de la station de Périnet.

## V. — ESTIMATION DU VOLUME SUR PIED D'UN PEUPEMENT QUELCONQUE DE PINS

### 1) Difficulté : choix du tarif

Lorsque l'on se trouve en face d'un peuplement quelconque de pins, la difficulté est de choisir le tarif adéquat si on ne se trouve pas dans un peuplement pour lequel un tarif a été établi.

L'idéal est évidemment de calculer un tarif, suivant la méthode indiquée en détail au paragraphe II ; pratiquement on obtient une bonne précision en abattant et mesurant 20 à 30 arbres choisis par échantillonnage au hasard, suivant les différentes catégories de diamètre ou de circonférence ; il est évident que le tarif calculé est d'autant plus juste que le nombre d'arbres est élevé.

### 2) Etablissement d'une série de graphiques

Si on groupe les équations obtenues pour les pins par ordre de décroissance du coefficient  $b$ , et en arrondissant les chiffres, on obtient la série suivante :

$$V = -145 + 0,104 c^2$$

(*P. patula*, Ialatsara)

$$\begin{aligned} V &= -98 + 0,102 c^2 \\ V &= -76 + 0,098 c^2 \\ V &= -153 + 0,097 c^2 \\ V &= -42 + 0,079 c^2 \\ V &= -53 + 0,073 c^2 \\ V &= +17 + 0,072 c^2 \\ V &= -70 + 0,068 c^2 \\ V &= -52 + 0,066 c^2 \\ V &= -1 + 0,061 c^2 \\ V &= -33 + 0,059 c^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= -6 + 0,058 c^2 \\ V &= -12 + 0,055 c^2 \\ V &= -19 + 0,050 c^2 \\ V &= -12 + 0,046 c^2 \\ V &= +12 + 0,044 c^2 \\ V &= -14 + 0,044 c^2 \\ V &= -3 + 0,042 c^2 \\ V &= -13 + 0,041 c^2 \\ V &= -17 + 0,039 c^2 \\ V &= -13 + 0,037 c^2 \end{aligned}$$

(*P. patula*,  
tarif 3 Manjakatempo)

$$V = 0,034 c^2$$

Dans ces tarifs ( $V = a + bc^2$ ), l'influence du coefficient  $a$  est moindre que celle du coefficient  $b$  ; et on peut alors imaginer une série

de 8 équations, où le coefficient  $b$  diminue de 0,01, et où le coefficient  $a$  décroît approximativement de 120 à 0.

$$\begin{array}{ll} V_1 = -120 + 0,10 c^2 & V_5 = -20 + 0,06 c^2 \\ V_2 = -90 + 0,09 c^2 & V_6 = -8 + 0,05 c^2 \\ V_3 = -60 + 0,08 c^2 & V_7 = -3 + 0,04 c^2 \\ V_4 = -40 + 0,07 c^2 & V_8 = \quad \quad 0,05 c^2 \end{array}$$

Comme le tarif de *P. patula* d'Ialatsara représente vraisemblablement le plus fort tarif (croissance en hauteur exceptionnelle) et le tarif 3 de Manjakatempo le plus faible, on peut estimer que les différents peuplements de pins à Madagascar correspondront à l'un de ces tarifs.

Si on reprend l'exemple du plateau 9 de Manjakatempo du paragraphe II, on trouve :

$$\begin{array}{l} V_5 = 24,02 \text{ m}^3 \\ V_6 = 21,41 \text{ m}^3 \end{array}$$

alors que le volume calculé était de 23,28 m<sup>3</sup>, et le volume du C.T.F.T. 24,08 m<sup>3</sup>. On voit ainsi que la différence ( $V_5 - V_6$ ) est de 2,61 m<sup>3</sup>, donc de 10 %, que  $V_5$  est différent du volume calculé de 3 % et  $V_6$  est différent du volume de 7 % ; on obtient ainsi une bonne approximation.

Si on compare avec d'autres placeaux et d'autres tarifs, on retrouve une approximation maximum du même ordre.

Le graphique ci-après donne cette série de 8 graphiques, avec la zone approximative où ces tarifs sont valables (par comparaison avec les tarifs établis précédemment).

