

**TARIF DE CUBAGE GÉNÉRAL**  
**Volume marchand brut**

**Jean-Yves Perron, ing.f.**

**Ministère des Ressources naturelles,  
de la Faune et des Parcs  
Forêt Québec  
Direction des inventaires forestiers**

**1<sup>re</sup> édition - février 1983**  
**2<sup>e</sup> édition - février 1985**  
**3<sup>e</sup> publication - juin 2003**

## **RÉDACTION**

Le présent document a été rédigé par la Direction des inventaires forestiers du ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs.

## **Remerciements**

Nous tenons à remercier MM. Claude Noël, ing.f., Jean-Pierre Létourneau, ing.f. et Jacques Grenier, tech.f., de la Direction des inventaires forestiers, qui ont participé activement à la validation de ces études pendant une période de plus de deux ans. Sur le plan méthodologique, nous avons pu profiter, à maintes reprises, des conseils et de la collaboration de MM. Jean-Marie Dumont, M. Sc. et Jacques Bélanger, D. Sc., de l'Université Laval ainsi que de MM. Gilles Desaulniers, M. Sc. et Yvon Richard, D. Sc., de la Direction de la recherche forestière.

Nous tenons également à souligner la participation de la Direction des services informatiques et, en particulier, de M. Martin Lessard.

## **DIFFUSION**

Pour obtenir des renseignements additionnels ou acheter un exemplaire du présent document, veuillez communiquer avec le ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs.

### **Direction des inventaires forestiers**

880, chemin Sainte-Foy, 3<sup>e</sup> étage  
Québec (Québec) G1S 4X4  
Téléphone : (418) 627-8669  
Sans frais : 1 877 9FORÊTS (936-7387)  
Télécopieur : (418) 644-9672  
Courriel : inventaires.forestiers@mrnfp.gouv.qc.ca

### **Service aux citoyens**

5700, 4<sup>e</sup> Avenue Ouest, B 302  
Charlesbourg (Québec) G1H 6R1  
Téléphone : (418) 627-8600  
Sans frais : 1 866 CITOYEN (248-6936)  
Télécopieur : (418) 643-0720  
Courriel : service.citoyens@mrnfp.gouv.qc.ca

Le texte de la présente publication est disponible dans le site Internet du ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs ([www.mrnfp.gouv.qc.ca](http://www.mrnfp.gouv.qc.ca)).

©Gouvernement du Québec

Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec, 2003

ISBN : 2-551-21866-7

Code de diffusion : 2003-3094

## **Sommaire**

Grâce aux vingt-deux mille (22 000) études d'arbres prises par la Direction des inventaires forestiers, les tarifs de cubage généraux de vingt-cinq (25) essences commerciales ont pu être bâtis. Ces derniers, présentés sous forme de table, donnent, par essence, le volume moyen d'une tige en fonction du diamètre à hauteur de poitrine et de la hauteur totale.

Les tarifs locaux nécessaires aux compilations des inventaires sont obtenus à partir des tarifs généraux. Il s'agit de résoudre la régression générale du volume d'une essence en établissant pour un territoire donné la relation entre la hauteur totale et le diamètre à hauteur de poitrine.

## Table des matières

<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>QUELQUES CONVENTIONS</b> .....	3
<b>1. DONNÉES</b> .....	6
<b>2. CALCUL DU VOLUME DES ÉTUDES D'ARBRES</b> .....	9
<b>3. CHOIX DES VARIABLES INDÉPENDANTES</b> .....	12
<b>4. ESTIMATION DES PARAMÈTRES DU MODÈLE</b> .....	13
4.1 Méthode des moindres carrés.....	13
4.2 Méthode des moindres carrés pondérés .....	13
4.3 MSEVA.....	14
<b>5. FACTEUR DE PONDÉRATION</b> .....	15
<b>6. CHOIX DU MEILLEUR ENSEMBLE DE VARIABLES INDÉPENDANTES..</b>	17
6.1 Toutes les régressions possibles.....	17
6.2 Régression pas à pas .....	17
<b>7. VALIDATION DES MODÈLES</b> .....	20
<b>8. TARIFS GÉNÉRAUX</b> .....	21
<b>9. TARIFS LOCAUX</b> .....	22
9.1 Étapes de la première procédure .....	22
9.2 Étapes de la seconde procédure .....	22
<b>TARIF DE CUBAGE GÉNÉRAL</b> .....	25

## Liste des essences

Bouleau à papier.....	26
Bouleau gris.....	27
Bouleau jaune .....	28
Caryer cordiforme .....	29
Orme d'Amérique .....	29
Cerisier tardif.....	30
Chêne rouge.....	31
Épinette blanche .....	32
Épinette noire .....	33

Épinette rouge.....	34
Érable rouge .....	35
Érable à sucre .....	36
Frêne d'Amérique .....	37
Frêne noir .....	38
Frêne de Pennsylvanie.....	38
Hêtre à grandes feuilles .....	39
Mélèze laricin .....	40
Noyer cendré .....	29
Ostryer de Virginie.....	41
Peuplier baumier.....	42
Peuplier à grandes dents .....	42
Peuplier faux-tremble .....	43
Pin blanc .....	44
Pin gris.....	45
Pin rouge.....	46
Pruche du Canada.....	47
Sapin baumier .....	48
Thuya occidental .....	49
Tilleul d'Amérique.....	50
<b>NOM FRANÇAIS ET LATIN (OU SCIENTIFIQUE) DES ESSENCES.....</b>	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>52</b>

### Liste des tableaux

Tableau 1 Statistiques par essence.....	7
Tableau 2 Paramètres de régression par essence pour l'estimation du DHP (se).....	11
Tableau 3 Résultats de la validation des essences .....	20

### Liste des figures

Figure 1 – Volume marchand brut (volume ligneux, sous écorce, du tronc et des branches de 9 cm et plus au fin bout).....	4
Figure 2 – Étapes suivies lors de la détermination du tarif.....	5
Figure 3 – Localisation géographique des études d'arbres de l'épinette noire.....	8
Figure 4 – Division en tronçons de la tige échantillonnée.....	10
Figure 5 – Variance du volume .....	16
Figure 6 – Méthodologie suivie pour choisir le meilleur ensemble de variables indépendantes.....	19



## **Introduction**

---

La présente étude a été réalisée dans le but d'obtenir un tarif de cubage représentatif pour le Québec. Le tarif utilisé depuis 1966 était celui établi par M. P.-H. Tremblay, qui s'était servi de données provenant de différentes compagnies forestières dispersées au Québec et en Ontario. Le présent tarif est calculé (ou déterminé) à l'aide de nouvelles études d'arbres qui résultent d'un échantillonnage aléatoire effectué à l'échelle de la province.

Dans ce nouveau tarif, le volume des branches importantes a été considéré comme faisant partie du volume marchand brut. De plus, les essences, qui étaient autrefois regroupées, ont maintenant un modèle de prédiction qui leur est propre. Ces essences sont l'érable rouge, le bouleau gris, le peuplier à grandes dents, le peuplier baumier, l'épinette rouge, le frêne d'Amérique, le frêne noir, le chêne rouge, l'ostryer de Virginie et l'orme d'Amérique.

Généralement, les volumes obtenus, surtout pour les essences feuillues, sont supérieurs au tarif de M. P.-H. Tremblay mais inférieurs à celui de M. Honer qui l'a préparé pour l'Est du Canada.

Dans la première partie, la méthodologie employée est exposée de façon succincte. La séquence des calculs et les différents tests sont précisés mais sans preuve statistique à l'appui. Pour obtenir une description plus détaillée de la méthode suivie, il faut consulter la bibliographie fournie en annexe (ou à la fin du présent document).

La deuxième partie de l'étude présente les tables des tarifs de cubage généraux.



## Quelques conventions

---

Pour les fins du présent ouvrage, les conventions suivantes ont été retenues :

### Diamètre à hauteur de poitrine (DHP) :

Diamètre mesuré à hauteur de poitrine, soit 1,30 m au-dessus du plus haut niveau du sol.

### Diamètre à hauteur de souche (DHS) :

Diamètre mesuré à hauteur de souche, soit à 15 cm au-dessus du plus haut niveau du sol.

### Diamètre d'utilisation :

Diamètre de 9 cm avec écorce (ae), au fin bout de la tige principale ou d'une branche.

### Volume marchand brut (VMB) :

Volume ligneux du tronc et des branches sous écorce compris entre le diamètre à hauteur de souche et un diamètre d'utilisation de 9 cm ae. Les branches issues des dernières fourches et dont le diamètre au fin bout (9 cm ae) est à une distance moindre d'un mètre de la fourche sont exclues du volume (figure 1).

### Classes de diamètre :

Diamètres (DHP) regroupés en classes de 2 cm selon les intervalles suivants :

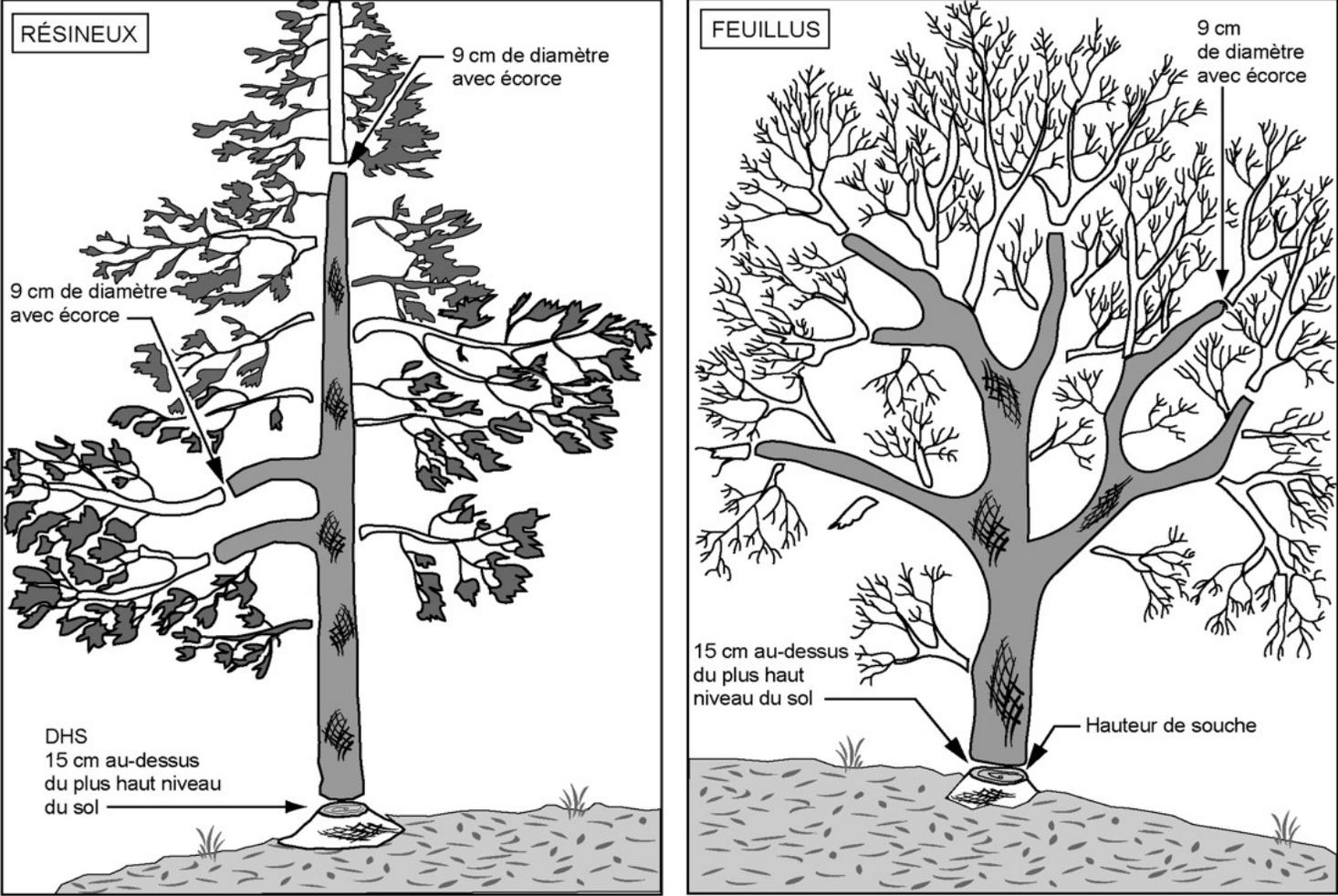
<u>Classes</u>	<u>DHP en cm</u>		<u>DHP en cm</u>
8	7 <	D	≤ 9
10	9 <	D	≤ 11

