

**CUBAGE ET ESTIMATION**  
**DES BOIS**

PAR

**ARTHUR POSKIN**

**PROFESSEUR**

**A L'INSTITUT AGRICOLE DE L'ETAT**

**A GEMBLoux**



**1913**

# Cubage et

## Estimation des Bois.

L'estimation sert de base au trafic des produits forestiers. Pour estimer ceux-ci, autrement dit pour en apprécier la valeur, il est nécessaire d'en connaître le volume, c'est-à-dire de les cuber.

Le cubage est donc l'opération fondamentale de l'estimation. C'est grâce à lui qu'il est possible de suivre le développement des arbres et des peuplements et d'en déterminer la production. I  
II

## Chapitre 1. Dendrométrie.

La Dendrométrie ou Stéréométrie forestière est la science qui a pour but la détermination du volume des produits de la forêt.

S'il est facile de recueillir tous les éléments indispensables au cubage des arbres abattus, il n'en est pas de même quand les sujets sont encore sur pied. D'où l'obligation d'enseigner séparément le cubage des bois abattus et celui des bois sur pied.

### Article 1. Cubage des bois abattus.

Un arbre se compose de diverses parties (tronc, branches, écorce, racines), dont les procédés de cubage sont différents.

#### § 1. Cubage des grumes.

Une grume ou une pièce de bois en grume est un bois rond, encore revêtu de son écorce. C'est, en somme, le tronc ou la tige abattue, dépourvue de ses branches et recoupée à une certaine distance du sommet variable avec les débits. La pièce ainsi préparée, la grume, est généralement utilisée comme bois d'œuvre.

et les ornières. (Ch. Lévesque)  
17012007

# 1. Formules de cubage.

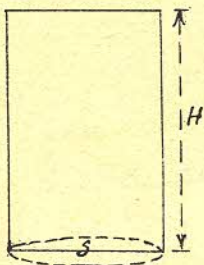
La grume présente toujours une forme plus ou moins irrégulière: Si on la fend longitudinalement par un trait passant au cœur, la courbure de la section n'est pas uniforme. Au pied, on constate une concavité due à la naissance des racines. Plus haut, jusqu'aux premières grosses branches, la ligne est relativement régulière, plutôt convexe. Elle devient capricieuse dans la cime.

La forme d'une grume ne peut donc recevoir de définition mathématique. Cependant, elle rappelle plus ou moins celle de solides géométriques. C'est pourquoi, pour cuber un tronç, il est nécessaire d'assimiler celui-ci, le plus exactement possible, à un de ces solides qui s'appelle alors type dendrométrique.

On rapporte les grumes à quatre types dendrométriques:

- 1- le cylindre;
- 2- le parabololoïde d'Appolonius et le tronç de parabololoïde;
- 3- le cône droit et le tronç de cône;
- 4- le néloïde et le tronç de néloïde.

En voici les formules de cubage qui nous intéressent:

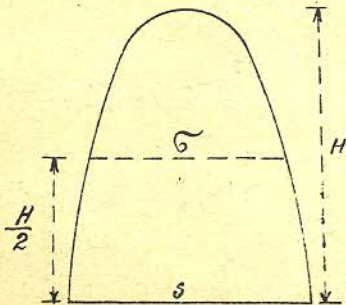


## 1. Cylindre.

$$V = \frac{\pi D^2}{4} H = 0,7854 \dots D^2 H. \quad 1)$$

$$V = \frac{C^2}{4\pi} H = 0,07958 \dots C^2 H. \quad 2)$$

$$V = S H. \quad 3)$$



## 2. Parabololoïde.

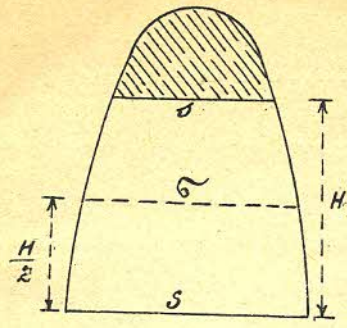
$$V = \frac{1}{2} S H \quad 1)$$

$\frac{1}{2}$  d'un cylindre de même base et de même hauteur.

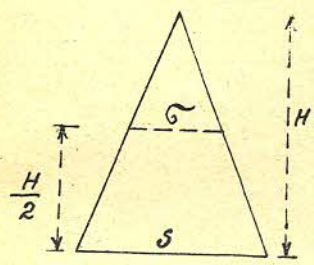
$$V = \sigma H. \quad 2)$$

## Tronç de parabololoïde.

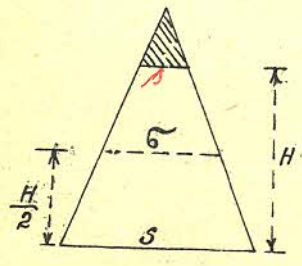
$$1) \quad V = H \left( \frac{S + \sigma}{2} \right) \left\{ \begin{array}{l} H \times \text{moyenne arithmétique des sections ex-} \\ \text{têmes.} \end{array} \right.$$



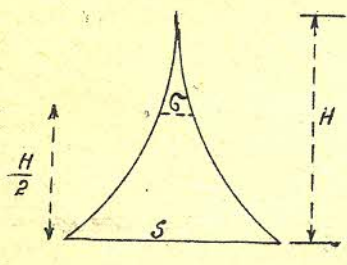
$V = \sigma H$  { H x section à mi-hauteur. }  
 $V = \frac{H}{6} (S + s + 4\sigma)$  Formule de Newton.



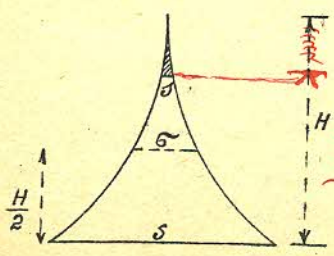
3. - Cône.  
 $V = \frac{H}{3} \cdot \frac{\pi D^2}{4} = \frac{H}{3} \cdot \frac{C^2}{4\pi} = \frac{1}{3} S H.$   
 $V = \frac{4}{3} \sigma H$  { En effet :  $D = 2d \sim D^2 = 4d^2 \sim$   
 $V = \frac{H}{3} \times \frac{4\pi d^2}{4} = \frac{4}{3} H \frac{\pi d^2}{4}.$  }  $V = \frac{4}{3} \sigma H$



Tronc de cône.  
 $V = \frac{\pi H}{12} (D^2 + d^2 + Dd)$   
 $V = \frac{\pi H}{3} (R^2 + r^2 + Rr)$   
 $V = \frac{H}{12\pi} (C^2 + c^2 + Cc)$   
 $V = \frac{H}{6} (S + s + 4\sigma)$  Formule de Newton.



4. - Néloïde.  
 $V = \frac{1}{4} S H$  { 1/4 d'un cylindre de même base et de même hauteur. }  
 $V = 2 \sigma H.$



Tronc de néloïde.  
 $V = \frac{H}{6} (S + s + 4\sigma).$   
 Formule de Newton.

Remarque : 1) Formule Newton est générale et s'applique à toutes les types de troncs.  
 2) - Cyl. et parabol. :  $\sigma H$   
 Cône =  $\frac{1}{3} \sigma H$   
 Néloïde =  $2 \sigma H$

II. - Instruments de mesurage.  
 Ses formules précédentes de cubage impliquent la connaissance

des longueurs ou hauteurs ainsi que des diamètres ou des circonférences qu'il s'agit de mesurer sur les grumes.

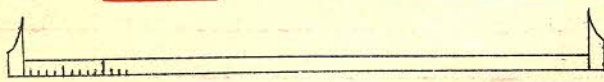
### 1<sup>o</sup>. - Mesure des longueurs. -

La longueur est déterminée à l'aide de rubans ou de règles.

Les rubans sont des bandes de longueur variable (1,50 m. à 10 m. et plus), graduées en mètres, centimètres et millimètres, en toile imperméable, en cuir ou en métal. Souvent ils s'enroulent autour d'un axe dans une sorte de boîte.

Ceux en toile ou en cuir sont sujets à des variations parfois importantes de dimensions quand ils sont mouillés. Un instrument qui donne toute satisfaction à cet égard, est celui dont l'intérieur est construit en fils de laiton et l'extérieur en toile. Les rubans métalliques sont des bandes ou des chaînettes en acier.

La règle est une latte en bois de 1 mètre de long, graduée en



centimètres et pourvue d'une pointe en acier aux deux extrémités. Elle est

préférable aux rubans quand les pièces sont courbes.

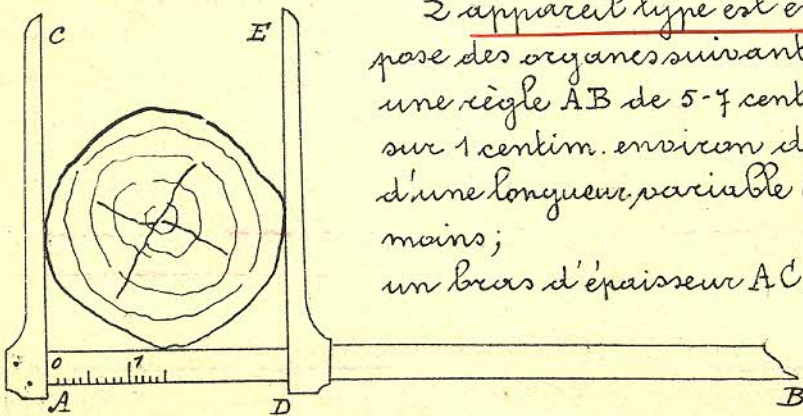
### 2<sup>o</sup>. - Mesure des diamètres. -

On mesure le diamètre au moyen du compas forestier.

Son appareil type est en bois. Il se compose des organes suivants:

une règle AB de 5-7 centim. de large sur 1 centim. environ d'épaisseur et d'une longueur variable (1 mètre plus ou moins);

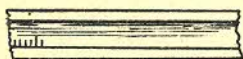
un bras d'épaisseur AC, dont la longueur est à



peu près la moitié de celle de

la règle, fixé à angle droit à une des extrémités de celle-ci; un second bras DE, analogue et parallèle au premier, mais présentant à sa base une mortaise lui permettant de glisser le long de la règle à laquelle il doit rester perpendiculaire.

La règle porte une graduation dont le zéro se trouve au point de sa réunion avec le bras fixe. Ses divisions sont au bien de 1 centim., avec indication éventuelle des millim., au bien de 2 centim., ou bien encore de 5 centim., suivant le degré d'exactitude poursuivi: Elles sont gravées ou imprimées dans une dépres-



sion afin qu'elles ne soient pas effacées par le frottement du bras mobile.

Pour se servir du compas, on écarte le bras mobile, puis on approche l'instrument du tronc à mesurer de façon à ce que celui-ci soit ensermé légèrement de 3 côtés, à la fois par la règle et les deux bras, le tout formant un plan perpendiculaire à l'axe de l'arbre. L'espace compris entre les deux bras donne la mesure du diamètre cherché. Il faut éviter, évidemment, de poser le compas sur un renflement de la tige.

L'emploi du compas forestier est simple et rapide. Mais, pour rendre l'opération correcte, il est indispensable que la règle reste droite, plane et à angle droit sur le bras fixe, que le bras mobile se meuve parallèlement à ce dernier ou perpendiculairement à la règle et que les différents organes de l'instrument (la règle et les deux bras) soient dans un même plan.

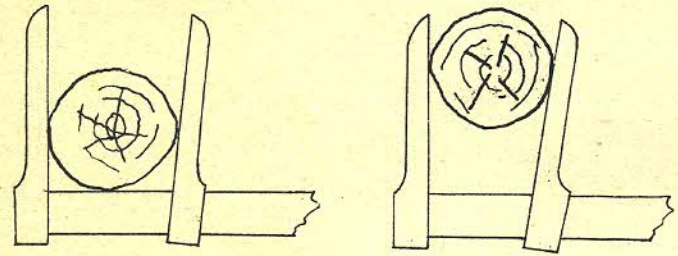
Afin de conserver à la règle une rectitude parfaite et d'assurer le jeu du bras mobile, le bois doit se prêter le moins possible au retrait, au gonflement, aux torsions, car le compas est exposé au-dehors à tous les temps, aussi bien à la chaleur qu'à la pluie. Aussi importe-t-il qu'il soit sec, d'excellente qualité, sans nœuds, à fibres bien droites et judicieusement choisi quant à l'essence.

La règle se fait de préférence en noyer, en fruitier (en poirier notamment), en buis, etc. ; les bras sont en érable, en hêtre, etc. --

Malgré cela, on constate encore assez fréquemment des déformations qui mettent le compas hors d'usage. C'est pour quoi certains constructeurs ont remplacé le bois par un métal léger, l'aluminium ou mieux le magnalium (100 parties d'aluminium et 10-15 parties de magnésium). Mais ces instruments coûtent très cher et il paraît préférable d'utiliser ceux

construits en bois convenable et de les remplacer en temps utile.

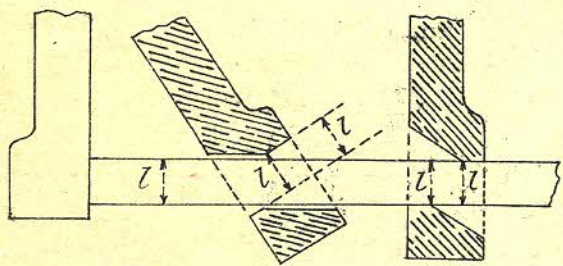
Une difficulté sérieuse présentée par le compas tel qu'il a été décrit, c'est de maintenir le parallélisme des deux bras. On est bien obligé de laisser un certain jeu à la mortaise creusée dans le talon du bras mobile pour faire face au gonflement éventuel de la règle sous l'action de l'humidité. Comme l'ouverture est encore augmentée par l'usage du bois due au frottement, le bras mobile subit des oscillations



qui compromettent l'exactitude du mesurage, surtout quand le compas n'est pas "enfoncé" suffisamment pour permettre à la règle

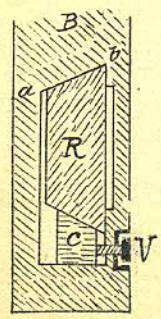
de prendre contact avec la tige.

divers dispositifs ont été imaginés pour remédier à cet inconvénient.



a) Le dessin ci-contre en montre un exemple ingénieux quoique simple. Il figure le compas du brigadier forestier français Sancet.

b) Voici un autre système excellent que l'on trouve dans beaucoup de compas à l'heure actuelle. Cette coupe faite dans le talon du bras mobile, en indique la disposition.



R, règle,  
B, bras mobile,  
C, coin métallique se mouvant sous l'action de la vis de réglage V manœuvrée à l'aide d'une clé. Il permet de serrer à volonté la règle R contre la paroi ab de la mortaise creusée à la base du bras mobile. Les désajustements de l'usage et

de la dilatation sont ainsi évités.

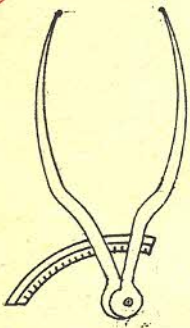
On construit d'autres compas dont les combinaisons, très

diverses, ont pour but de rendre négligeables les variations de la température et de l'humidité, d'assurer le parallélisme du bras mobile avec le bras fixe, de diminuer le poids et de faciliter la lecture ainsi que le maniement.

Nous ne les décrivons pas, les instruments les plus en usage appartenant aux types ci-dessus. Nous nous contenterons de signaler les suivants:

- 1) Le compas-canne dont les bras peuvent se replier sur la règle ayant la forme d'une canne, ce qui rend le transport plus commode.
- 2) Les compas enregistreurs qui permettent non seulement de déterminer les diamètres, mais aussi d'enregistrer les mesures sur une bande de papier. Complicqués, délicats, pesants et d'un prix très élevé, ils ne sont pas d'un emploi pratique, d'autant plus qu'ils rendent le contrôle impossible.

- 3) Le compas d'épaisseur est un instrument très ancien. C'est une sorte de pince dont un des bras porte un cercle gradué sur lequel on lit directement le diamètre. Il est lourd, difficile à manier et donne souvent des résultats trop faibles car il expose l'opérateur à prendre une corde au lieu d'un diamètre. Cependant pour les grumes, il présente certains avantages sur le compas ordinaire.



### 3° - Mesures des circonférences.

Celles-ci sont appréciées à l'aide du ruban. Parfois l'instrument est muni d'un crochet pointu servant à fixer une des extrémités à l'arbre, ce qui rend plus facile le mesurage d'une grande circonférence par une seule personne.

Il arrive que les marchands utilisent une ficelle bien tressée qu'ils font passer entre la grume et le sol au moyen d'une longue aiguille en fer et qu'ils reportent ensuite sur une règle graduée pour obtenir la circonférence en centimètres.



# 4°. - Comparaison entre la mesure du diamètre et celle de la circonférence. -

Les deux méthodes auraient la même valeur si les tiges étaient parfaitement circulaires, ce qui est plutôt rare, du moins chez les essences feuillues.



1) En prenant la circonférence d'un tronc méplat, on obtient un résultat trop fort parce que le cercle est la plus grande de toutes les surfaces de même périmètre. Cependant, l'erreur est tolérable.

2) Et puis, le ruban embrasse toutes les sinuosités de la périphérie, de même que les corps étrangers qui s'y trouvent parfois; la dimension peut donc être trop élevée. Il est d'un maniement moins facile et moins rapide que le compas, surtout pour de gros arbres, car il doit se trouver dans un plan perpendiculaire à l'axe de la tige. Enfin, l'œil s'habitue plus vite à la détermination du diamètre que de la circonférence.

3) D'autre part, si les sections étaient bien circulaires, la mesure de la circonférence serait la plus précise, puisque une erreur éventuelle serait divisée, dans le calcul de la surface du cercle, par un facteur environ 5 fois plus grand.

4) Ensuite, l'arbre abattu ne se prête généralement qu'au mesurage d'un seul diamètre, celui qui est parallèle au sol, et encore arrive-t-il souvent que les bras du compas s'opposent à ce que celui-ci soit enfoncé assez profondément. Or les troncs ont habituellement une section qui n'est pas rigoureusement circulaire. Sur les individus méplats, il importe donc de prendre les diamètres maximum et minimum, d'en faire la moyenne arithmétique et de considérer la section comme étant celle d'un cercle dont le diamètre serait égal à cette moyenne. En opérant ainsi, on commet une erreur tolérable dans le même sens mais un peu moins forte qu'avec l'utilisation du ruban. C'est la méthode la plus exacte pour les sujets méplats.

5) Il remarquer que le compas d'épaisseur permet d'obtenir plusieurs diamètres, même après l'abatage.

La conclusion qui se dégage de cette étude comparative est la suivante :

Il est souvent préférable de recourir à la circonférence quand les circonstances ne se prêtent qu'à la détermination d'un seul diamètre à un endroit qu'il n'est pas possible de choisir, comme c'est fréquemment le cas pour les arbres gisant sur le sol. Cette règle a cependant moins d'importance pour les essences résineuses dont la section se rapproche beaucoup de la forme circulaire.

Convient-il d'apporter une grande exactitude dans la mesure des grosseurs ? Oui, évidemment, si l'on s'agit de recherches scientifiques. Mais cela n'est pas nécessaire pour les besoins de la pratique, étant donné que les méthodes de cubage sont toujours plus ou moins approximatives. Il suffit généralement d'exprimer les diamètres en multiples de 5 centimètres pour cuber en bloc une grande quantité d'arbres et de graduer le

compas en centimètres ou en double centimètres quand on apprécie le volume d'une seule ou d'un petit nombre de tiges.

On peut se contenter de prendre la circonférence en décimètres ou de 5 en 5 centimètres dans les estimations en argent.

On gradue souvent le ruban en nombre pair de centimètres, ce qui donne toute satisfaction.

### III. - Cubage.

Avant d'aborder le cubage proprement dit, faisons trois remarques importantes.

1. - L'axe d'une tige n'est généralement pas rectiligne, mais ses rayons de courbure étant très grands, il devient sensiblement rectiligne si l'on n'opère que sur un tronçon de faible longueur.

L'exactitude d'un cubage est d'autant plus grande que la pièce est plus courte. Cela ressort mieux encore si l'on considère qu'une grume est toujours plus ou moins irrégulière; il est donc nécessaire de la diviser en billons suffisamment nombreux pour que chacun d'eux conserve une forme constante.

mesure  
diamètre

mesure  
longueur

2. - Un tronc ne correspond pas exactement à celui des types dendrométriques auquel on l'assimile. L'adoption d'une formule commune à tous ceux-ci, de la formule de Newton par exemple, permet de sercer la vérité de plus près.

3. - Le cubage peut poursuivre deux buts. Tantôt on recherche une précision aussi grande que possible, sans trop se préoccuper de la longueur des calculs; il en est ainsi dans les recherches d'intérêt plutôt scientifique. Tantôt on demande une certaine approximation seulement et des opérations rapides, comme c'est le cas dans la pratique forestière, notamment pour les estimations.

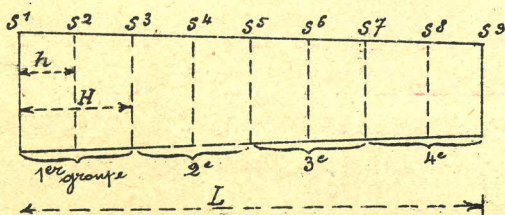
Les méthodes de cubage les plus utilisées sont les suivantes:

1<sup>o</sup>. - Cubage par la formule de Newton.

$$V = \frac{H}{6} (S + s + 4\sigma).$$

C'est une formule exacte, nous le savons, parce qu'elle s'adresse à tous les types dendrométriques. Si la grume tout entière était semblable à un de ceux-ci, son application ne rencontrerait pas de difficulté. Or les différentes parties d'un tronc n'affectent pas la même forme géométrique et ce n'est pas chose aisée que de déterminer le point où l'une finit et l'autre commence, pour les cuber séparément. Il est donc préférable de décomposer la pièce en tronçons de faible longueur. Mais alors la formule de Newton donne lieu à de longs calculs. C'est pourquoi elle est employée d'une manière quelque peu simplifiée qui constitue la méthode suivante.

2<sup>o</sup>. - Cubage par la formule de Simpson.



Soit à cuber une grume de longueur  $L$ .

On la divise par des lignes idéales, en un nombre pair de tronçons d'égale longueur  $h$ , soit 8 dans l'ex-

emple ci-contre. Ses surfaces des différentes sections sont  $S^1, S^2, S^3, \dots, S^9$

Chaque groupe de deux tronçons consécutifs est subé par la formule de Newton. On obtient:

Pour le 1<sup>er</sup> groupe :  $V^1 = \frac{1}{3}h (s^1 + 4s^2 + s^3)$ ;  $\left\{ \frac{h}{3} = \frac{2h}{6} = \frac{H}{6} \right.$

" " 2<sup>e</sup> " :  $V^2 = \frac{1}{3}h (s^3 + 4s^4 + s^5)$ ;

" " 3<sup>e</sup> " :  $V^3 = \frac{1}{3}h (s^5 + 4s^6 + s^7)$ ;

" " 4<sup>e</sup> " :  $V^4 = \frac{1}{3}h (s^7 + 4s^8 + s^9)$ .

Pour le volume total :  $V = \frac{1}{3}h [(s^1 + s^9) + 4(s^2 + s^4 + s^6 + s^8) + 2(s^3 + s^5 + s^7)]$

C'est la formule de Simpson qui s'énonce comme suit :

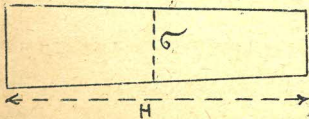
On multiplie le  $\frac{1}{3}$  de la longueur d'un tronçon par la somme de 1 fois la surface des sections extrêmes, plus 4 fois la somme des surfaces des sections de rang pair, plus deux fois la somme des sections de rang impair.

Cette formule est la plus exacte. Elle convient à tous les types de dendrométries puisqu'elle dérive de celle de Newton. Elle convient, non seulement pour les besoins de la pratique, mais aussi pour toutes les recherches scientifiques. Seulement, elle est d'une application assez longue, assez laborieuse et ne peut être simplifiée par l'emploi de tables, sauf pour le calcul de la surface des sections.

### 3<sup>e</sup> - Cubage par la section médiane.

1. -  $V = \sigma H.$

C'est le système généralement en usage dans la pratique forestière et le commerce des bois.

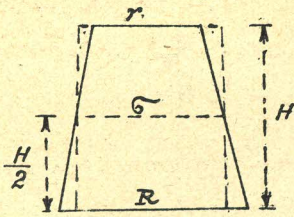


Il est suffisant étant donnée l'approximation que l'on demande aux estimations, quand les grumes ont une forme parabolique, ce qui est le cas le plus

fréquent au moins chez les arbres âgés et cûts en massif, à condition que la longueur des pièces ne soit pas trop grande. Mais si les troncs n'ont pas une forme parabolique, on connait

une erreur qui mérite d'être appréciée.

a/- Soit grume a, par exemple, une forme tronç-conique.



Le volume réel du tronç de cône =

$$\frac{\pi H}{3} (R^2 + r^2 + Rr).$$

Si ce tronç de cône est cubé à l'aide de la section médiane, moyenne de ses sections extrêmes, c'est-à-dire si on le considère comme un cylindre, l'erreur est égale à :

$$\begin{aligned} & \frac{\pi H}{3} (R^2 + r^2 + Rr) - \pi H \left(\frac{R+r}{2}\right)^2 = \\ & \frac{\pi H}{3} (R^2 + r^2 + Rr) - \frac{\pi H}{4} (R^2 + r^2 + 2Rr) = \\ & \frac{\pi H}{12} (4R^2 + 4r^2 + 4Rr - 3R^2 - 3r^2 - 6Rr) = \\ & \frac{\pi H}{12} (R^2 + r^2 - 2Rr) = \frac{\pi H}{12} (R-r)^2. \end{aligned}$$

Cette erreur équivaut donc au  $\frac{1}{12}$  du volume d'un cylindre qui a pour hauteur celle du tronç de cône et pour rayon la différence entre les rayons des sections extrêmes. Elle est proportionnelle à la longueur de même qu'au carré de la différence des rayons des sections extrêmes.

Le volume trouvé par la formule  $\sigma H$  est par conséquent trop faible.

b/- La méthode de la section médiane appliquée à une grume de forme néloïdique donne des résultats trop peu élevés aussi et l'écart est d'environ 50% plus fort que pour le tronç de cône.

Appréciations maintenant au point de vue pratique la valeur de ce mode de cubage par la section moyenne et la hauteur. Le volume que fournit ce système par comparaison avec celui d'un cubage exact varie avec la forme des arbres, forme résultant en grande partie des conditions qui ont présidé à la croissance.

Quand il s'agit d'essences d'ombre (épicéa, sapin, hêtre) ayant été en massif moyennement sec, la différence est, par

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Volume} = \frac{1}{7} \text{ m}^3 \\ \text{Volume métrique} = \frac{1}{10} \text{ m}^3 \end{array} \right.$$

conséquent, l'erreur est peu importante et négligeable pour les opérations de la pratique. C'est ce que font ressortir les mesurages exécutés par la station de recherches forestières suisse dont les conclusions sont consignées dans le tableau suivant:

Différences, exprimées en pour cent du volume réel, obtenues en cubant les tiges, par la section médiane et la hauteur.

Essences	Quand le diamètre au petit bout est de :		
	7 centimètres.	24 centimètres	30 centimètres
	Erreur %	Erreur %	Erreur %
Épicéa	+ 1,4	- 2,4	- 3,6
Sapin	+ 1,6	- 0,6	- 2,3
Hêtre	+ 2,3	"	- 1,6

Ces chiffres s'expliquent avec facilité. La tige des arbres âgés ayant végété en massif a, à partir du pied, une forme à peu près cylindrique sur  $\frac{1}{5}$  environ de la longueur, parabolique sur les  $\frac{2}{5}$  suivants c'est-à-dire jusqu'aux premières branches, néloïdique sur les deux derniers cinquièmes, qui sont insérés dans la cime. En cubant presque toute la tige (7 centim. au petit bout), le volume comprend une grande partie de la flèche dont la forme est néloïdique; il est par conséquent trop élevé, la section médiane étant trop forte. Si l'on n'évalue que le fût ou une partie de celui-ci (24 ou 30 centim. au petit bout), la région néloïdique est éliminée et le cube devient trop faible à cause de la forme cylindrique de la partie inférieure. Cependant cette erreur négative, qui augmente d'abord, passe par un maximum, puis diminue avec la réduction de la longueur, finit par être nulle et même positive quand la section médiane se trouve reportée relativement bas c'est-à-dire dans la partie cylindrique du fût, etc...

Si les arbres ont été produits en massif clair ou à l'état isolé, leur forme se rapproche du cône et même du néloïde. L'erreur peut alors être appréciable et au détriment du vendeur.

Sur les objets de forme brusquement irrégulière, comme le sont souvent ceux des taillis sous futaie, il arrive que l'on obtienne des résultats non seulement exagérés, mais même absurdes, la section médiane étant anormale.

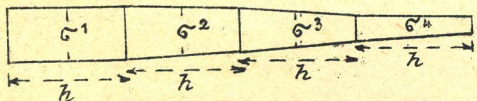


Une augmentation de la longueur provoque parfois une diminution du volume ainsi que le montre le schéma ci-dessus. Dans ce cas, il faut opérer sur des tronçons de faible longueur présentant chacun une forme relativement régulière.

Le cubage par la section médiane et la longueur est le plus simple et le plus rapide. S'il est généralement suffisant pour les besoins de la pratique, encore faut-il ne l'employer qu'avec discernement et connaître les erreurs auxquelles il peut donner lieu.

2. - L'exactitude est plus grande quand on procède au bon-  
connement de la grume.

On partage celle-ci par des lignes idéales, en un nombre de tronçons variable avec le degré de précision que l'on veut atteindre et la régularité de la pièce. Les billons sont cubés séparément par la formule



la pièce. Les billons sont cubés séparément par la formule  $\sigma H$ , c'est-à-dire en multi-

pliant la section du milieu par la longueur.

Quand ils sont d'égale longueur, comme dans l'exemple ci-dessus, la formule devient :

$$V = h (\sigma^1 + \sigma^2 + \sigma^3 + \dots)$$

Cette méthode est exacte si les tronçons ont la forme d'un cylindre, d'un paraboloïde ou d'un tronc de paraboloïde et à peu près exacte s'ils se rapprochent de ces solides, ce qui se produit le plus souvent, puisque l'on opère sur de faibles longueurs. Elle est plus commode et plus rapide que le procédé de Simpson, d'autant plus qu'il est possible de la simplifier par l'emploi de tables.

Elle est fréquemment employée dans les estimations et même pour les recherches scientifiques.

#### 4°.- Cubage à l'aide de barèmes ou tarifs.

Ceux-ci sont nombreux. Ils donnent généralement le volume en fonction de la longueur et du diamètre ou de la circonférence au milieu, c'est-à-dire par la formule  $V = \sigma H$ . La grume est donc considérée comme un cylindre dont la section est celle qui est mesurée à mi-longueur. Ses éléments du tarif sont groupés en tableaux.

On trouvera en appendice un modèle de tarif.

#### 5°.- Procédés de cubage approximatif.

On peut utiliser l'une des méthodes suivantes pour obtenir rapidement le volume approximatif d'une grume quand on n'a pas de barème à sa disposition.

1/ -  $V = D^2 H \times 0,8$ .  $\left\{ \begin{array}{l} D = \text{diam. mesuré au milieu de la longueur.} \\ H = \text{longueur.} \end{array} \right.$

En effet:  $V = \frac{\pi}{4} D^2 H = 0,7854 D^2 H = D^2 H \times 0,8$  en remplaçant 0,7854 par 0,8 ce qui rend le volume trop élevé.

2/ -  $V = C^2 H \times 0,08$   $\left\{ \begin{array}{l} C = \text{circ. mesurée au milieu de la longueur.} \\ H = \text{longueur.} \end{array} \right.$

En effet:  $V = \frac{C^2}{4\pi} H = 0,07958 C^2 H = C^2 H \times 0,08$  en remplaçant 0,07958 par 0,08; le cube est alors un peu trop fort.

3/ - Doubler la circonférence médiane. En prendre les  $\frac{1}{10}$ .  $\left( \frac{2 \times C}{10} \right)^2 \times H$   
Élever ce  $\frac{1}{10}$  au carré et multiplier celui-ci par la longueur.  
Le produit est la moitié (0,5025) du volume cherché. L'expli-  
cation de ce procédé sera donnée plus loin. (Voir cubage au  
 $\frac{1}{2}$  déduit).