### 3) Choix du tarif

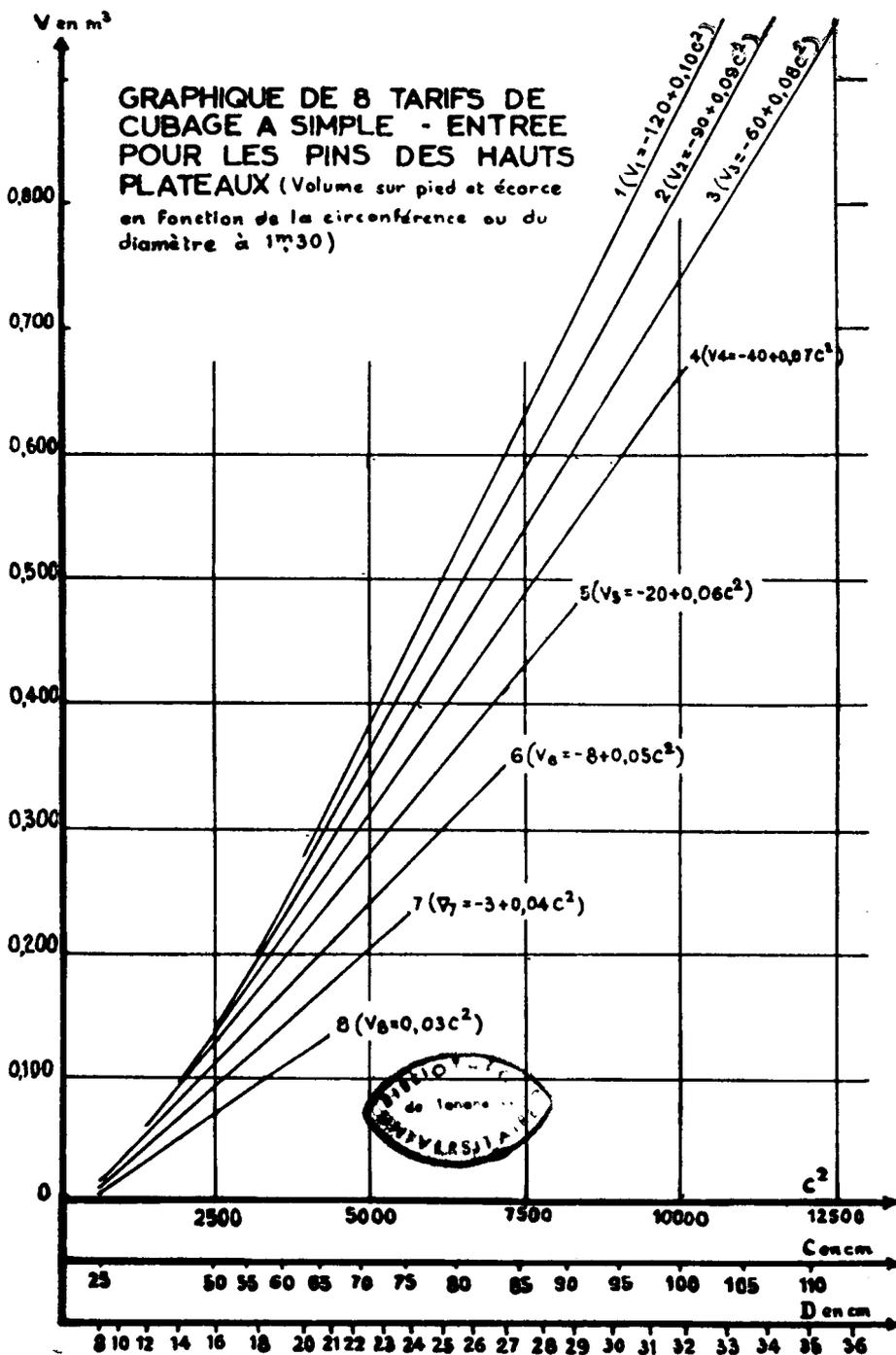
Si on se trouve en face d'un peuplement quelconque de pins, sans avoir de tarif calculé pour ce peuplement, la méthode sera de procéder à l'abattage et au calcul du volume de 5 à 10 arbres moyens (ni trop beaux, ni trop mal conformés), arbres choisis dans les catégories de circonférences (ou de diamètre) les plus représentées.