### Classes de hauteur :

Hauteurs totales regroupées en classes de 1 m selon les intervalles suivants :

<u>Classes</u>	<u>DHP en cm</u>		<u>DHP en cm</u>
5	4,5 <	H	≤ 5,5,
6	5,5 <	H	≤ 6,5

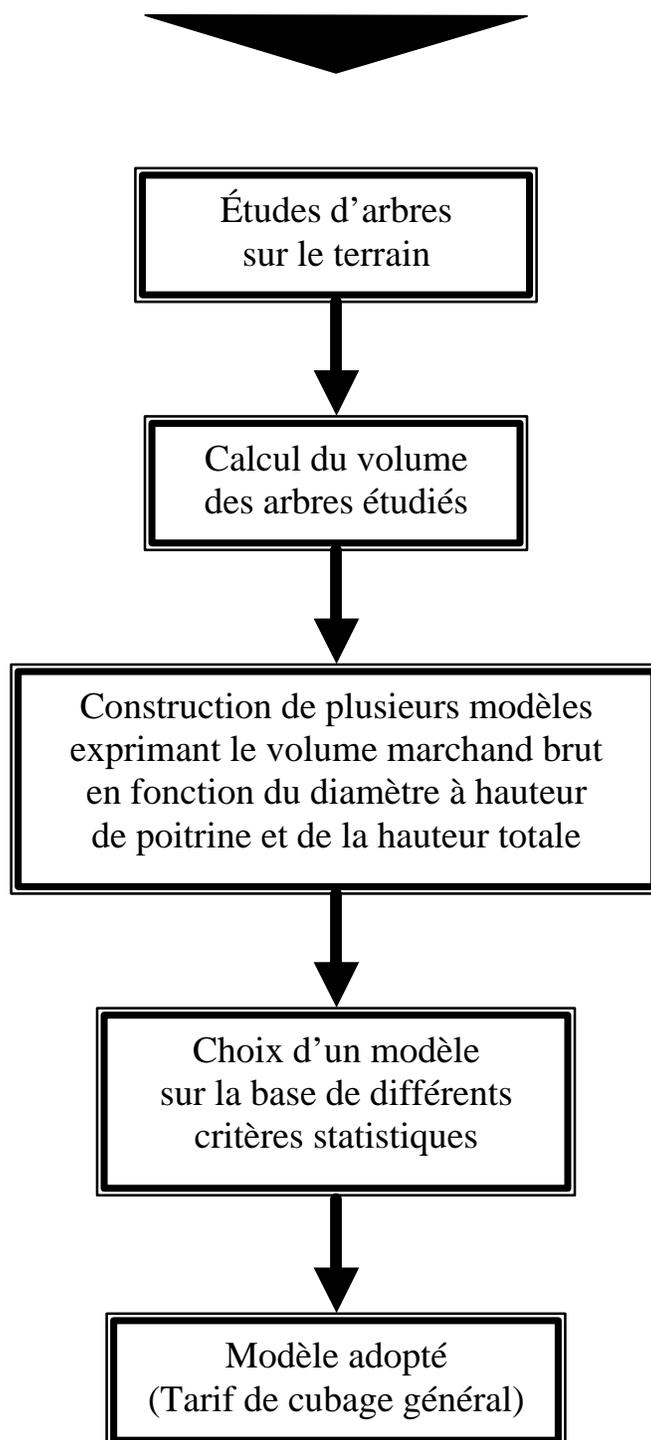
Figure 1 - Volume marchand brut (volume ligneux, sous écorce, du tronc et des branches de 9 cm et plus au fin bout)



4

Note: La partie foncée correspond au volume marchand brut.

Figure 2 - Étapes suivies lors de la détermination du tarif



## 1. Données

---

Le nombre de tiges étudiées et d'arbres témoins choisis, ainsi que les valeurs maximales et minimales du diamètre à hauteur de poitrine observé, sont montrés dans le tableau 1. Des statistiques descriptives plus élaborées et de l'information sur la distribution des échantillons sont disponibles à la Direction des inventaires forestiers.

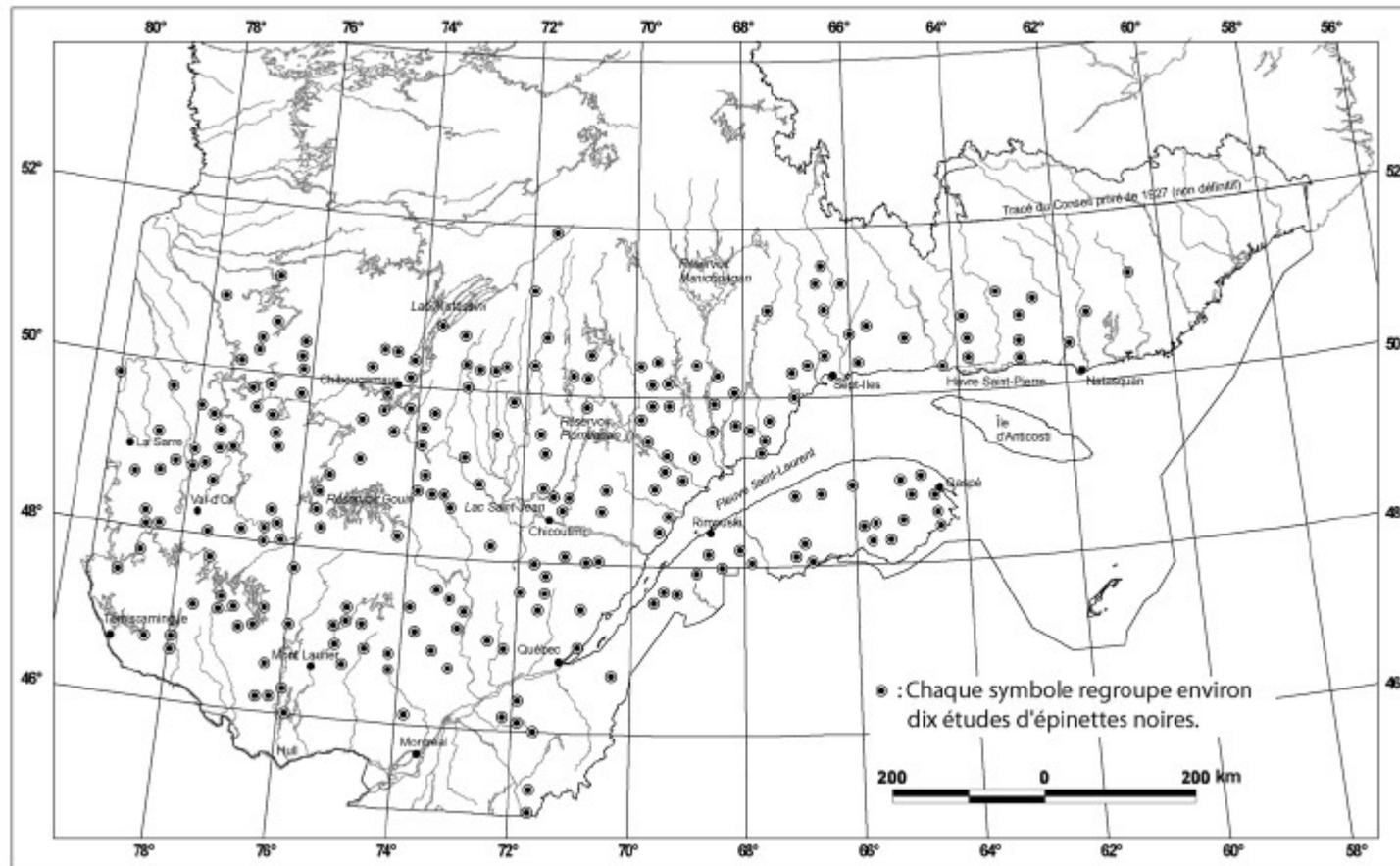
De plus, la publication intitulée *Tarifs de cubage d'utilisation - cueillette des données* explique la façon de choisir les tiges et d'effectuer la prise de données. La figure 3 ci-après présente, à titre d'exemple, la localisation géographique des études d'arbres de l'épinette noire.

**Tableau 1 - Statistiques par essence**

Essences	Abréviation codée	Nombre total de tiges	Nombre d'arbres témoins*	DHP (mm) ae valeur minimale	DHP (mm) ae valeur maximale
Bouleau à papier	BOP	1 838	187	90	567
Bouleau gris	BOG	189	19	90	229
Bouleau jaune	BOJ	1 843	180	87	770
Caryer cordiforme	CAC	29	–	91	369
Cerisier tardif	CET	288	28	90	548
Chêne blanc	CHB	6	–	108	218
Chêne rouge	CHR	496	49	90	616
Épinette blanche	EPB	1 239	100	90	604
Épinette noire	EPN	2 126	200	90	525
Épinette rouge	EPR	513	53	89	516
Érable à sucre	ERS	1 928	150	90	890
Érable argenté	ERA	9	–	130	330
Érable rouge	ERR	1 378	100	90	560
Frêne d'Amérique	FRA	230	23	90	570
Frêne de Pennsylvanie	FRP	30	–	99	348
Frêne noir	FRN	238	23	90	509
Hêtre à grandes feuilles	HEG	512	52	90	610
Mélèze laricin	MEL	401	41	90	446
Noyer cendré	NOC	25	–	97	490
Orme d'Amérique	ORA	342	32	90	623
Orme rouge	ORR	9	–	110	319
Ostryer de Virginie	OSV	199	19	90	384
Peuplier à grandes dents	PEG	327	27	94	549
Peuplier baumier	PEB	290	30	90	531
Peuplier faux-tremble	PET	1 543	150	90	553
Pin blanc	PIB	598	58	92	720
Pin gris	PIG	1 337	100	90	505
Pin rouge	PIR	331	31	92	582
Pruche du Canada	PRU	407	42	91	610
Sapin baumier	SAB	2 291	191	89	447
Thuya occidental	THO	714	74	87	774
Tilleul d'Amérique	TIL	253	28	90	540
<b>TOTAL</b>		<b>21 959</b>	<b>1 987</b>		

\* Arbres témoins : ce sont des arbres qui ont été choisis préalablement au hasard et n'ont pas servi à calculer les paramètres des régressions.