Soit une grume de 10 m. de long et de 0,42 m. de diamètre ou 1,32 m. de circonférence au milieu de la longueur.

Le volume réel = 1,385 m<sup>3</sup>.

Par la 1<sup>re</sup> formule on obtient:  $V = 0,42 \times 0,42 \times 10 \times 0,8 = 1,411 \text{ m}^3$ .

" " 2<sup>e</sup> " " :  $V = 1,32 \times 1,32 \times 10 \times 0,08 = 1,394 \text{ m}^3$ .

" " 3<sup>e</sup> " " :  $V = \frac{1,32 \times 2}{10} \times \frac{1,32 \times 2}{10} \times 10 \times 2 = 1,394 \text{ m}^3$ .



### 6° - Cubages réduits du commerce.

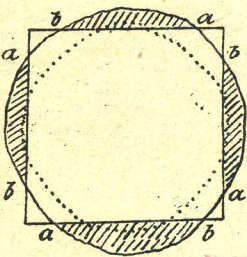
Autrefois, on équarriissait souvent les grumes, d'une manière sommaire, sur le porterce même de la coupe, afin de laisser les déchets sur place, de faciliter la dessiccation et de rendre ainsi le transport plus facile et moins onéreux. C'est pourquoi il entrait dans les habitudes de déterminer le volume non pas du tronc mais de la pièce équarrie susceptible d'être donnée par celui-ci.

L'emploi de ces cubages réduits diminue de plus en plus, car on a coutume maintenant de vidanger de la forêt l'arbre en grume et de le cuber comme tel.

Ses principaux systèmes de cubage réduit sont les suivants:

- 1- Cubage au quart sans déduction;
- 2- " " cinquième déduit;
- 3- " " sixième déduit.

1. - Cubage au quart sans déduction. - Il est employé pour des pièces à équarrie grossièrement à la partie inférieure, le petit bout restant rond. Sa partie médiane présente encore aux angles des surfaces couvertes d'écorce appelées "faches". (Voir figure ci-contre: hachures = bois enlevé par l'équarissage;  $ab =$  faches; le pointillé délimite le duramen).  
 On estime que le volume de cet équarissage est égal à celui d'une pièce de section carrée dont un côté équivaut au quart de la circonférence au milieu et qui a comme longueur celle de la grume.



$$V = \frac{c}{4} \times \frac{c}{4} \times H = \frac{c^2}{16} H$$

On prend le  $\frac{1}{4}$  de la circonférence médiane, on lève ce quart au carré et le produit est multiplié par la longueur.

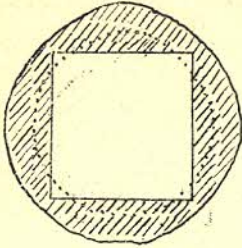
Le volume au quart sans déduction équivaut à 0,7854 (un peu moins des  $\frac{1}{2}$ ) du volume en grume.

2° - Cubage au cinquième déduit. - Il est appliqué quand les troncs doivent fournir des pièces bien équarries sur toute leur longueur, purgées d'aubier et à vive arête. Ses chênes et autres feuillus à écorce et aubier épais, sont souvent

cube's de cette façon.

On considère que la section carrée a comme côté le quart de la circonférence diminuée d'un cinquième, soit :

$$\frac{1}{4} \left( C - \frac{1}{5} C \right) = \frac{1}{4} \times \frac{4}{5} C = \frac{C}{5}$$



Le volume =

$$\frac{C}{5} \times \frac{C}{5} \times H = \frac{C^2}{25} H$$

Le volume au cinquième déduit est obtenu en multipliant le cinquième de la circonférence médiane par lui-même et ce produit par la longueur. Il est égal à 0,5026 (approximativement la moitié) du volume en grume. Celui-ci peut donc être trouvé en doublant le volume au cinquième.

3°. - Cubage au sixième déduit. - Il est utilisé pour des pièces à squarrir convenablement sur toute leur longueur, à vive arête, sans Aubier distinct.

On procède souvent de cette façon pour le hêtre, le charme, etc...

On l'obtient de la même manière que précédemment mais en retranchant de la circonférence médiane le  $\frac{1}{6}$  de celle-ci. Le côté devient :

$$\frac{1}{4} \left( C - \frac{C}{6} \right) = \frac{1}{4} \left( \frac{5C}{6} \right) = \frac{5C}{24}$$

$$V = \frac{5C}{24} \times \frac{5C}{24} \times H = \left( \frac{5}{24} \right)^2 C^2 H$$

Le volume au sixième déduit égale 0,554 du volume en grume.

Le cubage au  $\frac{1}{3}$  . . . .  $\frac{1}{n}$  déduit serait déterminé par un procédé analogue.

Il existe des tarifs qui donnent directement le volume au quart sans déduction, au cinquième déduit, etc..., en fonction des circonférences ou des diamètres au milieu et des longueurs.

Les facteurs figurant dans le tableau suivant, permettent de passer de l'un de ces volumes aux autres. ( Voir tableau page 18).

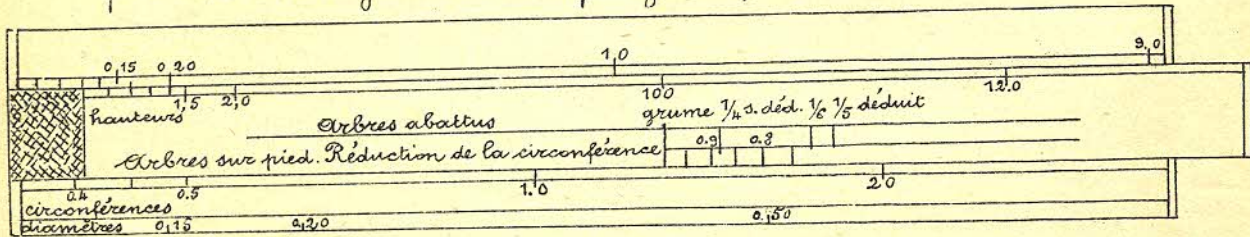
Connaissant, par exemple, le volume en grume, il suffit de multiplier celui-ci par 0,7854 pour avoir le volume au quart. Ou bien, si on possède le volume au quart, il faut le

Modes de cubage.	en grume	au quart sans déduction.	au cinquième déduit	au sixième déduit
En grume.	1,0000	0,7854	0,5026	0,5454
au quart sans déduction.	1,2732	1,0000	0,6400	0,6944
au cinquième déduit.	1,9894	1,5625	1,0000	1,0851
au sixième déduit.	1,8835	1,4400	0,9216	1,0000

multiplier par 0,64 pour trouver le volume au cinquième.

### 2<sup>e</sup> Règle à cubage de M. de Mont- Richard.

Comme la règle à calcul, cette règle se compose d'une partie fixe et d'une règlette mobile qui glisse parallèlement à celle-ci.



Elle porte les quatre échelles suivantes: diamètres, circonférences, hauteurs et cubes. En outre, la règlette est pourvue de repères pour les arbres abattus et pour les arbres sur pied, repères qui servent à fixer la position de la règlette.

Pour cuber un arbre abattu, on mesure la hauteur et la circonférence ou le diamètre au milieu. On pose la règlette mobile jusqu'à ce que le trait de celle-ci portant l'indication grume coïncide avec la division de l'échelle qui exprime la circonférence ou le diamètre. On cherche sur l'échelle des hauteurs le chiffre représentant la hauteur de l'arbre et on lit le volume immédiatement au-dessus sur l'échelle des cubes.

La manière d'opérer est la même pour le cubage au 1/4 sans déduction, au 1/5 déduit, etc., sauf que l'on fait correspondre les traits de repère à la division de la circonférence ou du diamètre.

On se sert également de la règle pour déterminer le volume des arbres sur pied, ainsi que nous le verrons plus loin. Ce procédé est simple et rapide.

## §2. - Cubage des bois de branches, souches et racines ainsi que des écorces.

Ces bois ayant une forme irrégulière, leur volume ne peut être calculé par les formules de cubage des grumes.

Les branches, souches et racines sont utilisées comme petits bois d'œuvre et comme bois de chauffage.

### I. - Volume des bois de chauffage et petits bois d'œuvre.

Le matériel est généralement débité et vendu en tas de dimensions déterminées et dont le volume ne correspond pas à celui de la masse ligneuse, les différentes pièces laissant des vides entre elles.

Il arrive cependant que l'on doit connaître le volume réel du bois dans les recherches scientifiques. On recourt alors à des procédés physiques de cubage qui s'adressent à des produits de n'importe quelle forme, mais réclament souvent des manipulations plus compliquées que les méthodes applicables aux grumes.

#### 1<sup>o</sup> - Procédés physiques de cubage.

Ils se divisent en deux catégories : 1<sup>o</sup> - les procédés par immersion; 2<sup>o</sup> - les procédés par pesées.

1. - Procédés par immersion. - Ils donnent directement le volume. Ils reposent sur le principe suivant :

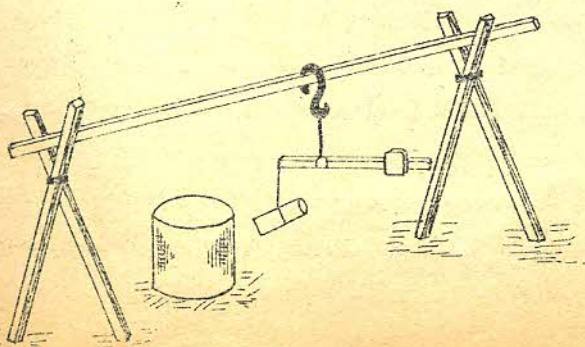
Un corps plongé dans l'eau perd une partie de son poids dans l'air égale au poids du volume de liquide déplacé.

a. Soit un bois à cuber. On le pèse dans l'air et son poids est P. Après l'avoir mis sous l'eau, on le pèse de nouveau; le

poids est p, plus petit que le premier.

$P - p =$  perte en poids du corps immergé = poids du volume d'eau V. déplacé, volume qui est égal à celui du corps immergé.

Les volumes d'une même



substance étant entre eux comme leurs poids, il vient, en considérant  $\rho$  comme le poids de un mètre cube d'eau :

$$\frac{V \left\{ \begin{array}{l} \text{eau} \\ \text{Bois} \end{array} \right.}{P - p_{\text{Bois}}} = \frac{1 \text{ m. c. d'eau}}{\rho}$$

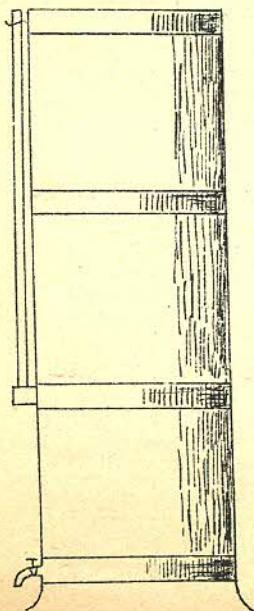
$$V = \frac{P - p}{\rho}$$

Mais les bois sont généralement moins denses que l'eau. Pour les faire plonger, il est nécessaire de leur adjoindre une masse très dense, une pièce métallique, par exemple, dont on a déterminé les poids dans l'air  $P^m$  et dans l'eau  $p^m$ .

Si le bois et le morceau de métal réunis ont un poids dans l'air  $P^r$  et dans l'eau  $p^r$ , en remplaçant dans la formule précédente, on obtient comme volume du bois :

$$V = \frac{P^r - p^r}{\rho} - \frac{P^m - p^m}{\rho}$$

Exemple. - Un bois pèse dans l'air 1,420 kg. ( $P$ ). Pour l'immerger, on lui ajoute une lame de plomb pesant dans l'air 2 kg. ( $P^m$ ) et dans l'eau 1,730 kg. ( $p^m$ ). Ces deux matières réunies ont un poids dans l'air de 3,420 kg. ( $P^r$ ) et dans l'eau de 1,580 kg. ( $p^r$ ). Le volume du bois =  $V = \frac{3,420 - 1,580}{1000} - \frac{2 - 1,730}{1000} = \frac{2,040 - 0,270}{1000} = 0,00177 \text{ m}^3$ .



b. - Le cubage par immersion devient d'un emploi pratique quand on fait usage d'un oxylomètre qui permet d'apprécier directement le volume du liquide déplacé et, par conséquent, de la substance en expérience.

On construit des oxylomètres de différents genres et notamment le type suivant :

C'est un cylindre en métal, de dimensions variables, renforcé par des cercles de fer. Il possède en bas un robinet de vidange. Il présente à l'extérieur, tout à fait parallèle à son axe, un niveau d'eau analogue à celui des chaudières à vapeur. Cet organe est constitué par

un tube mobile en verre dont l'extrémité inférieure se visse à volonté sur un ajustage en cuivre pourvu d'une clé et le bout supérieur s'engage dans un anneau.

L'instrument porte une graduation inscrite sur le tube même ou sur une échelle métallique interposée entre le tube et le cylindre. Les divisions en sont telles qu'une unité correspond à un volume de 1 ou de  $\frac{1}{2}$  décimètre cube pour la masse immergée.

Il est possible, éventuellement, d'établir soi-même la graduation. Pour cela, on verse, par exemple, 10 litres d'eau dans le cylindre. Le niveau du liquide est le même, en vertu du principe des vases communicants, dans le récipient et dans le tube. Il est marqué par un trait sur celui-ci. On continue de la sorte pour déterminer d'autres divisions dont les intervalles sont partagés en 10 ou 20 parties égales.

Des pieds surélevent l'appareil et lui donnent une position verticale qui n'est, d'ailleurs, pas indispensable à la précision du travail; il suffit que le tube soit parallèle à l'axe de l'instrument.

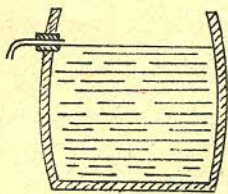
Pour procéder au cubage, on introduit de l'eau dans le cylindre; on note son point d'affleurement à l'aide d'un repère glissant le long de l'échelle graduée. Le bois est ensuite immergé. Il fait élever la surface du liquide d'une quantité égale au volume d'eau déplacé ou à son propre volume qui est indiqué directement en décimètres cubes par la différence entre les deux niveaux.

Si, pour provoquer l'immersion du bois, il est nécessaire de se servir d'un poids métallique, d'un grillage par exemple, on calcule préalablement le volume de ce dernier pour le retrancher.

Il est à conseiller de cuber en une seule fois un aussi grand nombre que possible d'échantillons afin de diminuer l'importance relative des erreurs de mesurage. Il faut avoir soin de débarrasser le corps des matières étrangères et de n'opérer que sur des organes frais, le bois sec s'imprégnant d'eau même dans une opération rapide.

Le xylomètre donne des résultats plus exacts que les procédés par pesées, mais son emploi, simple et rapide pour un faible matériel ligneux, devient très lent quand la masse est considérable. En outre, tel qu'il a été décrit, il coûte assez cher et il est encombrant.

On peut d'ailleurs apprécier soi-même un appareil commode et d'un très bon usage. On se sert d'un récipient cylindrique, d'un tonneau, par exemple, ouvert en haut.



la paroi est percée d'un trou dans lequel on introduit un ajutage (siège et tube de verre soudés).

L'appareil est rempli d'eau jusqu'à écoulement de celle-ci.

On immerge le corps à cuber en recueillant le liquide déplacé dont on détermine le volume au plus facilement encore le poids; dans ce dernier cas, 1 kilogramme représente idéalement 1 décimètre cube.

Un semblable récipient, que l'on trouve dans n'importe quelle maison forestière, est susceptible de rendre de grands services en forêt.

## 2. - Procédés par pesées.

On utilise la balance romaine, le peson à ressort, instruments d'une manipulation et d'un transport faciles.

La pesée ne donne pas directement le volume d'un corps. La densité de celui-ci doit être préalablement connue. On la recherche dans des tables spéciales ou bien on la détermine, à l'aide du xylomètre, sur quelques échantillons que l'on pèse avant de les immerger.

Si leur poids en kilog. est  $p$  et leur volume en décim. cubes  $v$ , la densité est représentée par :

$$d = \frac{p}{v}$$

D'où :

$$v = \frac{p}{d}$$

On pèse alors en bloc le bois à cuber, ce qui ne demande pas beaucoup de temps, même pour des quantités considérables.

Soit  $P$  le poids trouvé.

Les volumes d'un même corps étant entre eux comme leurs poids, il vient pour le volume  $V$  du bois :

$$\frac{p}{v} = \frac{P}{V} \sim V = \frac{Pv}{p} \quad \text{ou} \quad d = \frac{P}{V} \sim \boxed{V = \frac{P}{d}}$$

Ces formules ont la même valeur. Si dans la dernière on remplace  $d$  par le rapport  $\frac{p}{v}$ , on obtient :

$$V = \frac{P}{\frac{p}{v}} = \frac{Pv}{p}$$

Des expériences faites à la station de recherches de Nancy ont montré que le bois de la plupart des essences, fraîchement abattu, a une densité voisine de l'unité. Si une grande précision n'est pas nécessaire, la pesée de la masse ligneuse, immédiatement après l'abatage, donne directement le poids en kg. et approximativement le volume correspondant en décim. cubes.

Les stations de recherches forestières allemandes attribuent les densités suivantes aux bois verts (publication de M. von Baur):

Essences	Densités à l'état vert (immédiatement après l'abatage).			
	Bois de quartier		Bordier	Ramiers (pequets et menu bois)
	Bois parfait	cubier		
Épicéa exploité en hiver.	0.892	0.717	0.881	0.926
" " " été.	0.703	0.469	0.812	0.798
Sapin " " hiver.	"	"	0.937	"
Pin sylvestre " " "	0.950	0.690	0.957	0.869
" Heymouth " " "	"	"	0.927	"
Mélèze. " " "	"	"	0.929	"
Hêtre. " " "	0.970	0.878	0.955	0.930
Chêne pédonculé jeune " " "	0.998	1.144	1.022	"
Charme exploité en hiver	"	"	1.019	1.045
Frêne commun " " "	0.854	"	"	"
Érable sycomore " " "	1.051	0.933	"	"
Bouleau " " "	0.978	"	"	0.986
Tremble " " "	0.853	0.780	0.853	0.923
aune glutineux " " "	0.922	0.779	0.778	0.942

(1) Tableau emprunté à l'"Economie forestière", tome II, de M. Hubel.

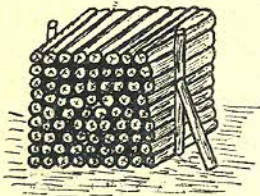


Le cubage par pesées est plus rapide mais moins précis que celui par immersion, car les bois ont un poids assez variable suivant la station dans laquelle ils ont crû, leur âge, la rapidité de leur croissance, etc...

## 2<sup>o</sup> - Volume des bois empilés et des fagots

Généralement la germe seule est estimée en mètres cubes. Les bois de chauffage et les petits bois d'industrie sont évalués en tas empilés ou en fagots.

La corde est le nom donné à un amas de bois empilés horizontalement, amas qui est délimité de deux côtés par des pieux. En terrain horizontal, elle a la forme d'un cube ou d'un parallépipède rectangle. Ses dimensions sont variables suivant les régions.



Son unité de mesure est le stère, solide ayant 1 m. de long, de large et de haut.

Une corde de bois de chauffage peut renfermer : des bûches, ou bois ronds d'un diamètre assez grand ; des bois de quartier, c'est-à-dire des bûches fendues (les bûches sont habituellement fendues avant d'être empilées) ; des rondins, ou bois ronds d'un faible diamètre (10 centim. au maximum) ; du bois de souches.

Les petits bois d'industrie sont mis en tas de la même façon que les bois de chauffage.

Les fagots sont des faisceaux de ramilles, de rondins ou de quartiers qui sont liés par une ou deux harts.

1. - Volume réel des bois empilés. - Facteurs d'empilage. - Le volume d'une masse de bois empilés, de un stère par exemple, n'est qu'apparent, car il comprend, outre le volume réel de la matière ligneuse, des vides plus ou moins importants.

Le volume réel dépend d'un certain nombre de circonstances :

a. - Longueur et forme des bois. Plus les bois sont longs et plus le volume réel est faible. En effet, les arbres que l'on empile présentent souvent des courbures, des irrégularités qui déterminent les vides. Les fêches de courbures et, par conséquent,

Les interstices augmentent avec la longueur des pièces. C'est ainsi que deux stères de bûches, l'un de 1,50 m, l'autre de 0,50 m, ont des volumes réels dont l'écart s'élève jusque 12 %.

L'influence de la longueur se fait sentir plus sur les rondins que sur les bois de quartier.

b. - Grosceur des bois. Plus ceux-ci sont gros et plus le volume réel est grand. Si dans deux stères de bois de quartier, l'un conforme 2 ou 4 fois plus de bûches que l'autre, la différence des volumes peut atteindre respectivement 13 et 25 %. En fendrant 10 stères de bûches, on peut en retirer 11 et 12 stères de bois de quartier.

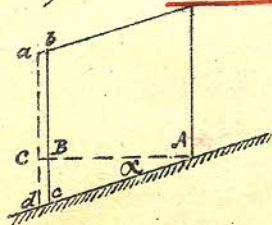
Quoique théoriquement une corde de rondins doit avoir le même volume, quel que soit le diamètre des pièces, pratiquement le volume réel d'un stère de gros bois ronds est plus considérable que celui de petits rondins.

c. - Soins apportés à l'empilage. - Il convient que la hauteur des cordes ne dépasse pas 1,50 m, sinon il devient impossible à l'ouvrier de servir convenablement les tas.

Le volume réel augmente quand la face plane des quartiers demi-ronds est disposée vers l'extérieur, si les bois sont débarrassés des chicots, en plaçant les pièces courbes au-dessus du tas. Il est évident que les soins apportés par le bucheon à l'arrangement de la masse, influe beaucoup sur le volume réel.

d. - Moment de l'empilage. - Les bois éprouvent un retrait et une réduction de volume par la dessiccation quand ils sont empilés à l'état frais et ils se tassent avec le temps, de sorte que la hauteur d'une corde peut subir une diminution de 4 à 5 % qu'il faut combler par l'apport de nouvelles pièces. On évite cet inconvénient en forçant quelque peu la hauteur du tas au moment de l'empilage.

e. - Dimensions données au stère sur les versants. - Le stère



a la forme d'un parallélogramme sur les versants. Il faut alors mesurer la longueur de couche suivant l'horizontale et non pas suivant la pente, sinon le volume est trop petit.

Saient:  $AC$  la longueur de couche suivant la pente = 1m.

$AC$  " " " " " l'horizontale = 1m.

Le volume est trop faible de la quantité  $a b c d$  dans le 1<sup>er</sup> cas.

Volume de  $a b c d = 1m. \times 1m. \times BC$ .

$$V \quad " \quad " \quad = 1 \times 1 \times (AC - AB) = AC - AB.$$

$$V \quad " \quad " \quad = 1 - 1 \cos d = 1 - \cos d.$$

Comme la valeur de  $\cos d$  diminue avec l'angle d'inclinaison, la différence de volume et l'excès augmentent avec la pente.

Il est évident que l'essence, la station, la nature des produits (les tiges sont plus régulières que les branches et les racines), etc. - , influent aussi sur le volume réel, parce que, toutes conditions égales d'ailleurs, le retrait éprouvé par la dessiccation, de même que la forme et la grosseur des bois dépendent de ces éléments.

On appelle facteur d'empilage le nombre plus grand que l'unité par lequel on multiplie le volume réel en mètres cubes pour obtenir le volume empilé en stères.

$$f = \frac{\text{volume empilé (stères)}}{\text{volume réel (m}^3\text{)}}.$$

Le facteur inverse d'empilage ou coefficient d'empilage est le chiffre plus petit que l'unité par lequel on multiplie le volume empilé en stères pour obtenir le volume réel en mètres cubes.

$$f' = \frac{\text{volume réel (m}^3\text{)}}{\text{volume empilé (stères)}}.$$

Ces facteurs peuvent être déterminés avec exactitude pour les différentes marchandises d'une région donnée en recherchant le volume plein d'un stère par l'une des méthodes envisagées plus haut.

On les trouve aussi dans des tables; mais il faut éviter de prendre les indications de celles-ci à la lettre et savoir les corriger par l'appréciation pratique.

Voici, à cet égard, quelques chiffres, résultats de nombreuses expériences:

Essences et produits.	Volume réel du bois de un stère au facteur pour passer du stère au m <sup>3</sup> .	Nombre de stères au m <sup>3</sup> au facteur d'empilage.
Sapin, épicéa, bonne fente, écorce unie (tige)	m <sup>3</sup> 0,76	1,31
" , " , fente difficile écorce raboteuse.	0,62	1,61
Hêtre, écorce très unie, très bonne fente.	0,77	1,29
" , " raboteuse, fente assez difficile.	0,65	1,54
" , rondin, écorce assez unie.	0,60	1,65
" , " de cime, branches courbes.	0,58	1,72
Chêne, écorce unie, fente facile.	0,68	1,45
" , " raboteuse, fente assez difficile.	0,61	1,64
" , cimeaux assez droits.	0,55	1,82
" , branches courbes.	0,46	2,17

D'après l'agenda du Forestier.

Pour les bois de souches, le volume plein de 1 stère est environ de 0,45 m.c. à 0,50 m.c. et le facteur d'empilage, de 2 à 2,20.

En moyenne, le facteur d'empilage varie de 1,55 à 1,45 pour les bois droits; de 1,60 à 1,80 et parfois plus pour les pièces noueuses, courbes.

Sa valeur dépend, chez une même essence, des circonstances énumérées plus haut qui influent sur le volume du stère empilé.

2. - Volume réel des fagots. - Les fagots, eux aussi, ne présentent qu'un volume apparent.

On établit également des coefficients qui, multipliés par celui-ci, donnent le volume réel.

Voici, d'après des expériences faites en Allemagne, le rendement de 100 fagots (ceux-ci sont vendus au cent) de bois ayant au moins de 0,20 m. de circonférence (Huffel: Economie forestière. T. II).

1,55  
↓  
2,20

				Volume du cent en m.c.
Fagots de 1 m. de long et 1 m. de tour	Fagots de rondins	Bois de tiges	Feuillus	3,75
			Résineux	3,46
		Bois de branches	Feuillus	2,53
			Résineux	2,17
	Bourrées	Tiges	Feuillus <sup>(1)</sup>	2,85
			Résineux <sup>(1)</sup>	3,04
		Branches	Feuillus	1,64
			Résineux	2,05
Ramiers en faisceaux de 1 m. de tour, mais de toute leur longueur.	Tiges	Feuillus	2,73	
		Résineux	2,74	
	Branches	Feuillus	1,90	
		Résineux	1,87	

(1) Ces chiffres seraient exagérés; ils seraient de 2,20 m<sup>3</sup> environ.

## II. - Volume des écorces.

Les écorces ont comme principale destination, on pourrait dire la seule dans notre pays, la production du tan.

Elles sont façonnées en bottes, quelquefois en stères à l'étranger quand elles sont utilisées pour le chauffage.

La vente se fait au poids en Belgique, parfois au cent de bottes ou au volume ailleurs.

On détermine leur volume sans difficulté.

Il peut être intéressant de calculer la quantité d'écorce (volume réel, bottes ou stères) susceptible d'être fournie par un matériel écorçable d'un volume connu ou que l'on établit par les méthodes habituelles. Voici quelques indications à cet égard:

Dans les taillis de chêne, un mètre cube de bois donne environ 105 à 110 kg. d'écorce. Ces bois subissent une diminution de volume de  $\frac{1}{6}$  à peu près du fait de l'écorcement.

Volume réel de 100 kg. d'écorces fraîches: 0,10 m<sup>3</sup> à 0,12.

sèches: 0,12 " " 0,14.

Poids du mètre cube

" fraîches: 850 à 900 kg.

sèches: 700 " 850 "

## Art. 2. - Cubage des bois sur pied.

Il faut considérer à part les arbres cubés isolément et les arbres réunis en des peuplements.

### § 1. - Cubage des arbres.

#### I. - Mesure du diamètre ou de la circonférence.

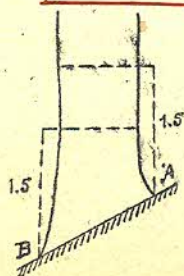
Les méthodes de cubage des grumes ne sont pas applicables aux arbres sur pied. Il est impossible, en effet, de mesurer le diamètre ou la circonférence soit au milieu de la longueur, soit en divers endroits de la tige, ou tout au moins cela n'est guère pratique. Aussi ne connaît-on pas de procédé d'un emploi réellement satisfaisant pour déterminer le volume des arbres debout.

Il existe bien des instruments qui permettent d'apprécier, du sol, le diamètre à différentes hauteurs : le théodolite, l'appareil Friedrich, etc. ; on utilise aussi la photographie.

Le système le plus simple consiste à se servir d'une échelle spéciale pour faire l'ascension de la tige et prendre les dimensions nécessaires au cubage.

Mais ce n'est qu'exceptionnellement que l'on recourt à ces dispositifs toujours compliqués et peu commodes. Généralement d'ailleurs, il s'agit moins d'avoir le volume exact d'un seul arbre que le volume total d'un certain nombre de sujets, de sorte qu'il s'établit une certaine compensation des erreurs qui se produisent dans l'un et l'autre sens.

C'est pourquoi on a l'habitude de mesurer le diamètre ou la circonférence à un niveau au-dessus du sol facilement accessible, assez haut cependant pour éviter l'empiètement du bas de la tige dû aux racines, soit à 1,30 m. du terrain ou plus souvent à 1,50 m. (à hauteur d'homme) en Belgique et en France, à 1,30 m. (à hauteur de poitrine) en Allemagne, en Suisse et en Autriche.



Dans les versants, la grosseur est prise à 1,50 m. de haut en amont et non pas en aval, parce que l'opération est ainsi plus facile et que c'est au point

A en amont que passera la section d'abatage.

Nous savons comment on se sert du compas et du ruban et nous connaissons la valeur respective de ces deux instruments.

Il est utile de déterminer deux diamètres perpendiculaires, si possible le maximum et le minimum, et d'en faire la moyenne arithmétique, quand il s'agit de cuber des arbres séparément ou un petit nombre de sujets à la fois, quoique cela présente relativement peu d'importance pour les résineux. En effet, la section d'une tige est rarement tout à fait circulaire. Le développement exagéré dans un sens, soit de la cime, soit des racines, entraîne un accroissement plus considérable des cercles annuels dans la même direction. Cette influence s'exerce surtout au bien dans le haut ou bien dans le bas de la tige suivant qu'elle a comme cause respectivement l'inégalité de largeur de la cime ou celle de l'enracinement. Cette inégalité de largeur des cimes peut être due au vent ou à des conditions spéciales d'éclaircissement.

à la station suisse de recherches forestières, on a constaté aussi, dans des expériences sur le hêtre, le sapin argenté et l'épicéa croissant en terrain incliné, que le diamètre parallèle à la courbe de niveau est souvent plus élevé que celui dirigé suivant la plus grande pente.

## II. - Mesure de la hauteur.

Il est très difficile d'obtenir la hauteur d'un arbre debout avec une précision mathématique. Celle-ci n'est du reste pas indispensable. En effet, le volume est proportionnel à la hauteur et au carré du diamètre ( $V = \frac{\pi D^2}{4} H$ ), de sorte qu'une inexactitude de mesurage n'a pas autant d'importance pour la hauteur que pour le diamètre. Et puis les erreurs se compensent plus ou moins quand on opère sur un grand nombre de sujets à la fois.

La hauteur peut être estimée à la vue, ou à l'aide d'instruments spéciaux.

### 1<sup>o</sup>. - Mesurage à vue d'œil.

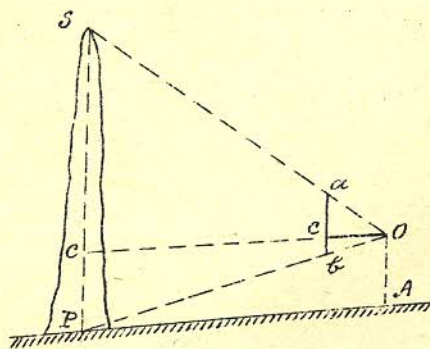
C'est souvent le système adopté dans la pratique, bien

qu'il ne donne qu'une certaine approximation, suffisante d'ailleurs étant donné le but poursuivi. Une personne quelque peu exercée, obtient ainsi des résultats satisfaisants.