On reporte alors les volumes ainsi obtenus sur le graphique du paragraphe 2 précédent, et on voit quel tarif et quelle équation choisir.

a) Ou on a la chance d'avoir des points voisins d'un tarif, et il n'y a pas de difficultés.

b) Ou on tombe entre 2 tarifs, et on peut toujours prendre l'équation intermédiaire (les coefficients  $a$  et  $b$  seront la demi-somme de  $a$  et  $b$  dans les 2 tarifs).

c) Ou les points se situent anormalement de part et d'autre d'un tarif et on essaye le tarif le plus proche de la réalité, on peut calculer graphiquement les coefficients  $a$  et  $b$  pour  $c = 0$  et  $c = 100$ .



Si on n'a pas besoin d'une grande approximation et la mesure de 5-10 arbres est suffisante, le calcul donnera une précision de l'ordre de 5-10 %.

#### 4) Mensurations des arbres abattus

Le calcul du volume d'un arbre abattu se fait normalement en mesurant le diamètre (ou la circonférence) de mètre en mètre depuis la souche jusqu'à la cime ((en s'arrêtant à 7-8 cm de diamètre ou 22 cm de circonférence) ; on calcule ensuite le volume de chaque tronçon cylindrique de 1 m avec le diamètre moyen (ou la circonférence moyenne) de chaque tronçon. C'est la méthode qui a été utilisée par le C.T.F.T.

On peut aussi mesurer simplement la longueur  $h$  de la souche à la cime jusqu'à 7-8 cm de diamètre et mesurer le diamètre moyen  $d$ , d'où :

$$V = h \times \frac{\pi d^2 M}{4}$$

Ou en fonction de la circonférence moyenne  $C_M$  :

$$V = h \times \frac{C^2 M}{4 \pi}$$

Cette formule n'est valable que pour des arbres à décroissance régulière, c'est-à-dire bien conformés.

On peut à la rigueur calculer facilement le diamètre médian à partir du diamètre à 1,30 m, sans avoir besoin d'abattre l'arbre mais en estimant la hauteur avec précision à l'aide d'un dendromètre. Le C.T.F.T. ayant procédé à l'analyse de tiges de 25 arbres à Manjakatempo et de 18 arbres à Antsampandrano, le diamètre médian a été graphiquement mesuré pour ces 43 arbres (médiane entre le diamètre à la souche et le diamètre de 4 cm au fin bout) ; il y a une relation linéaire entre le diamètre à 1,30 m ( $d_{1,30}$ ) et le diamètre médian ( $d_M$ ) qui se calcule d'une manière analogue à celle des tarifs à simple entrée (1) ; cette relation est la suivante :

$$d_M = -1,9 + 0,81 d_{1,30}$$

ou en fonction des circonférences :

$$C_M = -6 + 0,81 C_{1,30}$$

Cette formule n'étant valable pour le pin argenté qu'entre 8 et 25 cm de diamètre à 1,30 m (ou 25 et 78 cm de circonférence à 1,30).

(1) Cf. *op. cit.*, p. 46.

Le calcul de cette formule à partir de 24 arbres (*P. patula*) d'Andraimbe, a donné :

$dM = - 0,8 + 0,76 d_{1,30}$  pour les arbres de 16 à 40 cm de diamètre à 1,30.

On peut donc envisager une formule moyenne :

$$dM = - 1 + 0,8 d_{1,30}$$

La comparaison des volumes obtenus avec les mensurations, le diamètre médian mesuré et le diamètre médian calculé par la formule ci-dessus montre des variations de l'ordre de 5-10 %.

L'utilisation de la formule n'est valable que pour un certain nombre d'arbres, 20-30 par exemple, car il s'agit d'une moyenne.

## VI. — VOLUME SUR PIED ET VOLUME DE BOIS D'ŒUVRE

Dans tout ce qui précède, il était question uniquement du volume sur pied sur écorce, à partir du diamètre ou de la circonférence sur écorce à 1,30 m (ou hauteur d'homme).

