

# **CHAPITRE IV :**

# **ESTIMATION DU VOLUME**

# CHAPITRE IV : ESTIMATION DU VOLUME

Le volume d'un arbre (ou d'une grume) est un paramètre essentiel à estimer. C'est ainsi, par exemple, qu'il permet au vendeur ou à l'acheteur de calculer la valeur des arbres lors des transactions commerciales.

Ainsi, ce chapitre sera consacré à la présentation de différentes méthodes utilisées en vue de déterminer le volume d'un arbre ; qu'il s'agisse de bois abattus ou de bois sur pied.

## I. INTRODUCTION

Lorsque l'on pratique un cubage d'arbre, il faut toujours définir précisément le volume dont on parle, c'est à dire qu'il faut se poser trois questions :

### 1) *Quel est l'objet physique auquel on s'intéresse ?*

Cela peut être :

- la tige ;
- les branches ;
- l'arbre ( tige + branches ) ;
- le houppier.

La tige est le cheminement à suivre pour aller du pied de l'arbre au bourgeon terminal.

Les branches sont tout ce qui n'est pas la tige.

Le houppier comprend la partie de la tige située au-dessus d'une certaine découpe et les branches.

### 2) *Quelles sont les limites précises de cet objet physique ?*

Ces limites sont données par une découpe inférieure ( au gros bout ) et une découpe supérieure ( au fin bout ). Chacune de ces découpes peut être définie de plusieurs façons et correspondre :

- soit à une qualité de produit : découpe tranchage, découpe poteau,...
- soit à une dimension indiquée par un diamètre ou une circonférence de la découpe : découpe 7 cm de diamètre ou découpe « bois fort », ...
- soit à une hauteur donnée sur la tige.

Quand la découpe inférieure n'est pas précisée, c'est qu'elle est :

- à la souche pour les volumes « tige » et les volumes « arbres » ,
- à l'insertion des branches sur la tige pour les volumes « branches ».

Pour un volume « houppier », elle doit évidemment toujours être précisée.

3) *Comment a t'on calculé le volume de cet objet ?*

Le mode adopté pour la détermination du volume peut conduire à :

- *un volume exact* : c'est le volume géométrique de l'objet (= volume d'eau qu'il déplace quand il est plongé dans une cuve). On en a une estimation approchée en le considérant comme un assemblage de solides ayant certaines formes géométriques ( voir plus loin dans ce chapitre ).
- *un volume commercial* : c'est une détermination arbitraire du volume d'une grume, obtenue en assimilant la grume à un cylindre.
- *un volume d'encombrement* : déterminé par enstérage de l'objet cubé ( branches, houppier ) et exprimé en stères.

Pour être complet, il faut encore préciser s'il s'agit d'un volume sur ou sous écorce ; en l'absence de cette précision, il s'agira toujours d'un volume sur écorce.

## II. CUBAGE DES BOIS ABATTUS ( GRUMES )

### 2.1. MODELES THEORIQUES

Une grume, entière ou en partie, peut être assimilée approximativement ( voir chapitre III ) aux diverses formes géométriques suivantes :

Le cylindre :  $v = \frac{\pi \cdot d_0^2 \cdot h}{4}$

Le parabololoïde :  $v = \frac{\pi \cdot h \cdot (d_0^2 + d_s^2)}{8}$

Le tronc de cône :  $v = \frac{\pi \cdot h \cdot (d_0^2 + d_0 \cdot d_s + d_s^2)}{12}$

Le néloïde :  $v = \frac{\pi \cdot h \cdot (d_0^2 + d_0^{2/3} \cdot d_s^{1/3} + d_0^{1/3} \cdot d_s^{2/3} + d_s^2)}{16}$

où, pour le solide géométrique envisagé, h,  $d_0$  et  $d_s$  représentent respectivement la longueur, le diamètre à la section de base, et le diamètre à la section terminale (sommet).

## 2.2. CUBAGE EXACT DES GRUMES

Afin de construire des tarifs de cubage par exemple ( chapitre VI ), il est important d'obtenir des cubages aussi proches que possibles du volume exact de la grume mesurée. Nous envisagerons d'abord la détermination du volume de la grume considérée comme un tout ( cubage global ).

Ensuite, nous aborderons le cubage par billons successifs où l'on décompose fictivement la grume en une suite de billons ; chaque billon étant cubé individuellement.