L'appréciation à vue d'œil doit être contrôlée de temps à autre à l'aide d'une méthode moins rudimentaire. Elle est facilitée en faisant dresser contre l'arbre une perche de longueur déterminée (4-5 m. par exemple) qui sert de repère.

Le procédé suivant, très simple et à la portée de tout le monde, donne une mesure relativement précise:

On utilise deux baguettes bien droites et de même longueur, d'environ 0,20 m. C'est ce qu'on appelle en France la croix du Bûcheron.



En tenant l'extrémité d'une des baguettes contre l'œil, l'opérateur dirige un rayon de visée parallèle au sol vers le point C situé à 1,60 m. environ de hauteur. Puis, après avoir appliqué verticalement la deuxième baguette contre le bout de la première, il s'éloigne ou se

rapproche du pied de l'arbre jusqu'à ce que les rayons visuels passent par les extrémités de la baguette verticale aboutissent au sommet et au pied du sujet.

Les deux triangles SOP et aOb sont semblables et, puisque  $co = ab$ ,  $CO = SP$ .

Il suffit donc de déterminer, au pas, par exemple, la distance AP qui est égale à OC, pour obtenir la hauteur cherchée.

Cette méthode, utilisable en terrain horizontal ou incliné, est susceptible de rendre de réels services.

## 2° - Mesure à l'aide d'instruments. - Dendromètres.

On appelle dendromètres les instruments propres à mesurer la hauteur des arbres sur pied. Ils donnent des résultats plus précis que le procédé à vue d'œil. Ils sont excessivement nombreux. Nous n'en décrirons que quelques uns.



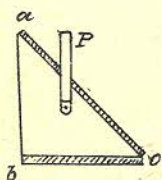
Il en est qui donnent les hauteurs par voie géométrique, d'autres par voie trigonométrique.

### 1. Dendromètres basés sur la géométrie.

#### a. 1<sup>er</sup> groupe.

Le plus simple de ces instruments est l'équerre de Duhamel. C'est une équerre à  $45^\circ$  dont un des côtés peut être maintenu vertical grâce à un fil à plomb. Elle est très peu pratique et elle a reçu de nombreux perfectionnements.

Dendromètre Franck. - Il est basé sur le même principe que l'équerre de Duhamel.



Il est constitué par une plaque en cuivre ayant la forme d'un triangle rectangle dont les deux côtés de l'angle droit  $ab$  et  $bo$  sont égaux. On le tient suspendu au moyen d'une poignée  $P$  reliée à l'équerre à un endroit tel que le côté  $ob$  prend de lui-même la direction horizontale. Les côtés  $ob$  et  $oa$  sont munis chacun d'un tube destiné à diriger les rayons visuels.

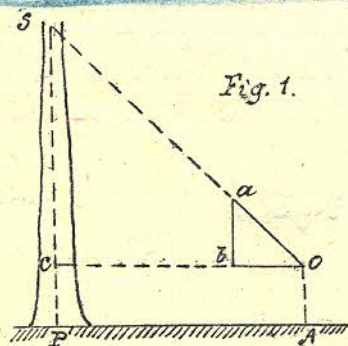


Fig. 1.

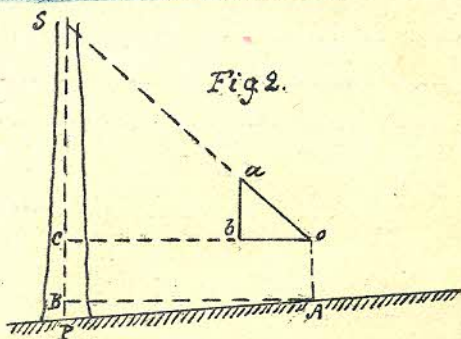


Fig. 2.

Pour trouver la hauteur d'un arbre, l'opérateur porte l'instrument à la hauteur de l'œil, puis s'éloigne ou se rapproche du sujet jusqu'à ce que le rayon de visée passant par l'hypoténuse  $oa$  atteigne le sommet.

Les deux triangles  $SCO$  et  $abo$  sont semblables et, comme  $ab = bo$ ,  $SC = Co$ .

Quand l'opérateur se tient au même niveau que le pied de l'arbre (Fig. 1), il doit donc, pour obtenir la hauteur cherchée, déterminer l'espace  $AP$  qui le sépare du centre de la tige, espace  $AP$  qui est égal à la ligne  $oc$  et évidemment plus facile à mesurer.

que cette dernière; il suffit alors d'ajouter  $oA$  qui équivaut à  $CP$ , ou la distance de l'œil au sol, soit environ 1,60 m.

La hauteur  $SP$  est donc exprimée par :

$$SC + CP = AP + A.o.$$

Quand l'observateur n'est pas au même niveau que le pied de l'arbre (Fig. 2), la valeur de  $CP$  est établie comme suit: après avoir atteint le sommet par un rayon de visée dirigé suivant l'hypoténuse du dendromètre, il vise, sans changer celui-ci de place, par le tube horizontal, détermine sur le tronc le point  $C$ , puis mesure  $CP$  et  $BA$  qui est égal à  $Co$ .

Il saute aux yeux qu'il est préférable d'opérer sur une ligne horizontale, ce qui est souvent possible même dans les versants, que sur une ligne oblique, puisqu'il est plus commode d'obtenir la ligne  $AP$  (1<sup>er</sup> cas) que  $AB$  (2<sup>er</sup> cas).

Le dendromètre Franck ne pourrait pas être utilisé si l'on se trouvait plus bas que le pied, ou plus haut que le sommet de la tige. Il présente encore l'inconvénient, commun à tous les instruments de même nature, de devoir se placer à une distance fixe du sujet, distance égale à un peu moins de la hauteur de celui-ci et la plus avantageuse d'ailleurs au point de vue de l'exactitude.

Ce petit instrument est solide, peu encombrant, peu coûteux et, avec une certaine habitude, il donne des résultats très satisfaisants.

### B. - 2<sup>er</sup> Groupe.

Les dendromètres de ce 2<sup>er</sup> groupe sont basés sur le principe suivant :

Ils divisent l'arbre en deux parties  $SC$  et  $CP$ , le point  $C$  étant déterminé par une horizontale partant de l'œil de l'observateur. Suivant la pente du terrain et la position de l'opérateur, ce point  $C$  est situé :

soit entre le sommet et le pied de l'arbre (fig. 1);

soit en-dessous du pied de l'arbre (fig. 2);

soit au-dessus du sommet de l'arbre (fig. 3).

Si, à l'aide d'un dendromètre, on vise successivement le sommet et le pied du sujet, sont formés sur cet instrument, au.

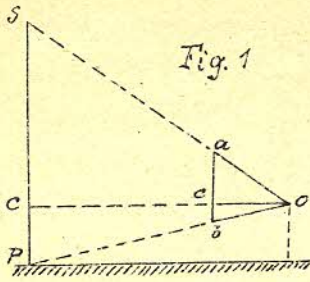


Fig. 1

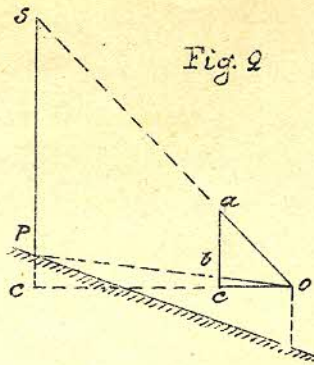


Fig. 2

moyen de dispositions spéciales, les triangles  $aCO$  et  $bCO$  semblables respectivement aux triangles  $SCO$  et  $PCO$ .

On peut poser:

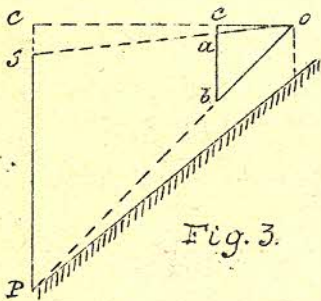


Fig. 3.

$$\frac{SC}{ac} = \frac{CO}{CO}$$

$$SC = CO \frac{ac}{CO}$$

$$\frac{CP}{cb} = \frac{CO}{CO}$$

$$CP = CO \frac{cb}{CO}$$

En additionnant, il vient:

dans le 1<sup>er</sup> cas:  $SP = SC + CP$ .

$$SP(\text{hauteur}) = CO \left( \frac{ac + cb}{CO} \right);$$

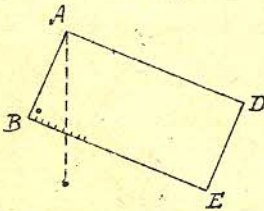
dans le 2<sup>es</sup> cas:  $SP = SC - PC$ .

$$SP(\text{hauteur}) = CO \left( \frac{ac - cb}{CO} \right);$$

dans le 3<sup>es</sup> cas:  $SP = CP - SC$

$$SP(\text{hauteur}) = CO \left( \frac{cb - ac}{CO} \right).$$

**X** Planchette dendrométrique - C'est une planchette de forme rectangulaire dont le petit côté AB a généralement une longueur de 0,10 m. et le grand côté BE, d'ailleurs variable, a environ 0,20 m. Le côté AD porte deux pinnules destinées à diriger les rayons visuels. Au point A est suspendu un fil à plomb qui oscille le long



du côté BE sur lequel est inscrite une graduation en centimètres et millimètres dont le zéro se trouve en B. Une poignée, fixée sur l'autre face, sert à manipuler l'appareil.

Soit à calculer une hauteur  $SP$ . L'appareil placé à une certaine distance de l'arbre, vise le point S suivant le côté DA de l'instrument.



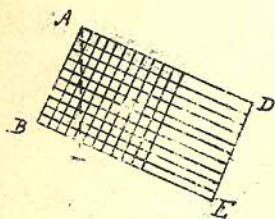
haut que le sommet, il s'établit la hauteur  $SP$ , en s'appuyant sur le principe des dendromètres du 2<sup>e</sup> groupe émis plus haut.

La planchette dendrométrique présente plusieurs inconvénients :

1) Le fil à plomb subit de faciles oscillations qui contraignent la lecture. En outre, il est impossible de faire celle-ci en même temps que l'on opère la visée; il faut d'abord immobiliser le pendule, ou prendre l'aide d'une autre personne.

2) L'instrument n'est d'un emploi rapide et commode, ne réclame aucun calcul, que si l'observateur se tient à un intervalle fixe de l'arbre, intervalle égal à 10 fois le petit côté  $AB$ , ce qui est parfois malaisé en forêt.

On peut remédier à cet inconvénient en divisant le côté  $AB$  en 10 parties égales, par exemple.



De chaque division on trace une ligne parallèle au côté  $BE$  portant la graduation. Il est alors possible de stationner à 9, 8, 7 mètres, et on trouve directement la hauteur sur la ligne dont la distance au point d'attache du fil à plomb correspond à celle qui sépare l'observateur du pied de l'arbre.

Il est possible également de se placer à plus de 10 m. du sujet; si la longueur est, par exemple, de 15 m., on lit la hauteur sur la ligne 8 et on multiplie par 2.

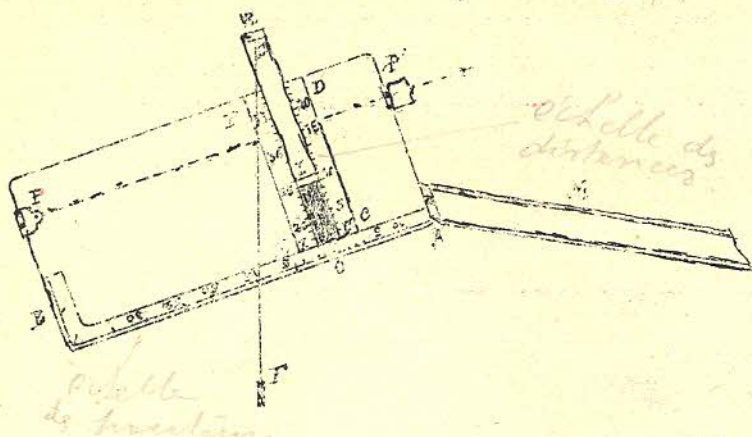
Par contre, la planchette dendrométrique est solide, d'un transport facile et d'une construction à la portée de tout le monde. Elle a reçu divers perfectionnements.

Dendromètre de Faustmann. - Ce n'est en somme qu'une planchette dendrométrique perfectionnée.

Il est constitué par un cadre rectangulaire en métal ou en bois. Deux pinnules  $PP'$ , pouvant se rabattre sur le cadre, servent à diriger les rayons visuels, l'orifice  $P$  étant placé près de l'œil. Le grand côté inférieur porte une graduation  $AOB$  parallèle à la ligne de visée  $PP'$ ; c'est l'échelle des hauteurs.

Celle-ci est double; le zéro se trouvant au point  $O$ , l'une va vers  $B$ , l'autre vers  $A$ . Les chiffres en sont renversés.

Le pendule I est suspendu non pas en un endroit fixe, mais vers l'extrémité d'une réglette R glissant, dans des rainures pratiquées dans le cadre, perpendiculairement à l'échelle des hauteurs et immédiatement au-dessus du rétro de celle-ci. De chaque côté de la réglette est



inscrite une graduation qui est l'échelle des distances, dont les divisions sont exactement égales à celles de l'échelle des hauteurs; on utilise la graduation de droite DC portant le chiffre II, quand l'éloignement est de 20 m. et moins, celle de gauche FE, marquée I, pour les longueurs supérieures à 20 m. Un miroir M, mobile autour d'une charnière et se repliant sur le cadre, permet, s'il est ouvert sous un angle convenable, de voir par réflexion les divisions de l'échelle des hauteurs et le fil à plomb glissant sur celle-ci.

L'appareil est tenu en main par une poignée fixée sur l'autre face. Ce dendromètre est basé sur le même principe que la planchette dendrométrique, mais il est possible de l'utiliser à n'importe quel intervalle du corps à mesurer et de lire la hauteur en même temps que l'on opère la visée.

Voici la manière de procéder. L'observateur juge à propos de stationner par exemple à 11 mètres de l'arbre:

Il introduit la réglette dans les rainures par l'extrémité portant le chiffre II et la fait glisser jusqu'à ce que la ligne du point d'attache du fil à plomb coïncide avec la division 11 de l'échelle II des distances. Il dirige, par les pinnules, un rayon visuel passant par le sommet du sujet et déplace le miroir jusqu'à ce qu'il y aperçoive la division de l'échelle des hauteurs sur laquelle le fil du pendule vient se poser. Le chiffre

de la division lue sur l'échelle des hauteurs est la hauteur cherchée.

Il introduit la réglette dans les rainures par l'extrémité portant le chiffre II et la fait glisser jusqu'à ce que la ligne du point d'attache du fil à plomb coïncide avec la division 11 de l'échelle II des distances. Il dirige, par les pinnules, un rayon visuel passant par le sommet du sujet et déplace le miroir jusqu'à ce qu'il y aperçoive la division de l'échelle des hauteurs sur laquelle le fil du pendule vient se poser. Le chiffre

de cette division est celui de la hauteur cherchée.

En somme, dans le cas qui nous occupe, la largeur utile de l'instrument n'excède pas la division 11 de l'échelle des hauteurs et la mise au point a pour but de rendre constant le rapport entre la distance de l'observateur à l'axe de l'arbre et la longueur utile du petit côté du dendromètre (planchette dendrométrique :  $\frac{CD}{AB} = \frac{100}{1}$ ).

L'opérateur se tient-il à 25 m. par exemple, du sujet, la règle est alors engagée dans les rainures par l'extrémité marquée du chiffre 1 et poussée jusqu'à ce que le trait horizontal correspondant coïncide avec la division 26 de l'échelle I des hauteurs. On reporte de cette façon le point d'attache du pendule à une longueur au-dessus du zéro de l'échelle des distances (voir la figure) égale à : 11 divisions de l'échelle II + les 15 divisions qui séparent les deux traits horizontaux de la règle, soit 26 divisions.

Quant il est nécessaire de viser le pied de l'arbre, on opère de la même façon et la hauteur est trouvée sur l'échelle voisine du miroir.

Le dendromètre de Faustmann remédie à certains inconvénients de la planchette dendrométrique : Sa lecture des hauteurs se fait avec plus de facilité, quoique, ici aussi, elle soit plus ou moins contrariée par les oscillations du pendule. Sa possibilité de faire varier le point d'attache de celui-ci permet le stationnement à n'importe quelle distance de l'arbre. Comme l'appareil précédent, il est possible à l'observateur de se placer à un niveau plus bas que le pied du sujet ou plus élevé que le sommet.

Ce dendromètre, comparé à celui de Franck, est d'un maniement déjà plus compliqué quoique ses résultats ne soient pas plus exacts; il est moins robuste et plus coûteux.

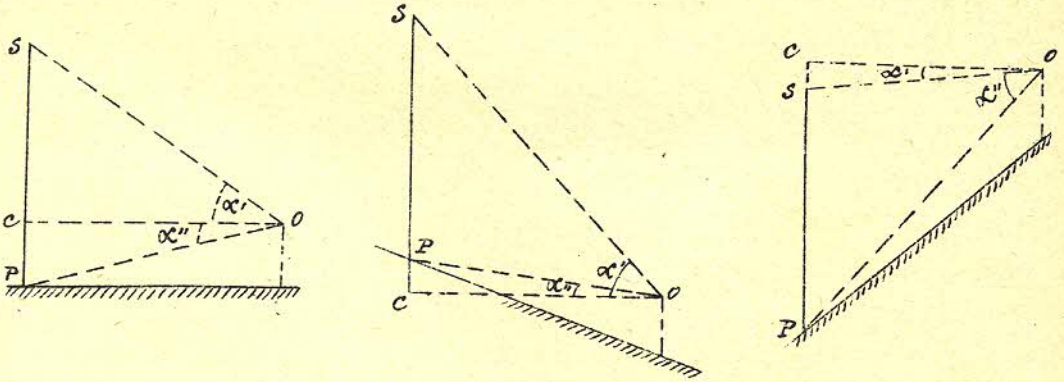
Il existe d'autres instruments basés sur la géométrie, le dendromètre de Regneault, par exemple, qui ne présente plus d'intérêt pratique.

## 2. - Dendromètres basés sur la

# Trigonométrie.

En voici le principe

Le point C sur l'arbre est déterminé par une horizontale partant de l'œil de l'observateur.



Un arc de cercle étant adapté au dendromètre, on vise successivement le sommet S et le pied P de l'arbre et on mesure les angles  $\angle SOC = \alpha'$  et  $\angle COP = \alpha''$ .

Il vient :

$$SC = CO \operatorname{tg} \alpha'$$

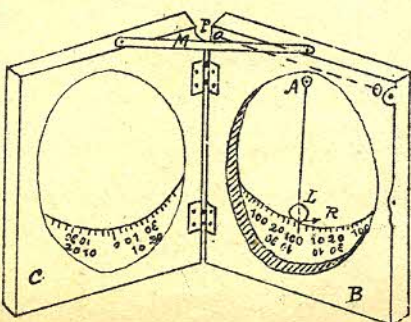
$$CP = CO \operatorname{tg} \alpha''$$

En additionnant, on obtient :

dans le 1<sup>er</sup> cas :  $SP = SC + CP = CO (\operatorname{tg} \alpha' + \operatorname{tg} \alpha'')$   
 " " 2<sup>e</sup> " :  $SP = SC - CP = CO (\operatorname{tg} \alpha' - \operatorname{tg} \alpha'')$   
 " " 3<sup>e</sup> " :  $SP = CP - SC = CO (\operatorname{tg} \alpha'' - \operatorname{tg} \alpha')$

**X Dendromètre de Bellieni.** - C'est un perfectionnement de dendromètres plus anciens, les appareils de Bouvard et de Huet et le cliissimètre Goulier.

Il est constitué par une boîte en bois B de 0,11 de côté et dont la face supérieure est fermée par un verre. Vers le haut se trouvent un œilleton S et une pointe P pour diriger les lignes de visée.



à l'intérieur de la boîte est suspendu au point A un persenniculaire en métal dont la partie supérieure est en relation avec un bouton à ressort situé à l'extérieur et qui est terminé en bas par une lentille I présentant un trait de repère R. Il reste immobile sans



l'intervention de l'homme ; quand on appuie sur le bouton à ressort, il se met autour de son point d'attache A. Libre, le perpendiculaire peut se déplacer le long d'un arc portant une double graduation dont le zéro se trouve au milieu. Si le rayon visuel est horizontal, ce zéro et le trait de repère du perpendiculaire coïncident.

La graduation indique les tangentes naturelles d'un cercle de rayon égal à 100 mètres. Ses chiffres sont doubles, les uns ordinaires, les autres renversés, ces derniers sont ainsi lus avec facilité dans un miroir formant le fond d'une sorte de couvercle C relié à la boîte par des charnières et qui se rabat sur l'appareil au repos.

Une lame métallique M maintient la visse et le couvercle sous un certain angle pendant le travail.

Pour mesurer la hauteur d'un arbre, on choisit une station convenable à quelque distance de celui-ci. Il est à conseiller d'appuyer la main qui tient le dendromètre sur un jalou. On presse le bouton à ressort et on vise la partie supérieure du sujet. Après s'être assuré que la liberté du perpendiculaire est complète, on lit directement dans le miroir la tangente de l'angle que détermine la ligne de visée avec l'horizontale, ou bien on abandonne le bouton à ressort pour fixer le perpendiculaire et on fait la lecture sur l'appareil lui-même.

Dans les versants, on dirige ensuite un rayon visuel vers le pied de l'arbre et on note également la tangente de l'angle ainsi formé. Il suffit alors de mesurer la longueur horizontale qui sépare l'observateur de l'axe du sujet et on obtient la hauteur cherchée de la manière indiquée dans le principe des dendromètres basés sur la trigonométrie.

Comme on le voit, en sol non incliné, on peut se dispenser de viser vers le bas ; à la première hauteur trouvée, on ajoute l'intervalle de l'œil au pied de l'observateur, soit environ 1,60 m.

Les opérations seront simplifiées si l'on tient compte des deux remarques suivantes :

1) Quand la distance horizontale est de 10, 20 m., ou d'un multiple de 10, la multiplication s'exécute de tête sans aucune difficulté; c'est pourquoi il est préférable que l'endroit de stationnement soit déterminé par le mesurage de cette distance que l'on opère avant de diriger les rayons de visée.

2) La hauteur est obtenue de la façon ci-après: les tangentes des angles formés au-dessus de l'horizon sont affectés du signe + et au-dessous de l'horizon du signe -; on en fait la différence algébrique, on multiplie celle-ci par la distance horizontale qui sépare l'observateur du pied du sujet et on divise par 100.

Exemples. - 1. - L'opérateur se tient entre la base et le sommet de l'arbre, à 10 m. de celui-ci.

Tangente de l'angle mesuré au-dessus de l'horizon: 85; en-dessous: 12.

$$\text{Hauteur} = \frac{85 - (-12)}{100} \times 10 = \frac{85 + 12}{100} \times 10 = 9,70 \text{ m.}$$

2. - L'observateur se trouve à un niveau inférieur au pied de l'arbre à une distance de 20 m.

Tangente de l'angle obtenue en visant le sommet: 80; en visant le pied: 15.

$$\text{Hauteur} = \frac{80 - (+15)}{100} \times 20 = \frac{80 - 15}{100} \times 20 = 14 \text{ m.}$$

Le dendromètre de Bellieni est solide, peu encombrant, d'un prix peu élevé, d'un emploi simple et commode puisqu'il permet de stationner en n'importe quel endroit; il est suffisamment précis, plus même que les appareils qui ont été décrits antérieurement.

### III. - Détermination du volume du tronc. -

La partie de l'arbre la plus importante dans les estimations, est le tronc, parce qu'elle peut donner du bois d'œuvre.

Plusieurs méthodes permettent d'établir son volume.

#### 1<sup>o</sup>. - Détermination à vue d'œil. -

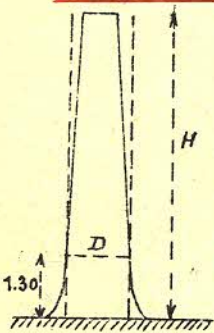
Ce procédé réclame une grande habitude de la part des opérateurs. Ceux-ci ont eu l'occasion d'exécuter un grand

nombre de cubages et de vérifier leurs appréciations. Il en est qui acquièrent dans cet exercice une réelle habileté et évaluent le volume avec un degré relatif d'exactitude, du moins dans les conditions où ils ont coutume d'opérer. Néanmoins ce système, même appliqué par des personnes d'expérience, ne fournit que des indications au sujet du cube, indications qui peuvent toutefois être suffisantes pour les estimations sommaires en vue des ventes ou achats.

## 2<sup>e</sup>. Détermination par le coefficient de forme.

Cette méthode, de même que les suivantes, repose sur l'observation ci-après. Le volume dépend du diamètre, de la hauteur, les seuls éléments qu'il est possible de déterminer sur les arbres sur pied, et de la forme. Celle-ci varie avec les essences et pour chacune d'elles avec la station (sol, climat), l'âge, le mode de traitement, l'espacement des cimes, circonstances qui exercent une grande influence sur la hauteur. La forme et la hauteur sont donc en relation assez étroite. Aussi a-t-on constaté que les sujets de même essence, se trouvant dans les mêmes conditions de végétation, ont des volumes identiques quand ils ont le même diamètre et la même hauteur.

Le coefficient de forme du tronc est le rapport entre le volume réel de ce tronc et celui d'un cylindre de même longueur dont la



section est mesurée à hauteur de poitrine<sup>(1)</sup>, en d'autres termes, c'est un facteur plus petit que l'unité par lequel on multiplie le volume cylindrique pour obtenir le volume réel.

Coefficient:  $f = \frac{\text{volume réel}}{\text{volume cylindrique}}$

**Volume réel = volume cylindrique x f.**

Pour calculer le volume cylindrique, on mesure la hauteur H ainsi que le diamètre D ou la circonférence C (à hauteur de poitrine) du tronc; ensuite, considérant celui-ci comme

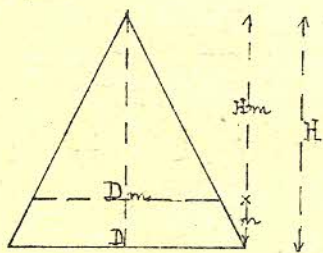
(1) - Les pays de langue allemande (Allemagne, Autriche, Suisse) font un emploi des plus fréquents, si pas exclusif, de ce procédé pour le cubage des arbres sur pied. Nous savons que la grosseur s'y mesure à 1.30 m. du sol.

un cylindre ayant ces dimensions, on le cube par la formule  $\frac{\pi D^2}{4} H$  ou  $\frac{C^2}{4\pi} H$ .

Le coefficient de forme ne peut être trouvé que par des expériences poursuivies sur un sujet abattu ou mieux sur plusieurs exemplaires de sujets semblables. On en recherche le volume cylindrique puis le volume réel par une des méthodes connues, après avoir décomposé fictivement les troncs en billons de 1 ou 2 m. de long. Si l'on a opéré sur un certain nombre de spécimens, on prend la moyenne de chacun de ces volumes et le coefficient de forme est alors approprié au cubage des arbres debout analogues aux sujets d'expérience.

Il est évident que le coefficient de forme n'est pas unique pour une essence; il n'est utilisable que dans des cas bien déterminés. Des arbres présentant le même volume cylindrique auront un volume réel différent si leur forme n'est pas identique. Sur conséquent, toutes les circonstances citées plus haut (essence, station, âge, mode de traitement, etc...) qui font varier la forme d'un arbre, influent également sur la valeur du coefficient. Mais celui-ci se trouve surtout sous la dépendance de la hauteur; il diminue avec la longueur des troncs, ainsi que le montre un simple calcul, avec une rapidité qui n'est pourtant pas constante.

Soit un arbre qui a exactement la forme d'un cône régulier.



$$f(\text{coeff.}) = \frac{\text{volume conique}}{\text{volume cylindrique.}}$$

$$f = \frac{\frac{H}{3} \frac{\pi D^2}{4}}{H \frac{\pi D_m^2}{4}} = \frac{1}{3} \frac{D^2}{D_m^2}$$

$$\text{or: } \frac{D^2}{D_m^2} = \frac{H^2}{(H-m)^2}$$

$$\text{Donc: } f = \frac{1}{3} \frac{H^2}{(H-m)^2} = \frac{1}{3} \frac{H^2}{H^2 + m^2 - 2Hm} = \frac{1}{3} \frac{1}{\left(1 + \frac{m^2}{H^2} - \frac{2m}{H}\right)}$$

$$f = \frac{1}{3} \frac{1}{\left(1 - \frac{m}{H}\right)^2}$$

Si H augmente,  $\frac{m}{H}$  diminue,  $1 - \frac{m}{H}$  augmente et  $\frac{1}{\left(1 - \frac{m}{H}\right)^2}$  devient

plus petit.

Le coefficient de forme oscille entre 0,50 à 0,95. Il donne une idée assez exacte de la forme des arbres, mais pas des indications absolument précises. En effet, deux arbres dont le coefficient est le même, peuvent avoir des formes différentes pourvu qu'ils aient un volume analogue et des surfaces latérales inversement proportionnelles à leurs hauteurs.

On construit des tables basées sur un très grand nombre d'expériences, donnant le coefficient pour diverses essences croissant dans des régions déterminées. Comme ce facteur n'est qu'à peine influencé ni par l'âge, ni par les conditions de la station, quoi qu'il soit un peu plus fort quand les circonstances sont favorables, on se borne souvent à le fournir pour une espèce en fonction de la hauteur. Il est possible d'apprécier celle-ci sur les arbres debout; en outre, c'est la dimension la plus caractéristique de l'âge ainsi que des propriétés de la station et nous savons que la forme et le coefficient en dépendent dans une large mesure.

Voici (page 45) en un tableau (établi par M. von Baur et emprunté à l'"Economie forestière", T. II, de M. Hauffel), les coefficients de forme d'après les travaux des stations de recherches allemandes (diamètres mesurés à 1,30 m. du sol).

Les facteurs trouvés dans les tables sont des moyennes. Leur utilisation au cubage individuel d'arbres pourrait être abusive, de même que si elle s'étendait inconsidérément à des conditions autres que celles visées par les expériences. Le mieux est de les rechercher soi-même ou de les vérifier.

Pour le cubage d'un certain nombre d'arbres à la fois, il est intéressant de déterminer un coefficient de forme moyen applicable à tous les sujets appartenant à une même essence et croissant dans des circonstances déterminées. C'est ainsi que, d'après M. l'inspecteur Roulleau, dans tout le centre de la France, on ne commet pas de grosses erreurs en adoptant les coefficients ci-après :

Cubage des chênes, hêtres, pins maritimes et sylvestres, crûs en futaies et à fûts élancés: 0,70.

Hauteurs en mètres	Coefficients de forme.			
	de l'épicéa (von Baur)	du pin syl- vestre (Kunze)	du hêtre (von Baur)	du sapin (Schuberg)
5	0,97	0,91	"	0,96
6	0,89	0,86	"	0,89
7	0,85	0,79	0,71	0,83
8	0,81	0,74	0,69	0,79
9	0,77	0,69	0,67	0,76
10	0,75	0,66	0,65	0,73
11	0,73	0,64	0,64	0,71
12	0,70	0,62	0,62	0,69
13	0,69	0,60	0,61	0,68
14	0,67	0,58	0,60	0,67
15	0,66	0,57	0,59	0,66
16	0,65	0,56	0,58	0,65
17	0,64	0,54	0,58	0,64
18	0,63	0,53	0,57	0,63
19	0,62	0,53	0,57	0,63
20	0,62	0,52	0,57	0,62
21	0,61	0,51	0,57	0,62
22	0,60	0,51	0,56	0,61
23	0,59	0,51	0,56	0,61
24	0,58	0,50	0,56	0,60
25	0,58	0,50	0,56	0,60
26	0,57	0,50	0,56	0,59
27	0,56	0,50	0,57	0,59
28	0,56	0,49	0,57	0,58
29	0,55	0,49	0,57	0,58
30	0,54	0,49	0,58	0,57
31	0,53	0,49	0,58	0,56
32	0,52	0,49	0,58	0,55
33	0,52	0,49	0,59	0,55
34	0,51	0,48	0,59	0,54
35	0,51	"	0,60	0,53
36	0,50	"	0,60	0,52
37	0,49	"	"	0,51
38	0,49	"	"	0,50
39	0,48	"	"	0,49
40	0,48	"	"	0,48

Cubage des chênes, hêtres et charmes des taillis sous futaie, pour les arbres bas ne dépassant pas 8 m. de fût et quand la révolution est courte (12 à 18 ans) : 0,85.