Le C.T.F.T. a étudié le pourcentage d'écorce pour 122 arbres d'Antsampandrano (*P. patula*) et a conclu à 20 % d'écorce ; à Ialatsara, ce pourcentage va de 18,6 % à 7 % pour des arbres âgés.

Pour *P. khasya*, le C.T.F.T. a trouvé de 16,7 % (arbres de moins de 1,5 m<sup>3</sup>) à 12,2 % (arbres de 2,75 m<sup>3</sup>) à Périnet, 26 % à Manjakatampo, 22,8 % à 18,7 % à Ialatsara.

En conclusion on peut admettre que le volume d'écorce est :

<i>P. patula</i>	{	20 % pour des arbres jeunes
		15 % pour des arbres âgés
<i>P. khasya</i>	{	20 % pour des arbres ordinaires
		25 % pour des arbres à écorce épaisse et très crevassée.

Les tarifs du C.T.F.T., donc les tarifs calculés, sont établis jusqu'à un diamètre minimum de 7-8 cm, ou une circonférence minimum de 22-24 cm (mais parfois moins).

Le volume « marchand » jusqu'à 7-8 cm, 10 cm ou 15 cm de diamètre peut être estimé par rapport au volume total sous écorce (jusqu'à 3-4 cm de diamètre), avec une approximation suffisante, d'après le « nomogramme » concernant le pin remarquable (1).

(1) F.A.O., *Le Pin de Monterey*, p. 255.

		Catégories de diamètres :							
Diamètre en cm.		11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50
Diamètre moyen en cm .....		13	18	23	28	33	38	43	48
Pourcentage	Volume 7 - 8 cm								
	Volume sous écorce .....	76	91	95	97	98	98,5	98,8	99
	Volume 10 cm ..								
	Volume sous écorce .....	55	81	91	94	96	97	98	98,5
	Volume 15 cm ..								
Volume sous écorce .....	—	49	70	81	88	92	94	96	

Il suffit donc de calculer le diamètre moyen du peuplement et d'y affecter le coefficient correspondant pour trouver le volume marchand par rapport au volume total sous écorce.

Le « volume sciage » enfin correspond à environ 50 % du volume marchand à 10 ou plutôt 15 cm.

## VII. — LA HAUTEUR DES ARBRES DOMINANTS ET LES CLASSES DE FERTILITE

### 1) Hauteur dominante d'un peuplement

On définit la « hauteur dominante » d'un peuplement par la hauteur moyenne des plus grands arbres d'un peuplement ; les plus grands arbres sont généralement les 100 plus grands arbres à l'hectare (en Afrique du Sud : les 250 plus grands arbres à l'hectare, ou tous s'il y a en a moins de 250).

L'intérêt de cette notion réside dans le fait que la hauteur dominante est indépendante de la densité des tiges à l'unité de surface ; elle est fonction, pour une espèce donnée, de l'âge et de la fertilité de la station ; de nombreuses mensurations en Afrique du Sud ont vérifié ce fait.

La mesure de la hauteur de quelques arbres dominants en bordure de route, par exemple, donne une idée de la hauteur dominante, mais il est préférable de mesurer également des arbres à l'intérieur du peuplement. Cette mesure doit se faire avec un instrument précis, le dendromètre par exemple, la mesure à la perche de 4 m étant assez approximative.

### 2) Classes de fertilité

La « classe de fertilité », ou « indice de fertilité », ou encore « indice de station » est une notion utilisée depuis un certain temps

dans les pays tropicaux anglophones et en Europe ; elle est encore inconnue à Madagascar.

La classe de fertilité est l'ensemble des conditions écologiques et climatiques qui caractérisent, pour une espèce donnée, la richesse d'un terrain ou d'une station, sa fertilité ; elle se définit par le résultat de la croissance d'une espèce à un âge donné.

La hauteur d'un arbre étant indépendante du nombre de tiges à l'hectare, la classe de fertilité est définie en Afrique du Sud par la hauteur dominante à 20 ans.