Figure 3 - Localisation géographique des études d'arbres de l'épinette noire



## 2. Calcul du volume des études d'arbres

---

La tige échantillonnée est divisée en tronçons, et pour chacun de ceux-ci, des mesures de diamètre avec écorce à différentes hauteurs ont été prises. La figure 4 présente un schéma de cette tige. Une équation de défilement a été définie pour chaque tronçon, pour ensuite en établir le volume par intégration de cette dernière. La somme du volume de chacune de ces portions de tige donne le volume de la tige avec écorce.

Afin de pouvoir obtenir le volume sans écorce, il a fallu transformer, avec l'aide d'une droite de régression, les mesures de diamètres avec écorce prises à différentes hauteurs sur la tige en diamètres sous écorce. La relation utilisée associe le diamètre à hauteur de poitrine avec écorce (ae) à celui sans écorce (se), selon la forme suivante :

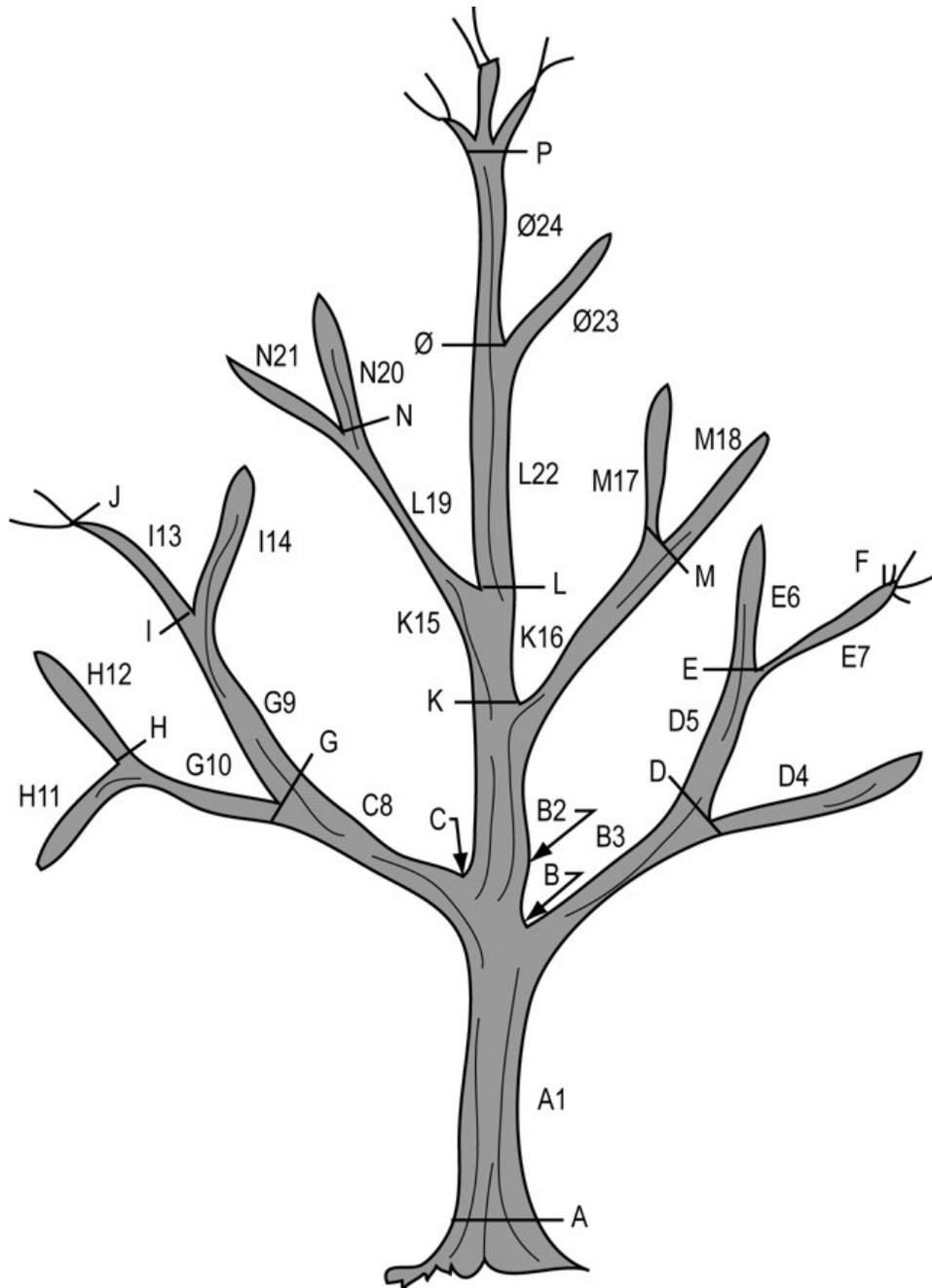
$$DHP (se) = a + b [DHP (ae)]$$

La valeur des paramètres (a et b) et le coefficient de corrélation « R » par essence sont indiqués dans le tableau 2. Cette expression mathématique a pu être employée pour la conversion, car il a été établi, par MM. Jacques Bélanger et Jean-Marie Dumont, que l'épaisseur de l'écorce par essence est fonction du diamètre et indépendante de la hauteur au-dessus du sol des sections. Ce sujet a fait l'objet d'une publication intitulée *Tarifs de cubage d'utilisation - variation de l'épaisseur de l'écorce*.

Le cubage des tiges par intégration d'une équation de défilement a été adopté parce qu'il permet de tronçonner la tige selon nos exigences. Cette possibilité était nécessaire pour l'élaboration des futurs tarifs d'utilisation. La publication *Équation du défilement d'un tronçon - fondement du cubage des arbres en vue du débitage* traite de ce procédé mis au point par M. Gilles Desaulniers, de la Direction de la recherche forestière.

Afin de connaître la valeur relative de ce nouveau procédé, les volumes évalués par celui-ci ont été comparés avec ceux donnés par la formule de Smalian. D'après les résultats obtenus, la méthode préconisée s'est avérée avantageusement comparable.

Figure 4 - Division en tronçons de la tige échantillonnée



**Tableau 2 - Paramètres de régression par essence pour l'estimation du DHP (se)**

$$DHP (se) = a + b [DHP (ae)]$$

DHP (ae) et DHP (se) en mm

Essences	Abréviation codée	Paramètres		R
		a	b	
Bouleau à papier	BOP	- 0,825096	0,936881	0,996
Bouleau gris	BOG	- 0,456660	0,942376	0,999
Bouleau jaune	BOJ	- 0,602948	0,943674	0,998
Caryer cordiforme	CAC	- 2,231020	0,932434	0,999
Cerisier tardif	CET	- 4,036858	0,958156	0,998
Chêne blanc et chêne rouge	CHB & CHR	-5,167790	0,941393	0,998
Épinette blanche	EPB	- 3,927815	0,968449	0,999
Épinette noire	EPN	- 3,853565	0,965169	0,998
Épinette rouge	EPR	- 2,675195	0,956307	0,999
Érable à sucre	ERS	- 2,844843	0,944163	0,998
Érable argenté et érable rouge	ERA & ERR	- 2,078659	0,947396	0,998
Frêne d'Amérique	FRA	- 8,572442	0,950238	0,998
Frêne de Pennsylvanie	FRP	- 11,636910	0,968871	0,996
Frêne noir	FRN	- 5,779130	0,958740	0,998
Hêtre à grandes feuilles	HEG	- 0,783448	0,969647	0,999
Mélèze laricin	MEL	- 3,922994	0,968460	0,999
Noyer cendré	NOC	- 3,870361	0,922501	0,998
Orme d'Amérique et orme rouge	ORA & ORR	- 8,604966	0,956959	0,998
Ostryer de Virginie	OSV	- 4,303834	0,976363	0,998
Peuplier à grandes dents	PEG	- 1,115301	0,920692	0,997
Peuplier baumier	PEB	- 0,154034	0,917079	0,997
Peuplier faux-tremble	PET	0,137670	0,932375	0,998
Pin blanc	PIB	- 0,978588	0,933964	0,998
Pin gris	PIG	- 3,235939	0,969446	0,998
Pin rouge	PIR	- 6,047242	0,939200	0,997
Pruche du Canada	PRU	- 4,882274	0,931897	0,998
Sapin baumier	SAB	- 2,015611	0,952309	0,998
Thuya occidentale	THO	- 1,009102	0,952031	0,998
Tilleul d'Amérique	TIL	- 7,236887	0,939243	0,998

### **3. Choix des variables indépendantes**

---

Pour estimer le volume d'un territoire forestier, on a recours aux tarifs de cubage.

Le tarif de cubage général est un tableau ou une expression mathématique qui fournit le volume d'un arbre en fonction de deux caractéristiques relatives à l'arbre, soit le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur totale. Le tarif de cubage local consiste à déduire du tarif général un tarif à une seule entrée (diamètre à hauteur de poitrine) adapté aux arbres à cuber d'un territoire. Généralement, chaque unité de compilation de l'inventaire fait l'objet d'un tarif local.

Dans un premier temps, il faut déceler les variables indépendantes desquelles le volume de l'arbre dépend. Elles ont été choisies en considérant les difficultés éprouvées lors de leur évaluation sur le terrain. Des variables telles que le quotient de forme, la hauteur marchande, etc., ont été éliminées dès le départ, car elles n'apparaissent pas comme économiquement mesurables. Le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur totale ont été retenus, car leur estimation sur le terrain ne présente aucune difficulté et le nombre de mesures à prendre est restreint. De plus, dans le but de tenir compte de l'effet quadratique et de l'influence interactive des variables diamètre et hauteur sur le volume, les différentes combinaisons suivantes de ces variables ont été introduites, soit :  $D^2$ ,  $H^2$ ,  $DH$ ,  $D^2H$ .

Les variables indépendantes de base, au nombre de deux, additionnées aux quatre autres obtenues par transformation des premières sont donc :  $D$ ,  $H$ ,  $D^2$ ,  $H^2$ ,  $DH$ ,  $D^2H$ .

## **4. Estimation des paramètres du modèle**

---

Les trois méthodes d'estimation, soit les moindres carrés, les moindres carrés pondérés et MSEVA (pour minimiser la somme des erreurs en valeur absolue) ont servi à calculer les paramètres des modèles. Les raisons qui en motivent le choix sont mentionnées plus loin dans le texte.

Supposons le modèle :

$$V = B_0 + B_1 D^2 H$$

V et  $D^2 H$  sont des variables observées.

V est la variable dépendante;  $D^2 H$ , la variable indépendante.

$B_0$  et  $B_1$  sont les paramètres du modèle : ce sont des coefficients numériques inconnus qui peuvent prendre n'importe quelle valeur positive, négative ou nulle.

### **4.1 Méthode des moindres carrés**

Dans cette méthode, les valeurs  $B_0$  et  $B_1$  sont calculées de manière à rendre minimale la somme des carrés des écarts entre les volumes observés et les volumes estimés par la régression, c'est-à-dire à rendre minimale l'expression suivante :

$$\sum_{i=1}^n (\text{erreurs})^2 = \sum_{i=1}^n (\text{Vol. observé} - \text{Vol. estimé})^2$$

Lorsqu'il n'est pas jugé nécessaire d'estimer correctement la précision avec laquelle le tarif permettra de connaître le volume et si l'on cherche uniquement un bon ajustement, la méthode des moindres carrés convient.

### **4.2 Méthode des moindres carrés pondérés**

Il est généralement établi que la variance du volume augmente, souvent très rapidement, avec la dimension des arbres. L'emploi de la régression avec pondération est donc nécessaire. La solution appropriée consiste à trouver le facteur de pondération qui rend la variance homogène. La section suivante traite davantage de ce sujet.