Cubage des arbres à tiges élancées, des taillis sous futaie exploités à longues révolutions et des belles parties des taillis sous futaie à courtes révolutions : 0,75.

La méthode de cubage par le coefficient de forme est simple. Ses calculs sont réduits si l'on possède un tarif des volumes cylindriques. Ses facteurs servent également à la construction de barèmes qui donnent immédiatement le volume; nous y reviendrons plus loin.

### 3°.- Détermination par le coefficient de forme vrai ou normal.

On peut rendre le coefficient de forme indépendant de la hauteur. Pour cela, le diamètre est mesuré à une distance du sol non plus uniforme mais variable avec la hauteur de l'arbre et égale d'ordinaire à  $\frac{1}{20}$  de celle-ci.

En effet, soit à déterminer le coefficient de forme vrai d'un cône régulier. On en prend le diamètre à un niveau correspond à  $\frac{1}{n}$  de la hauteur H. Sa valeur du coefficient établie plus haut,  $f = \frac{1}{3} \frac{1}{(1 + \frac{m}{H})^2}$  devient dans ce cas  $\frac{1}{3} \frac{1}{(1 - \frac{1}{n})^2}$ .

Ses coefficients de forme normale n'ont pas été utilisés jusqu'à présent dans la pratique. On en a dressé une table les donnant pour chaque essence.

### 4°.- Détermination par le facteur de cubage.

Ainsi que nous l'avons vu, le volume d'un arbre par la méthode du coefficient de forme est donné par la formule:

$$V = f \frac{\pi}{4} D^2 H.$$

$\frac{\pi}{4}$  est un élément constant et égal à 0,7854. Si on le multiplie par le coefficient de forme (0,7854 f), on obtient un facteur appelé facteur de cubage, soit K. Le volume est donc représenté par  $K D^2 H$  et calculé plus directement que par le coeffi.

sient de forme puisque la surface de la section à hauteur d'homme  $\frac{\pi}{4} D^2$  est remplacée dans la formule par le carré du diamètre.

Ainsi à un coefficient de forme de 0,30 correspond un facteur de cubage de 0,59.

On peut tenir un raisonnement analogue dans le cas où le volume est exprimé en fonction de la circonférence par la formule  $V = f \frac{C^2}{4\pi} H$ .

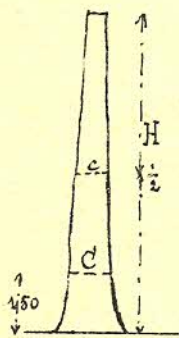
Le facteur de cubage varie évidemment avec toutes les circonstances qui influent sur le coefficient de forme.

### 5° - Détermination par la décroissance ou par le défilement.

Nous savons qu'il entre dans les habitudes de la pratique forestière de cuber les grumes comme des cylindres par la section médiane et la hauteur.

Cette méthode est applicable aux arbres debout quand on connaît la relation qui existe entre la grosseur à hauteur d'homme et celle à mi-hauteur, c'est-à-dire la décroissance ou le défilement.

1. - Décroissance. - Le coefficient de décroissance est le rapport entre le diamètre  $d$  ou la circonférence  $c$  au milieu de la hauteur et le diamètre  $D$  ou la circonférence  $C$  mesurés à hauteur d'homme.



$$C_0 = \frac{d}{D} = \frac{c}{C} \sim \begin{cases} d = C_0 D \\ c = C_0 C \end{cases}$$

Il suffit donc de multiplier le diamètre ou la circonférence à hauteur d'homme (d'ordinaire à 1,50 m. du sol en Belgique) par le coefficient, pour avoir les dimensions à mi-hauteur.

Soit un tronc ayant les dimensions suivantes: hauteur 13 m; circonférences à 1,50 m. du sol 1,50 m, à mi-hauteur 1,29 m. ou diamètres correspondants (approximatifs) 0,48 m et 0,41 m.



$$\text{Coefficient} = \frac{1,29}{1,50} \text{ ou } \frac{0,41}{0,48} = 0,86 \text{ ou } 86\%.$$

Souvent la décroissance est exprimée par la valeur qu'il faut retrancher de la grosseur à hauteur d'homme pour obtenir celle au milieu de la hauteur; le coefficient représente alors la différence, rapportée à 100, entre le diamètre ou la circonférence à hauteur d'homme et le diamètre ou la circonférence à mi-hauteur.

Voici sommairement on trouve ce coefficient dans l'exemple ci-dessus:

Pour 1,50 m. (circ. à hauteur d'homme)	la décroissance =	$0,21$ ( $1,50 - 1,29$ )
" 1 centim.	id	= $\frac{0,21}{1,50}$
" 100 "	id	= $\frac{0,21 \times 100}{1,50} =$
		0,14 ou 14%.

Ce coefficient étant connu, on le multiplie par le diamètre ou la circonférence à hauteur d'homme; de cette dernière mesure on soustrait le produit et la différence donne la dimension à mi-hauteur.

$$(0,14 \times 1,50 = 0,21 \sim 1,50 - 0,21 = 1,29).$$

Le coefficient de décroissance a la même grandeur pour le diamètre et la circonférence, ce qui est un avantage.

Il n'est pas constant. Comme le coefficient de forme, il varie avec les essences et pour chacune de celles-ci avec toutes les circonstances (station, grosseur, mode de traitement, espacement des arbres) qui influent sur la forme des arbres ainsi que sur la hauteur, élément qui exerce l'action prépondérante.

Mais, dans des conditions déterminées, il est sensiblement le même pour tous les sujets de même espèce, de même hauteur et de même grosseur.

Il oscille entre 0,65 et 0,95.

Voici, à titre d'indications, quelques chiffres se rapportant aux arbres crûs en taillis sous futaie et en futaie:

Mode de traitement.	Hauteur du tronc	Facteur correspondant
Baillis sous futaie	6 à 8 m	0,92
id	9 " 10 m.	0,90
id	11 " 13 m.	0,875
id	14 " 16 m.	0,85
Futaie régulière de hêtre et de chêne	moins de 10 m.	0,85 ou 0,90
id	plus de 10 m.	0,80 " 0,85
Futaie régulière d'épicéa.	moins de 12 m.	0,85
id	de 12 à 20 m.	0,80
id	plus de 20 m.	0,75
Futaie régulière de pin sylvestre.	"	0,05 en moins que pour l'épicéa.

2. - Défilement. - C'est la quantité dont le diamètre ou la circonférence à hauteur d'homme diminue par mètre courant de hauteur.

On le trouve de la manière suivante :

Prevenons l'exemple proposé dans l'étude de la décroissance : un tronc a une hauteur de 15 m. et une circonférence, à 1,50 m. du sol, de 1,50 m, à mi-hauteur, de 1,29 m. La différence entre la circonférence à 1,50 m. du sol et celle à mi-hauteur =  $1,50 - 1,29 = 0,21$  m. Elle se produit sur une longueur de  $6,50$  m (mi-hauteur) -  $1,50$  m =  $5$  m.

Sur 5 m. de longueur, la circonf. diminue de 0,21 m.

" 1 " " " " " " "  $\frac{0,21}{5} = 0,042$ .

Quand on connaît le défilement, (0,042), la circonférence à 1,50 m. du sol (1,50 m) et la hauteur du tronc (15 m.), on multiplie 0,042 par 5 m. ( $\frac{15}{2} - 1,50$ ) et on obtient la quantité 0,21 qu'il faut retrancher de la circonférence à 1,50 m. pour obtenir la circonférence à mi-hauteur, soit  $1,50 - 0,21 = 1,29$  m.

Le défilement est encore une décroissance, mais exprimée d'une autre façon ; c'est ici une décroissance par mètre.

Il n'a pas la même valeur pour la circonférence et le diamètre, ce qui est une source de confusions et d'erreurs.

Il est évident qu'il varie comme le coefficient de décroissance. Il oscille entre 0,005 et 0,05 pour la circonférence et entre 0,0016 et 0,016 pour le diamètre.

La recherche du coefficient de décroissance et du défilement ne peut évidemment être poursuivie que sur des sujets abattus, par exemple dans les coupes en exploitation. Le mesurage de nombreux troncs d'essences et de dimensions diverses dans les différentes situations où les cubages doivent se faire, permettent d'établir les coefficients applicables aux individus sur pied. Il a aussi pour conséquence de former le coup d'œil de l'opérateur à l'évaluation de la décroissance ou du défilement des tiges debout, cet entraînement est très utile, sinon indispensable, pour tirer tout le parti désirable du procédé qui nous occupe. Il va de soi qu'il n'est pas recommandable d'adopter un facteur unique dans une coupe présentant une grande variété non seulement d'essences, mais de hauteurs et de grosseurs.

La détermination du volume par le coefficient de décroissance ou le défilement, est commode. On ne procède guère que de cette façon en Belgique. Les uns préfèrent la décroissance, les autres, le défilement; ce dernier a l'inconvénient d'être différent pour la circonférence et le diamètre, inconvénient atténué pourtant par l'habitude des praticiens de prendre toujours l'une ou l'autre dimension.

Les calculs sont simplifiés par l'emploi d'un barème de cubage des grumes en fonction de la section médiane et de la hauteur.

Grâce à la décroissance et au défilement, qui donnent les dimensions au milieu de la hauteur, il est possible d'appliquer aux arbres debout les formules de cubage approximatif et des cubages réduits du commerce ensisagés à propos des grumes.

Nous avons apprécié antérieurement la méthode par la section médiane qui sert de base aux systèmes que

nous étudions, et nous avons vu qu'elle est généralement suffisante pour les besoins de la pratique.

### 6<sup>e</sup>. Détermination à l'aide de tarifs ou barèmes.

Le volume des arbres sur pied est obtenu directement ou ne réclame que des calculs très réduits. Il est basé sur le coefficient de forme, sur le coefficient de décroissance ou sur le défilement.

Les tarifs sont excessivement nombreux. Ils se rattachent à deux grandes catégories.

1. - Les uns peuvent être qualifiés de généraux, parce qu'ils sont applicables à tous les arbres debout, quels que soient l'essence, les dimensions en hauteur et en diamètre ou circonférence, les conditions de végétation.

Ils sont à triple entrée, c'est-à-dire qu'ils fournissent le volume en fonction du diamètre ou de la circonférence et de la hauteur du sujet à cuber ainsi que du coefficient (forme, décroissance, défilement) approprié.

Ils se présentent sous forme de tableaux disposés de l'une ou l'autre manière suivante.

On prend comme point de départ soit le diamètre ou la circonférence, soit le coefficient; le barème donne dans le 1<sup>er</sup> cas, pour chaque grosseur, le volume correspondant aux divers facteurs et hauteurs; dans le 2<sup>e</sup> cas, pour chaque coefficient, le volume en fonction des différentes grosseurs et hauteurs.

Toujours les tarifs généraux sont à deux entrées seulement; les volumes sont exprimés par mètre courant de hauteur et doivent alors être multipliés par la longueur. Ils n'occupent qu'une seule page; c'est un avantage qu'ils possèdent sur les précédents. L'appendice en renferme deux exemplaires.

2. - Les autres barèmes ont une portée plus restreinte. Ils ne reçoivent qu'une application tout à fait locale parce que, dressés spécialement pour une forêt déterminée ou pour une région peu étendue et bien homogène, ils ne sont utilisables que dans ces situations.

Ils sont à deux entrées et indiquent le cube en fonction de la hauteur et du diamètre ou de la circonférence; les volumes inscrits en regard des différents diamètres et hauteurs ont été calculés en faisant intervenir les facteurs trouvés dans des expériences sur des arbres abattus et correspondant aux diverses hauteurs.

Ces tels tarifs sont très commodes, mais ne peuvent servir que pour une seule essence et pour le cubage d'un grand nombre de sujets à la fois.

En voici un modèle emprunté à M. Heuffel (Economie forestière. I. II); il est applicable aux chênes de taillis sous futaie situés aux environs de Nancy et traités à la révolution de 30 ans. Ses coefficients de décroissance adoptés par l'auteur sont les suivants: Longueur des geumes: 6 m. Coefficient: 0,94;

"	"	"	: 8 "	"	: 0,91;
"	"	"	: 10 "	"	: 0,88;
"	"	"	: 12 "	"	: 0,86;
"	"	"	: 14 "	"	: 0,845.

Diamètre à 1,50 m.	Hauteur du tronc (jusqu'à 0,25 de diam. au petit bout).								
	6 m.	7 m.	8 m.	9 m.	10 m.	11 m.	12 m.	13 m.	14 m.
0,25	0,26 <sup>me</sup>	0,29	"	"	"	"	"	"	"
0,30	0,37	0,42	0,47	0,52	0,56	"	"	"	"
0,35	0,50	0,57	0,64	0,70	0,75	0,82	0,87	"	"
0,40	0,65	0,74	0,83	0,91	0,98	1,06	1,13	"	"
0,45	0,83	0,94	1,05	1,16	1,24	1,35	1,43	1,51	"
0,50	1,02	1,16	1,30	1,42	1,53	1,65	1,77	1,87	1,96
0,55	1,24	1,41	1,57	1,71	1,85	2,00	2,14	2,26	2,38
0,60	1,47	1,67	1,87	2,04	2,21	2,38	2,55	2,69	2,83
0,65	1,72	1,94	2,19	2,39	2,59	2,79	2,99	3,16	3,32
0,70	2,00	2,27	2,54	2,77	3,00	3,23	3,46	3,66	3,85
0,75	2,29	2,61	2,92	3,18	3,44	3,71	3,98	4,20	4,42
0,80	2,61	2,97	3,32	3,62	3,92	4,22	4,52	4,78	5,03
0,85	2,95	3,36	3,75	4,09	4,43	4,77	5,11	5,39	5,67
0,90	3,31	3,76	4,20	4,58	4,97	5,35	5,73	6,05	6,36
0,95	3,69	4,19	4,68	5,11	5,53	5,96	6,38	6,73	7,08
1,00	4,08	4,63	5,18	5,66	6,13	6,60	7,07	7,46	7,85

Quelquefois ces barèmes sont à une seule entrée et fournissent le cube par mètre courant de hauteur d'après le diamètre ou la circonférence.

En France, on établit fréquemment des tarifs locaux donnant le volume total du tronc en fonction du diamètre ou de la circonférence seulement. Pour cela, on cube avec exactitude, dans la forêt où l'on se propose d'appliquer le barème, un nombre suffisamment grand d'arbres abattus de tous les diamètres et on fait la moyenne arithmétique des volumes se rapportant à chaque catégorie de diamètres.

Il est bon de soumettre le tarif obtenu de cette façon à une vérification graphique. On procède comme suit :

On trace deux axes rectangulaires; on porte en abscisses les diamètres et en ordonnées les volumes moyens correspondants, puis on réunit tous les points par une ligne courbe dont on suit les indications pour faire disparaître du tarif les petites irrégularités qui se produisent presque toujours à cause de la quantité relativement faible de tiges d'expérience.

Ces barèmes ne sont utilisables que pour le cubage d'un grand nombre de sujets à la fois.

### 7<sup>o</sup>. - Détermination à l'aide de la règle de M. de Montrichard.

Cette règle indique aussi le volume des arbres sur pied. Le coefficient de décroissance est le facteur qui y est utilisé.

On se sert de la règle de la manière indiquée antérieurement, sauf que l'on fait coïncider le trait de la circonférence ou du diamètre avec celui du coefficient approprié inscrit sur la règlette à la suite de la mention Arbres sur pied. - Réduction de la circonférence.

### IV. - Détermination du volume de la cime et des racines.

#### 1<sup>o</sup>. - Cime.

Il est impossible, évidemment, d'évaluer avec exactitude le volume de la cime des arbres debout. Pour obtenir des résultats approximatifs, on suppose qu'il existe une relation

entre le volume du tronc et le nombre de cordes et fagots que donnera le houppier. Cette relation, très variable quand on considère des individus croissant dans des situations différentes, peut être considérée comme relativement constante pour les sujets se trouvant dans des conditions déterminées.

L'expérience locale fournit aux praticiens des indications au sujet de la masse ligneuse de la cime de chaque catégorie d'arbres.

Il existe aussi des tables où l'on trouve le volume du houppier en fonction de la quantité de bois d'œuvre ou du diamètre du tronc. Ces données ne doivent pas être appliquées intégralement à un cas particulier; il faut savoir les corriger par l'appréciation du sujet que l'on cube.

Les chiffres suivants sont empruntés à M. Trochet:

Produits des branches et du houppier dans les taillis sous futaie.

Diamètre à 1.50m. du sol	Circonférence à 1.50m. du sol	Nombre de stères pour les arbres				Nombre de fagots
		très branchus	moyennement branchus	médiocrement branchus	peu branchus	
0,10	0,31	0,08 <sup>st.</sup>	0,06	0,05	0,04	1/2
0,15	0,47	0,16	0,12	0,10	0,07	1
0,20	0,63	0,32	0,26	0,20	0,15	1 à 2
0,25	0,78	0,51	0,42	0,32	0,24	2 „ 3
0,30	0,94	0,80	0,65	0,50	0,37	3 „ 4
0,35	1,10	1,12	0,91	0,70	0,52	4 „ 5
0,40	1,26	1,60	1,30	1,00	0,75	5 „ 6
0,45	1,41	1,92	1,56	1,20	0,90	6 „ 7
0,50	1,57	2,40	1,95	1,50	1,12	7 „ 8
0,55	1,73	3,04	2,47	1,90	1,42	8 „ 9
0,60	1,88	3,81	3,09	2,38	1,78	10 „ 12
0,65	2,04	4,48	3,64	2,80	2,10	12 „ 15
0,70	2,20	5,18	4,21	3,24	2,40	15 „ 18
0,75	2,36	5,92	4,81	3,70	2,77	18 „ 20
0,80	2,51	6,72	5,46	4,20	3,36	20 „ 22
0,85	2,67	7,65	6,28	4,78	3,82	22 „ 25
0,90	2,83	8,56	6,95	5,35	4,28	25 „ 28
0,95	2,96	9,52	7,73	5,95	4,76	28 „ 30
1,00	3,14	10,56	8,58	6,60	5,28	30 „ 35

arbres de futaie pleine, essences feuillues:

Par m. cube de bois d'œuvre :	}	pour les arbres très branchus: 1 stère 50 à 1,75
		" " " moyen <sup>b</sup> " : 1,25 " 1,50
		" " " peu " : 1,00 " 1,25

Chez les essences résineuses, le rapport du volume de la cime à celui du bois d'œuvre est plus faible; en effet, le houppier est moins volumineux et la section supérieure du tronc présente des dimensions plus petites que chez les feuillus.

M. Kunze a obtenu les résultats ci-après pour l'épicéa (extrait de l'"*Économie forestière*", T. II, de M. Stüfel):

Volume des branches pour 1 m<sup>3</sup> du volume de la tige.

Rapport de la hauteur du fût à la hauteur totale.	Arbres âgés de:			
	21 à 40 ans	41 à 60 ans	61 à 100 ans	101 à 140 ans
0.9	0.23	0.15	0.09	0.05
0.8	0.25	0.18	0.11	0.07
0.7	0.29	0.22	0.14	0.10
0.6	0.35	0.28	0.17	0.14
0.5	0.42	0.35	0.21	0.18
0.4	0.51	0.44	0.25	0.23
0.3	0.61	0.55	0.30	0.28
0.2	0.73	0.67	"	"

## 2<sup>o</sup> - Souches et racines.

Il est impossible de déterminer le volume de la souche et des racines des arbres sur pied. Ces organes sont d'ailleurs assez rarement extraits, sauf parfois dans les coupes à blanc étoc.

On possède assez peu de données sur le rendement en bois de l'appareil racinaire.

Pour la plupart des essences, il est de 12 à 25 % (de 1/8 à 1/4) de la partie aérienne dans le cas d'une section à la surface du sol, proportion importante de la production ligneuse et plus considérable encore quand la souche a une certaine hauteur.



Le matériel dessouché s'élève à peu près à 15% du bois d'œuvre dans une exploitation de pin sylvestre convenablement exécutée vers 40 ans.

On attribue aux souches et racines les volumes approximatifs suivants :

Épicéa :	16,5	%	de l'arbre	abattu	au	niveau	du	terrain.
Sapin argenté :	16	"	"	"	"	"	"	du volume total.
Mélèze :	10 - 11	"	"	"	"	"	"	"
Hêtre :	20	"	"	"	"	"	"	"
Chêne :	14 à 17	"	"	"	"	"	"	en coupant à 0,30 m. du sol.

## § 2. - Cubage des peuplements.

Le cubage en bloc d'un peuplement, c'est-à-dire d'un grand nombre d'arbres sur pied se trouvant dans les mêmes conditions de végétation, peut être fait par des méthodes spéciales.

Il n'est pas possible de l'exécuter d'une manière rigoureusement exacte.

### I. - Cubage à vue d'œil.

#### 1°. - Cubage à vue d'œil par pied d'arbre.

Il consiste à apprécier à la vue le volume de tous les arbres considérés individuellement. L'opérateur procède par virées. Il examine chaque sujet et en établit le volume (bois d'œuvre et peut-être bois de chauffage); il le marque d'un signe apparent sur l'écorce, pour ne pas le compter deux fois, et toujours du même côté, puis il consigne ses renseignements dans un carnet.

Seules, les personnes qui ont une grande habitude de ces sortes de cubage obtiennent des résultats satisfaisants quoique approximatifs malgré toute leur habileté. Aussi serait-il dangereux de recourir à ce moyen pour avoir une estimation quelque peu sérieuse.

#### 2°. - Cubage à vue d'œil par hectare.

Les taillis, de même que les jeunes futaies qui comprennent un très grand nombre de tiges de faibles dimensions, ne peuvent guère être cubés qu'à vue d'œil et encore la méthode précédente ne leur

est-elle pas applicable. On a coutume d'évaluer leur rendement par hectare.

L'estimateur procède par virées de 20-30 m. de large. Il parcourt chacune d'elles dans tous les sens, observe le peuplement avec grande attention, se rend compte des essences, du nombre, du diamètre et de la hauteur des tiges, de l'état de la végétation, des clairières etc... Il apprécie ainsi le volume à vue d'œil en prenant comme points de repère d'autres peuplements analogues dont la masse ligneuse lui est connue. A la fin de la 1<sup>re</sup> virée, dont il connaît la composition moyenne, il note sur son carnet le volume qu'il rapporte à l'hectare et qu'il exprime en catégories de marchandises ayant cours dans la région (perches, fagots, stères de bois de chauffage, boîtes d'écorce, ...).

Après avoir passé en revue de cette façon toutes les virées, il établit la moyenne de tous les rendements par hectare et, multipliant cette moyenne par la surface de la coupe ou de la forêt, il obtient le volume total cherché.

Parfois l'opérateur vérifie son évaluation par le cubage exact du matériel de quelques parcelles d'essai d'une étendue déterminée.

Il va de soi que ces opérations réclament une grande expérience et qu'elles ne sont qu'approximatives, quoiqu'elles suffisent pour des estimations sommaires. On rencontre pourtant des hommes qui, doués de beaucoup d'esprit d'observation et entraînés à ce genre d'exercice par une longue habitude, apprécient le volume à vue d'œil avec une précision - relative évidemment - tout à fait remarquable, dans les forêts où ils ont coutume de pratiquer. On se forme le coup d'œil en comptant dans les coupes en exploitation les divers produits des peuplements que l'on avait estimés sur pied.

## II. - Cubage par inventaire ou comptage des peuplements.

L'inventaire, qui est la base du cubage, porte sur tout le peuplement ou sur une partie de sa surface, c'est-à-dire sur une ou plusieurs parcelles judicieusement choisies appelées places d'essai et dont le volume sert à la détermination de celui du peu-

plement tout entier.

Nous examinerons tout d'abord les méthodes de cubage des peuplements quelle que soit leur surface, ensuite le procédé par places d'essai.

1<sup>re</sup>. - Méthode par cubage individuel.

Ce cubage à vue d'œil par pied d'arbre appartient déjà à ce système; mais nous avons vu qu'il est loin d'être précis.

On obtient de meilleurs résultats en cubant chacun des sujets du peuplement par un des procédés signalés plus haut à l'aide du coefficient de forme, la décroissance ou le défilement. Ce cubage individuel de tous les arbres comporte de longues opérations qu'il est d'ailleurs possible de simplifier en établissant des groupes de diamètres et en attribuant à chacun d'eux une hauteur d'un coefficient moyen, après avoir, si besoin en est, réparti les essences en catégories. L'usage de barèmes ou de la règle de M. de Montrichard peut encore de diminuer la longueur des calculs.

Les renseignements peuvent être consignés dans un tableau du modèle ci-après :

Diamètres	Chênes et hêtres				Hêtres et érables	Bris blancs	
	Nombre d'arbres	Hauteurs et décroissances.	Volume				
			d'un arbre	des arbres par catégories			
			m.c.	m.c.			
20	☒ ☒ ☒ ☒ ☒	22	H = 10m D = 90%	0.250	5.500		
22	☒ ☒ ☒	13		0.316	4.108		
24	☒ ☒	16		0.368	6.888		
26							
28							
30							
32			H = 12m D = 85%				
34							
36							
			Total:				

Nous savons que le cubage d'un arbre debout est toujours plus ou moins aléatoire; il repose sur l'application d'un élément, le coefficient qu'il est impossible de fixer mathématiquement. Cependant, la détermination en bloc du volume d'un grand nombre de sujets, suivant le procédé qui nous occupe, donne des résultats plus exacts parce qu'il est permis de supposer que les erreurs individuelles, qui se produisent dans l'un et l'autre sens, se compensent dans une certaine mesure. En outre, le degré de précision dépend aussi de la méthode de cubage (utilisation du coefficient de forme, de la décroissance ou du défilement), ainsi que nous l'avons établi antérieurement.

Ce système est bien suffisant pour les besoins du commerce des bois. En ce qui concerne les recherches expérimentales, il y a lieu de faire quelques restrictions. Toutefois il peut rendre des services dans les peuplements peu homogènes où l'on rencontre une grande diversité de diamètres, hauteurs et formes.

## 2<sup>o</sup>. - Méthode d'Ubrich.

Les stations de recherches de l'Allemagne, de l'Autriche et de la Suisse ont adopté le principe de cette méthode pour le cubage des peuplements, mais avec quelques variantes.

1. - Principe. - Il est possible de cuber en bloc un grand nombre d'arbres d'une manière aussi rigoureuse que possible, mais qui est loin d'être parfaite. En effet, les sujets de même essence, de diamètre et de hauteur analogues, ayant crû dans des conditions de végétation semblables, présentent des volumes sensiblement identiques. Comme un peuplement, même très régulier, réunit des individus de hauteurs et surtout de diamètres différents, on le décompose en un certain nombre de groupes constitués par des tiges présentant beaucoup de ressemblance. On cherche le volume de l'arbre moyen de chacun de ces groupes et l'on passe ainsi sans difficulté au volume de ceux-ci et au volume total.

Le cubage ainsi compris est plus précis que celui d'un arbre considéré isolément parce que les sujets d'un peuplement sont plus semblables entre eux et à un type moyen que ne le sont les individus disséminés. C'est pourquoi cette manière de procéder

est relativement facile et exacte quand elle s'adresse à des massifs bien homogènes, composés d'essences de forme très régulière. Il n'en est plus de même dans les peuplements peu homogènes, où chaque arbre a une forme qui lui est propre et ne peut être assimilée à un type moyen.

2. - Inventaire ou comptage du peuplement. - Tous les arbres du peuplement sont inventoriés. Leur grosseur est mesurée à la même hauteur, soit à 1,30 m, soit à 1,50 m., à l'aide du compas ou du ruban.

quel degré de précision convient-il d'apporter dans la mesure du diamètre ? Il est certain qu'il doit être en rapport avec celui que l'on réclame du cubage et plus grand pour les jeunes peuplements que pour ceux d'un certain âge.

Il a été reconnu que dans l'appréciation en bloc du volume d'un grand nombre d'arbres, des graduations de 4 en 4 ou même de 5 en 5 centimètres donnent une approximation suffisante, excepté dans les jeunes massifs qui ont en moyenne moins de 0,20 m. de diamètre. En exprimant celui-ci en centimètres entiers ou en doubles centimètres, l'exactitude est satisfaisante dans tous les cas. Des divisions plus petites multiplieraient les catégories de diamètres et compliqueraient les calculs sans avantages pour les opérations.

Dans la pratique forestière, il suffit de prendre un seul diamètre sur la même tige sauf sur les sujets très méplats. Il est bon de déterminer deux diamètres perpendiculaires pour les recherches scientifiques.

Éventuellement, les arbres sont aussi classés par essences ou par groupes d'essences.

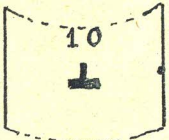
Les estimateurs procèdent à l'inventaire en parcourant le peuplement par vicées de 20 - 30 m. de large. Des aides, au nombre de 3 ou 4 au maximum, mesurent chaque arbre, en renseignant le diamètre et l'espèce, puis le marquent sur l'écorce d'un signe apparent, pour qu'il ne soit pas compté deux fois, et toujours du même côté.

Les indications recueillies peuvent être consignées dans un tableau du modèle ci-après :

Tableau 1.-

Diamètres à (1,30 m ou 1,50m)	Épicéa	Nombre de tiges	Épin	Nombre de tiges
14	::	5		
15	::	4		
16	::	6		
etc..				
	Total:		Total:	

Dans les parcelles d'expérience des stations de recherches où les cubages sont périodiques, tous les arbres portent sur l'écorce un numéro et deux marques perpendiculaires servant de repères pour poser la règle du compas toujours aux mêmes endroits. Ces deux marques sont remplacées par une ceinture de couleur quand on recourt à la circonférence.



Les éléments de l'inventaire sont alors inscrits sur le terrain dans un formulaire du modèle suivant, puis reportés dans le tableau.

gros	1 <sup>er</sup> diamètre. (parallèle à la pente)	2 <sup>e</sup> diamètre. (perpendiculaire à la pente)
1	25, 2 <sup>ctm.</sup>	24, 6 <sup>ctm.</sup>
2	20, 7	21, 1
3	27, 2	28, 0
4	18, 9	19, 1
etc..		

### 3. - Détermination du volume du peuplement. -

Le peuplement inventorié est décomposé idéalement en plusieurs - 3 à 5 ordinairement - groupes, chacun d'eux étant constitué par un même nombre de tiges présentant entre elles le plus possible de ressemblance. Si N est le nombre total de sujets, le 1<sup>er</sup> groupe comprendra, par exemple, les  $\frac{N}{5}$  individus

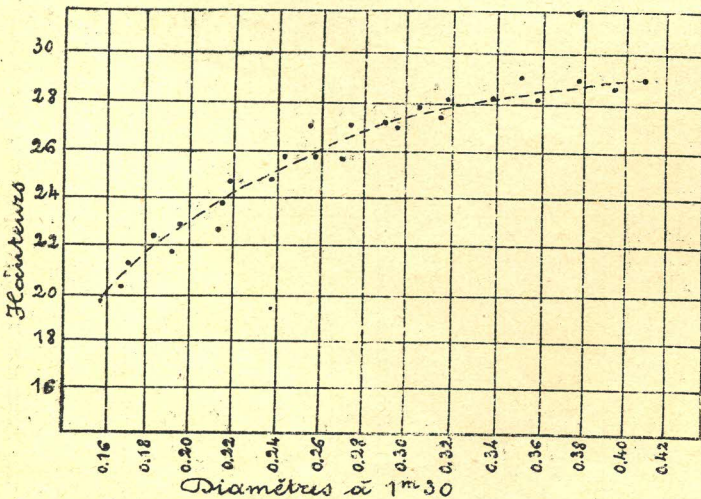
dont le diamètre est le plus grand, le 2<sup>e</sup> les  $\frac{N}{5}$  suivants et ainsi de suite par ordre de grosseur.