### a) Cubage global :

Selon l'ensemble de la grume, on appliquera une des formules suivantes :

- Cubage par la formule de HUBER :

L'utilisation de cette formule empirique se base sur l'hypothèse que la tige peut être assimilée à un cylindre dont la base et la hauteur correspondent respectivement à la section médiane et à la longueur de ce tronç.

$$v = \frac{\pi \cdot d_m^2 \cdot L}{4} \quad \text{ou} \quad v = \frac{C_m^2 \cdot L}{4 \cdot \pi}$$

avec  $d_m$  = diamètre médian de la grume

$C_m$  = circonférence médiane de la grume

$L$  = longueur de la grume

- Cubage par la formule de SMALIAN :

La formule de SMALIAN part de l'hypothèse que l'arbre à cuber s'assimile à un tronç de parabolioïde.

$$v = \frac{\pi \cdot L \cdot (d_0^2 + d_s^2)}{8} \quad \text{ou} \quad v = \frac{L \cdot (C_0^2 + C_s^2)}{8 \cdot \pi}$$

où  $L$ ,  $d_0$  et  $d_s$  représentent respectivement la longueur de la grume, le diamètre à la section de base, et le diamètre à la section terminale (sommets).

- Cubage par la formule du tronc de cône :

La formule du tronc de cône part de l'hypothèse que l'arbre à cuber peut être assimilé à un tronc de cône.

$$v = \frac{\pi.L.(d_0^2 + d_0.d_s + d_s^2)}{12} \text{ ou } v = \frac{L.(C_0^2 + C_0.C_s + C_s^2)}{12.\pi}$$

- Cubage par la formule de NEWTON :

Cette formule est valable pour toutes les formes géométriques vues. Elles ne donne lieu à aucun biais ( sous-estimation ou surestimation systématique du volume ).

$$v = \frac{\pi.L.(d_0^2 + 4d_m^2 + d_s^2)}{24} \text{ ou } v = \frac{L.(C_0^2 + 4C_m^2 + C_s^2)}{24.\pi}$$

### **b) Cubage par billons successifs :**

- Principe :

On décompose fictivement la grume en une suite de billons. Chacun des billons est cubé ; le cumul de ces cubes donne le volume de la grume. L'estimation étant d'autant meilleure que les billons sont plus courts.

- Utilisation des formules de cubage :

Le principe de cubage par billons successifs peut être envisagé par utilisation de l'une ou l'autre des formules de cubage vues précédemment.

Soit un arbre de longueur h décomposé en n billons de même longueur L; de diamètre médian  $d_i$ , de surface médiane  $S_i$  et de volume  $v_i$ . Si l'on applique la formule de HUBER à chacun des billons, le volume total correspond à :

$$v = \frac{\pi.L}{4} (d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2) = \frac{\pi.L}{4} \sum_{i=1}^n d_i^2$$

ce qui revient donc à :

$$v = (v_1 + v_2 + \dots + v_n) = \sum_{i=1}^n v_i$$

## Chapitre 4 : Estimation du volume

On peut évidemment adopter le même principe de calcul pour ce qui concerne l'utilisation des formules de SMALIAN et du tronc de cône. Si l'on applique la formule de cubage de NEWTON à ces mêmes billons, on obtient la formule de SIMPSON.

- Influence de la formule de cubage et de la longueur des billons :

PALM ( 1982 ) fait observer que l'assimilation de la forme des billons à des troncs de cône est la plus raisonnable, elle est la moins tributaire de la longueur des billons et paraît beaucoup mieux s'adapter à la forme générale d'un arbre qui s'apparente davantage à une succession de troncs de cône.

Il recommande la réalisation de mesures de 50 en 50 cm sur les deux premiers mètres pour mieux maîtriser la base, source d'erreurs systématiques non négligeables, puis de mètre en mètre jusqu'à 10 m et de 2 en 2 m au delà. On peut penser que ce protocole est applicable au cubage des arbres feuillus en général.

Par contre, dans la perspective du cubage de résineux, dont la forme est plus régulière, on peut raisonnablement proposer d'espacer les mesures de 2 en 2 m dès 5 mètres de hauteur et d'augmenter l'intervalle entre mesures successives au-delà de 20 mètres.

Rondeux J. ( 1993 ) présente un exemple d'utilisation des diverses méthodes de cubage proposées jusqu'ici. Il s'agit de l'application de ces méthodes au cubage d'un douglas abattu. Il en conclut que par rapport au volume de référence ( soit celui obtenu par la formule de SIMPSON appliquée à tous les billons ), les différentes méthodes se classent comme suit d'après l'importance des écarts obtenus, allant des moins élevés aux plus élevés :

Cubage par :

- tous les billons : HUBER, tronc de cône, SMALIAN ;
- billons de 3 m : HUBER, tronc de cône, SMALIAN ;
- billons de 6 m : HUBER, tronc de cône, SMALIAN ;
- tige entière ( cubage global ) : tronc de cône, HUBER, SMALIAN.