Cette méthode utilise le même principe que les moindres carrés, excepté que les valeurs  $B_0$  et  $B_1$  sont calculées de manière à rendre minimale la somme des carrés des écarts pondérés, c'est-à-dire à rendre minimale l'expression suivante :

$$\sum_{i=1}^n (\text{Vol.} \times \text{facteur de pondération observé} - \text{Vol.} \times \text{facteur de pondération estimé})^2$$

Si l'on reprend l'exemple de la page 16 (ou 13 ou précédente), l'expression devient :

$$\sum_{i=1}^n (\text{Vol.} / D^2 H \text{ observé} - \text{Vol.} / D^2 H \text{ estimé})^2$$

### 4.3 MSEVA

Dans celle-ci, les valeurs  $B_0$  et  $B_1$  sont calculées de manière à minimiser la somme des erreurs en valeur absolue, c'est-à-dire à rendre minimale l'expression suivante :

$$\sum_{i=1}^n |\text{Vol. observé} - \text{Vol. estimé}|$$

Ce procédé minimise la déviation réelle (le volume observé moins le volume estimé) au lieu de la déviation élevée au carré. Il représente mieux la tendance générale des données et est moins sensible aux valeurs extrêmes, car les erreurs ne sont plus élevées au carré. Les paramètres ont été calculés à l'aide des programmes de la banque MPSX (Mathematical Programming Systems Extended).

## 5. Facteur de pondération

---

Une des hypothèses d'application de la méthode des moindres carrés est que la variance du volume soit homogène. D'autre part, il est reconnu que celle-ci est hétérogène et qu'elle augmente avec le diamètre (figure 5). Par conséquent, effectuer des tests d'hypothèses et construire des intervalles de confiance donnent de faux résultats. La solution appropriée consiste à multiplier chaque terme ( $D^2H$ ,  $D$ , etc.) de la régression initiale par un facteur de pondération trouvé au moyen du test de Bartlett.

Lors de ce test, les variances du volume pondéré par  $1/D^2H$ ,  $1/D^2H^2$ ,  $1/D^2\sqrt{H}$ ,  $1/D^3H$ , etc., ont été introduites afin de déterminer l'élément pondérateur qui rend la variance constante. Il en est ressorti que le meilleur facteur était  $1/D^2H$  pour certaines essences et  $1/D^2\sqrt{H}$ , pour d'autres. Dans plusieurs cas, la valeur du test pour ces mêmes facteurs était non significative mais, cependant, près du seuil de signification. Il demeure que les résultats obtenus ont tous été considérés comme très acceptables.

L'élément pondérateur étant maintenant choisi, il s'agit de le multiplier par chaque terme de la régression initiale et d'appliquer sur l'équation transformée la méthode ordinaire des moindres carrés.

Supposons le modèle :

$$V = B_0 + B_1 D^2 H$$

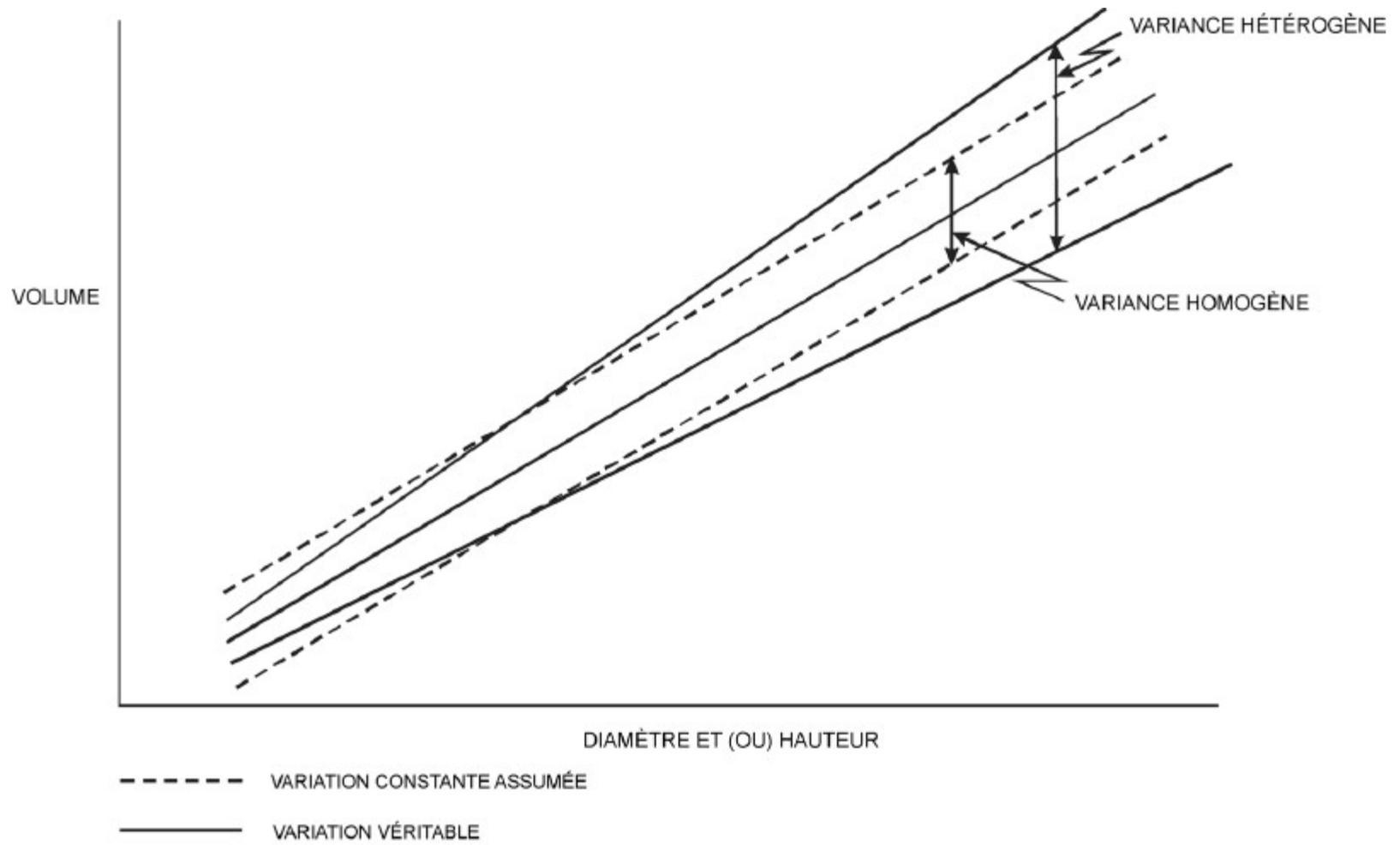
avec comme élément pondérateur  $1/D^2H$

La transformation des variables donne :

$$\frac{V}{D^2 H} = \frac{B_0}{D^2 H} + B_1$$

Cette transformation effectuée, la méthode ordinaire des moindres carrés peut être appliquée. Une telle transformation est connue sous le nom de méthode de la régression pondérée.

Figure 5 - Variance du volume



## **6. Choix du meilleur ensemble de variables indépendantes**

---

L'objectif est d'arriver, à partir d'un ensemble de variables indépendantes, à une équation de régression qui permettra de prédire avec la meilleure précision la variation du volume. Les liaisons considérées dans cette étude sont de caractère mathématique mais non causal, c'est-à-dire qu'on ne tente pas d'expliquer les variations observées par leurs causes premières mais bien de les exprimer et de les relier mathématiquement. Les modèles construits sont donc de nature prédictive plutôt qu'explicative.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour effectuer un choix judicieux du meilleur ensemble de variables indépendantes. Celles qui sont employées sont décrites brièvement ci-après.

### **6.1 Toutes les régressions possibles**

Dans la recherche du meilleur modèle, toutes les combinaisons possibles des variables explicatives qui influencent le volume ont été examinées. Étant donné qu'il y a six (6) variables indépendantes, soixante-trois (63) régressions sont alors probables. Parmi celles-ci furent choisies les six (6) meilleures équations. L'estimation des paramètres de ces équations a été effectuée à l'aide du programme BMDP9R.

### **6.2 Régression pas à pas**

La méthode de régression pas à pas, ou régression par étape, permet de calculer une série d'équations de régression où, à chaque étape, une variable explicative est ajoutée ou retranchée selon un critère. Le critère d'entrée ou de sortie d'une variable a été énoncé sous forme de deux valeurs différentes du rapport F. Les deux modèles qui en résultent ont été obtenus à l'aide du programme BMDP2R.

Un schéma illustrant la méthodologie suivie apparaît à la figure 6. On remarque que la désignation du modèle final se compose de trois phases principales. La première phase sélectionne deux modèles dont l'un provient de la méthode de calcul des moindres carrés et l'autre, des moindres carrés pondérés. Dans la seconde, sont calculés de nouveau, selon la méthode MSEVA, les paramètres des deux modèles retenus dans la première phase. Dans la dernière, le modèle final est désigné parmi les quatre issus des trois différents systèmes de calcul.

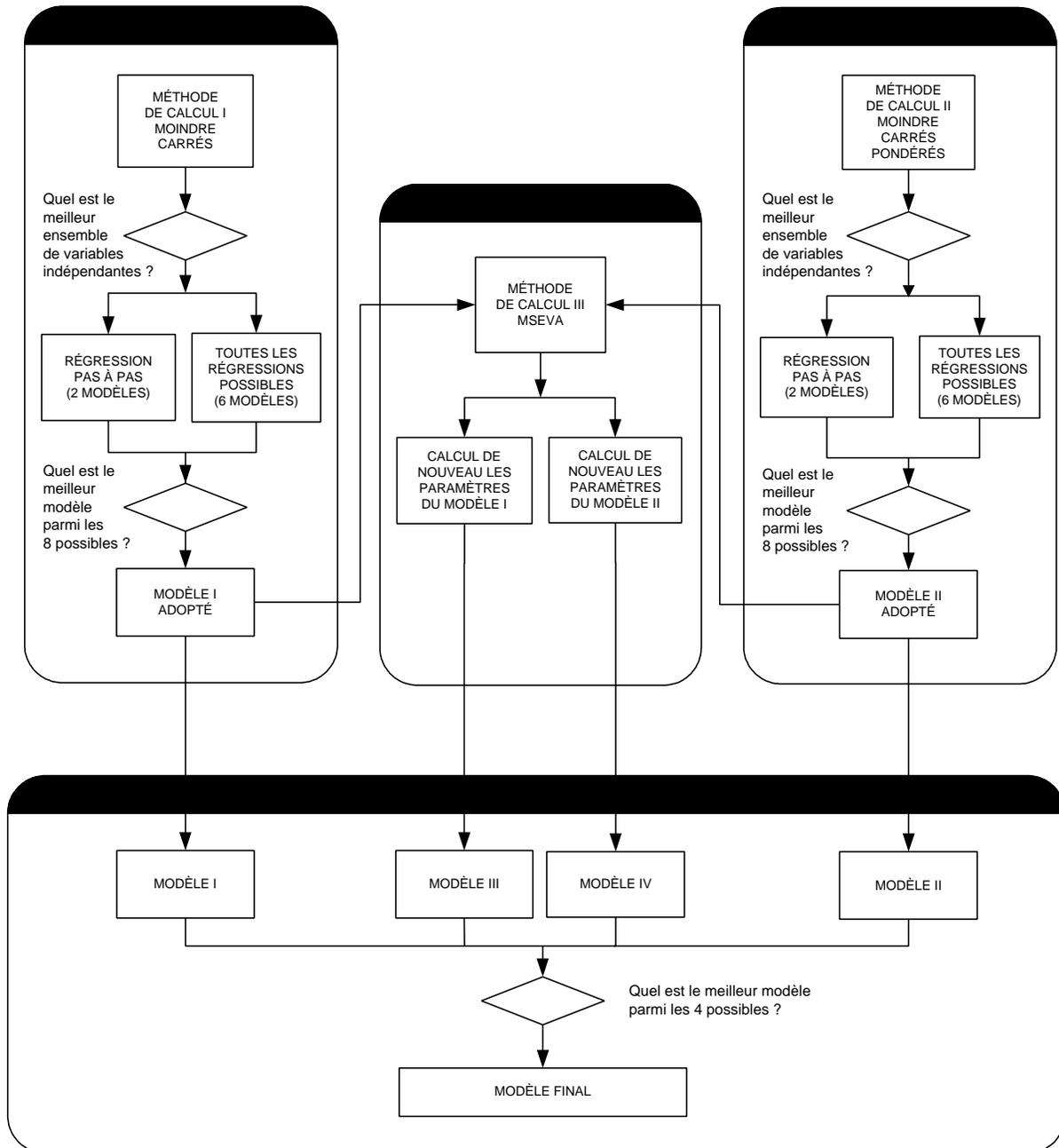
Le modèle qui répondait le plus aux exigences suivantes constituait le meilleur choix :