Chaque groupe est ensuite cubé séparément. Pour cela, on en recherche l'arbre moyen dont on établit le volume qu'il suffit de multiplier par le nombre de sujets.

a. - Recherche de l'arbre moyen de chaque groupe. - On additionne les sections terrières, c'est-à-dire les sections transversales à hauteur d'homme de toutes les tiges du groupe pour obtenir la section terrière totale de celui-ci. En divisant cette somme par le nombre des arbres qui forment le groupe, on obtient la section terrière moyenne ou la section transversale dont on calcule le diamètre correspondant qui est celui de l'arbre moyen.

Mais le volume d'une tige dépend, non seulement de son diamètre, mais aussi de sa hauteur et de sa forme.

Pour avoir une idée générale de l'élevation du peuplement et de celle de l'arbre moyen, on cherche la hauteur d'un certain nombre, 20 % par exemple, de sujets de grosseur connue, de façon à ce que toutes les catégories de diamètres soient représentées. Cette dimension n'est prise qu'à 1, 2 et quelque fois à 3 m. près. Des catégories des 1 m. suffisent même pour



les recherches scientifiques.

On trace sur une feuille de papier deux axes rectangulaires, on porte en abscisses les diamètres des arbres, en ordonnées les hauteurs, puis on trace une courbe tenant une

position moyenne entre tous les points, courbe donnant la hauteur moyenne de chaque groupe de tiges.

Quant à la forme de l'arbre moyen, on l'a jusqu'à présent

appréciées à la vue.

Le tableau suivant résume ces diverses opérations. Il se rapporte au cubage d'une parcelle peuplée d'épicéas.

Tableau 2.

Arbres mesurés		Groupes de diamètres.				Triges d'essai				
Catégories de diamètres. (21, 30 m. du sol)	Nombre	Catégories de diamètres	Nombre de sujets.		Somme des sections superficielles.		n°	Section superficielle	Diamètre	Hauteur
			Détail	Total	Détail	Total				
cm		dm			m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		cm	m	
14	5	14	5		0.077					
15	4		4		0.071					
16	6		6		0.121					
17	12		12		0.272					
18	8	18	8		0.204					
19	13		7	42	0.198	0.943	III	$\frac{0.943}{42} = 0.0224$	16,9	21
20	8	20	6		0.171					
21	8		8		0.251					
22	12	22	8		0.277					
23	2		12		0.456					
24	10	24	2		0.083					
25	10		6	42	0.271	1.509	II	$\frac{1.509}{42} = 0.0359$	21,4	24
26	4	26	4		0.181					
27	4		10		0.491					
28	6	28	4		0.212					
29	3		4		0.229					
30	4	30	6		0.369					
31	2		3		0.198					
32	-	32	4		0.283					
33	2		2		0.151					
34	-	34	2		0.171					
35	3		3		0.289					
36	-	36	1		0.126					
40	1		1	44	0.139	2.839	I	$\frac{2.839}{44} = 0.0645$	28,7	27
42	1	42	1							
	128			128	128	5.291	5.291			



b. - Les tiges d'essai et leur nombre. - Il s'agit maintenant de trouver des tiges appelées tiges d'essai ou arbres d'expérience, ayant exactement ou tout au moins aussi approximativement que possible les dimensions et la forme de l'arbre moyen de chaque groupe. On en choisit un ou plusieurs exemplaires soit dans le peuplement lui-même, soit dans un massif voisin se trouvant dans des conditions identiques, suivant que les tiges d'essai sont subées sur pied ou après abattage.

Dans l'exemple ci-dessus, on rechercherait un ou plusieurs individus de forme normale ayant comme diamètre et hauteur respectivement 0,287 m. et 27 m. pour le 1<sup>er</sup> groupe, 0,214 m. et 24 m. pour le 2<sup>e</sup>, 0,169 et 21 m. pour le 3<sup>e</sup>.

Le nombre des tiges d'essai est variable. Il est évident que plus il est grand et plus le volume moyen obtenu est exact. Il devrait être plus élevé pour les peuplements jeunes que pour les autres. En Allemagne, on en prend d'ordinaire 3 par groupe. Celles-ci, cette quantité équivaut à un tant pour cent du total des sujets du peuplement à répartir entre les groupes.

c. - Volume des tiges d'essai. - Il est désirable que les tiges d'essai soient abattues, parce que les différents produits sont alors cubés avec plus de facilité et de précision. On détermine, selon les nécessités, le volume du bois d'œuvre, du bois fort<sup>(1)</sup>, du menu bois<sup>(1)</sup>, du bois de chauffage, d'une manière très rigoureuse, à l'aide d'une des méthodes exposées antérieurement.

Les stations de recherches possèdent des échelles spéciales permettant de prendre les dimensions à diverses hauteurs sur les tiges d'essai qu'il n'est pas permis d'abattre.

Quand on choisit plusieurs arbres d'expérience pour chaque groupe, on en établit le volume moyen en divisant le volume de tous ces individus par leur nombre.

Dans l'exemple proposé ci-dessus, le volume moyen des tiges d'essai serait pour le 1<sup>er</sup> groupe de 0,837 m<sup>3</sup>; pour le 2<sup>e</sup>, 0,525 m<sup>3</sup>; pour le 3<sup>e</sup>, 0,249 m<sup>3</sup>.

---

(1) - on entend par bois fort les organes ligneux de la partie aérienne ayant plus de 0,07 m. de diamètre ou de 0,20 m. de circonférence et par menu bois ceux dont les dimensions sont inférieures. C'est une commune mesure adoptée par les stations de recherches pour rendre les volumes comparables.

d. - Volume du peuplement. - On possède maintenant tous les éléments nécessaires pour obtenir le volume du peuplement. On multiplie, dans chaque groupe, le volume de l'arbre moyen par le nombre de sujets et on additionne les volumes de tous les groupes.

On aurait donc dans le peuplement d'épicéas proposé comme exemple :

un volume pour le 1<sup>er</sup> groupe de :  $0.837 \times 44 = 36,828 \text{ m}^3$  ;  
 " " " " 2<sup>e</sup> " " :  $0.525 \times 42 = 22,050 \text{ "}$  ;  
 " " " " 3<sup>e</sup> " " :  $0.249 \times 42 = 10,458 \text{ "}$  ;  
 et un volume total de :  $69,336 \text{ m}^3$ .

### 4. - Appréciation de la méthode.

a. - Le volume total est basé sur le volume de l'arbre type. Si tous les sujets d'un groupe étaient identiques, la méthode serait irréprochable, mais ils ne le sont jamais. Dès lors, il faut chercher pour chaque groupe une ou des tiges d'essai qui correspondent à l'arbre moyen, c'est-à-dire dont la section terrière, la hauteur et le coefficient de forme sont les moyennes des sections terrières, hauteurs et coefficient de forme de tous les individus du groupe. On apprécie à la vue si la tige d'essai a une forme moyenne et il en est souvent de même pour la hauteur. Il est donc bien difficile de mettre la main sur la tige d'essai parfaite, même dans les peuplements réguliers ou à peu près. Il devient presque impossible de faire rationnellement ce choix dans les massifs plus ou moins irréguliers comme dans les futaies feuillues convenablement éclaircies et à plus forte raison dans les futaies jardinées.

b. - Le volume de l'arbre moyen est donc exposé à être entaché d'erreur et celle-ci est multipliée par un nombre plus ou moins grand dans le calcul du volume total. Ce nombre est d'autant plus élevé que l'on aura fait moins de groupes d'arbres. En outre, le volume de la tige d'essai sera d'autant plus correct qu'il proviendra d'une plus grande quantité de sujets.

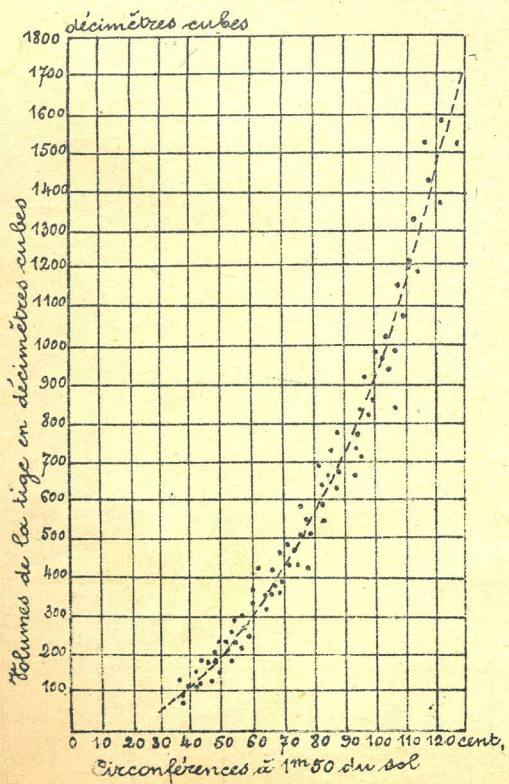
En fait, le volume total des peuplements trouvé par cette méthode, s'écarte parfois assez bien de la vérité, ainsi qu'il résulte de vérifications faites par le cubage précis de parcelles



3. - Détermination du volume du peuplement. - Nous examinerons successivement le cubage à l'aide de tarifs à une entrée et à l'aide de tarifs à deux entrées.

a. - Tarifs à une entrée. - Ils donnent le volume en fonction du diamètre seulement. Ils ne sont applicables qu'à des peuplements de même âge et même hauteur et spécialement à ceux qui sont vieux.

La construction du tarif se fait de la manière suivante : On abat des arbres de tous les diamètres appartenant à l'essence ou aux essences considérées, dans le peuplement lui-même ou dans des massifs voisins présentant des conditions identiques. S'il s'agit d'un tarif qui n'est pas spécialement destiné à un peuplement déterminé, les tiges sont choisies en différents endroits de la région où il doit être utilisé. Les catégories de diamètres les mieux représentées dans le massif figureront naturellement en plus grand nombre parmi les tiges d'essai. Il est nécessaire que celles-ci soient nombreuses (40 au moins). Elles sont cubées avec le plus grand soin.



On trace sur une feuille de papier deux axes rectangulaires. On porte en abscisses les diamètres des arbres abattus et en ordonnées les volumes. Ceux-ci sont donc indiqués par des points. On tire ensuite une ligne courbe continue à laquelle on donne une position moyenne entre tous les points en évitant de brusques variations du rayon de courbure. Cette courbe constitue donc une moyenne entre les volumes trouvés.

L'expérience a appris, dit M. Hubert à qui nous empruntons ces renseignements, que les courbes de l'espèce ont une forme

à peu près constamment concave vers le haut dont le rayon de courbure et le coefficient angulaire de tangente vont en augmentant à mesure que l'abscisse ou le diamètre augmente.

Si l'éparpillement des points sur la feuille de papier rend impossible le tracé précis de la courbe moyenne, cela indique que les arbres ne peuvent être cubés à l'aide d'un tarif à une entrée, s'est-à-dire à l'aide du diamètre seulement, dans la région qui a fourni les tiges d'essai et qu'il importe alors de restreindre le périmètre de cette région pour la rendre plus homogène. C'est pour quoi ces tarifs ne sont applicables qu'à des situations peu étendues et bien régulières.

Il ne reste plus qu'à reporter dans un tableau les indications fournies par la courbe moyenne pour constituer le tarif.

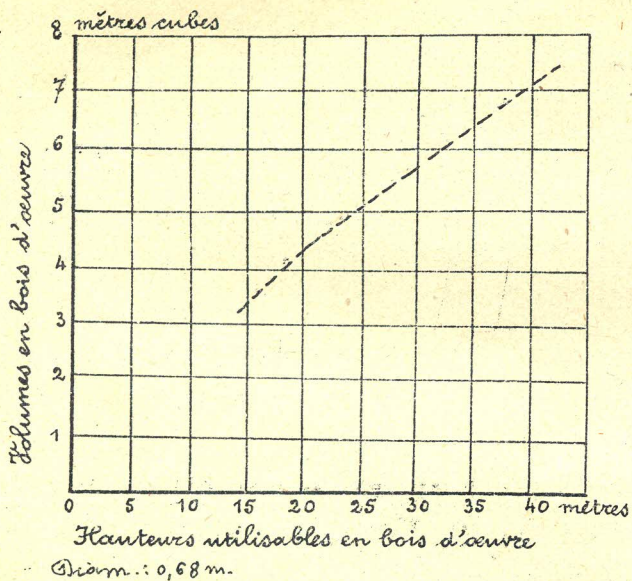
On mesure au compas les volumes correspondant à des diamètres groupés de 2 ou de 4 en 4 centimètres.

Diamètres & hauteurs à l'homme	Tarif de cubage pour le hêtre (putaie).
	Forêt de . . . . .
Volume total.	
20	0,400 <sup>m.c.</sup>
22	
24	
26	
etc.	

6° - Tarifs à deux entrées. - Ils fournissent le volume en fonction du diamètre et de la hauteur des arbres. Ils sont utilisables jusqu'à un certain point dans des peuplements d'âges variés et leur aire d'application est plus vaste que celle des précédents, à condition toujours qu'elle soit caractérisée par des conditions identiques de climat, de sol et de traitement. Voici la manière de les construire.

Pour chaque essence, on abat un certain nombre de sujets de hauteurs différentes mais de même diamètre, dans le peuplement à cuber ou dans des massifs voisins croissant à proximité et dans les mêmes conditions de végétation ou bien encore, si le tarif n'est pas dressé uniquement en vue d'un peuplement déterminé, dans la région où il doit être appliqué.

On trace sur une feuille de papier deux axes de coordonnées, on porte en abscisses les hauteurs et en ordonnées les



volumes.  
La courbe moyenne que l'on obtient ensuite représente la variation du volume avec la hauteur (on en fait des groupes de 2 en 2 ou de 4 en 4 m.) pour des arbres d'un diamètre donné.

On opère de même pour toutes les catégories de diamètres et on réunit ainsi tous les éléments

nécessaires pour former le tarif à deux entrées qui peut avoir la forme ci-après.

Diamètres à hauteur d'homme.	Tarif de cubage pour les chênes de futaie pleine (Hauteur et volume totaux).										
	Hauteurs des arbres.										
	14 <sup>m.</sup>	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
22 <sup>cm</sup>											
24											
26											
28											
etc.											

La courbe correspondant à chaque catégorie de diamètres a un rayon de courbure très grand. Comme elle se rapproche assez bien d'une ligne droite, on peut admettre, sans commettre une trop forte erreur, qu'elle est rectiligne et que le volume des arbres de même diamètre est proportionnel à leur hauteur. C'est pourquoi il est souvent possible de simplifier les tarifs à deux entrées et de leur substituer des tables exprimant le volume par mètre courant pour chaque catégorie de diamètres, tables qui cependant ne donnent pas des résultats aussi précis.

Ces tarifs à une et à deux entrées demandent à être fréquemment révisés.

#### 4. - Appréciation de la méthode.

a. - Cette-ci est plus simple que la précédente. Il n'est pas nécessaire de prendre comme tiges d'essai des arbres moyens ; on choisit des sujets de tous les diamètres et éventuellement de toutes les hauteurs.

b. - Sa répartition régulière ou irrégulière des points destinés à imprimer la direction de la courbe indique les limites de l'aire d'application du tarif.

c. - C'est un des procédés les plus précis. Le volume trouvé ne peut guère différer du volume réel. Il résulte en effet du cubage d'un grand nombre de tiges d'essai (une quarantaine au moins). En outre, le tracé graphique dégage les moyennes automatiquement et mieux que l'homme ne peut désigner les arbres moyens. Une tige d'essai d'un volume plus ou moins anormal n'a pas beaucoup d'influence sur le volume moyen, car tous les chiffres sont en quelque sorte solidaires ; le volume moyen du sujet de  $x$  centimètres de diamètre, dépend, non seulement des cubes des tiges d'essai de ce diamètre, mais aussi de ceux qui les précèdent et qui les suivent.

d. - Il s'ensuit que deux peuplements identiques appréciés avec le même tarif par des personnes différentes, donneront le même volume.

e. - Le tarif est un document qui reste d'un grand intérêt, même après le cubage du peuplement, soit pour l'établissement ou le contrôle d'autres tarifs, soit pour établir le volume d'autres massifs.

f. - La construction de ces tarifs exige l'abatage et le cubage séparé de nombreuses tiges d'essai et, par conséquent, de multiples et minutieuses opérations. C'est d'ailleurs ce qui fait leur mérite au point de vue de la précision.

#### 4° - Cubage par places d'essai.

Les méthodes précédentes de cubage par inventaire ou comptage du peuplement entier réclament des travaux de longue

haléine quand on opère sur de grandes surfaces. Souvent on n'exécute le cubage que d'une portion du peuplement, dans une ou plusieurs places d'essai convenablement choisies, et ce volume partiel sert de base au calcul du volume total.

Les places d'essai sont cubées avec ou sans mesurage des surfaces.

1. - Cubage avec mesurage des surfaces. - La surface du peuplement et celle des parcelles d'essai sont connues.

a. - Principe. - Le volume total est obtenu en multipliant le volume des places d'essai par le rapport de la surface totale à celle des places d'essai.

b. - Choix des places d'essai. - Il est très important quoique des plus délicats. Si le peuplement était absolument homogène, la parcelle pourrait être assise en n'importe quel endroit. Mais il est bien rare qu'il se présente sous cette forme. Il est pourtant indispensable que la place d'essai soit l'expression moyenne du massif, qu'elle en donne avec fidélité toutes les nuances, qu'elle en soit en quelque sorte la photographie. L'opérateur n'a d'autres bases d'appréciation que son coup d'œil et son expérience.

Dans les peuplements bien homogènes, c'est chose assez facile que de trouver toutes ces qualités réunies en un seul lieu. Cependant il est préférable d'établir, en les disséminant, plusieurs parcelles dans un massif, même régulier, dont l'étendue est assez grande, afin d'être plus assuré d'une bonne moyenne.

Un certain nombre de places d'essai sont indispensables aussi quand, à l'intérieur du périmètre du peuplement, on observe des différences dans les essences, les âges, les conditions de végétation (climat, sol, traitement) etc... Il est nécessaire d'installer des parcelles là où ces différences, quand elles sont notables, se manifestent et d'en faire figurer une plus grande quantité dans les cartons les plus importants.

Il faut évidemment éloigner les places des lisières, du bord des chemins, bref de toutes les situations anormales.

L'estimateur doit donc commencer par parcourir et examiner avec le plus grand soin tout le peuplement à cuber afin



de désigner les ou les types moyens, puis il recherche les parties qui réalisent le mieux ces types. Il est bon qu'il soit muni d'un plan des lieux si le massif est un peu irrégulier. A mesure qu'il opère la reconnaissance du bois, il trace les limites des divers cantons qui réclament une ou plusieurs places d'expérience. Il marque ensuite l'emplacement de celles-ci dans chacun de ces cantons.

c. - Forme des places d'essai. - Il est désirable que le contour soit le plus petit pour une surface donnée, afin de réduire au minimum les inconvénients ci-après: Les rayons de visée sont fréquemment arrêtés par des trunks d'arbre lorsqu'on trace les limites. Il arrive aussi que l'on ne sache pas bien si ces tiges appartiennent ou non aux places. Enfin celles-ci réclament des travaux de délimitation qui seront examinés plus loin.

Aussi donne-t-on aux parcelles d'expérience une disposition régulière, celle d'un carré, ou bien d'un rectangle ou d'un trapèze s'écartant peu de la forme carrée.

d. - Surface des places d'essai. - Elle dépend du degré de précision que poursuit le cubage et de la nature du peuplement. D'étendue restreinte, la parcelle réunit difficilement les nuances du massif et présente un périmètre relativement grand; en outre, une erreur commise a un retentissement d'autant plus considérable sur le résultat final, que la surface des places d'essai est plus réduite par rapport à la surface totale.

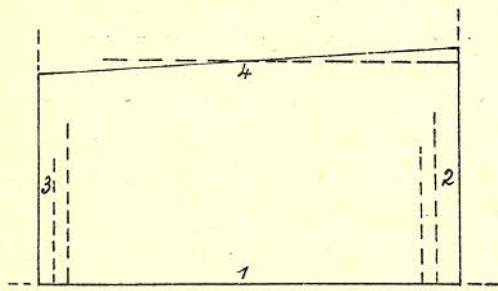
L'étendue est plus petite dans les peuplements jeunes et réguliers que dans les massifs d'un certain âge et peu homogènes qui comportent un plus faible nombre de tiges mais un volume plus élevé, toutes choses égales d'ailleurs.

Il convient d'adopter des surfaces de 50 ares dans les vieux peuplements et de 25 ares dans les massifs jeunes ou d'âge moyen; il est peu prudent de descendre en-dessous de 10 ares pour des cubages quelque peu sérieux.

e. - Délimitation des places d'essai. - Elle se fait à l'aide d'instruments d'arpentage appropriés, de façon à obtenir une étendue bien précise.

Ce n'est pas toujours chose facile que de tracer les limites des parcelles dans les peuplements denses où l'on évite les abatages intempestifs d'arbres en vue d'observations scientifiques prolongées, de la détermination de l'accroissement, par exemple.

On commence par établir une base d'opération (voir chiffre 1 dans la figure ci-contre) à laquelle on donne approximativement la longueur voulue. Puis,



vers les extrémités de cette ligne, on élève deux perpendiculaires (2 et 3) et on ratonne jusqu'à ce que les rayons visuels se prolongent suffisamment loin sans être arrêtés par les arbres. La division de la surface proposée par la longueur de la base d'opération, fournit les dimensions des petits côtés. Ensuite, toujours par ratonnements, on s'efforce de tirer une ligne (4) constituant le 4<sup>e</sup> côté. Très fréquemment, la parcelle a la forme d'un trapèze dont l'étendue n'est pas exactement celle que l'on voulait avoir, ce qui est un inconvénient sans importance d'ailleurs.

8. - Volume des places d'essai. - On le détermine par une des méthodes exposées antérieurement. On choisit celle qui est la mieux appropriée à la nature des peuplements et au but poursuivi.

9. - Volume total. - On admet que le volume total  $V^x$  est au volume des places d'essai  $v$  comme la surface totale  $S$  est à celle des places d'essai  $s$ .

On a :

$$\frac{V^x}{v} = \frac{S}{s} \quad \text{D'où :} \quad V^x = v \frac{S}{s}$$

Cette hypothèse est évidemment admissible quand les places d'expérience ont été judicieusement choisies et représentent bien la moyenne de l'ensemble du peuplement.

Souvent le volume des parcelles est rapporté à l'hectare et le résultat est multiplié par la surface totale.

Si des cantons de nature différente se trouvent réunis dans le peuplement, ils sont cubés séparément, après que l'on en a

trouvé la surface, et leurs volumes sont additionnés.

h. - Appréciation de la méthode. - Le cubage par inventaire de tout le peuplement, réclame de longues opérations et beaucoup de temps. La méthode par places d'essai est infiniment plus rapide; c'est pourquoi elle est d'un usage courant surtout dans les massifs quelque peu étendus.

Mais cette manière de faire présente plus d'aléas que la première au point de vue de la précision. Celle-ci dépend du choix des parcelles d'expérience d'abord, du mode de cubage ensuite. Une erreur est multipliée par un nombre d'autant plus élevé que le rapport  $\frac{S}{s}$  est plus grand, c'est-à-dire que la surface du peuplement est plus considérable comparativement à celle des places d'essai.

2. - Cubage sans mesurage des surfaces. - On peut établir le volume total sans connaître la surface du peuplement et celle des places d'essai. Mais il faut alors chercher le nombre d'arbres du massif  $N$  et celui des parcelles d'expérience  $n$  ainsi que le volume de ces dernières.

$$\text{On admet que } \frac{V^x}{v} = \frac{N}{n}. \quad \text{D'où: } V^x = v \frac{N}{n}.$$

Ce procédé n'est évidemment applicable qu'aux futaies bien régulières. Il est susceptible de rendre des services quand la surface totale est inconnue et difficile à obtenir. Sinon, il est préférable de recourir au système avec mesurage des surfaces.

---

---

# Chapitre II. Développement des arbres et des peuplements.

La production forestière résulte du concours de trois agents : le travail humain, les forces naturelles et le capital.

L'importance relative du travail humain est variable quoique restreinte. Dans les exploitations extensives, elle est à peu près nulle si l'on fait abstraction des frais de récolte. La culture intensive l'accroît dans une mesure plus ou moins forte.

Elle dépend aussi de la nature de la forêt. Sa part du travail est faible dans les futaies régénérées naturellement, surtout quand elles sont traitées à longues révolutions. Elle est sensiblement plus élevée dans les massifs coupés à courts termes et à blanc étoc suivi de repeuplement artificiel. Ses frais de récolte deviennent considérables dans les taillis simples réalisés à un âge peu avancé et bien plus encore dans les exploitations que l'on peut qualifier d'industrielles, telles que les taillis à écorces, les pineraies soumises au gemmage, les taillis de chêne-liège, etc...

Les forces naturelles exercent leur action gratuitement. Elles ne sont donc pas comparables au travail et au capital qui réclament une rémunération.

Quant au capital, on en distingue trois espèces :

1. - Le capital de roulement destiné au paiement des salaires et des fournitures.
2. - Le capital fonds. Le fonds, dit M. Hubert, comprend tout ce qui reste dans la forêt immédiatement après une coupe à blanc étoc l'ayant parcourue tout entière. Il est donc constitué par la terre avec toutes les valeurs lui incorporées telles que les souches, graines, humus, feuilles mortes, marques de délimitation, routes et autres travaux d'art, pépinières, bâtiments affectés au personnel, etc...
3. - Le capital superficie, formé par tous les bois sur pied

croissant en vue d'une exploitation ultérieure.

Nous nous occuperons spécialement de l'action des forces naturelles qui contribuent au développement en matière et en valeur des végétaux ligneux. C'est pourquoi nous examinerons successivement l'accroissement des arbres et des peuplements, la production en matière et la formation de la valeur des arbres et des peuplements.

## Article 1. - De l'accroissement.

### § 1. - Définitions.

L'accroissement d'un arbre ou d'un peuplement est l'augmentation de la masse du bois. Sous nos climats, un végétal ligneux accroit chaque année sa grosseur par l'adjonction d'un cercle et sa hauteur par le développement du bourgeon terminal. Ses couches annuelles une fois constituées restent rigides et occupent une position invariable dans le corps du sujet. Ces modifications de la circonférence et de la hauteur engendrent des changements dans la forme et dans le volume.

Les arbres considérés individuellement et l'ensemble des sujets qui composent un peuplement, ne se développent pas de la même manière. Il importe donc de les envisager à part.

Qu'il s'agisse d'un arbre ou d'un peuplement, il y a lieu de distinguer différentes sortes d'accroissement en hauteur, en diamètre ou en volume:

L'accroissement annuel ou accroissement courant ou accroissement annuel courant, celui qui se produit dans le courant d'une année.

L'accroissement périodique, celui qui se produit dans le cours d'une période déterminée d'années.

L'accroissement total, celui qui s'est produit depuis la naissance du peuplement ou de l'arbre jusqu'à une époque déterminée.

L'accroissement moyen ou annuel moyen ou moyen total, celui que l'on obtient par la division de l'accroissement

total par le nombre d'années correspondant à cet accroissement. C'est la moyenne arithmétique de tous les accroissements annuels.

L'accroissement moyen périodique, celui qui est donné quand on divise l'accroissement périodique par le nombre d'années de la période. Il se rapproche beaucoup de l'accroissement annuel moyen pour de courtes périodes.

En ce qui concerne l'accroissement en volume d'un peuplement, il faut encore signaler celui du peuplement principal, du peuplement secondaire et du peuplement total.

Soit à établir la marche de l'accroissement en volume d'un peuplement qui est actuellement âgé de 20 ans et qui n'a pas encore été éclairci. - On y fait une éclaircie. On apprécie le volume du matériel qui tombe et celui du peuplement principal. Dans la suite, on procède à une semblable opération tous les cinq ans.

1<sup>er</sup> Volume par hectare à 20 ans : produits d'éclaircie =  $v^1$  ;  
peuplement principal =  $V^1$ .

2<sup>ème</sup> Volume " " " 25 ans : produits d'éclaircie =  $v^2$  ;  
peuplement principal =  $V^2$ .

3<sup>ème</sup> Volume " " " 30 ans : produits d'éclaircie =  $v^3$  ;  
peuplement principal =  $V^3$ ; etc..

Accroissement en volume du peuplement principal :

Accroissement annuel moyen à 20 ans =  $\frac{V^1}{20}$  ; à 25 ans =  $\frac{V^2}{25}$  ;

à 30 ans =  $\frac{V^3}{30}$  ; etc...

Accroissement périodique de 20 à 25 ans =  $V^2 - V^1$  ;

de 25 à 30 ans =  $V^3 - V^2$  ; etc...

Accroissement moyen périodique de 20 à 25 ans =  $\frac{V^2 - V^1}{5}$  ;

de 25 à 30 ans =  $\frac{V^3 - V^2}{5}$  ; etc..

Accroissement en volume du peuplement total :

Accroissement annuel moyen à 20 ans =  $\frac{V^1 + v^1}{20}$  ; à 25 ans =

$\frac{V^2 + v^2 + v^1}{25}$  ; à 30 ans =  $\frac{V^3 + v^3 + v^2 + v^1}{30}$  ; etc...

Accroissement périodique de 20 à 25 ans =  $V^2 + v^2 - V^1$ ;  
de 25 à 30 ans =  $V^3 + v^3 - V^2$ ; etc...

Accroissement moyen périodique de 20 à 25 ans =  $\frac{V^2 + v^2 - V^1}{5}$ ;  
de 25 à 30 ans =  $\frac{V^3 + v^3 - V^2}{5}$ ; etc...

## § 2. - Détermination de l'âge.

Avant d'aborder l'accroissement proprement dit, il convient de pouvoir déterminer l'âge soit des arbres, soit des peuplements.

### 1. - Âge des arbres.

#### 1°. - Détermination sur des arbres abattus.

Le comptage des cercles annuels sur la souche ou sur la section inférieure d'un arbre abattu constitue le moyen le plus sûr de calculer l'âge. Mais il importe que cette section se trouve le plus près possible du sol, afin qu'elle comprenne la pousse de la première année qui souvent n'a que quelques centimètres de longueur. Sinon, il est nécessaire d'ajouter à l'âge trouvé un certain nombre d'années, celui qui a mis le végétal pour atteindre la hauteur de la souche.

Cette opération ne comporte pas d'ordinaire de difficultés spéciales, notamment chez les essences dont le bois d'automne de la couche annuelle se distingue avec facilité du bois de printemps par une coloration foncée (mélèze, pin sylvestre, etc...) ou par une structure qui lui est propre (chêne, frêne, etc...). Dans tous les cas, il est possible de faire ressortir les accroissements sur une surface rugueuse par le polissage de celle-ci à l'aide d'un rabot ou d'un instrument tranchant. Quand les cercles sont minces, on fait usage de la loupe, ou bien on rend la section oblique sur laquelle les couches apparaissent plus larges.

Si ces moyens sont inefficaces, on se sert de matières qui colorent inégalement les parties d'un même cercle, celles-ci ayant une porosité différente.

Il suffit souvent en forêt de passer sur la section le doigt chargé d'un peu d'humus. On utilise aussi pour les bois à vaisseaux étroits, de l'ence étendue d'eau, pour les bois à vaisseaux larges, du bleu d'outre-mer. On recommande encore d'employer de l'alcool coloré par de l'aniline ou d'humecter le bois successivement avec du ferrocyanure de potassium, puis avec du chlorure de fer, etc...

On se trouve parfois en présence de cas tout à fait particuliers, mais assez rares pour que l'on puisse en faire abstraction. Ainsi il arrive que, sur des arbres très dominés, il ne se forme des couches annuelles que dans le haut de la tige et non pas dans le bas. On observe également que des cercles sont divisés en deux parties par une ligne qui laisse supposer à première vue deux accroissements, alors qu'il n'y en a qu'un seul. Cette anomalie provient d'un arrêt momentané de la végétation dû à des gelées, à une invasion d'insectes, etc... On parvient, avec un peu d'attention, à reconnaître ces fausses lignes d'accroissement: celles-ci ne se poursuivent pas sur tout le pourtour ou sur toute la longueur de la tige; la transition avec le tissu plus poreux qui suit est insensible alors qu'elle est brusque et bien tranchée quand il s'agit de vrais cercles annuels.

On constate souvent, dans une région déterminée, la présence de couches caractéristiques soit parce qu'elles sont très larges, soit parce qu'elles sont très minces, et qui se sont produites au cours de telle ou de telle année. Le comptage des accroissements est facilité en prenant ces cercles comme points de repère.