Les trois classes de fertilité d'Afrique du Sud pour *P. patula* sont ainsi les suivantes :

- 1<sup>re</sup> classe : 26 m
- 2<sup>e</sup> classe : 20-21 m
- 3<sup>e</sup> classe : 16 m

Le Docteur CRAIB (1) a défini les hauteurs en fonction de l'âge pour ces trois classes de fertilité dans un graphique ; en extrayant les résultats de ce graphique on obtient le tableau suivant (hauteur en mètres) :

AGE EN ANNÉES	QUALITÉ DE LA STATION		
	1 <sup>re</sup> classe supérieure à la moyenne	2 <sup>e</sup> classe moyenne	3 <sup>e</sup> classe : inférieure à la moyenne
10	16	12	8-9
11	17	13	9
12	18	14	10
13	19	15	10-11
14	20-21	16	11
15	21-22	17	12
16	22-23	18	13
17	24	19	14
18	24-25	19-20	14-15
19	25	20-21	15
20	26	20-21	16
21	27	21	16
22	27-28	22	16-17
23	28	22-23	17
24	29	23	17-18
25	29-30	23-24	18
26	30	24	18
27		24-25	18-19
28		25	19
29		25-26	19-20
30		25-26	19-20

Ces chiffres ne doivent pas être pris avec trop de rigueur, car ils sont extraits d'un graphique de format réduit, et il y a, évidemment, tous les intermédiaires par rapport à ces trois classes.

(1) HILEY (W.H.), *Conifères South African*, p. 55.

La mesure des arbres dominants a été effectuée dans les peuplements de *P. patula* d'Antsampandrano et d'Ialatsara en 1965 ; les hauteurs sont voisines de la première classe d'Afrique du Sud.

Il existe des tables et des graphiques en Afrique du Sud, qui donnent le volume à l'hectare en fonction de la classe de fertilité et en fonction du nombre de tiges à l'hectare ; pour les densités équivalentes, les volumes par hectare des deux stations précédentes se trouvent très comparables à ceux de la première classe de fertilité d'Afrique du Sud.

Voici à partir d'un autre document (1), quelques chiffres approximatifs de volume à l'hectare suivant les classes de fertilité pour des densités de tiges non précisées, il s'agit de conifères, sans précision également :

	10 ans	15 ans	20 ans	25 ans
1 <sup>re</sup> classe .....	200 m <sup>3</sup>	400 m <sup>3</sup>	530 m <sup>3</sup>	610 m <sup>3</sup>
2 <sup>e</sup> classe .....	140 m <sup>3</sup>	270 m <sup>3</sup>	440 m <sup>3</sup>	530 m <sup>3</sup>
3 <sup>e</sup> classe .....	90 m <sup>3</sup>	160 m <sup>3</sup>	260 m <sup>3</sup>	410 m <sup>3</sup>

En conclusion, il serait intéressant de préciser les classes de fertilité à Madagascar, en suivant des peuplements pendant un certain nombre d'années, et en mesurant leurs volumes, avec des densités de tiges différentes. Ceci permettrait de « situer » la fertilité d'une station, et d'en déduire en première approximation le volume/ha et l'accroissement/ha/an ; la comparaison d'Ialatsara et d'Antsampandrano avec la première classe d'Afrique du Sud montre que ce pays présente de nombreuses similitudes avec Madagascar pour la croissance des pins.

### VIII. — CONCLUSION

Cet exposé montre la méthode à suivre pour estimer le volume d'un peuplement de pins sur pied ; il n'est pas difficile de calculer un tarif de cubage pour peu que l'on dispose d'une machine à calculer.

Les tarifs calculés sont encore insuffisants, la méthode d'échantillonnage n'est pas parfaite ; il est souhaitable que quelques forestiers intéressés par cette méthode d'estimation puissent établir des tarifs propres à certains peuplements de pins dont ils s'occupent. Ce n'est que par de nombreux tarifs que l'on pourra établir une série plus juste de graphiques suivant l'âge et la vigueur des peuplements.

Les tarifs calculés sont de plus en plus utilisés par les forestiers dans les régions tempérées.

Madagascar a un avenir certain pour les reboisements en pins ; il est normal de penser que toutes ces notions de volume, d'accroissement, de hauteur dominante, de classes de fertilité, de décroissance des tiges, etc..., doivent être précisés peu à peu pour faciliter le travail à venir des forestiers.

(1) SPEARS (J.S.), *Evaluation des coûts de plantation de bois de pâte dans l'Est et le Sud de l'Afrique.*