- un faible écart-type résiduel;
- un coefficient de corrélation multiple élevé;
- la simplicité du modèle;
- l'absence de biais;
- le comportement du modèle;

- des paramètres significatifs;
- la capacité du modèle à prédire (à faire des prédictions sur les arbres témoins);
- l'examen des résidus;
- etc.

En définitive, chacune des conditions précédentes n'a jamais servi à elle seule pour juger de la qualité d'un ajustement.

**Figure 6 - Méthodologie suivie pour choisir le meilleur ensemble de variables indépendantes**



## **7. Validation des modèles**

---

Cette validation a pour but de juger de l'efficacité du modèle final comme outil de prévision. Pour ce faire, on vérifie le comportement de celui-ci sur un ensemble d'arbres témoins qui n'ont pas servi à l'estimation d'aucun des paramètres du modèle. Ces derniers correspondent à 10 % du nombre total d'études et ont été choisis préalablement au hasard (voir tableau 1).

La procédure suivie consiste à introduire dans la régression finale le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur totale observée, et de comparer les volumes prédits avec ceux observés. Comme un tel tarif sert surtout à estimer le volume d'un lot d'arbres, la déviation globale, c'est-à-dire :

$$\left( \frac{\sum \text{volumes observés} - \sum \text{volumes prédits}}{\sum \text{volumes observés}} \right) \times 100$$

a été employée pour évaluer la performance des modèles.

Le tableau suivant présente les résultats de cette validation pour les essences les plus importantes.

**Tableau 3 - Résultats de la validation des essences**

<u>ESSENCE</u>	<u>NOMBRE D'ARBRES TÉMOINS</u>	<u>DÉVIATION GLOBALE (%)</u>
BOP	187	1,8
BOJ	180	0,2
EPB	100	1,0
EPN	200	2,1
ERS	150	0,7
PET	150	0,6
PIG	100	2,0
SAB	191	1,0

On constate que la déviation globale varie de 0,2 % à 2,1 %; il est donc possible de présumer que les modèles sont robustes et qu'ils peuvent être appliqués, sans crainte, aux données d'inventaire.

## **8. Tarifs généraux**

---

Les tarifs généraux sont présentés sous forme de tables, à la page 27, pour les classes de diamètre/hauteur les plus habituelles. Toutes les autres combinaisons sont mathématiquement calculables à partir des équations génératrices, mais il faudra être prudent en ce qui a trait à la validité des prédictions qui s'éloignent trop des champs diamètre/hauteur plausibles.

## 9. Tarifs locaux

---

L'obtention d'études d'arbres, prises dans un territoire donné et pour lesquelles le diamètre à hauteur de poitrine et la hauteur totale ont été mesurés, permet de déterminer (ou d'établir) un tarif local. Deux procédures sont suggérées :

### 9.1 Étapes de la première procédure

- a. Calcul d'une relation entre la hauteur et le diamètre de la forme suivante :

$$H = A + BD + CD^2$$

- b. La hauteur, apparaissant dans la régression générale du volume, est remplacée par l'équation précédente; on obtient alors le tarif local ou :

$$V = f(D, D^2, D^3, D^4)$$

Supposons le modèle :

$$V = B_0 + B_1 D^2 H \text{ (régression générale)}$$

La relation H en fonction de D remplacée dans l'équation précédente donne :

$$V = B_0 + B_1 D^2 (A + BD + CD^2)$$

$$\text{d'où } V = B_0 + AB_1 D^2 + BB_1 D^3 + B_1 CD^4$$

### 9.2 Étapes de la seconde procédure

- a. Calcul du volume de chaque arbre de l'échantillon en introduisant le diamètre et la hauteur observée dans la régression générale du volume.
- b. Calcul d'une régression pondérée entre le volume calculé précédemment et le diamètre observé de la forme suivante :

$$V = B_0 + B_1 D + B_2 D^2$$

Supposons le modèle :

$$V = B_0 + B_1 D^2 H \text{ (régression générale)}$$

Les valeurs de H et de D observées introduites dans la régression générale donnent :

$$V_1 = B_0 + B_1 D_1^2 H_1$$

où  $D_1$  et  $H_1$  représentent la première observation;

$$V_2 = B_0 + B_1 D_2^2 H_2$$

où  $D_2$  et  $H_2$  représentent la deuxième observation;

$$V_n = B_0 + B_1 D_n^2 H_n$$

où  $D_n$  et  $H_n$  représentent la  $n^{\text{ième}}$  observation.

Une régression pondérée de la forme ci-après est ensuite calculée entre les volumes évalués précédemment ( $V_1, V_2 \dots V_n$ ) et les diamètres observés ( $D_1, D_2 \dots D_n$ ).

$$V = B_0 + B_1 D + B_2 D^2$$

D'après une étude de comparaison effectuée par M. Yvon Richard, de la Direction de la recherche forestière, la méthode la plus efficace varie d'une essence à l'autre. Cependant, les différences entre les deux méthodes sont tellement minimales qu'en pratique les deux sont des plus valables.



## **Tarif de cubage général**

---

### **Tables des essences**





## TARIF DE CUBAGE GÉNÉRAL

**Essence**

Volume marchand brut ----- (dm<sup>3</sup>)

**Bouleau jaune**

Hauteur de souche -----

15 cm ||

Diamètre d'utilisation -----

9 cm ae

DHP ae (cm)	Hauteur totale (mètres)																
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
10	17,8	18,9	20,0	21,1	22,3	23,4	24,5	25,6									
12	30,1	32,6	35,2	37,8	40,3	42,9	45,5	48,1	50,6								
14	44,3	48,7	53,0	57,4	61,7	66,0	70,4	74,7	79,0	83,4							
16		67,1	73,5	79,9	86,3	92,7	99,1	105,5	111,9	118,3	124,8						
18		87,8	96,6	105,4	114,2	122,9	131,7	140,5	149,3	158,1	166,9	175,7					
20			122,3	133,8	145,3	156,7	168,2	179,7	191,2	202,6	214,1	225,6					
22			150,7	165,2	179,7	194,1	208,6	223,0	237,5	251,9	266,4	280,9	295,3				
24			181,8	199,5	217,3	235,0	252,8	270,5	288,3	306,0	323,8	341,6	359,3				
26				236,8	258,2	279,5	300,9	322,2	343,6	364,9	386,3	407,6	429,0				
28					302,3	327,6	352,9	378,1	403,4	428,6	453,9	479,1	504,4	529,6			
30					349,8	379,2	408,7	438,1	467,6	497,1	526,5	556,0	585,5	614,9			
32					400,4	434,4	468,4	502,4	536,3	570,3	604,3	638,3	672,3	706,2	740,2		
34						493,2	532,0	570,8	609,6	648,4	687,2	726,0	764,8	803,6	842,4		
36						555,5	599,4	643,3	687,2	731,2	775,1	819,0	863,0	906,9	950,8	994,7	
38							670,7	720,1	769,4	818,8	868,1	917,5	966,9	1016,2	1065,6	1114,9	
40							745,9	801,0	856,1	911,2	966,3	1021,4	1076,5	1131,6	1186,7	1241,7	1296,8
42							824,9	886,1	947,2	1008,3	1069,5	1130,6	1191,8	1252,9	1314,0	1375,2	1436,3
44								975,3	1042,8	1110,3	1177,8	1245,3	1312,8	1380,3	1447,7	1515,2	1582,7
46								1068,8	1142,9	1217,0	1291,2	1365,3	1439,5	1513,6	1587,8	1661,9	1736,0
48								1166,4	1247,5	1328,6	1409,7	1490,8	1571,9	1653,0	1734,1	1815,2	1896,3
50								1268,2	1356,5	1444,9	1533,3	1621,6	1710,0	1798,4	1886,7	1975,1	2063,5
52									1470,1	1566,0	1661,9	1757,9	1853,8	1949,8	2045,7	2141,6	2237,6
54									1588,1	1691,9	1795,7	1899,5	2003,3	2107,1	2211,0	2314,8	2418,6
56										1822,6	1934,6	2046,6	2158,5	2270,5	2382,5	2494,5	2606,5
58										1958,0	2078,5	2199,0	2319,5	2439,9	2560,4	2680,9	2801,4
60										2098,3	2227,5	2356,8	2486,1	2615,4	2744,6	2873,9	3003,2

$$\text{VMB} = 1,4011602 \text{ D} - 0,0509565 \text{ D}^2 - 1,6089497 \text{ H} - 0,109785 \text{ DH} + 0,03818590 \text{ D}^2\text{H}$$





## TARIF DE CUBAGE GÉNÉRAL

**Essence**

Volume marchand brut ----- (dm<sup>3</sup>)

**Chêne rouge**

Hauteur de souche ----- 15 cm ||

Diamètre d'utilisation ----- 9 cm ae

DHP ae (cm)	Hauteur totale (mètres)														
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
10	18,4	20,0	21,4	22,7	23,7	24,6									
12	33,9	37,0	40,0	42,8	45,4	47,8	50,1								
14	52,2	57,2	62,0	66,6	71,0	75,3	79,3	83,2	86,9						
16		80,4	87,3	94,0	100,5	106,9	113,1	119,1	124,9						
18		106,7	116,0	125,1	134,0	142,8	151,3	159,7	167,9	175,9	183,8				
20		136,1	148,0	159,8	171,4	182,9	194,1	205,2	216,0	226,7	237,2				
22		168,6	183,5	198,2	212,8	227,2	241,4	255,4	269,2	282,8	296,3	309,6			
24			222,3	240,3	258,1	275,7	293,1	310,4	327,4	344,3	361,0	377,5			
26			264,5	286,0	307,3	328,4	349,4	370,1	390,7	411,1	431,3	451,4			
28				335,4	360,5	385,4	410,1	434,7	459,1	483,3	507,3	531,1	554,8		
30					417,6	446,6	475,4	504,0	532,5	560,8	588,9	616,8	644,5		
32					478,6	512,0	545,2	578,2	611,0	643,6	676,1	708,3	740,4		
34					543,6	581,6	619,4	657,1	694,5	731,8	768,9	805,8	842,5	879,1	
36					612,5	655,4	698,2	740,8	783,1	825,3	867,4	909,2	950,8	992,3	
38					685,4	733,5	781,5	829,2	876,8	924,2	971,4	1018,5	1065,3	1112,0	
40						815,8	869,2	922,5	975,5	1028,4	1081,1	1133,7	1186,0	1238,2	
42							961,5	1020,5	1079,3	1138,0	1196,5	1254,8	1312,9	1370,8	
44								1123,3	1188,2	1252,9	1317,4	1381,8	1445,9	1509,9	
46								1230,9	1302,1	1373,2	1444,0	1514,7	1585,2	1655,5	
48								1343,3	1421,1	1498,8	1576,2	1653,5	1730,6	1807,5	
50								1460,5	1545,2	1629,7	1714,1	1798,3	1882,2	1966,0	

$$VMB = -7,6298 - 0,0911019 H^2 + 0,035163 D^2H$$

## TARIF DE CUBAGE GÉNÉRAL

Essence

Volume marchand brut ----- (dm<sup>3</sup>)