## 2<sup>e</sup>. - Détermination sur des arbres de bout.

La détermination de l'âge ne se fait plus avec le même degré d'exactitude, cela se conçoit.

1. - À l'aide des verticilles. - Certaines essences forment chaque année un verticille de branches. On obtient l'âge en comptant le nombre de ceux-ci et en ajoutant les quelques années qui se sont écoulées avant la formation du 1<sup>er</sup> verticille, c'est-



à-dire 2-3 ans pour les espèces à croissance rapide et un peu plus pour celles à végétation lente.

Les arbres résineux seuls se prêtent à l'application de cette méthode, et encore certains font-ils exception, le mélèze, par exemple. Les individus du genre Pinus sont ceux qui présentent les verticilles les plus réguliers. La tige de plusieurs essences, des épicéas notamment, est souvent garnie de faux verticilles qui rendent la détermination de l'âge plus incertaine.

C'est sur les individus jeunes que le comptage se fait le mieux. Les verticilles inférieurs finissent par disparaître dans les peuplements sous l'action de l'élagage naturel. Néanmoins les chicots ou les bouquets de recouvrement donnent encore fréquemment des indications suffisantes. Il n'est pas toujours aisé de distinguer nettement les verticilles dans les cimes élevées surtout quand elles sont touffues. On commence alors le dénombrement sur la tige, puis on tâche de le continuer sur une grosse branche bien visible. Dès qu'ils ont atteint un certain âge, les arbres ne s'accroissent plus guère en hauteur et il devient difficile de connaître leur âge par le moyen qui nous occupe.

2. - Moyens divers. - Il est possible d'examiner les cercles annuels des jeunes arbres debout sur un échantillon de bois prélevé dans le tronc à l'aide d'un instrument qui sera décrit plus loin, la tarière de Fressler.

Les archives peuvent encore fournir des renseignements sur l'âge d'un arbre d'une forêt ayant été constituée soit par voie artificielle soit par voie naturelle. Dans ce dernier cas, les indications ne sont pas très précises, car la régénération s'étend parfois sur une période assez longue d'années.

## II. - Âge des peuplements.

### 1. - Peuplements d'âge uniforme.

La manière de déterminer leur âge ne diffère guère de celle employée pour les arbres considérés individuellement. Le procédé le plus recommandable consiste dans l'abatage de plusieurs sujets et dans le comptage de leurs cercles annuels.

Il ne serait guère prudent d'opérer sur un seul individu. En effet il arrive que quelques tiges n'ont pas pris naissance en même temps que les autres ou bien encore qu'un peuplement, en naissance comme uniforme, comporte en réalité des arbres d'âges quelque peu différents dont on prend alors la moyenne.

## 2<sup>e</sup>. - Peuplements d'âge non uniforme.

1. - Âge moyen. - Si, en général, les peuplements installés par voie artificielle ont un âge identique, il en va autrement dans les forêts qui se repeuplent naturellement au cours d'un certain nombre d'années et où il faut alors rechercher l'âge moyen.

La connaissance de l'âge moyen est indispensable pour le calcul de l'accroissement et de la possibilité d'un massif, ainsi que dans l'aménagement pour constituer les affectations, c'est-à-dire les diverses parties d'une série de forêt à régénérer pendant les périodes successives de la révolution.

2. - Détermination de l'âge moyen. - Ou bien les sujets de même âge sont répartis par groupes ou bien les âges sont confusément mélangés. La détermination de l'âge moyen s'opère de la même façon, mais avec plus de facilité dans le premier cas.

a. - Principe. - L'âge moyen d'un massif n'est évidemment pas la moyenne arithmétique des différents âges. Il importe de faire intervenir le volume correspondant à chaque classe d'âges.

On considère l'âge moyen d'un peuplement d'âge non uniforme comme le temps nécessaire à un massif équienne de semblable productivité pour présenter le volume de bois qui se trouve actuellement dans le premier peuplement.

b. - Détermination à l'aide du volume et de l'accroissement. (méthode de Smalian). - Soit un peuplement dont le volume est  $V$ , l'âge moyen  $A$  et l'accroissement annuel moyen  $Z$ .

Nous savons que le volume  $V$  est égal à l'âge  $A$  multiplié par l'accroissement annuel moyen  $Z$ .

$$V = A \times Z.$$

$$Z = \frac{V}{A} \quad (1)$$

$$A = \frac{V}{Z} \quad (2)$$

On obtient donc l'âge moyen en divisant le volume  $V$  du peuplement par l'accroissement annuel moyen  $Z$  de tous les arbres de chaque âge.

Supposons que dans un peuplement non équienne, on constate la présence de  $m$  âges différents.

On détermine ces âges; ce sont:  $a^1, a^2, a^3, \dots, a^m$ .

On calcule les volumes de tous les arbres de chacun de ces âges; ce sont respectivement:  $v^1, v^2, v^3, \dots, v^m$ .

L'accroissement annuel moyen est pour les sujets de l'âge  $a^1$  (voir expression (1)):  $x^1 = \frac{v^1}{a^1}$ ; pour les sujets de l'âge  $a^2$ :  $x^2 = \frac{v^2}{a^2}$ ; pour les sujets de l'âge  $a^m$ :  $x^m = \frac{v^m}{a^m}$ .

Le volume total  $V$  est donc représenté par  $v^1 + v^2 + v^3 + \dots + v^m$ , et l'accroissement annuel moyen  $Z$  de tout le peuplement,

$$\text{par: } \frac{v^1}{a^1} + \frac{v^2}{a^2} + \frac{v^3}{a^3} + \frac{v^m}{a^m}.$$

L'âge moyen  $A$  est par conséquent égal à (voir expression (2)):

$$A = \frac{v^1 + v^2 + v^3 + \dots + v^m}{\frac{v^1}{a^1} + \frac{v^2}{a^2} + \frac{v^3}{a^3} + \dots + \frac{v^m}{a^m}}$$

C'est une méthode précise, irréprochable au point de vue théorique, mais donnant lieu, dans la pratique, à des opérations longues et délicates pour calculer les volumes et l'âge des sujets des diverses classes. Elle est applicable à tous les peuplements, que les âges soient groupés ou intimement mélangés.

Remarquons que l'âge moyen qui est aujourd'hui de 80 ans, par exemple, ne sera pas de 100 ans dans 20 ans; il sera plus élevé, parce que les catégories de jeunes arbres ne seront plus aussi bien représentées à cause de l'élimination naturelle et de l'éclaircie.

c/- Détermination à l'aide des surfaces. - Quand un peuplement non équienne est constitué par des bouquets d'arbres de même âge, il est possible d'en déterminer l'âge moyen sans recourir au cubage, à condition de connaître la surface et l'accroissement annuel moyen de chaque groupe.

Soit un peuplement dans lequel on trouve:

un groupe âgé de  $a^1$ , occupant une surface de  $s^1$  et dont l'accroissement annuel moyen par hectare est de  $d^1$ ;

un groupe âgé de  $a^2$ , occupant une surface de  $s^2$  et dont l'accroissement annuel moyen par hectare est de  $d^2$ ; etc... ;  
 un groupe âgé de  $a^m$ , id  $s^m$  et id.  $d^m$ .

Le volume de chaque groupe est égal à l'âge multiplié par l'accroissement annuel moyen par hectare multiplié par la surface.

Le volume du 1<sup>er</sup> groupe =  $a^1 \times d^1 \times s^1$  et ainsi de suite.

L'âge moyen est donc représenté par (voir expression (2)) :

$$A = \frac{a^1 \cdot d^1 \cdot s^1 + a^2 \cdot d^2 \cdot s^2 + \dots + a^m \cdot d^m \cdot s^m}{\frac{a^1 \cdot d^1 \cdot s^1}{a^1} + \frac{a^2 \cdot d^2 \cdot s^2}{a^2} + \dots + \frac{a^m \cdot d^m \cdot s^m}{a^m}}$$

$$A = \frac{a^1 \cdot d^1 \cdot s^1 + a^2 \cdot d^2 \cdot s^2 + \dots + a^m \cdot d^m \cdot s^m}{d^1 \cdot s^1 + d^2 \cdot s^2 + \dots + d^m \cdot s^m}$$

C'est la formule de Heyer.

Quand l'accroissement annuel moyen par hectare  $d$  est le même pour chaque groupe, on obtient :

$$A = \frac{a^1 \cdot d \cdot s^1 + a^2 \cdot d \cdot s^2 + \dots + a^m \cdot d \cdot s^m}{\frac{a^1 \cdot d \cdot s^1}{a^1} + \frac{a^2 \cdot d \cdot s^2}{a^2} + \dots + \frac{a^m \cdot d \cdot s^m}{a^m}}$$

$$A = \frac{a^1 \cdot s^1 + a^2 \cdot s^2 + \dots + a^m \cdot s^m}{s^1 + s^2 + \dots + s^m} \quad (\text{formule de Gumbel})$$

Cette méthode présente l'avantage de ne pas réclamer de surbois, mais elle exige le mesurage des surfaces occupées par les groupes et la connaissance de l'accroissement annuel moyen par hectare de ceux-ci. En outre, elle n'est pas applicable aux peuplements où les âges sont confusément mélangés.

En ce qui concerne spécialement la formule de Gumbel, elle n'a de valeur que dans le cas où les accroissements annuels moyens sont les mêmes ou à peu près, s'est-à-dire quand les âges ne diffèrent pas trop.

d. - Détermination à l'aide de tiges d'essai. - Il existe encore d'autres formules donnant l'âge moyen, par exemple la suivante que l'on obtient par un calcul analogue aux précédents :

$$A = \frac{G^1 \cdot a^1 + G^2 \cdot a^2 + \dots + G^m \cdot a^m}{G^1 + G^2 + \dots + G^m}$$

dans laquelle  $G_1, G_2, \dots$  représentent les sections terrières

des diverses classes d'arbres de même âge. Il est nécessaire que dans chacune de celles-ci, la hauteur et le coefficient de forme soient en rapport constant avec l'âge.

Si les catégories sont au nombre de  $m$  et si leur section terrière a une valeur identique  $\frac{G}{m}$ , la formule devient:

$$A = \frac{G}{m} \cdot \frac{(a^1 + a^2 + \dots + a^m)}{G} = \frac{a^1 + a^2 + \dots + a^m}{m}$$

On procède donc comme suit: Les arbres du peuplement sont classés en groupes qui ont une section terrière semblable et présentent chacun sensiblement le même âge. On choisit et on abat un nombre analogue de tiges d'essai dans tous les groupes dont on détermine les âges. La moyenne arithmétique de ceux-ci est l'âge moyen.

### § 3. - Croissance des arbres.

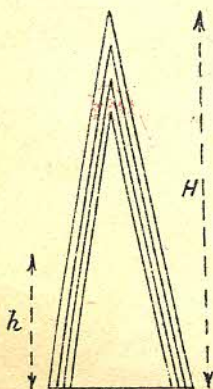
#### I. - Croissance en hauteur.

##### 1<sup>re</sup> - Détermination.

Cet accroissement peut être établi sur des arbres de haut d'essences résineuses formant des verticilles réguliers, soit par mesurage direct, soit à l'aide du dendromètre.

Si non, il n'est possible de l'apprécier que sur des sujets abattus par l'examen des sections transversales, c'est-à-dire par l'analyse de tiges, travail qui consiste dans l'étude des sections transversales d'un arbre pour rechercher les différentes phases de ses accroissements.

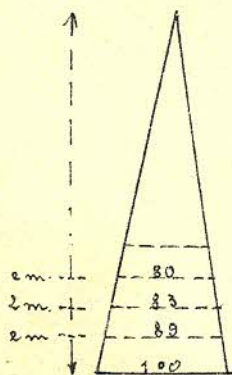
On opère de la manière ci-après: Une tige se développe chaque année en grosseur et en hauteur. Elle est donc constituée en quelque sorte par une série de cônes s'emboîtant les uns dans les autres. Une section faite au-dessus présente une quantité  $N$  de cercles annuels indiquant le nombre d'années qu'a mis le végétal pour atteindre sa hauteur totale. Une autre pratiquée au niveau  $h$  laisse voir  $n$  couches; ce chiffre marque le temps écoulé depuis que l'arbre a dépassé la hauteur  $h$ . Il en résulte qu'il



à faillu à la tige, à une année près et par défaut,  $N - n$  ans pour s'élever jusqu'à  $h$  et que pendant les  $n$  dernières années elle s'est allongée de  $H - h$ .

Il s'agit, par exemple, de trouver l'accroissement en hauteur d'un sujet au cours des dix dernières années de sa vie. On recherche par tâtonnements, sur des sections de la tige, l'endroit où l'on distingue 10 cercles annuels; la distance de cet endroit au sommet donne l'accroissement demandé.

Si l'on désire connaître la marche de l'allongement d'un arbre à différents âges, on fait, de place en place, tous les 1, 2, 3 mètres, des sections sur lesquelles on compte les couches. Supposons que l'on obtienne les résultats ci-dessous.



Hauteur des sections.	Nombre de cercles annuels.	Age auquel la hauteur des sections a été atteinte.
0 m	100	0 année
2	89	11 "
4	83	17 "
6	80	20 "
etc..		

Nous trouvons, dans ce tableau, les hauteurs atteintes à 11, 17, 20 ans, etc., à une année près et par défaut. Rien n'est plus facile que d'en déduire les accroissements périodiques et les accroissements moyens périodiques.

Un tracé graphique fournit ces renseignements pour les diverses périodes de la vie. On trace deux axes de coordonnées rectangulaires, on porte en abscisses les âges trouvés dans l'analyse et en ordonnées les hauteurs. On relie ensuite les points par une courbe d'un trait continu. La mesure des coordonnées donne les hauteurs correspondant aux âges.

## 2°. - Sois. -

Nous n'examinerons ici que les brins de semence. Comparés à ces derniers, les rejets de sauche ont une croissance annuelle en hauteur et en diamètre beaucoup plus rapide dans la jeunesse

mais cessant par contre à un âge moins avancé, surtout ceux de vieille souche.

L'accroissement en hauteur est celui qui se manifeste le premier au printemps, mais il ne dure d'habitude que 6 semaines à 2 mois; c'est pourquoi il dépend plus des réserves accumulées dans le végétal que des conditions de végétation de l'année même.

Il est très variable suivant les essences, l'âge, la station et le traitement.

Les essences présentent des différences au point de vue de la longueur absolue des pousses annuelles. On constate les plus forts accroissements sur de jeunes sujets de plusieurs espèces, telles que l'épicéa, le sapin de Douglas, le pin sylvestre, le mélèze. Le sapin argenté et le hêtre s'élevèrent moins vite pendant les premières années, mais, ce qui est vrai aussi pour l'épicéa, leur allongement est plus soutenu et plus durable dans la suite.

La croissance en hauteur est lente dans la jeunesse. A partir de 3-4 ans, chez certaines essences, plus tard chez d'autres, elle s'accélère, devient active et atteint son maximum relativement tôt, 10 à 50 ans suivant les espèces et les conditions. Elle ne tarde pas à diminuer assez rapidement pour les essences à croissance vigoureuse au début, plus lentement pour les autres, reste relativement faible pendant longtemps et ne cesse d'ordinaire qu'à un âge avancé, très avancé même chez le sapin et surtout chez l'épicéa.

Les conditions de sol (la profondeur notamment) et de climat exercent l'action prépondérante sur l'accroissement en hauteur. Celui-ci atteint son maximum d'autant plus tôt que les circonstances sont meilleures.

Il est également favorisé par un état de massif, modérément serré et par une taille faite rationnellement. Les arbres tout à fait isolés et ceux des peuplements trop denses, présentent toujours une hauteur relativement faible. On constate aussi des variations sensibles dans l'allongement suivant que le sujet croît en pleine lumière ou sous un

embrage plus ou moins fort.

## II. - Accroissement transversal.

### 1<sup>o</sup>. - Accroissement en diamètre.

1. - Détermination. - Il n'est pas difficile de rechercher cet accroissement sur les arbres abattus, à tous les âges et à toutes les hauteurs.

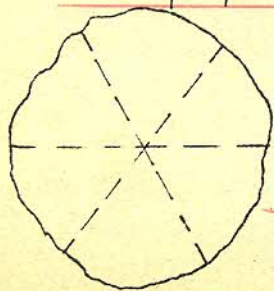
À l'endroit de la tige où l'on désire porter ses investigations, on fait une section que l'on a soin d'aplanir et de polir pour rendre les cercles annuels bien apparents; il est parfois nécessaire d'avoir recours aux matières colorantes citées plus haut.

Il est alors possible de mesurer sur cette section soit l'épaisseur d'une couche formée au cours d'une année déterminée, soit l'accroissement transversal de l'arbre pendant une période donnée ou pendant toute la vie du végétal.

Supposons un sujet dont la section de base présente 100 cercles annuels. Il a donc 100 ans. Nous voulons connaître son diamètre à 90, 80 ans, etc... En compte 10 couches à partir de la circonférence, on marque d'un trait au crayon la limite du 90<sup>e</sup> accroissement et on mesure son diamètre. On opère de la même façon pour le 80<sup>e</sup> accroissement et ainsi de suite en s'avancant vers le centre.

On peut exécuter ces recherches à n'importe quelle hauteur de l'arbre suivant le but poursuivi.

La section d'une tige est rarement circulaire; c'est donc le diamètre moyen qu'il faut prendre. Il suffit de mesurer deux diamètres perpendiculaires quand le contour est relativement régulier. Dans le cas où celui-ci est assez sinuëux, on fait la moyenne de 3-4 diamètres formant entre eux des angles égaux.



Enfin, s'il est fort irrégulier, c'est la surface de la section que l'on calcule et le diamètre moyen cherché est celui du cercle de même surface.



Il n'est guère commode de procéder à de semblables opérations en forêt. Aussi a-t-on l'habitude de découper, pour les étudier au laboratoire, des rondelles de bois de quelques centimètres d'épaisseur et présentant sur une de leurs faces (ordinairement sur la face inférieure) la section à examiner.

Il existe des instruments qui permettent de rechercher l'accroissement transversal sur les arbres debout ; sont à citer : la tarière de Dressler et l'autographe de Friedrich.

La tarière de Dressler découpe et prélève dans la tige un cylindre ligneux constitué par la superposition d'un certain nombre de cercles annuels grâce auxquels il est possible de suivre la marche de la croissance en diamètre pendant les n dernières années de la vie du végétal.

Elle se compose d'une tarière en acier, creuse à l'intérieur, et pourvue d'un pas de vis très tranchant à sa partie inférieure. Une poignée en fer, en forme d'étui, s'adapte sur l'outil au travail et sert à le loger au repos pour en faciliter le transport.

L'endroit favorable aux recherches étant choisi sur l'arbre, on y fait pénétrer l'instrument jusqu'à une profondeur suffisante, suivant une direction perpendiculaire aux cercles annuels. On découpe ainsi un petit cylindre de bois qu'il est facile d'extraire, car le diamètre de la partie creuse de la tarière est un peu plus grand à la partie supérieure qu'à la partie inférieure. A cet effet, on insinue entre le cylindre ligneux et la paroi interne de l'outil, une sorte d'aiguille garnie sur une face de crans qui pénètrent dans le bois et le fixent dans la tarière. On détourne ensuite celle-ci et, en retirant l'aiguille, on obtient un échantillon fort intéressant, puisqu'il représente la superposition des dernières couches annuelles d'accroissement. Si ces dernières sont peu distinctes, on les fait ressortir par les moyens que nous connaissons. On en mesure alors l'épaisseur.

Nombreuses sont les applications que peuvent recevoir les sondages à l'aide de la tarière de Dressler. Ils permettent de déterminer l'accroissement en diamètre, en surface et en volume. Ils font ressortir l'influence de l'éclaircie, de l'élagage de l'applic

action, d'engrais, d'une invasion d'insectes ou de champignons, bref de tous les facteurs qui exercent une action sur le développement en épaisseur des essences forestières.

Cet instrument est utilisé pour l'évaluation de l'âge des petits arbres, pour le calcul du taux d'accroissement et du taux de production. On l'emploie avec avantage pour apprécier la qualité du bois ainsi que la nature et la gravité des défauts ou des vices des tiges sur pied. Il indique la marche de l'imprégnation de la matière ligneuse par des produits antiseptiques, etc...

Quoi qu'il en soit, les indications qu'il donne ne valent jamais celles qu'il est possible de recueillir sur une section.

Nous ne croyons pas devoir décrire l'autographe de Friedrich, appareil très ingénieux et d'un grand intérêt pour les recherches scientifiques, dont les tracés graphiques, comparables à ceux des baromètres enregistreurs, rendent compte des variations les plus minimes du diamètre d'un arbre, variations qui se sont produites à tous les moments d'une période courte ou longue à volonté.

2. - Sois. - L'accroissement en diamètre se manifeste plus tard au printemps que celui en hauteur, mais il se poursuit aussi jusqu'à une époque plus reculée. Le bois se forme au début d'une période de croissance, aux dépens des réserves alimentaires du végétal.

Cet accroissement dépend des essences, de l'âge, des conditions de végétation et de la hauteur à laquelle on le mesure sur la tige.

Certaines espèces (pin sylvestre, épicéa, frêne) le présentent plus rapide dans la jeunesse que d'autres (sapin pectiné, hêtre, chêne), qui, par contre, continuent à grossir d'une manière plus soutenue et plus durable dans la suite.

Si on l'examine par rapport à l'âge, on constate, sur une section faite sur terre, qu'à partir du centre l'épaisseur des cerclés annuels augmente avec rapidité, atteint son maximum très tôt, ne tarde pas à diminuer et devient de plus en plus faible jusqu'à l'extérieur. assez fréquemment, la couche la plus large n'est plus visible sur une section pratiquée à 1,50 m. de haut sur laquelle les accroissements décroissent déjà de la moitié

à la circonférence.

Le grossissement des arbres se trouve sous une dépendance très étroite des propriétés de la station; on observe à cet égard des différences très marquées. De bonnes conditions de sol et de climat le stimulent au plus haut point.

L'action de la lumière se fait aussi vivement sentir dans un sens favorable. Les arbres isolés ou réunis dans des peuplements bien éclaircis, étendent leur diamètre beaucoup plus que ceux qui vivent en massif serré ou sous l'ombrage.

L'épaisseur des cercles annuels n'est pas toujours constante à toutes les hauteurs d'une tige.

Sur les arbres croissant en massif, elle est d'ordinaire la plus forte immédiatement en dessus des premières grosses branches, c'est-à-dire dans la partie supérieure du fût; cette particularité est surtout bien marquée quand les circonstances de sol et de climat sont propices et quand les fûts sont élevés grâce à la densité des peuplements. A partir des premières grosses branches, la largeur des accroissements diminue jusqu'à la base du tronc; cependant chez les vieux arbres, elle augmente de nouveau au pied en donnant à celui-ci la forme évasée que l'on connaît.

Les cercles annuels des sujets isolés et à fût court ont une épaisseur identique ou s'affaiblissent de bas en haut. Quant à ceux des individus très jeunes, encore pourvus de branches jusqu'au sol, ils décroissent de la partie inférieure au sommet de la tige.

Si nous examinons l'accroissement en diamètre par rapport à la forme d'une tige au cours des différentes phases de la croissance, nous constatons qu'un arbre peu âgé, sans fût, présente une section longitudinale limitée par une courbe convexe vers l'axe. Dans la suite, la convexité du pied persiste toujours. Mais à mesure que l'élagage naturel se produit et que le fût se constitue, la forme se rapproche d'abord d'un cône droit, ensuite d'un cône renflé vers le haut ou d'un paraboloïde du second degré. A ce moment, la section longitudinale a un contour évasé au pied, puis sensi-

lement rectiligne sur une certaine longueur, concave vers l'axe dans le haut du fût et irrégulier dans la cime.

Les arbres ont donc une forme qui est caractéristique de la situation où ils croissent, mais qui se modifie quand les circonstances viennent à changer, par exemple, quand l'état de massif devient plus clair ou plus serré, à la suite de l'élagage, etc...

## 2. - Croissement circulaire ou de surface.

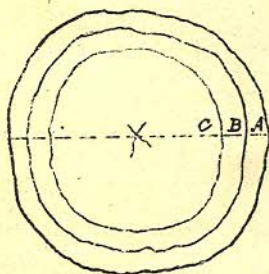
1. - Détermination. - Le accroissement en diamètre donne rapidement celui en surface.

Soit à déterminer celui-ci pendant les  $n$  dernières années de la vie d'un arbre. On mesure le diamètre actuel  $D$  et le diamètre qu'avait la tige il y a  $n$  années,  $d$ .

L'accroissement transversal cherché est donné par l'expression :  $\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$ .

2. - Sois. - On appelle surface terrière d'un arbre, la surface de sa section à hauteur d'homme (1,30 m. du sol).

L'accroissement circulaire dépend de celui en diamètre quoiqu'il ne varie pas de la même façon ; en effet si deux cercles annuels  $AB$  et  $BC$  ont la même épaisseur, la surface de  $AB$  est plus grande que celle de  $BC$ . Il peut donc encore augmenter alors que celui en diamètre se ralentit déjà. L'accroissement de la surface terrière est de plus en plus rapide avec l'âge, puis, il reste constant ou fléchit légèrement.



Sa marche est fortement influencée par les propriétés de la station. Dans les bonnes situations, il atteint son maximum assez tôt pour décroître assez vite dans la suite, tandis qu'il est faible mais très longtemps soutenu quand les conditions sont mauvaises.

Les arbres isolés ont un accroissement circulaire qui reste constant ou augmente jusqu'à leur mort. L'état serré a pour effet de les faire subvenir plus tôt et de rendre sa diminution

plus rapide.

### III. - Accroissement du volume. -

#### 1. - Détermination. -

Nous avons maintenant une documentation suffisante pour trouver cet accroissement à tous les âges ou pour un temps déterminé. Le problème revient à chercher les volumes présentés par l'arbre à la fin et au début de la période considérée et de soustraire le dernier du premier.

1. - Détermination sur des sujets abattus. - Elle se fait d'une manière plus précise que sur des individus sur pied.

On peut procéder de plusieurs façons :

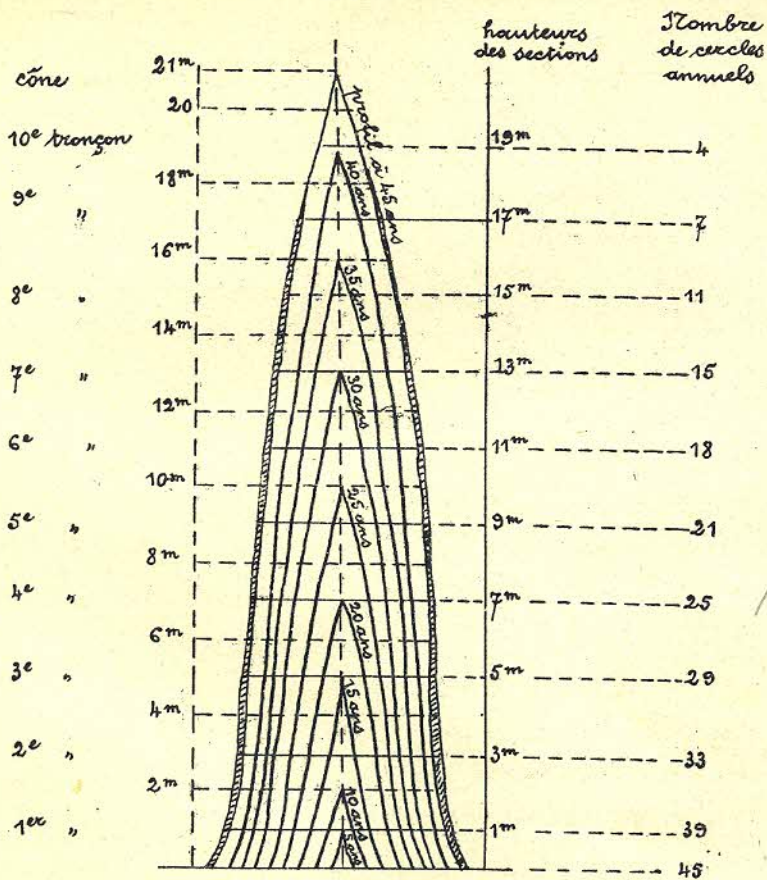
a. - A l'aide de sections. - Une excellente méthode pour obtenir le volume d'une grume, consiste à diviser celle-ci en tronçons de faible longueur et à cuber chacun d'eux par la section médiane. C'est aussi le système le plus recommandable dans les recherches qui nous occupent.

Il s'agit de déterminer l'accroissement en volume d'une tige à tous les âges.

L'arbre d'expérience, dont nous connaissons ou nous étudierons l'âge, est divisé, par des lignes idéales, en tronçons d'égale longueur, d'ordinaire de 2 mètres. En pratique une section au milieu de chaque tronçon, soit à 1, 5, 10 m. etc. de hauteur (on y découpe une rondelle de bois qui est étudiée au laboratoire). Sur chacune des sections, préparées convenablement, on compte les cercles annuels et on mesure les diamètres correspondant à tous les âges (on adapte souvent des intervalles de 5 ou de 10 ans).

Ces éléments nous permettent de calculer, de la manière indiquée antérieurement, les hauteurs de la tige à ces différents âges. Ils servent aussi à construire une section longitudinale de l'arbre dont la figure ci-après donne un exemple et qui est fort commode pour se représenter les opérations suivantes à effectuer.

La tige de 5 ans est cubée directement comme un cône, de même que celle de 10 ans.



Échelle  
10 pour hauteur

La tige de 15 ans est comprise dans les tronçons 1, 2 et 3. Dans le 1<sup>er</sup> tronçon, dont la longueur est de 2 mètres, son diamètre moyen au milieu est de  $d^1$ , son volume est donc représenté par  $\frac{\pi d^1^2}{4} \times 2$  et il devient  $\frac{\pi d^2^2}{4} \times 2$  dans le 2<sup>e</sup> tronçon. La partie qui s'avance dans le 3<sup>e</sup> tronçon est cubée comme un cône. La somme de ces volumes donne le cube de la tige de 15 ans.

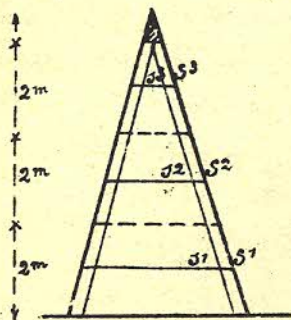
On procède de la même façon pour tous les âges. Rien n'est plus facile alors que de déduire les différents accroissements périodiques moyens.

Cette méthode est la plus précise, mais elle réclame beaucoup de temps, aussi n'est-elle en général utilisée que pour les travaux scientifiques.

Le problème est d'ailleurs fort simple quand on se propose de déterminer l'accroissement en volume d'une tige seulement

pendant les n dernières années.

On recherche, en faisant des sections, l'endroit de la tige où il n'existe que n cercles annuels et qui correspond à l'extrémité de la tige il y a n années. La tronche raccourcie est

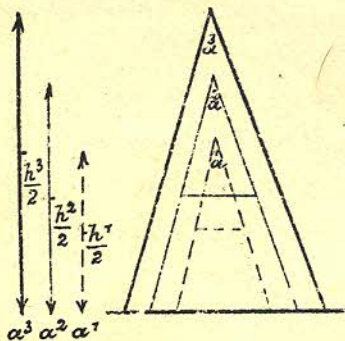


divisée, par des lignes idéales, en un certain nombre de billons de 2 - 3 m. de long, au milieu desquels on fait une section transversale servant à mesurer le diamètre actuel et celui qui avait l'arbre il y a n années. L'accroissement en volume est égal à la somme des accroissements calculés sur chacun des tronçons plus le volume du cône enlevé préalablement.

Si  $S^1$  et  $s^1$ ,  $S^2$  et  $s^2$ , etc... représentent respectivement la section médiane actuelle et celle de la tige il y a n années pour les 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup>, ... tronçons dont la longueur est de l mètres, il vaut:  $A = l [(S^1 - s^1) + (S^2 - s^2) + \dots]$  + volume du cône.

h. - à l'aide de la section médiane. - La formule de cubage des grumes: "section médiane x hauteur" permet aussi de résoudre la question, pourvu qu'une grande exactitude ne soit pas de rigueur.

Soit, par exemple, une tige de  $a^3$  ans dont on désire connaître les accroissements en volume aux âges  $a^1$ ,  $a^2$  et  $a^3$ .



On commence par établir le volume actuel, on mesure la hauteur  $h^3$  et le diamètre au milieu  $d^3$ .

$$V = \frac{\pi d^3{}^2}{4} h^3.$$

On s'occupe ensuite de la tige âgée de  $a^2$ . Pour trouver sa hauteur  $h^2$ , on recherche, en faisant des sections, l'endroit constitué par  $a^3 - a^2$  cercles annuels. On pratique une section à mi-hauteur et on mesure le diamètre  $d^2$ .

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

On procède de la même manière pour la tige âgée de  $a^1$  dont le volume =  $V^1$ .

L'accroissement en volume de  $a^1$  à  $a^2 = V^2 - V^1$ .

id  $a^2$  à  $a^3 = V^3 - V^2$ .

Nous connaissons la valeur de la formule  $\sigma H$ . Cette méthode est donc moins précise que la précédente. Mais elle est plus simple et elle suffit aux besoins de la pratique forestière.

Quand on désire ne pas sectionner, à mi-hauteur, des tiges de  $a^1$  et de  $a^2$ , on peut utiliser la tarière de Pressler qui renseigne l'épaisseur des accroissements compris entre  $a^3$  et  $a^2$  et entre  $a^2$  et  $a^1$ .

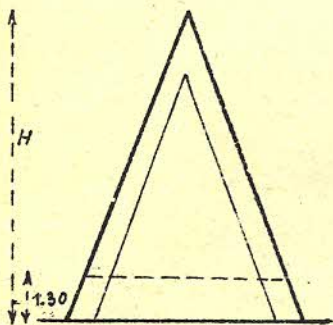
2. - Détermination sur des sujets debout. -

Les résultats sont loin d'être aussi satisfaisants que sur des individus abattus puisqu'il est impossible de faire des sections et que seuls sont applicables les systèmes de cubage des arbres sur pied (coefficient de forme, décroissance, défilement).

Déterminons l'accroissement en volume d'une tige pendant les  $n$  dernières années à l'aide du coefficient de forme. Sa manière d'opérer est la même quand on se sert de la décroissance ou du défilement.

Le problème revient toujours à calculer le volume actuel et celui de la tige il y a  $n$  années.

Pour trouver le volume actuel, on mesure la hauteur  $H$ , le diamètre à 1,30 m. du sol,  $D$ , et on cherche le coefficient de forme  $f$  par des expériences



ou dans des tables.

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times H \times f.$$

Le volume qu'avait la tige il y a  $n$  années, n'est pas aussi facile à établir. On détermine le diamètre  $d$  à 1,30 m. à l'aide de la tarière de Pressler. Si l'épaisseur des  $n$  cercles annuels prélevés est de  $e$ ,  $d = D - 2e$ . Il n'est pas possible d'apprécier avec exactitude la hauteur et le coefficient de forme. On estime qu'à l'âge considéré l'arbre devrait avoir une



hauteur  $h$  et on obtient dans une table le coefficient  $f'$  correspondant à la hauteur ou au diamètre; on peut considérer  $f'$  comme égal à  $f$  quand la différence entre les âges est peu importante.

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

L'accroissement en volume =  $V^1 - V^2$ .

Ce procédé n'est évidemment qu'approximatif.

## 2° Sois.

L'âge, les essences et les conditions de végétation exercent une influence plus ou moins grande sur l'accroissement du volume.

Celui-ci est faible dans la jeunesse; puis il augmente de plus en plus, assez rapidement chez certaines essences, plus lentement chez d'autres. Souvent il reste constant à partir d'un âge peu avancé, notamment dès que l'accroissement en hauteur diminue sensiblement. Cependant il arrive que l'augmentation perdure jusqu'à la maturité, ainsi qu'on peut le constater sur des individus bien vigoureux dont le développement de la cime et des racines n'a pas été contrarié. On observe aussi parfois une diminution à partir d'un âge plus ou moins reculé; sur des arbres dont la croissance a été rapide au cours des premières années.

Si le moment où le volume commence à grandir avec rapidité diffère avec les essences, de même le maximum de l'accroissement annuel se produit à un âge variable, plus tard chez certaines telles que le chêne et le hêtre que chez d'autres comme le frêne et l'orme, relativement tôt dans tous les cas pour les espèces placées dans une très bonne station et dont la croissance est très vigoureuse.

Des conditions de végétation favorables ont pour conséquence de hâter l'époque où l'accroissement annuel du volume devient le plus grand; toutefois il est assez rare que l'on y trouve un maximum dans l'accroissement moyen avant que les arbres ne soient exploitables.

C'est l'espace réservé aux sujets qui exerce l'action prépondérante sur l'accroissement. Depuis quelque temps dominées ou en massif serré, les essences restent malingres; le dégagement n'améliore pas la végétation de certaines (de lumière), alors qu'il fait reprendre vigueur à d'autres (d'ombre), quoique son effet soit moins marqué quand il s'exerce trop tard.

L'accroissement du volume se montre le plus satisfaisant sur les arbres dont le développement de la cime et des racines n'est pas entravé. Nous connaissons d'ailleurs l'influence de l'éclaircie rationnelle dans les peuplements.

## II. - Taux d'accroissement du volume.

Le taux d'accroissement du volume est le rapport entre l'accroissement annuel  $p$  et le volume du début de l'année  $V$  qui a donné naissance à cet accroissement. Le taux  $T$  est donc représenté par :  $\frac{p}{V}$ .

### 1<sup>o</sup>. - Détermination.

L'accroissement annuel  $p$  dépend des conditions de végétation. Or celles-ci sont parfois exceptionnelles. Dans le but d'écarter les irrégularités qui leur sont dues, on prend la moyenne des accroissements annuels de plusieurs années, de 5 ans au moins.

Soit à déterminer le taux d'accroissement pendant les  $n$  dernières années d'un arbre. Le volume de celui-ci est de  $v$  au début et de  $V$  à la fin de cette période. La moyenne de l'accroissement annuel est donc de  $\frac{V-v}{n}$  et la valeur moyenne du volume qui a produit cet accroissement, de  $\frac{V+v}{2}$ . Le taux d'accroissement du volume est égal à :

$$\frac{\frac{V-v}{n}}{\frac{V+v}{2}} = \frac{2}{n} \frac{V-v}{V+v}$$

### 2<sup>o</sup>. - Lois.

Le taux d'accroissement du volume diminue avec l'âge; il est très élevé pendant la jeunesse, puis il s'affaiblit d'une

manière constante et de plus en plus lentement.

Il est influencé par toutes les circonstances qui agissent sur l'accroissement du volume. Il est donc plus grand chez les arbres isolés que sur ceux qui vivent en massif et d'autant moins élevé que celui-ci est plus serré. Si l'éclaircie l'augmente dans de fortes proportions.

### § 4. - Croissance des peuplements.

Un peuplement est constitué par une réunion d'arbres. Cependant il ne se développe pas de la même manière que les sujets considérés individuellement. En effet, sous l'action de la lutte pour l'existence qui se produit dans les massifs, des individus plus favorisés soit par leur vigueur, soit par la situation qu'ils occupent, prennent le dessus et finissent par dominer leurs voisins qui, moins forts, restent retardataires ou succombent en attendant d'être éliminés. Il en résulte une diminution continuelle des tiges qui fait sentir ses effets sur le développement de la hauteur, du diamètre, de la section terrière et du volume des peuplements.

#### I. - Détermination de la croissance des peuplements.

La méthode la plus simple et la plus exacte, en théorie du moins, d'établir aux différents âges la croissance d'un peuplement d'une essence placée dans des conditions déterminées, consiste à choisir un tel peuplement alors qu'il est encore jeune, et d'y faire le relevé du nombre de tiges, de la hauteur et du diamètre moyens, du volume, etc., relevé que l'on renouvelle périodiquement, tous les 5 ans, par exemple, jusqu'au dépérissement du massif. Comme celui-ci peut être abîmé par des accidents au point d'arrêter les recherches, on en observe non pas un seul, mais un certain nombre.

Ce moyen est cependant inapplicable dans la pratique, parce qu'il réclame des études prolongées outre mesure, peut être pendant 100-150 ans.

Il est donc nécessaire de tourner cette difficulté en adoptant

un autre système. Le suivant, le plus recommandable et le plus employé, est attribué à Heyer. Voici comment on procède :

On choisit une quantité aussi grande que possible de parcelles de l'essence à examiner, se trouvant dans des conditions identiques de sol et de climat, ayant subi le même traitement, mais d'âges divers et échelonnés. Tous ces peuplements sont cubés et le cubage est recommencé tous les 4-5 ans. Après 15 ans au moins ou mieux après 20-25 ans, on construit les courbes du développement (nombre de tiges, hauteur, diamètre, surface terrière, volume, ...) des différentes parcelles au cours de ce laps de temps et tout d'abord les courbes figurant la variation du volume qui sont les plus intéressantes. A cet effet, on trace deux axes de coordonnées. Pour chacune des places d'essai, on porte en abscisses les âges, en ordonnées les volumes. On relie les points se rapportant à une même parcelle par une courbe qui indique l'évolution du volume avec l'âge.

Si les peuplements sont assez nombreux et s'ils ont été étudiés pendant une période assez longue, des fragments de courbe se raccorderont et permettant de tracer une courbe unique.

Par exemple, une place d'essai a été inventoriée de 78 à 100 ans et une autre de 90 à 112 ans ; si la courbe de variation du volume est la même de 90 à 100 ans, on peut admettre que ces deux peuplements se font suite, c'est-à-dire qu'ils sont comparables.

La méthode de Heyer, irréprochable à première vue, donne cependant prise à une critique sérieuse. Les peuplements choisis doivent être identiques, à l'âge près, au point de vue de la station et du traitement. Or on n'est pas encore parvenu à trouver le moyen de "mesurer" les qualités productives d'une station forestière. La même incertitude règne quant au passé des peuplements d'un certain âge. Ceux-ci ont-ils subi un traitement absolument identique ? D'aucuns n'ont-ils pas été modifiés par des accidents, incendies, chablis, etc. ? Parfois les peuplements se font suite sur la courbe des volumes, mais des circonstances exceptionnelles ont produit, dans le développe-

ment de ceux-ci, des anomalies qu'il est d'ailleurs possible de constater par la construction des courbes de la variation de la hauteur ou de la surface terrière. Si les fragments de courbe des hauteurs, par exemple, se raccordent bien pour les différentes places d'essai, on en déduit que les peuplements sont réellement comparables; sinon, on écarte les parcelles dont la végétation est exceptionnelle.

Le choix des peuplements est donc plus ou moins arbitraire et il importe d'atténuer cet inconvénient en multipliant les parcelles d'essai et en les observant le plus longtemps possible, d'autant plus que les méthodes de cubage ne sont pas parfaites, ainsi que nous l'avons vu antérieurement. Les renseignements sont alors les plus exacts qu'il est permis d'obtenir en semblable matière.

Un autre reproche que l'on fait au procédé Hoyer, c'est de ne fournir des résultats qu'après une vingtaine d'années.

On recourt avec avantage à la méthode suivante due à Hartig pour recueillir des renseignements à bref délai.

Soit un peuplement de 100 ans; nous désirons savoir quel a été son volume à 75 ans. Nous y choisissons un certain nombre d'arbres types que nous analysons pour connaître la hauteur et le diamètre moyens ainsi que le volume des sujets de 75 ans. Nous cherchons à proximité, dans des conditions identiques, un peuplement de 75 ans dont l'arbre moyen présente la hauteur, le diamètre et le volume établis par l'analyse. Nous y déterminons le nombre de tiges, la surface terrière et le volume et nous considérons ces éléments comme étant ceux, à 75 ans, de notre peuplement de 100 ans.

Le procédé Hartig n'est pas absolument précis, parce que les arbres types du peuplement de 100 ans ne donnent pas la moyenne exacte de la hauteur, du diamètre et du volume des sujets de 75 ans; il est probable que si ces tiges ont pu atteindre l'âge de 100 ans, c'est qu'elles avaient, à 75 ans, une vigueur et des dimensions dépassant la moyenne. Il est cependant susceptible de rendre des services dans la pratique et même dans les recherches scientifiques, du moins pour certaines

essences notamment celles de lumière qui ne supportent pas l'état dominé. Mais il réclame de nombreuses analyses de tiges et, par conséquent, de longues manipulations.

Ce sont des travaux analogues à ceux que nous venons d'examiner qui ont permis aux stations de recherches forestière de construire ce que l'on appelle des tables de production. Il en existe pour les principales espèces. Elles montrent la marche de la croissance de peuplements typiques, normaux, dans des conditions déterminées.

Les stations allemandes ont coutume de diviser, dans les tables, les peuplements en cinq classes correspondant chacune à une station différente; la 1<sup>re</sup> classe se rapporte à des qualités productives de la station très bonnes; la 2<sup>e</sup>, à des qualités bonnes; etc. -- (moyennes, médiocres et mauvaises).

Ces tables servent à déterminer les lois du développement des peuplements. Elles sont aussi utilisées dans la pratique des aménagements pour fixer le volume normal et la croissance normale de forêts données. Une difficulté survient cependant quand il s'agit de rattacher celles-ci à une des classes de productivité de la table.

Nous savons qu'il n'existe aucun critérium certain des qualités productives d'une station. On a proposé plusieurs moyens: la longueur des pousses annuelles, l'accroissement en diamètre, la surface terrière. Beaucoup d'auteurs sont d'accord pour considérer le volume des peuplements (à 100 ans d'après les stations allemandes), comme l'indice le plus caractéristique de la classe de productivité, car il résulte d'éléments divers: du nombre de tiges, de la hauteur, de la section terrière et de la forme.

## II. - Lois de l'accroissement des peuplements. -

Les peuplements dont il s'agit sont des futaies de même âge, pures et normales.

### 1<sup>o</sup>. - Nombre de tiges à l'hectare. -

Les circonstances accidentelles font varier ce facteur plus que les autres. Un peuplement a été éclairci par le vent; cet

accident a réduit le nombre d'arbres mais peut, après quelque temps, n'avoir pas exercé d'influence marquée sur le volume.

Un peuplement jeune est constitué par une quantité très considérable quoique variable de tiges; on ne constate que rare de régularité à cet égard que quand l'état de perches est bien établi. Cette quantité décroît avec l'âge, ainsi que le montre le tableau suivant pour des forêts dont le peuplement principal n'a jamais été éclairci.

âges.	Conditions de végétation.	
	Bonnes	Moyennes
30 <sup>ans</sup>	12 600 tiges	18 000 tiges
40	4 500	7 000
50	2 400	3 400
60	1 500	2 100
70	1 070	1 500
80	840	1 200
90	700	930
100	600	780
110	530	670
120	480	590

La diminution est des plus fortes au début, puis elle se ralentit et ne cesse pas tant que les arbres se développent encore.

Elle est plus rapide dans les bonnes conditions de végétation. Meilleures sont celles-ci et moins le peuplement comprend de sujets à un âge donné, parce que les dimensions y sont plus grandes. Mais cette différence entre les situations favorables et défavorables s'atténue avec le temps car l'élimination des sujets persiste jusqu'à une époque plus tardive là où la productivité est faible.

On a aussi observé, dans les montagnes que la quantité de tiges s'élève avec l'altitude à cause de la pente et aussi des propriétés moins avantageuses de la station.

## 2. - Accroissement en hauteur.

L'accroissement en hauteur des peuplements est régi par les mêmes lois que celui des arbres. Il est peu considérable au début, grandit avec rapidité, atteint son maximum à un âge d'autant moins élevé que la croissance a été plus vigoureuse et a augmenté plus vite, puis il se maintient quelque temps, diminue et finit par devenir à peu près nul.

Cependant la variation de la hauteur moyenne des peuplements n'est pas analogue à celle des arbres. En effet, la disparition continuelle des tiges les plus basses provoque une élévation de la hauteur moyenne.

### 3° - Accroissement transversal.

1. - Accroissement du diamètre. - Il évolue de la manière indiquée pour les arbres quoique l'élimination des sujets dans les peuplements tende à augmenter le diamètre moyen.

À ajouter que les forêts les plus régulières présentent des différences sensibles de diamètres. Celles-ci s'accroissent avec l'âge et se montrent plus fortes dans les forêts qui comprennent peu de tiges que dans celles qui en renferment beaucoup. L'éclaircie a pour effet de renforcer considérablement le diamètre moyen des peuplements.

2. - Accroissement de la surface terrière. La surface terrière d'un peuplement est la somme des surfaces des sections à hauteur d'homme (1,30 m.) de tous les arbres. Elle constitue l'expression la plus claire de la densité d'une forêt, plus même que le volume puisqu'elle est indépendante de la hauteur et de la forme des sujets.

Le développement de la surface terrière d'un peuplement dépend du nombre de tiges, de l'âge, des essences et des conditions de végétation.

Les arbres ont un diamètre d'autant plus grand qu'ils sont moins nombreux. Leur section terrière n'est donc pas proportionnelle à la quantité de tiges. D'une manière générale, elle est plus élevée, toutes choses égales d'ailleurs, dans les peuplements riches en sujets que dans les autres, où cependant les arbres atténuent plus ou moins l'effet du petit nombre par un plus fort diamètre.

La surface terrière est très faible au début. Elle augmente avec rapidité dans la jeunesse, moins vite à partir de l'âge moyen, mais elle ne cesse jamais entièrement de grandir jusqu'au dépérissement de la forêt. Ce ralentissement se montre plus hâtif et plus accentué chez les essences de lumière (mélèze, pin sylvestre, chêne, ...) qui constituent des peuplements plutôt



clair que chez les espèces (sapin argenté, épicéa, ...) qui supportent l'état sec.

On constate que la surface terriciée a une valeur sensiblement plus faible dans les stations défavorables que dans les bonnes, quoique les premières comportent un plus grand nombre de tiges.

#### 4°... Accroissement du volume.

Le volume d'un peuplement est faible dans la jeunesse. Il augmente lentement d'abord et avec une grande rapidité vers l'âge moyen; dans la suite, il continue à s'accroître, mais plus faiblement, jusqu'à la fin de son existence. Si, à un moment donné, il reste constant ou même diminue, c'est sous l'influence de l'homme (éclaircies) ou de circonstances exceptionnelles (accidents divers).

L'accroissement annuel du volume est donc peu important au début. Avec l'âge, il grandit fortement pour atteindre son maximum assez tôt (30 à 40 ans) chez les essences à croissance très rapide et dans des conditions très favorables, mais, en règle générale, vers l'âge moyen et même à une époque plus avancée encore quand la végétation est peu vigoureuse. Après avoir culminé, il diminue assez vite dans les bonnes situations, lentement dans les autres.

L'accroissement annuel moyen subit moins de variations que l'accroissement annuel. D'abord inférieur à ce dernier, il augmente, puis atteint son maximum et décroît avec lenteur.

On pourra se rendre compte de la façon dont se développent les peuplements d'épicéa en Suisse en consultant la table de production de l'appendice.

#### 5°... Taux d'accroissement du volume du peuplement principal.

Le taux d'accroissement du volume des peuplements, est calculé de la manière indiquée antérieurement pour les arbres.

Si cependant les volumes du commencement et de la fin de la période considérée ne sont pas connus, on le détermine à

l'aide d'un certain nombre d'arbres d'expérience dont on apprécie le taux d'accroissement. Voici comment on procède:

Soit un peuplement de  $a$  années dont le cubage donne les résultats suivants:

Diarmètres	Nombre de sujets.	Volumes.
0,15 m.	$n^1$	$v^1$
0,20 "	$n^2$	$v^2$
0,25 "	$n^3$	$v^3$
etc...		
Totalise :		$N$
		$V_m^3$

Il est permis d'admettre que les arbres d'une même catégorie de diamètres ont un taux d'accroissement qui ne varie pas dans de fortes proportions et que l'on peut considérer comme étant la moyenne des taux d'accroissement trouvés sur un nombre suffisant de tiges d'essai.

On obtient ainsi le taux  $T^1$  pour la catégorie de diamètres 0,15 m.,  $T^2$ , pour la catégorie 0,20 m., etc...

Le taux d'accroissement du peuplement =  $\frac{T^1 v^1 + T^2 v^2 + T^3 v^3 + \dots}{V_m^3}$

L'évolution du taux d'accroissement du volume du peuplement principal suit la même marche que celle des arbres.

## Article 2. Production en matière.

Les produits intermédiaires sont constitués par les arbres qui sont éliminés du peuplement principal et que l'on récolte périodiquement.

Le volume des produits intermédiaires est faible au début, puis il augmente et atteint son maximum vers l'âge de 50 à 80 ans, maximum qui se produit relativement tôt chez les essences qui ne supportent pas l'état sec et dans les bonnes conditions. Enfin il diminue jusqu'à l'exploitation du peuplement.

Le produit principal est celui qui est fourni quand la forêt est exploitable. Comparé à ce revenu, le total des produits intermédiaires est assez élevé. On peut estimer, pour fixer les idées, qu'il représente un volume de 50 à 100 % du produit

principal quand en pratique l'éclaircie par le haut.

La production annuelle en matière est donc formée par l'accroissement annuel en volume du peuplement principal auquel il faut ajouter le volume de bois qui passe dans le peuplement secondaire en cours de l'année et qui sera recueilli sous forme de produit intermédiaire. Elle est par conséquent plus élevée que l'accroissement annuel du peuplement principal. Elle varie de la même façon mais elle culmine en général à une époque un peu plus avancée.

Le taux de production est le rapport entre le volume de la production annuelle et le volume qu'avait le peuplement au début de l'année. Il est évidemment supérieur au taux d'accroissement du volume du peuplement principal, il suit du reste une marche analogue.

### Article 3. - Formation de la valeur des arbres et des peuplements.

La valeur d'un arbre ou d'un peuplement dépend, pour une même essence, de son volume et du prix de son unité de volume que l'on appelle encore prix unitaire.

Cette valeur augmente avec l'âge chez les sujets sur pied. Cela tient à deux causes qui ajoutent leurs effets:

- 1- le volume s'accroît avec le temps;
- 2- le prix unitaire grandit à mesure que le volume de l'arbre ou du peuplement devient plus élevé.

Nous avons étudié ce qui a trait au volume. Nous examinerons ici la variation du prix de l'unité de volume avec l'âge d'un arbre ou d'un peuplement.

La croissance du prix unitaire peut être attribuée à deux circonstances:

- 1- l'arbre grossit continuellement;
- 2- la proportion, au volume total, des marchandises de fort calibre, les mieux rétribuées, va sans cesse en augmentant.

## §1.. Augmentation du prix du mètre cube avec l'âge ou le diamètre.

Un mètre cube de gros bois a bien plus de valeur qu'un mètre cube de petites pièces de bois. En effet, le premier est utilisable sous des formes très diverses; les usages du second sont restreints. Il laisse, lorsqu'il est mis en œuvre, une moins grande quantité de déchet. Ses rapports, au volume total, de la tige, de l'aubier ainsi que de l'écorce sont plus faibles dans le premier cas que dans le second. Ces qualités des gros bois, tirées du domaine de la technologie, leur assurent, celo va de soi, une plus grande valeur à l'unité.

Le prix unitaire varie donc, pour une même essence, avec les dimensions des sujets, c'est-à-dire avec la hauteur mais surtout avec le diamètre, et l'on peut dire, d'une manière très générale, qu'il s'accroît souvent proportionnellement au diamètre.

C'est ainsi que dans certaines forêts françaises, on évalue le prix du mètre cube de chêne d'après le nombre de centimètres du diamètre mesuré à hauteur d'homme ou à mi-hauteur. On estime que les chênes de qualité moyenne valent, par exemple, 1 franc le centimètre, c'est-à-dire 40 francs le m<sup>3</sup> s'ils ont 0,40 m. de diamètre médian, 50 francs pour 0,50 m., etc...

Cette loi de l'augmentation du prix avec le diamètre comporte pourtant des restrictions et des exceptions. Elle s'applique intégralement aux essences à bois précieux; à celles dont les débuts sont nombreux et variés; lorsque leur mise en œuvre donne beaucoup de déchet; quand elles présentent une forte proportion d'aubier ou d'écorce. Tel est le cas pour le chêne et, dans une mesure moindre, pour l'orme champêtre, le mélèze, le pin sylvestre etc...

Au contraire, chez d'autres espèces qui ne se trouvent pas dans ces conditions, comme chez l'épicéa, le sapin, le hêtre, etc..., le prix unitaire augmente jusqu'à ce que l'arbre ait atteint un diamètre déterminé, puis il peut rester stationnaire ou à peu près.

On constate aussi parfois que, grâce à des utilisations spéciales, l'accroissement du prix du mètre cube avec le diamètre cesse dès que les sujets ont dépassé certaines dimensions, pour reprendre au moment où la grosseur est devenue notablement plus forte. Un exemple typique nous est fourni en Belgique par les résineux débités en bois de mine. Les catégories de marchandises les mieux payées pour ce débouché, sont celles de 0,40 à 0,70 m. de tour avec une bonne moyenne de 0,55 m. Plus gros, les résineux ont un prix unitaire qui ne s'élève plus avant qu'ils ne présentent la circonférence de 0,90 par exemple, leur permettant de recevoir d'autres destinations, d'être utilisés notamment comme poteaux pour le transport de l'énergie électrique.

La valeur du mètre cube des arbres ou des peuplements sur pied dépend aussi beaucoup de facteurs divers qui sont du ressort de la technologie : des qualités et des défauts des bois ; des conditions de main-d'œuvre et de débit ; de la facilité ou de la difficulté de la vidange ; des débouchés ; etc. Ces facteurs, quand ils sortent de l'ordinaire, sont capables d'apporter des perturbations dans la loi de l'augmentation du prix unitaire avec le diamètre.

## § 2. - Proportion des diverses catégories de marchandises au volume total des arbres et des peuplements.

Un arbre ou un peuplement a un prix unitaire d'autant plus élevé qu'il est possible d'en tirer une plus grande quantité de marchandises bien payées. Or, le rapport de celles-ci au volume total augmente en même temps que les dimensions des pièces.

Les catégories de marchandises varient en quelque sorte à l'infini. Nous n'examinerons que la classification la plus générale comprenant l'écorce, le menu bois et le bois fort, quoiqu'elle n'ait rien de commercial.

### I. - Écorce. -

L'écorce constitue le plus souvent un déchet de valeur nulle,

il n'y a d'exception dans notre pays que pour les écorces de chêne que l'on enlève, de moins en moins d'ailleurs, pour les transformer en tan.

Son épaisseur dépend des essences; elle est relativement grande chez certaines espèces telles que le chêne, le mélèze, le pin sylvestre, mince chez d'autres comme le hêtre, l'épicéa, etc... Elle s'accroît plus ou moins du sommet à la base des tiges. Elle est aussi plus forte sur les sujets âgés que sur les jeunes, dans les situations mauvaises que dans les bonnes.

D'après la station suisse de recherches forestières, le volume de l'écorce par rapport à celui, écorce comprise, des tiges jusque 0.20 m. au petit bout, est de :

8,3	à	12,3	%	chez le sapin;
7,4	"	14,9	"	" l'épicéa;
10,1	"	16,8	"	" le pin sylvestre;
17,0	"	21,9	"	" le mélèze;
5,4	"	9,9	"	" le hêtre.

On estime que les troncs de chêne présentent un volume d'écorce de 15 à 20 % du volume total.

Toutes choses égales d'ailleurs, ces taux diminuent avec le diamètre et pour un même diamètre, avec la hauteur, c'est-à-dire quand les conditions de végétation sont favorables.

## II. - Menu bois et bois fort.

Le menu bois, ou celui de 0,20 m. de circonférence et moins, a une valeur très faible et parfois même nulle parce que ses dimensions sont trop restreintes. Le matériel ligneux ne commence souvent à être apprécié que quand il atteint 0,20 m. de tour, grosseur au-dessus de laquelle il est classé dans le bois fort.

Chez les arbres considérés individuellement, la proportion du menu bois au volume total s'amoindrit rapidement avec le diamètre dans la jeunesse; ensuite, à partir d'une certaine époque, elle se maintient à peu près

stationnaire. Pour un même diamètre, elle est d'autant plus faible que la hauteur est plus grande.

Dans les peuplements, le volume absolu du menu bois s'accroît assez vite dans le jeune âge, pour présenter, assez tôt, un maximum au-delà duquel il diminue quelque peu pendant plusieurs années, puis reste constant.

Son volume relatif décroît donc fortement dans les peuplements adultes, puisque le volume absolu n'augmente plus après une période qui n'est pas très longue. C'est ce que l'on remarque dans le tableau ci-après indiquant,

âges	Conditions de station	
	bonnes	moyennes
40 ans	43 %	55 %
60 "	18,5 "	22 "
80 "	14 "	15,5 "
100 "	13 "	14 "
120 "	12,5 "	13 "

d'après la station de recherches badoise, le rapport du menu bois au volume total d'un peuplement de sapin.

De ces indications on peut tirer les déductions suivantes qui s'appliquent aux arbres et aux peuplements.

La proportion du bois fort s'élève beaucoup avec

l'âge et les dimensions. Ses accroissements annuels et moyens culminent à une époque plus tardive que ceux du volume total; en effet, chaque année, le volume déjà existant augmente non seulement du fait de sa croissance, mais aussi de ce qu'une certaine quantité de menu bois s'incorpore à la classe du bois fort. Le taux d'accroissement de son volume est, à tous les âges, plus élevé que celui du volume total, quoique cette différence diminue avec le temps, parce que l'importance du menu bois va en s'atténuant.

La production totale (somme des produits principaux et intermédiaires) annuelle et moyenne en bois fort atteint son point culminant à un âge plus reculé que celle du volume total.

### § 3. - Marche de la valeur des arbres et des peuplements.

Le volume des arbres et des peuplements ainsi que la propor-

tion des diverses catégories de marchandises au volume total, varient avec le temps. En appliquant les prix unitaires et locaux appropriés, on obtient la valeur des arbres ou des peuplements de différents âges et, en supposant que ces prix ne changent pas à l'avenir, l'évolution de la valeur d'un même arbre ou d'un même peuplement au cours des années,

Les accroissements périodiques et moyens se comportent, avec l'âge, de la même façon que ceux relatifs au volume, sauf qu'ils culminent à une époque plus tardive. Plus les conditions de végétation sont bonnes et plus ils sont élevés, augmentent avec rapidité et atteignent tôt leur point culminant. Souvent il n'est pas permis de constater le maximum de l'accroissement moyen à l'époque où l'on exploite d'habitude les peuplements.

Le taux d'accroissement de la valeur suit, en général, une marche analogue à celui du volume au fur et à mesure que les arbres ou les peuplements vieillissent. Cependant il lui est supérieur à toutes les périodes de la vie et il diminue d'une manière toujours sensible même aux âges les plus reculés.

#### § 4. - Production en argent.

Dans la production en argent, il faut considérer non seulement l'augmentation de la valeur du peuplement principal, mais aussi les sommes recueillies périodiquement par la récolte des produits intermédiaires.

Ceux-ci, nous l'avons montré plus haut, représentent au total un matériel considérable. Leur valeur n'est pas moins grande et peut égaler, dans les forêts éclaircies rationnellement, les deux tiers et même plus de celle qu'acquiert le peuplement principal au moment de l'exploitation. Elle devient plus importante encore si on considère que les produits d'éclaircie sont perçus par anticipation et que les revenus qu'ils fournissent s'accroissent des intérêts accumulés jusqu'au moment de la coupe principale.



Ainsi comprise, la production en argent des réalisations intermédiaires est souvent supérieure à la valeur du peuplement exploitable.

---

# Appendice ~

---

On trouvera ci-après en appendice trois tables destinées à faciliter les calculs des cubages des bois ainsi qu'un exemple de table de production.

Le tarif I est relatif au cubage des bois abattus. Il donne le volume des grumes pour des circonférences médianes qui varient de décimètre en décimètre et pour des longueurs mesurées de mètre en mètre.

Exemple : une grume a une circonférence médiane de 1,20 m. et une hauteur de 12 m.; son volume est de  $1,375 \text{ m}^3$ .

Le tarif II et le tarif III se rapportent au cubage des bois sur pied. Ils indiquent les volumes par mètre courant de hauteur en fonction, le 1<sup>er</sup>, de la circonférence mesurée à 1,33 m. du sol en décimètres entiers et du coefficient de forme variant de 5 en 5 %; le 2<sup>e</sup>, de la circonférence mesurée à 1,50 m. du sol en décimètres entiers et du coefficient de décroissance variant de 5 en 5 %.