Épinette blanche

Hauteur de souche ----- 15 cm ||

Diamètre d'utilisation ----- 9 cm ae

DHP ae (cm)	Hauteur totale (mètres)																
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
10	13,2	15,0	16,7	18,5	20,2	22,0	23,7	25,5									
12	25,8	29,6	33,4	37,2	41,0	44,8	48,6	52,4	56,2								
14	38,3	44,4	50,5	56,5	62,6	68,7	74,8	80,9	87,0	93,1							
16		59,2	67,8	76,4	85,0	93,7	102,3	110,9	119,5	128,2	136,8						
18		74,0	85,4	96,8	108,2	119,7	131,1	142,5	153,9	165,3	176,7	188,2	199,6				
20			103,3	117,8	132,2	146,7	161,1	175,6	190,1	204,5	219,0	233,5	247,9	262,4			
22				139,3	157,0	174,8	192,5	210,3	228,0	245,8	263,5	281,3	299,0	316,8	334,6		
24					182,6	203,9	225,2	246,5	267,8	289,1	310,4	331,7	353,0	374,3	395,6		
26					209,0	234,1	259,2	284,2	309,3	334,4	359,5	384,6	409,7	434,8	459,9	485,0	510,1
28						265,3	294,4	323,6	352,7	381,8	411,0	440,1	469,2	498,4	527,5	556,6	585,8
30						297,5	331,0	364,4	397,8	431,3	464,7	498,1	531,6	565,0	598,4	631,9	665,3
32							368,8	406,8	444,8	482,8	520,7	558,7	596,7	634,7	672,6	710,6	748,6
34								450,8	493,5	536,3	579,1	621,8	664,6	707,4	750,2	792,9	835,7
36								496,3	544,1	591,9	639,7	687,5	735,3	783,2	831,0	878,8	926,6
38									596,4	649,5	702,6	755,8	808,9	862,0	915,1	968,2	1021,3
40										709,2	767,9	826,5	885,2	943,9	1002,5	1061,2	1119,8
42											835,4	899,9	964,3	1028,8	1093,2	1157,7	1222,2
44											905,2	975,7	1046,2	1116,8	1187,3	1257,8	1328,3
46											977,4	1054,2	1131,0	1207,8	1284,6	1361,4	1438,2
48											1051,8	1135,1	1218,5	1301,8	1385,2	1468,6	1551,9

$$VMB = -24,9889 + 4,9031200 D - 0,2136600 D^2 - 4,6912003 H + 0,3314300 DH + 0,03131000 D^2H$$





## TARIF DE CUBAGE GÉNÉRAL

Essence

Érable rouge

Volume marchand brut ----- (dm<sup>3</sup>)  
 Hauteur de souche ----- 15 cm ||  
 Diamètre d'utilisation ----- 9 cm ae

DHP ae (cm)	Hauteur totale (mètres)																
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
10	13,8	15,6	17,3	19,0	20,8	22,5	24,2	26,0	27,7								
12	24,8	27,9	31,0	34,1	37,2	40,3	43,4	46,5	49,6	52,7	55,8						
14		42,6	47,3	52,1	56,8	61,5	66,2	71,0	75,7	80,4	85,2	89,9					
16		59,6	66,3	72,9	79,5	86,2	92,8	99,4	106,0	112,7	119,3	125,9					
18			87,9	96,6	105,4	114,2	123,0	131,8	140,6	149,4	158,1	166,9					
20				123,3	134,5	145,7	156,9	168,1	179,3	190,5	201,7	212,9	224,1	235,3			
22				152,8	166,7	180,6	194,5	208,4	222,3	236,1	250,0	263,9	277,8	291,7			
24					202,1	218,9	235,7	252,6	269,4	286,3	303,1	319,9	336,8	353,6			
26					240,6	260,6	280,7	300,7	320,8	340,8	360,9	380,9	401,0	421,0			
28					282,3	305,8	329,3	352,8	376,3	399,9	423,4	446,9	470,4	494,0	517,5		
30						354,3	381,6	408,9	436,1	463,4	490,6	517,9	545,2	572,4	599,7		
32						406,3	437,6	468,8	500,1	531,4	562,6	593,9	625,1	656,4	687,6		
34							497,3	532,8	568,3	603,8	639,3	674,9	710,4	745,9	781,4		
36							560,6	600,7	640,7	680,7	720,8	760,8	800,9	840,9	881,0	921,0	
38								672,5	717,3	762,1	807,0	851,8	896,6	941,5	986,3	1031,1	
40								748,2	798,1	848,0	897,9	947,8	997,6	1047,5	1097,4	1147,3	
42									883,1	938,3	993,5	1048,7	1103,9	1159,1	1214,3	1269,5	1324,7
44									972,4	1033,1	1093,9	1154,7	1215,5	1276,2	1337,0	1397,8	1458,5
46									1065,8	1132,4	1199,0	1265,6	1332,3	1398,9	1465,5	1532,1	1598,7
48										1236,2	1308,9	1381,6	1454,3	1527,0	1599,7	1672,5	1745,2
50										1344,4	1423,5	1502,5	1581,6	1660,7	1739,8	1818,9	1897,9
52										1457,1	1542,8	1628,5	1714,2	1799,9	1885,6	1971,3	2057,0
54										1574,2	1666,8	1759,4	1852,0	1944,6	2037,2	2129,8	2222,4
56										1695,8	1795,6	1895,4	1995,1	2094,9	2194,6	2294,4	2394,1

VMB = -1,1724901 H - 0,03843 DH + 0,03287 D<sup>2</sup>H

## TARIF DE CUBAGE GÉNÉRAL

**Essence**

**Volume marchand brut** ----- (dm<sup>3</sup>)

**Érable à sucre**

**Hauteur de souche** -----

----- 15 cm ||

**Diamètre d'utilisation** -----

----- 9 cm ae

DHP ae (cm)	Hauteur totale (mètres)																		
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
10	15,4	16,3	17,3	18,3	19,3	20,3	21,2	22,2	23,2										
12	27,2	29,7	32,1	34,6	37,0	39,5	42,0	44,4	46,9	49,3	51,8	54,3							
14		45,4	49,6	53,8	58,0	62,2	66,4	70,6	74,8	79,0	83,2	87,5	91,7						
16		63,5	69,8	76,0	82,2	88,4	94,6	100,9	107,1	113,3	119,5	125,8	132,0						
18		84,1	92,6	101,1	109,6	118,1	126,6	135,2	143,7	152,2	160,7	169,2	177,7	186,2	194,7	203,2			
20			118,1	129,2	140,3	151,3	162,4	173,5	184,5	195,6	206,7	217,7	228,8	239,8	250,9	262,0			
22				160,3	174,1	188,0	201,9	215,8	229,7	243,6	257,5	271,4	285,2	299,1	313,0	326,9			
24				194,3	211,3	228,2	245,2	262,2	279,2	296,1	313,1	330,1	347,1	364,1	381,0	398,0			
26					251,6	271,9	292,3	312,6	332,9	353,3	373,6	394,0	414,3	434,6	455,0	475,3	495,7		
28					295,1	319,1	343,1	367,0	391,0	415,0	439,0	462,9	486,9	510,9	534,8	558,8	582,8		
30						369,8	397,7	425,5	453,4	481,3	509,1	537,0	564,9	592,7	620,6	648,5	676,3		
32						424,0	456,0	488,0	520,1	552,1	584,1	616,2	648,2	680,2	712,3	744,3	776,3		
34						481,6	518,1	554,6	591,0	627,5	664,0	700,5	736,9	773,4	809,9	846,3	882,8		
36							584,0	625,1	666,3	707,5	748,7	789,9	831,0	872,2	913,4	954,6	995,7		
38							653,6	699,8	745,9	792,1	838,2	884,4	930,5	976,7	1022,8	1069,0	1115,1		
40								778,4	829,8	881,2	932,6	984,0	1035,4	1086,8	1138,1	1189,5	1240,9		
42								861,1	918,0	974,9	1031,8	1088,7	1145,6	1202,5	1259,4	1316,3	1373,2		
44								947,8	1010,5	1073,2	1135,8	1198,5	1261,2	1323,9	1386,6	1449,3	1511,9		
46									1107,3	1176,0	1244,7	1313,5	1382,2	1450,9	1519,7	1588,4	1657,1		
48										1283,4	1358,5	1433,5	1508,6	1583,6	1658,7	1733,7	1808,8		
50										1395,4	1477,0	1558,7	1640,3	1721,9	1803,6	1885,2	1966,9		
52											1600,4	1688,9	1777,4	1865,9	1954,4	2042,9	2131,4		
54											1728,7	1824,3	1919,9	2015,5	2111,2	2206,8	2302,4		
56												1964,8	2067,8	2170,8	2273,8	2376,8	2479,8		
58													2110,4	2221,0	2331,7	2442,4	2553,1	2663,7	
60														2261,1	2379,7	2498,3	2616,9	2735,5	2854,1

VMB = 7,5092 - 2,3793097 H + 0,0336075 D<sup>2</sup>H





# TARIF DE CUBAGE

**Essence**

Volume marchand brut ----- (dm<sup>3</sup>)

**Hêtre à grandes feuilles**

Hauteur de souche ----- 15 cm ||

Diamètre d'utilisation ----- 9 cm ae

DHP ae (cm)	Hauteur totale (mètres)															
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
10	18,0	19,8	21,6	23,4	25,2											
12	34,8	38,3	41,8	45,3	48,8	52,2										
14	54,4	59,8	65,3	70,7	76,1	81,6	87,0	92,5								
16		84,3	92,0	99,6	107,3	115,0	122,6	130,3	138,0							
18		111,8	121,9	132,1	142,3	152,4	162,6	172,8	182,9	193,1						
20			155,2	168,1	181,0	193,9	206,9	219,8	232,7	245,7	258,6					
22				207,6	223,5	239,5	255,5	271,4	287,4	303,4	319,4	335,3				
24				250,6	269,9	289,1	308,4	327,7	347,0	366,2	385,5	404,8	424,1			
26					320,0	342,8	365,7	388,5	411,4	434,3	457,1	480,0	502,8			
28						400,6	427,3	454,0	480,7	507,4	534,1	560,8	587,5	614,2		
30						462,4	493,2	524,0	554,9	585,7	616,5	647,3	678,2	709,0		
32							563,5	598,7	633,9	669,1	704,3	739,5	774,8	810,0		
34							638,0	677,9	717,8	757,7	797,6	837,4	877,3	917,2	957,1	
36								761,8	806,6	851,4	896,2	941,0	985,8	1030,6	1075,4	
38								850,2	900,2	950,2	1000,2	1050,3	1100,3	1150,3	1200,3	1250,3
40									998,7	1054,2	1109,7	1165,2	1220,7	1276,2	1331,7	1387,1
42									1102,1	1163,4	1224,6	1285,8	1347,0	1408,3	1469,5	1530,7
44									1210,4	1277,6	1344,9	1412,1	1479,4	1546,6	1613,8	1681,1
46									1323,5	1397,0	1470,6	1544,1	1617,6	1691,1	1764,7	1838,2
48									1441,5	1521,6	1601,7	1681,8	1761,8	1841,9	1922,0	2002,1

VMB = -2,5705099 H + 0,0986 DH + 0,03382 D<sup>2</sup>H





## TARIF DE CUBAGE GÉNÉRAL

Essence

**Peuplier baumier**

**Peuplier à grandes dents**

Volume marchand brut ----- (dm<sup>3</sup>)

Hauteur de souche ----- 15 cm ||

Diamètre d'utilisation ----- 9 cm ae

DHP ae (cm)	Hauteur totale (mètres)																						
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25						
10	17,3	19,2	21,1	23,0	24,9	26,8	28,8	30,7															
12	29,9	33,2	36,5	39,8	43,1	46,4	49,8	53,1	56,4														
14		49,7	54,7	59,7	64,6	69,6	74,6	79,5	84,5	89,5	94,4												
16		68,8	75,7	82,6	89,4	96,3	103,2	110,1	116,9	123,8	130,7	137,6											
18		90,4	99,5	108,5	117,5	126,6	135,6	144,7	153,7	162,8	171,8	180,8	189,9										
20			126,0	137,5	149,0	160,4	171,9	183,3	194,8	206,3	217,7	229,2	240,6	252,1									
22				169,6	183,7	197,8	212,0	226,1	240,2	254,4	268,5	282,6	296,7	310,9	325,0								
24					221,7	238,8	255,9	272,9	290,0	307,0	324,1	341,1	358,2	375,2	392,3	409,4							
26						283,3	303,6	323,8	344,0	364,3	384,5	404,7	425,0	445,2	465,5	485,7	505,9						
28							331,4	355,1	378,8	402,4	426,1	449,8	473,4	497,1	520,8	544,5	568,1	591,8					
30								410,4	437,8	465,1	492,5	519,9	547,2	574,6	602,0	629,3	656,7	684,0					
32									500,9	532,2	563,5	594,8	626,1	657,4	688,7	720,0	751,3	782,6					
34										603,6	639,1	674,6	710,1	745,6	781,1	816,6	852,1	887,6					
36											679,3	719,2	759,2	799,1	839,1	879,0	919,0	958,9	998,9				
38												803,9	848,6	893,3	937,9	982,6	1027,3	1071,9	1116,6				
40													893,2	942,9	992,5	1042,1	1091,7	1141,4	1191,0	1240,6			
42														987,1	1042,0	1096,8	1151,7	1206,5	1261,3	-157,5	1371,0		
44															1085,6	1145,9	1206,2	1266,5	1326,8	1387,2	1676,7	1507,8	
46																1188,6	1254,7	1320,7	1386,8	1452,8	1518,8	-502,2	1650,9

VMB = -1,2628202 H + 0,0318047 D<sup>2</sup>H

## TARIF DE CUBAGE GÉNÉRAL

Essence

Volume marchand brut -----

(dm<sup>3</sup>)

**Peuplier faux-tremble**

Hauteur de souche -----

15 cm ||

Diamètre d'utilisation -----

9 cm ae

DHP ae (cm)	Hauteur totale (mètres)																					
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25					
10	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0															
12	32,2	35,7	39,3	42,9	46,5	50,0	53,6	57,2	60,8													
14	49,0	54,4	59,8	65,3	70,7	76,1	81,6	87,0	92,5	97,9												
16		75,9	83,5	91,1	98,7	106,3	113,9	121,4	129,0	136,6	144,2											
18		100,3	110,3	120,3	130,4	140,4	150,4	160,5	170,5	180,5	190,5	200,6	210,6									
20		127,5	140,3	153,0	165,8	178,5	191,3	204,1	216,8	229,6	242,3	255,1	267,8	280,6								
22				189,2	204,9	220,7	236,5	252,2	268,0	283,8	299,5	315,3	331,1	346,8	362,6							
24					247,8	266,9	286,0	305,0	324,1	343,1	362,2	381,3	400,3	419,4	438,5	457,5						
26						317,1	339,7	362,4	385,0	407,7	430,3	453,0	475,6	498,3	520,9	543,6	566,2					
28							397,8	424,3	450,9	477,4	503,9	530,4	556,9	583,5	610,0	636,5	663,0					
30								490,9	521,6	552,2	582,9	613,6	644,3	675,0	705,6	736,3	767,0					
32									562,0	597,1	632,3	667,4	702,5	737,6	772,8	807,9	843,0	878,1				
34									637,7	677,6	717,5	757,3	797,2	837,0	876,9	916,7	956,6	996,5				
36										762,9	807,8	852,7	897,6	942,4	987,3	1032,2	1077,1	1121,9				
38											903,3	953,5	1003,7	1053,9	1104,1	1154,2	1204,4	1254,6				
40												1004,0	1059,8	1115,5	1171,3	1227,1	1282,9	1338,7	1394,4			
42													1171,5	1233,1	1294,8	1356,5	1418,1	1479,8	1541,4			
44														1288,7	1356,5	1424,3	1492,1	1560,0	1627,8	1695,6		
46															1411,3	1485,6	1559,8	1634,1	1708,4	1782,7	1856,9	
48																1539,3	1620,4	1701,4	1782,4	1863,4	1944,4	2025,5

**VMB = -1,5881596 H + 0,0358535 D<sup>2</sup>H**

## TARIF DE CUBAGE GÉNÉRAL

**Essence**

Volume marchand brut ----- (dm<sup>3</sup>)

**Pin blanc**

Hauteur de souche ----- 15 cm ||

Diamètre d'utilisation ----- 9 cm ae

DHP ae (cm)	Hauteur totale (mètres)																			
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
10	16,9	19,0	21,1	23,2	25,3															
12	33,1	37,3	41,4	45,5	49,7	53,8														
14	50,9	57,2	63,6	69,9	76,3	82,7	89,0	95,4												
16		78,9	87,7	96,4	105,2	114,0	122,7	131,5	140,3											
18		102,3	113,7	125,0	136,4	147,8	159,1	170,5	181,9	193,2										
20		127,4	141,6	155,7	169,9	184,0	198,2	212,4	226,5	240,7	254,8									
22			171,4	188,5	205,6	222,8	239,9	257,1	274,2	291,3	308,5	325,6								
24				223,4	243,7	264,0	284,3	304,6	324,9	345,2	365,6	385,9	406,2							
26					284,0	307,7	331,4	355,1	378,7	402,4	426,1	449,7	473,4	497,1	520,7					
28						353,9	381,1	408,3	435,6	462,8	490,0	517,2	544,4	571,7	598,9	626,1				
30							433,5	464,5	495,4	526,4	557,4	588,3	619,3	650,3	681,2	712,2				
32								523,5	558,4	593,3	628,2	663,1	698,0	732,9	767,8	802,7	837,6			
34									624,4	663,4	702,4	741,4	780,4	819,5	858,5	897,5	936,5			
36										736,7	780,1	823,4	866,7	910,1	953,4	996,7	1040,1			
38											813,3	861,2	909,0	956,8	1004,7	1052,5	1100,4	1148,2		
40												945,7	998,2	1050,7	1103,3	1155,8	1208,4	1260,9		
42													1033,6	1091,0	1148,5	1205,9	1263,3	1320,7	1378,2	
44														1125,0	1187,5	1250,0	1312,5	1375,0	1437,5	1500,0
46															1355,3	1423,1	1490,9	1558,6	1626,4	
48																1464,5	1537,7	1610,9	1684,2	1757,4
50																	1656,3	1735,2	1814,1	1892,9
52																		1863,7	1948,4	2033,1
54																			2087,0	2177,8
56																			2230,1	2327,1
58																			2377,5	2480,9
60																			2529,4	2639,3

VMB = -5,1688604 H + 0,489927 DH + 0,0238181 D<sup>2</sup>H



## TARIF DE CUBAGE GÉNÉRAL

**Essence**

Volume marchand brut

..... (dm<sup>3</sup>)

**Pin rouge**

Hauteur de souche

..... 15 cm ||

Diamètre d'utilisation

..... 9 cm ae

DHP ae (cm)	Hauteur totale (mètres)																						
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24						
10	18,2	21,1	24,0	26,8	29,7	32,5	35,4																
12	30,0	34,6	39,2	43,8	48,4	53,0	57,5																
14	43,4	50,0	56,5	63,1	69,6	76,2	82,7	89,3															
16		67,1	75,9	84,7	93,4	102,2	111,0	119,8	128,5	137,3													
18		86,1	97,3	108,6	119,8	131,1	142,3	153,5	164,8	176,0	187,2	198,5											
20			120,9	134,8	148,7	162,7	176,6	190,6	204,5	218,4	232,4	246,3	260,3										
22				163,4	180,2	197,1	214,0	230,9	247,8	264,7	281,6	298,4	315,3										
24					214,3	234,4	254,4	274,5	294,6	314,7	334,8	354,8	374,9	395,0									
26						274,4	297,9	321,4	345,0	368,5	392,0	415,5	439,0	462,5	486,1								
28							317,3	344,5	371,7	398,9	426,0	453,2	480,4	507,6	534,8	562,0							
30								394,0	425,2	456,3	487,4	518,5	549,6	580,8	611,9	643,0	674,1	705,2					
32									481,9	517,2	552,5	587,8	623,1	658,4	693,7	729,0	764,3	799,6					
34										581,7	621,4	661,1	700,8	740,5	780,2	819,9	859,6	899,3					
36											694,1	738,5	782,8	827,2	871,6	915,9	960,3	1004,6					
38												819,8	869,1	918,4	967,6	1016,9	1066,1	1115,4					
40													959,6	1014,0	1068,4	1122,9	1177,3	1231,7					
42														1054,4	1114,2	1174,0	1233,8	1293,6	1353,4				
44															1218,9	1284,4	1349,8	1415,2	1480,6				
46																1399,5	1470,8	1542,1	1613,4				
48																	1596,7	1674,2	1751,6				
50																		1727,7	1811,5	1895,3			
52																			1863,7	1954,1	2044,5		
54																				2004,6	2101,9	2199,1	
56																					2150,6	2254,9	2359,3

$$VMB = -0,04629 D^2 - 2,1198797 H + 0,19273 DH + 0,03051 D^2H$$

## TARIF DE CUBAGE GÉNÉRAL

**Essence**

**Pruche du Canada**

Volume marchand brut

Hauteur de souche

Diamètre d'utilisation

----- (dm<sup>3</sup>)