Exemples : Un arbre a une circonférence à 1,33 m. du sol, de 1,40 m., un coefficient de forme de 0,75 et une hauteur de 14 m. Son volume est de :  $0,117 \times 14 = 1,638 \text{ m}^3$ .

Un arbre a une circonférence à 1,50 m. du sol, de 1,40 m., un coefficient de décroissance de 0,85 et une hauteur de 14 m. Son volume est de :  $0,133 \times 14 = 1,862 \text{ m}^3$ .

---

---

# Tarif I.

Cubage des graines. - Volume en fonction de la circonférence médiane et de la longueur. -

1<sup>er</sup> Tableau.

Longueur	Circonférences au milieu.																				
	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	
1	0,0008	0,0032	0,0072	0,0127	0,0199	0,0286	0,0399	0,0511	0,064	0,080	0,096	0,115	0,134	0,156	0,179	0,204	0,230	0,258	0,287	0,318	
2	0,0016	0,0064	0,0143	0,0255	0,0398	0,0573	0,078	0,102	0,129	0,159	0,193	0,229	0,269	0,312	0,358	0,407	0,460	0,516	0,575	0,637	
3	0,0024	0,0095	0,0215	0,0382	0,0596	0,0859	0,117	0,153	0,193	0,239	0,289	0,344	0,403	0,466	0,531	0,611	0,690	0,773	0,862	0,955	
4	0,0032	0,0127	0,0286	0,0509	0,0796	0,115	0,156	0,204	0,258	0,318	0,385	0,458	0,538	0,624	0,716	0,815	0,920	1,031	1,149	1,273	
5	0,0040	0,0159	0,0358	0,0637	0,0995	0,143	0,195	0,255	0,322	0,398	0,481	0,573	0,672	0,780	0,895	1,019	1,150	1,289	1,436	1,591	
6	-	0,0191	0,0430	0,0764	0,119	0,172	0,234	0,306	0,387	0,477	0,578	0,687	0,807	0,936	1,074	1,222	1,380	1,547	1,724	1,910	
7	-	0,0222	0,0501	0,0821	0,129	0,200	0,273	0,356	0,451	0,557	0,674	0,802	0,941	1,092	1,253	1,426	1,610	1,805	2,010	2,228	
8	-	0,0255	0,0573	0,101	0,153	0,229	0,312	0,407	0,516	0,637	0,770	0,917	1,076	1,248	1,432	1,630	1,840	2,063	2,298	2,546	
9	-	-	0,0645	0,115	0,179	0,258	0,351	0,458	0,580	0,716	0,867	1,031	1,210	1,404	1,611	1,833	2,070	2,320	2,585	2,865	
10	-	-	0,0716	0,127	0,199	0,286	0,390	0,509	0,645	0,796	0,963	1,146	1,345	1,560	1,790	2,037	2,300	2,578	2,873	3,183	
11	-	-	-	0,140	0,219	0,315	0,429	0,560	0,709	0,875	1,059	1,260	1,479	1,716	1,969	2,241	2,530	2,836	3,160	3,504	
12	-	-	-	0,153	0,239	0,344	0,468	0,611	0,774	0,955	1,155	1,376	1,614	1,872	2,148	2,445	2,760	3,094	3,447	3,820	
13	-	-	-	-	0,259	0,372	0,507	0,663	0,838	1,034	1,252	1,490	1,748	2,022	2,327	2,648	2,990	3,352	3,735	4,138	
14	-	-	-	-	0,279	0,401	0,546	0,713	0,902	1,114	1,348	1,604	1,883	2,184	2,507	2,852	3,220	3,610	4,022	4,456	
15	-	-	-	-	0,298	0,430	0,585	0,764	0,967	1,194	1,444	1,719	2,017	2,340	2,686	3,056	3,450	3,867	4,309	4,775	
16	-	-	-	-	-	0,458	0,624	0,815	1,032	1,273	1,541	1,833	2,152	2,496	2,865	3,259	3,680	4,128	4,596	5,093	
17	-	-	-	-	-	0,487	0,663	0,866	1,096	1,353	1,637	1,948	2,286	2,652	3,044	3,463	3,910	4,383	4,884	5,411	
18	-	-	-	-	-	0,702	0,917	1,160	1,432	1,733	2,063	2,421	2,808	3,223	3,667	4,140	4,641	5,171	5,730	-	
19	-	-	-	-	-	0,741	0,968	1,225	1,512	1,829	2,177	2,555	2,964	3,402	3,871	4,370	4,899	5,458	6,045	-	
20	-	-	-	-	-	0,780	1,019	1,289	1,581	1,926	2,292	2,690	3,119	3,581	4,074	4,600	5,157	5,745	6,365	-	
	<i>m</i>	0,032	0,064	0,095	0,127	0,169	0,19	0,22	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,45	0,48	0,51	0,54	0,57	0,61	0,64
		Diamètres au milieu.																			

Le diamètre correspondant à la circonférence médiane figure au bas des colonnes.

2<sup>e</sup> Tableau

Longueurs	Circonférences au milieu.														
	2.10	2.20	2.30	2.40	2.50	2.60	2.70	2.80	2.90	3.00	3.10	3.20	3.30	3.40	3.50
m.	m.c.														
1	0.351	0.388	0.421	0.458	0.497	0.538	0.580	0.624	0.669	0.716	0.765	0.815	0.867	0.920	0.975
2	0.702	0.770	0.842	0.917	0.995	1.076	1.160	1.248	1.338	1.432	1.529	1.630	1.733	1.840	1.950
3	1.053	1.155	1.263	1.375	1.492	1.614	1.740	1.872	2.008	2.149	2.294	2.445	2.600	2.760	2.924
4	1.404	1.541	1.684	1.833	1.989	2.152	2.320	2.495	2.677	2.866	3.059	3.259	3.466	3.680	3.899
5	1.755	1.926	2.105	2.292	2.487	2.690	2.901	3.119	3.346	3.581	3.824	4.074	4.333	4.600	4.874
6	2.106	2.311	2.526	2.750	2.984	3.228	3.481	3.743	4.015	4.297	4.588	4.889	5.200	5.519	5.849
7	2.457	2.696	2.947	3.209	3.481	3.766	4.061	4.367	4.685	5.013	5.353	5.704	6.066	6.439	6.824
8	2.807	3.081	3.368	3.667	3.979	4.303	4.641	4.991	5.354	5.730	6.118	6.519	6.933	7.359	7.799
9	3.158	3.466	3.789	4.125	4.473	4.841	5.221	5.615	6.023	6.446	6.883	7.334	7.799	8.279	8.773
10	3.509	3.852	4.210	4.584	4.974	5.379	5.801	6.239	6.692	7.162	7.647	8.149	8.667	9.199	9.748
11	3.860	4.237	4.631	5.042	5.471	5.917	6.381	6.863	7.362	7.878	8.412	8.964	9.533	10.12	10.72
12	4.212	4.622	5.052	5.500	5.968	6.455	6.961	7.487	8.031	8.594	9.177	9.778	10.40	11.04	11.70
13	4.562	5.007	5.472	5.959	6.466	6.993	7.542	8.110	8.700	9.310	9.942	10.59	11.27	11.96	12.67
14	4.913	5.392	5.893	6.417	6.963	7.531	8.122	8.734	9.369	10.03	10.71	11.41	12.13	12.88	13.65
15	5.264	5.777	6.314	6.875	7.460	8.069	8.702	9.358	10.04	10.74	11.47	12.22	13.00	13.80	14.62
16	5.615	6.162	6.735	7.334	7.958	8.607	9.282	9.982	10.71	11.46	12.24	13.04	13.87	14.72	15.60
17	5.966	6.548	7.156	7.792	8.455	9.145	9.862	10.61	11.38	12.18	13.00	13.85	14.73	15.64	16.57
18	6.317	6.933	7.577	8.251	8.952	9.683	10.442	11.23	12.05	12.89	13.77	14.67	15.60	16.56	17.55
19	6.668	7.318	7.998	8.709	9.450	10.221	11.022	11.85	12.72	13.61	14.53	15.48	16.47	17.48	18.52
20	7.018	7.703	8.419	9.167	9.947	10.759	11.602	12.48	13.38	14.32	15.29	16.30	17.33	18.40	19.50
	0.67	0.70	0.73	0.76	0.80	0.83	0.86	0.89	0.92	0.95	0.99	1.02	1.05	1.08	1.11
	Diamètres au milieu.														

Tarif II.

Eubage des arbres sur pied. - Volume par  
mesurée à 1,33 du sol et du coefficient de forme.

Extrait du "Eubage des bois sur

Circonférences à 1,33 m.	Diamètres à 1,33 m.	Coefficients de forme.											
		0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00 <sup>(1)</sup>	
m	m	m. c.											
0,10	0,032	0,0004	0,0004	0,0005	0,0005	0,0006	0,0006	0,0006	0,0007	0,0007	0,0008	0,0008	0,0008
0,20	0,064	0,0016	0,0018	0,0019	0,0021	0,0022	0,0024	0,0025	0,0027	0,0029	0,0030	0,0032	0,0032
0,30	0,095	0,0036	0,0039	0,0043	0,0047	0,0050	0,0054	0,0057	0,0061	0,0064	0,0068	0,0072	0,0072
0,40	0,127	0,0064	0,0070	0,0076	0,0083	0,0089	0,0095	0,0102	0,0108	0,0115	0,0121	0,0127	0,0127
0,50	0,160	0,0099	0,0109	0,0119	0,0129	0,0139	0,0149	0,0159	0,0169	0,0180	0,0189	0,0199	0,0199
0,60	0,192	0,014	0,016	0,017	0,019	0,020	0,021	0,023	0,024	0,026	0,027	0,029	0,029
0,70	0,224	0,019	0,021	0,023	0,025	0,027	0,029	0,031	0,033	0,035	0,037	0,039	0,039
0,80	0,256	0,025	0,028	0,031	0,033	0,036	0,038	0,041	0,043	0,046	0,048	0,051	0,051
0,90	0,288	0,032	0,035	0,039	0,042	0,045	0,048	0,052	0,055	0,058	0,061	0,064	0,064
1,00	0,320	0,040	0,044	0,048	0,052	0,056	0,060	0,064	0,068	0,072	0,076	0,080	0,080
1,10	0,352	0,048	0,053	0,058	0,063	0,067	0,072	0,077	0,082	0,087	0,091	0,096	0,096
1,20	0,384	0,057	0,063	0,069	0,074	0,080	0,085	0,092	0,097	0,103	0,109	0,115	0,115
1,30	0,416	0,067	0,074	0,081	0,087	0,094	0,101	0,108	0,114	0,121	0,128	0,134	0,134
1,40	0,448	0,078	0,086	0,094	0,101	0,109	0,117	0,125	0,133	0,140	0,148	0,156	0,156
1,50	0,480	0,089	0,098	0,107	0,116	0,125	0,134	0,143	0,152	0,161	0,170	0,179	0,179
1,60	0,512	0,102	0,112	0,122	0,132	0,142	0,152	0,163	0,173	0,183	0,194	0,204	0,204
1,70	0,544	0,115	0,126	0,138	0,149	0,161	0,172	0,184	0,195	0,207	0,218	0,230	0,230
1,80	0,576	0,129	0,142	0,155	0,168	0,180	0,193	0,206	0,219	0,232	0,245	0,258	0,258
1,90	0,608	0,144	0,158	0,172	0,187	0,201	0,215	0,230	0,244	0,259	0,273	0,287	0,287
2,00	0,640	0,159	0,175	0,191	0,207	0,223	0,239	0,255	0,271	0,286	0,302	0,318	0,318

(1) - Il ne s'agit pas d'un coefficient de forme  
serait affecté aurait une forme cylindrique,  
peuvent être appliqués aux grumes que  
section médiane.

mètre courant de hauteur en fonction de la circonférence

piéd et abattus" par R. Rouleau)

Circonférence en m.	Diamètre en m.	Coefficients de forme.										
		0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00 <sup>(1)</sup>
2,10	0,67	0,175	0,193	0,211	0,228	0,246	0,263	0,281	0,298	0,316	0,333	0,351
2,20	0,70	0,192	0,212	0,231	0,250	0,270	0,289	0,308	0,327	0,347	0,366	0,385
2,30	0,73	0,210	0,232	0,253	0,274	0,295	0,316	0,337	0,358	0,379	0,400	0,421
2,40	0,76	0,229	0,252	0,275	0,298	0,321	0,344	0,367	0,390	0,413	0,435	0,458
2,50	0,80	0,249	0,273	0,298	0,323	0,348	0,373	0,398	0,423	0,448	0,472	0,497
2,60	0,83	0,269	0,296	0,323	0,350	0,377	0,403	0,430	0,457	0,484	0,511	0,538
2,70	0,86	0,290	0,319	0,348	0,377	0,406	0,435	0,464	0,493	0,522	0,551	0,580
2,80	0,89	0,312	0,343	0,374	0,406	0,437	0,468	0,499	0,530	0,561	0,592	0,624
2,90	0,92	0,335	0,368	0,402	0,435	0,468	0,502	0,535	0,569	0,602	0,636	0,669
3,00	0,96	0,358	0,394	0,430	0,466	0,501	0,537	0,572	0,609	0,644	0,680	0,716
3,10	0,99	0,382	0,421	0,459	0,497	0,535	0,574	0,613	0,650	0,688	0,727	0,765
3,20	1,02	0,407	0,448	0,489	0,530	0,570	0,611	0,652	0,693	0,733	0,774	0,814
3,30	1,05	0,433	0,477	0,520	0,563	0,607	0,650	0,693	0,737	0,780	0,823	0,867
3,40	1,08	0,460	0,506	0,552	0,598	0,644	0,690	0,736	0,782	0,828	0,874	0,920
3,50	1,11	0,487	0,536	0,585	0,634	0,682	0,731	0,780	0,829	0,877	0,926	0,975

au sens propre du mot. L'arbre qui en  
 par conséquent les chiffres de cette colonne  
 s'on cube comme les cylindres en fonction de la

Cubage des arbres sur pied. - Volume par  
mesurée à 1,50 m. du sol et du coefficient de décroissance.

(Extrait du "Manuel de cubage des  
par M. N. V. Prachay

Circon- férences à 1,50 m.	Dia- mètres à 1,50 m.	Coefficients de décroissance.				
		ou 0,95 ou 0,05	ou 0,90 ou 0,10	ou 0,85 ou 0,15	ou 0,80 ou 0,20	ou 0,75 ou 0,25
m	m	m.c.				
0.10	0,032	0,0007	0,0006	0,0006	0,0005	0,0004
0.20	0,054	0,0028	0,0026	0,0023	0,0020	0,0018
0.30	0,075	0,0064	0,0058	0,0052	0,0046	0,0040
0.40	0,13	0,011	0,010	0,0092	0,0081	0,0072
0.50	0,16	0,018	0,016	0,015	0,013	0,011
0.60	0,19	0,026	0,023	0,021	0,018	0,016
0.70	0,22	0,035	0,032	0,029	0,025	0,022
0.80	0,26	0,045	0,041	0,037	0,033	0,029
0.90	0,29	0,058	0,052	0,047	0,041	0,037
1.00	0,32	0,072	0,066	0,063	0,051	0,045
1.10	0,35	0,087	0,078	0,076	0,062	0,055
1.20	0,38	0,102	0,093	0,083	0,073	0,065
1.30	0,41	0,121	0,109	0,098	0,086	0,076
1.40	0,45	0,141	0,126	0,113	0,100	0,088
1.50	0,48	0,161	0,145	0,130	0,115	0,102
1.60	0,51	0,179	0,166	0,147	0,130	0,115
1.70	0,54	0,207	0,186	0,167	0,147	0,130
1.80	0,57	0,232	0,209	0,186	0,165	0,145

mètre courant de hauteur en fonction de la circonférence

des arbres sur pied ou abattus"  
et G. Brichet).

Circonférences à 1,50 m.	Dia- mètres à 1,50 m.	Coefficients de décroissance.				
		ou 0,95 0,05	ou 0,90 0,10	ou 0,85 0,15	ou 0,80 0,20	ou 0,75 0,25
1.90	0,61	0,259	0,233	0,209	0,184	0,153
2.00	0,64	0,286	0,258	0,230	0,204	0,179
2.10	0,67	0,309	0,284	0,255	0,225	0,199
2.20	0,70	0,348	0,312	0,278	0,247	0,217
2.30	0,73	0,379	0,341	0,306	0,269	0,238
2.40	0,76	0,408	0,371	0,331	0,293	0,258
2.50	0,80	0,449	0,403	0,361	0,322	0,281
2.60	0,83	0,484	0,436	0,389	0,344	0,303
2.70	0,86	0,523	0,470	0,421	0,371	0,328
2.80	0,89	0,564	0,505	0,451	0,399	0,351
2.90	0,92	0,603	0,542	0,482	0,428	0,378
3.00	0,96	0,644	0,580	0,518	0,458	0,403
3.10	0,99	0,690	0,615	0,555	0,493	0,432
3.20	1,02	0,735	0,660	0,589	0,522	0,458
3.30	1,05	0,782	0,702	0,633	0,559	0,489
3.40	1,08	0,828	0,745	0,665	0,593	0,513
3.50	1,11	0,879	0,795	0,707	0,624	0,551



# Table de production et d'accroissement de l'Épicéa en Suisse. (Région des collines)

(Extrait d'une publication de la station suisse de 1907).

1<sup>re</sup> Classe (conditions de station très bonnes).

âges	Production.									Accroissement							
	Épélement principal				Traduits des éclaircies périodiques.		Épélement total			Annuel courant				Annuel moyen.			
	Nombre de tiges	Hauteur	Section torçière	Volume total	Nombre de tiges	Volume total	Volume			Épélement principal.			Épélement total	Épélement principal.			Épélement total
							Bois fort	Bois blanc	Total	Hauteur	Section torçière	Volume total		Hauteur	Section torçière	Volume total	
ans	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	cm	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	cm	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	
15	-	5.6	13.2	128	-	-	20	108	128	60	2.12	17.5	17.5	40	1.28	8.5	8.5
20	4500	8.6	28.5	206	-	20	79	147	226	64	1.86	21.4	22.5	45	1.43	10.3	11.3
25	3400	11.5	36.4	320	1100	12	186	166	352	64	1.60	23.0	25.1	48	1.46	12.8	14.1
30	2750	14.3	44.1	445	650	21	328	173	498	61	1.38	23.0	23.6	50	1.47	13.8	16.6
35	2250	16.9	49.6	560	490	27	469	171	640	56	1.18	21.9	27.5	50	1.42	16.0	18.3
40	1850	19.5	53.0	665	410	32	599	168	767	51	0.93	19.3	25.0	51	1.33	16.4	19.2
45	1580	21.8	55.5	738	270	43	726	167	893	46	0.72	16.2	22.7	50	1.23	16.4	19.8
50	1370	23.8	57.5	808	210	45	838	170	1008	42	0.56	13.3	20.9	49	1.15	16.2	20.2
55	1230	25.5	59.4	866	140	46	938	174	1112	39	0.42	11.0	19.5	48	1.08	15.7	20.2
60	1080	26.9	61.0	916	150	49	1033	178	1211	36	0.30	9.3	18.3	45	1.02	15.1	20.2
65	961	28.3	62.0	956	119	49	1120	180	1300	33	0.23	8.0	17.2	45	0.95	14.7	20.0
70	860	29.5	62.6	989	101	51	1201	183	1384	31	0.19	6.9	16.2	44	0.89	14.1	19.8
75	770	30.7	63.0	1018	90	53	1279	184	1463	30	0.16	5.9	15.3	42	0.84	13.8	19.5
80	700	31.7	63.7	1040	70	47	1349	186	1535	28	0.15	5.0	14.5	41	0.80	13.0	19.2

## Suite.

3<sup>e</sup> Classe. (Conditions de station moyennes).-

ages	Production.								Accroissement.									
	Peuplement principal				Produits des éclaircies périodiques		Peuplement total				Annuel courant				Annuel moyen			
	Nombre de tiges	Hauteur	Section torçière	Volume total	Nombre de tiges	Volume total	Volume			Hauteur	Section torçière	Volume total	Peupl. total	Hauteur	Section torçière	Volume total	Peupl. total	
							Bois fort	Menu bois	Total									
ans	m.	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	cm	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	cm	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		
15	-	4.3	13.2	81	-	-	-	81	81	46	1.67	10.7	10.7	37	0.88	6.4	5.4	
20	8100	6.8	20.7	135	-	9	32	112	144	48	1.40	13.3	14.0	36	1.04	6.8	7.2	
25	5800	9.0	26.4	207	2300	11	91	136	227	47	1.20	15.0	16.6	38	1.06	8.3	9.1	
30	4450	11.2	31.6	284	1350	10	167	147	314	45	1.01	15.7	18.0	39	1.05	9.5	10.5	
35	3600	13.3	36.5	365	850	13	257	151	408	42	0.85	15.3	18.5	39	1.04	10.4	11.7	
40	3000	15.2	41.0	440	600	17	349	151	500	40	0.70	14.1	18.1	40	1.03	11.0	12.5	
45	2510	17.0	44.4	510	490	20	443	147	590	36	0.56	12.4	16.6	39	0.99	11.3	13.1	
50	2150	18.8	46.7	572	360	23	526	149	675	32	0.43	10.9	15.4	39	0.93	11.4	13.5	
55	1820	20.5	48.1	624	330	29	605	151	756	29	0.32	9.1	14.5	39	0.87	11.3	13.7	
60	1550	21.9	49.7	670	270	33	679	156	835	27	0.23	7.7	13.8	38	0.83	11.2	13.9	
65	1345	23.3	50.8	705	210	37	748	159	907	25	0.16	6.6	13.2	37	0.78	10.8	13.9	
70	1170	24.5	51.0	735	170	38	813	162	975	23	0.11	5.6	12.8	36	0.73	10.5	13.9	
75	1030	25.7	51.3	760	140	38	874	164	1038	21	0.09	4.8	12.4	36	0.68	10.1	13.8	
80	920	26.7	51.5	782	110	42	936	166	1102	20	0.08	4.0	12.0	35	0.64	9.8	13.8	

Suite.

5<sup>e</sup> Classe. (Conditions de station mauvaises).

Âges	Production								Accroissement								
	Peuplement principal				Produits des éclaircies périodiques		Peuplement total		Annuel courant				Annuel moyen				
	Nombre de tiges.	Hauteur	Section terrière.	Volume total.	Nombre de tiges.	Volume total.	Bois fort	Menu bois	Total	Peuplement principal			Peupl <sup>o</sup> total	Peuplement principal			Peupl <sup>o</sup> total
										Hauteur	Section terrière	Volume total		Hauteur	Section terrière	Volume total	
ans	cm	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	cm	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	cm	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	
15	-	3.3	8.0	54	-	-	-	54	54	36	1.22	6.4	6.4	24	0.55	5.6	3.6
20	20600	5.4	14.2	85	-	3	6	84	90	37	1.07	7.5	8.1	29	0.71	4.3	4.5
25	13800	7.0	18.2	129	5800	3	26	104	137	36	0.93	8.4	9.5	30	0.73	6.2	5.5
30	9600	8.6	22.0	175	4200	4	75	112	187	34	0.79	9.1	10.5	30	0.73	6.8	6.2
35	7000	10.1	25.3	224	2600	6	121	121	242	31	0.66	9.4	11.1	30	0.74	6.4	6.9
40	5200	11.6	29.3	272	1700	7	172	125	297	28	0.54	9.3	11.6	30	0.73	6.8	7.4
45	4100	13.1	32.7	323	1200	8	231	125	356	26	0.42	9.1	11.7	30	0.73	7.2	7.9
50	3260	14.6	35.5	373	840	9	292	123	415	24	0.32	8.4	11.6	30	0.71	7.5	8.3
55	2690	16.1	37.5	418	570	13	352	121	473	21	0.23	7.6	11.3	30	0.68	7.6	8.6
60	2210	17.5	38.6	455	430	15	403	122	525	20	0.16	6.5	11.0	30	0.64	7.6	8.8
65	1860	18.8	39.5	487	360	26	458	125	583	18	0.09	5.7	10.8	30	0.61	7.5	9.0
70	1570	20.1	40.0	514	280	27	509	128	637	17	0.06	4.8	10.5	30	0.57	7.3	9.1
75	1370	21.3	40.3	536	200	28	556	131	687	16	0.03	3.8	10.2	29	0.54	7.2	9.2
80	1230	22.5	40.6	559	140	30	605	135	740	15	0.02	3.0	10.0	29	0.51	7.0	9.3

# Bibliographie.

- M. J. Crachay et C. Brichef : Manuel de cubage des arbres sur pied et abattus. 2<sup>e</sup> édition. Liège, 1903.
- A. Trochat : Guide théorique et pratique de cubage et d'estimation des bois. Paris.
- G. Hufel : Économie forestière. Tome II. Paris, 1905.
- id : Les arbres et les peuplements forestiers. Paris, 1893.
- M<sup>r</sup> Müller : Lehrbuch der Holzmesskunde. Berlin, 1902.
- E. Farisel : Cubage et estimation en matière des arbres et des massifs. Bruxelles, 1886.
- R. Rouleau : Cubage des bois sur pied et abattus. Paris, 1905.
- M<sup>r</sup> Schwappach : Entzugsstafeln der wichtigeren Holzarten. Neudamm, 1912.

—  
Mitteilungen der schweizerischen  
Centralanstalt für das forstliche Versuchs-  
wesen. Zurich, divers volumes.

---

---



# Table des Matières.

Pages.

Introduction.

1

## Chapitre I. Sténométrie.

But.

1

### Art. 1. Cubage des bois abattus.

1

#### § 1. - Cubage des grumes.

1

##### I. Formules de cubage.

2

##### II. Instruments de mesurage.

3

1<sup>o</sup> - Mesure des longueurs.

4

2<sup>o</sup> - " " diamètres.

4

3<sup>o</sup> - " " circonférences.

7

4<sup>o</sup> - Comparaison entre la mesure du diamètre et celle de la circonférence.

8

##### III. Cubage.

9

1<sup>o</sup> - Cubage par la formule de Newton.

10

2<sup>o</sup> - " " " " Simpson.

10

3<sup>o</sup> - " " " section médiane.

11

4<sup>o</sup> - " à l'aide de barèmes ou tarifs.

15

5<sup>o</sup> - Procédés de cubage approximatif.

15

6<sup>o</sup> - Cubages réduits du commerce.

16

7<sup>o</sup> - Règle à cubage de M. de Montrichard.

18

#### § 2. - Cubage des bois de branches, souches et racines ainsi que des écorces.

19

##### I. - Volume des bois de chauffage et petits bois d'œuvre.

19

1<sup>o</sup> - Procédés physiques de cubage.

19

1. Procédés par immersion.

19

2. " " pesés.

22

2<sup>o</sup> - Volume des bois empilés et des fagots.

1. Volume réel des bois empilés. Facteurs d'empilage.

24

2 - Volume réel des fagots.

27

II. - Volume des écorces.

28

Art. 2. - Cubage des bois sur pied.

§ 1. - Cubage des arbres.

29

I. - Mesure du diamètre ou de la circonférence.

29

II. - Mesure de la hauteur.

30

1<sup>o</sup> - Mesure à vue d'œil.

30

2<sup>o</sup> - " " l'aide d'instruments - Deux diamètres.

31

III. - Détermination du volume du tronc.

41

1<sup>o</sup> - Détermination à vue d'œil

41

2<sup>o</sup> - " par le coefficient de forme.

42

3<sup>o</sup> - " " " " " " vrai ou normal.

46

4<sup>o</sup> - " par le facteur de cubage.

46

5<sup>o</sup> - " " la décroissance ou par le dépillement.

47

6<sup>o</sup> - " à l'aide de tarifs ou barèmes.

51

7<sup>o</sup> - " " " la règle de M. de Montbrichard.

53

IV. - Détermination du volume de la cime et des racines.

1<sup>o</sup> - Cime.

53

2<sup>o</sup> - Souches et racines.

55

§ 2. - Cubage des peuplements.

56

I. - Cubage à vue d'œil

56

1<sup>o</sup> - Cubage à vue d'œil par pied d'arbre.

56

2<sup>o</sup> - " " " " hectare.

56

II. - Cubage par inventaire ou comptage des peuplements.

57

1<sup>o</sup> - Méthode par cubage individuel.

58

2<sup>o</sup> - " d'Ulrich.

59

3<sup>o</sup> - Cubage au moyen de tarifs.

66

4<sup>o</sup> - " par places d'essai.

70

# Chapitre II. - Développement des arbres et des peuplements.

Généralités.	75
<u>Art. 1. De l'accroissement.</u>	76
<u>§ 1. Définitions.</u>	"
<u>§ 2. Détermination de l'âge.</u>	78
I. <u>Age des arbres.</u>	"
1 <sup>o</sup> . Détermination sur des arbres abattus.	"
2 <sup>o</sup> . " " " " debout.	79
II. <u>Age des peuplements.</u>	80
1 <sup>o</sup> . Peuplements d'âge uniforme.	"
2 <sup>o</sup> . " " " non uniforme.	81
Age moyen.	
<u>§ 3. Accroissement des arbres.</u>	84
I. <u>Accroissement en hauteur.</u>	"
1 <sup>o</sup> . Détermination.	"
2 <sup>o</sup> . Sois.	85
II. <u>Accroissement transversal.</u>	87
1 <sup>o</sup> . Accroissement en diamètre. Détermination. Sois.	"
2 <sup>o</sup> . Accroissement circulaire ou de surface. Détermination. Sois.	91
III. <u>Accroissement du volume.</u>	92
1 <sup>o</sup> . Détermination.	92
2 <sup>o</sup> . Sois.	96
IV. <u>Cause d'accroissement du volume.</u>	97
1 <sup>o</sup> . Détermination.	97
2 <sup>o</sup> . Sois.	97
<u>§ 4. Accroissement des peuplements.</u>	98
I. <u>Détermination.</u>	98
II. <u>Sois.</u>	101
1 <sup>o</sup> . Nombre de tiges à l'hectare.	101
2 <sup>o</sup> . Accroissement en hauteur.	102
3 <sup>o</sup> . " transversal.	103



4 <sup>e</sup> -	Accroissement du volume.	104
5 <sup>e</sup> -	Cause d'accroissement du volume du peuplement principal.	104

<u>Art. 2.</u>	<u>Production en matière.</u>	105
----------------	-------------------------------	-----

<u>Art. 3.</u>	<u>Formation de la valeur des arbres et des peuplements.</u>	106
----------------	--	-----

§ 1. -	Augmentation du prix du mètre cube avec l'âge ou le diamètre.	107
--------	---	-----

§ 2. -	Proportion des diverses catégories de marchandises au volume total des arbres et des peuplements.	108
--------	---	-----

I -	Ecorce.	108
-----	---------	-----

II -	Menu bois et bois fort.	109
------	-------------------------	-----

§ 3. -	Marché de la valeur des arbres et des peuplements.	110
--------	--	-----

§ 4. -	Production en argent.	111
--------	-----------------------	-----

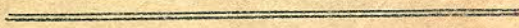
Appendice.

I. -	Tarif de cubage des bois abattus.	114-115
------	-----------------------------------	---------

II. -	" " " " arbres sur pied en fonction de la circonférence et du coefficient de forme.	116-117
-------	---	---------

III. -	" " " des arbres sur pied en fonction de la circonférence et du coefficient de décroissance.	118-119
--------	--	---------

IV. -	Table de production de l'épicéa en Suisse.	120-122
-------	--	---------



## Errata.

pages	lignes	
3	"	Figure du tronc de cône: représenter la section supérieure par S.
3	"	Figure du tronc de néloïde: arrêter la hauteur H au niveau de la section S.
12	27 et 28	Écrire: forme des arbres, forme résultant....
18	"	Figure de la règle de Monbrichard: écrire <u> cubes </u> à gauche de l'échelle supérieure.
24	dernière	Écrire: les flèches des courbures.
28	3 et 4	" : de l'échelle des distances.
46	20	" : correspondant à $\frac{1}{n}$ .
47	5	" : facteur de cubage de 0,55.
58	10	" : de la décroissance ou du défilement.
94	28	" : $V^3 = \frac{\pi d^3 h^3}{4}$ .
94	34	" : $V^2 = \frac{\pi d^2 h^2}{4}$ .
107	7 et 8	" : , volume total de la tige, ...