----- 15 cm ||

----- 9 cm ae

DHP ae (cm)	Hauteur totale (mètres)																					
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22					
10	10,9	12,7	14,5	16,3	18,1	19,9																
12	20,6	24,0	27,5	30,9	34,3	37,8	41,2															
14		36,9	42,2	47,5	52,8	58,0	63,3	68,6														
16		51,3	58,7	66,0	73,4	80,7	88,0	95,4	102,7													
18		67,3	76,9	86,5	96,1	105,7	115,4	125,0	134,6	144,2												
20			96,9	109,0	121,1	133,2	145,3	157,4	169,5	181,6												
22				133,4	148,2	163,0	177,9	192,7	207,5	222,3	237,2	252,0										
24					177,5	195,3	213,0	230,8	248,5	266,3	284,1	301,8	319,6									
26					209,0	229,9	250,8	271,7	292,6	313,5	334,4	355,3	376,2									
28						267,0	291,2	315,5	339,8	364,0	388,3	412,6	436,9	461,1								
30							334,3	362,1	390,0	417,8	445,7	473,5	501,4	529,2	557,1							
32								411,5	443,2	474,9	506,5	538,2	569,8	601,5	633,1	664,8						
34								463,8	499,5	535,2	570,8	606,5	642,2	677,9	713,5	749,2						
36									558,8	598,7	638,6	678,6	718,5	758,4	798,3	838,2	878,1					
38									621,2	665,6	709,9	754,3	798,7	843,1	887,4	931,8	976,2					
40										735,7	784,7	833,8	882,8	931,9	980,9	1030,0	1079,0					
42										809,1	863,0	916,9	970,9	1024,8	1078,7	1132,7	1186,6					
44											944,8	1003,8	1062,8	1121,9	1180,9	1240,0	1299,0					
46												1094,4	1158,7	1223,1	1287,5	1351,9	1416,2					
48													1258,6	1328,5	1398,4	1468,3	1538,2					
50															1513,7	1589,3	1665,0					
52															1633,3	1714,9	1796,6					
54															1757,2	1845,1	1933,0					
56															1885,6	1979,9	2074,1					

VMB = -3,0448503 H + 0,213098 DH + 0,0272291 D<sup>2</sup>H



## TARIF DE CUBAGE GÉNÉRAL

Essence

Volume marchand brut ----- (dm<sup>3</sup>)

Hauteur de souche ----- 15 cm ||

Diamètre d'utilisation ----- 9 cm ae

**Thuya occidental**

DHP ae (cm)	Hauteur totale (mètres)																
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
10	12,3	14,2	16,0	17,8	19,6	21,5											
12	22,1	25,6	29,1	32,6	36,1	39,6	43,1	46,6									
14	33,0	38,3	43,6	48,9	54,3	59,6	64,9	70,2	75,6								
16		52,2	59,5	66,8	74,1	81,4	88,8	96,1	103,4								
18			76,7	86,2	95,7	105,1	114,6	124,1	133,6	143,0							
20				107,1	118,9	130,7	142,5	154,3	166,1	177,8							
22				129,6	143,9	158,1	172,4	186,6	200,9	215,1	229,4						
24					170,5	187,4	204,3	221,1	238,0	254,9	271,8	288,7					
26					198,8	218,5	238,2	257,8	277,5	297,2	316,9	336,5					
28						251,5	274,1	296,7	319,3	342,0	364,6	387,2	409,8	432,4			
30						286,3	312,0	337,8	363,5	389,2	415,0	440,7	466,4	492,1			
32							352,0	381,0	410,0	439,0	468,0	497,0	526,0	555,0	584,0		
34								426,4	458,8	491,2	523,7	556,1	588,5	620,9	653,4		
36								473,9	510,0	546,0	582,0	618,0	654,0	690,0	726,0	762,0	
38									563,4	603,2	643,0	682,7	722,5	762,2	802,0	841,8	
40									619,3	662,9	706,6	750,3	793,9	837,6	881,3	924,9	
42									677,4	725,1	772,9	820,6	868,3	916,1	963,8	1011,5	
44									737,9	789,9	841,8	893,8	945,7	997,7	1049,7	1101,6	
46									800,7	857,1	913,4	969,7	1026,1	1082,4	1138,8	1195,1	
48									865,9	926,7	987,6	1048,5	1109,4	1170,3	1231,2	1292,1	

**VMB = 0,03224 D<sup>2</sup> - 4,14505 H + 0,39731 DH + 0,01995 D<sup>2</sup>H**

## TARIF DE CUBAGE GÉNÉRAL

Essence

Volume marchand brut ----- (dm<sup>3</sup>)

Tilleul d'Amérique

Hauteur de souche ----- 15 cm ||

Diamètre d'utilisation ----- 9 cm ae

DHP ae (cm)	Hauteur totale (mètres)																		
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
10	12,7	14,0	15,3	16,5															
12	27,7	30,4	33,2	36,0	38,7														
14	45,3	49,9	54,4	58,9	63,5	68,0	72,5												
16		72,3	78,9	85,5	92,0	98,6	105,2	111,8	118,3										
18		97,7	106,6	115,5	124,4	133,3	142,2	151,0	159,9	168,8									
20			137,6	149,1	160,6	172,0	183,5	195,0	206,4	217,9	229,4	240,8							
22				186,2	200,5	214,9	229,2	243,5	257,8	272,1	286,5	300,8	315,1						
24					244,3	261,8	279,2	296,7	314,1	331,6	349,0	366,5	383,9	401,4					
26						312,7	333,6	354,4	375,3	396,1	417,0	437,8	458,7	479,5	500,4				
28							392,3	416,8	441,4	465,9	490,4	514,9	539,5	564,0	588,5	613,0			
30								483,9	512,3	540,8	569,3	597,7	626,2	654,7	683,1	711,6			
32									555,5	588,2	620,9	653,6	686,2	718,9	751,6	784,3	817,0	849,6	
34											706,1	743,3	780,5	817,6	854,8	892,0	929,1	966,3	
36												838,5	880,4	922,3	964,2	1006,2	1048,1	1090,0	
38													939,1	986,0	1033,0	1079,9	1126,9	1173,9	1220,8
40														1097,4	1149,7	1201,9	1254,2	1306,4	1358,7
42															1272,3	1330,1	1388,0	1445,8	1503,6
44																1464,6	1528,3	1591,9	1655,6
46																	1675,1	1744,9	1814,7
48																		1904,7	1980,8
50																		2071,2	2154,1
52																		2244,6	2334,3
54																		2424,7	2521,7

VMB = -2,1279802 H + 0,0339905 D<sup>2</sup>H

## Nom français et latin (ou scientifique) des essences

<b>Nom français</b>	<b>Nom latin (ou scientifique)</b>
Bouleau à papier	<i>Betula papyrifera</i> Marsh.
Bouleau gris	<i>Betula populifolia</i> Marsh.
Bouleau jaune	<i>Betula alleghaniensis</i> Britton
Caryer cordiforme	<i>Carya cordiformis</i> (Wang.) K. Koch
Cerisier tardif	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.
Chêne rouge	<i>Quercus rubra</i> L.
Épinette blanche	<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss
Épinette noire	<i>Picea mariana</i> (Mill.) BSP
Épinette rouge	<i>Picea rubens</i> Sarg.
Érable à sucre	<i>Acer saccharum</i> Marsh.
Érable rouge	<i>Acer rubrum</i> L.
Frêne d'Amérique	<i>Fraxinus americana</i> L.
Frêne de Pennsylvanie	<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marsh.
Frêne noir	<i>Fraxinus nigra</i> Marsh.
Hêtre à grandes feuilles	<i>Fagus grandifolia</i> Ehrh.
Mélèze laricin	<i>Larix laricina</i> (Du Roi) Koch
Noyer cendré	<i>Juglans cinerea</i> L.
Orme d'Amérique	<i>Ulmus americana</i> L.
Ostryer de Virginie	<i>Ostrya virginiana</i> (Mill.) Koch
Peuplier baumier	<i>Populus balsamifera</i> L.
Peuplier à grandes feuilles	<i>Populus grandidentata</i> Michx.
Peuplier faux-tremble	<i>Populus tremuloïdes</i> Michx.
Pin blanc	<i>Pinus strobus</i> L.
Pin gris	<i>Pinus banksiana</i> Lamb.
Pin rouge	<i>Pinus resinosa</i> Ait.
Pruche du Canada	<i>Tsuga canadensis</i> (L.) Carr.
Sapin baumier	<i>Abies balsamea</i> (L.) Mill.
Thuya occidental	<i>Thuja occidentalis</i> L.
Tilleul d'Amérique	<i>Tilia americana</i> L.

## **Bibliographie**

---

**BAILLARGEON, G. et J. RAINVILLE**, 1979. *Statistique appliquée, Tome 3, régression multiple*, Les éditions S.M.G.

**BÉLANGER, J. et J.M. DUMONT**, 1974. *Tarifs de cubage d'utilisation, cueillette des données*, ministère des Ressources naturelles, Direction des inventaires forestiers.

**BÉLANGER, J. et J.M. DUMONT**, 1974. *Tarifs de cubage d'utilisation, estimation du volume d'une tige*, ministère des Ressources naturelles, Direction des inventaires forestiers.

**BÉLANGER, J. et J.M. DUMONT**, 1974. *Tarifs de cubage d'utilisation, variation de l'épaisseur de l'écorce*, ministère des Ressources naturelles, Direction des inventaires forestiers.

**BROWN, A.**, 1980. *Régression et corrélation, notes de cours*, Les presses de l'Université Laval.

**CUNIA, T.**, 1962. *Weighted Least Squares Method and Construction of Volume Tables*, For. Sci. 10, pages 180-191.

**DESLAUNIERS, G.**, 1980. *Équation du défilement d'un tronçon, fondement du cubage des arbres en vue du débitage*, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, mémoire n°69.

**DEXON, W.J.**, 1979. *BMDP-79, Biomedical Computer Programs, P-series*, University of California Press.

**DUMONT, J.M.**, 1966. *Construction de tarifs de cubage à l'aide de modèles mathématiques et mesurage, en longueur d'arbres, des bois abattus*, Faculté de foresterie et de géodésie, thèse présentée pour l'obtention du grade de maître es sciences.

**HOERL, A.E. et R.W. Kennard**, 1970. *Ridge Regression Biased Estimation for Non Orthogonal Problems Technometrics*, 12 (1), pages 56-57.

**HONER, T.G.**, 1965. *A New Total Cubic Foot Volume Function*, Department of Forestry, Canada, Vol. 41, n° 4.

**HONER, T.G. et I.S. ALEMAG**, 1972. *Equations for Estimating inside and outside Bark Diameters at Breast Height of Eleven Tree Species from Eastern and Central Canada*, Forest management institute information report, FMR-X-48.

**JOHNSTON, J.**, 1972. *Econometric Methods*, McGraw-Hill Book Company.

**MPSX**, 1979. IBM Mathematical programming system extended/370.

**NETER, J. et W. WASSERMAN**, 1974. *Applied Linear Statistical Models*, Richard D. Quin Inc.

**PARADIS, R. et M. LECLERC**, (1971. *Erreur relative de l'estimation du volume des tiges par la méthode de Smalian, mémoire de fin d'études*, Faculté de foresterie et de géodésie, Université Laval.

**RICHARD, Y.**, 1982. *Comparaison entre deux méthodes de préparation d'un tarif de cubage local à partir d'un tarif de cubage général*, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière.

**SPSS**, 1975. *Statistical Package for the Social Sciences*, McGraw-Hill Book Company.

**SPURR, S.H.**, 1952. *Forest Inventory*, Ronald Press Co., New-York.

**TREMBLAY, P.H.**, 1966. *Tarifs de cubage généraux*, ministère des Ressources naturelles, Direction des inventaires forestiers.

**UNG, Chhun-Huor**, 1978. *Régression pseudo-orthogonale appliquée à la foresterie*, Service canadien des forêts, Centre de recherches forestières des Laurentides, rapport d'information  
LAV-X-34.