## 2.3. PRATIQUE DU CUBAGE COMMERCIAL DES GRUMES

Le cubage des arbres en grumes consiste en l'estimation du volume sur ou sous écorce, après ébranchage et recoupe de la flèche.

La norme française N.F. B. 53-020 ( A.F.N.O.R. ) a adopté comme formule unique :

$$V = \frac{\pi d_m^2}{4} \times L$$

où : L = longueur de la pièce ;  
 $d_m$  = diamètre médian.  
 $\pi$  est pris à  $10^{-4}$  près

soit la formule de HUBER assimilant l'arbre à un cylindre.

Le cubage des bois en grumes se réfère aux normes NF-EN-1309-2 ( juin 2006 ) et N.F. B53 - 020 ( juillet 1991 ).

Nous nous limiterons ici à en relater les propos principaux.

L'opération de mesurage d'une pièce de bois s'appelle **le toisé** ; il est effectué par la partie prenante.

### Mesure de la longueur :

La longueur d'une pièce de bois est la plus petite distance qui sépare les sections extrêmes. Elle se mesure sur la surface de la pièce, à l'aide d'un mètre à pointes ou d'un ruban.

Lorsque l'on se trouve en présence de culées ayant des entailles d'abattages ou de parage exagérément appointies , la longueur a alors pour point de départ la moitié de cette partie appointie.

La longueur se note généralement en mètre et décimètres couverts.

Exemple : 18,23 m se note 18,2 m ;  
18,27 m se note 18,2 m.

Les grumes des résineux sont classées selon le classement dimensionnel suivant :

Classe de longueur	Longueur	Dénomination
L1	< 3 m	Bois court
L2	3 – 6 m	Bois mi-long
L3	6 à 13,5 m	Bois long
L4	13,5 m et +	Bois très long

**Tableau 1** : Classement dimensionnel des bois ronds pour les résineux (Norme AFNOR NF- EN 1315-2)

### Mesure du diamètre :

Le diamètre pris en compte est le diamètre moyen de la section droite située au milieu de la pièce. Il s'exprime en centimètres couverts ou au centimètre le plus proche. Dans le cas de mesures au centimètre couvert, ce mode de mesure doit être expressément mentionné dans tout document justifiant une transaction. En cas de litige, seul le diamètre mesuré au centimètre le plus proche, fait autorité.

Pour les résineux, la mesure se fait généralement sous écorce. Elle se fait sur écorce dans le cas de feuillus.

Jusqu'à 19 cm inclus, le diamètre ( sur ou sous écorce ) est mesuré en une seule fois. Par contre, à partir de 20 cm sur écorce, il peut être obtenu :

- par deux mesures faites perpendiculairement l'une par rapport à l'autre, à l'aide du compas forestier au milieu de la grume ( on peut aussi prendre la moyenne des diamètres de chacune des extrémités ; on arrondira alors le résultat au centimètre le plus proche ).
- par mesure de la circonférence au ruban ou à l'aide de la ficelle du marchand de bois.

En cas de litige, c'est la mesure de la circonférence qui fait autorité. S'il existe à l'endroit du mesurage, une excroissance, un noeud ou une difformité susceptible de fausser la mesure, le toiseur peut prendre la moyenne entre deux diamètres mesurés à égale distance de cet endroit, aussi près que possible de l'excroissance.

Pour les bois de résineux non écorcés, la mesure du diamètre se fait sur une section où a été éliminée l'écorce par annélation ou par la réalisation de quatre flachis. Dans le cas de mesures sur écorce, le pourcentage d'écorce appliqué pour la réduction doit impérativement être mentionné lors de toute transaction.



### Calcul du volume :

Le volume plein d'une pièce de bois, appelé volume commercial ou volume réel, s'exprime en mètre cube suivi de :

- deux décimales pour les pièces isolées ;
- trois décimales dans le cas de la pièce moyenne d'un lot.

Le dernier chiffre est forcé d'une unité lorsque la décimale suivante est supérieure à 5.

### Influence des anomalies et particularités :

- Redents :

Le redent est l'endroit d'un arbre où, par suite de l'existence d'une couronne, grosse branche ou anomalie quelconque interrompant le défilement régulier, il se produit une variation de grosseur notable . Par extension, le terme est appliqué à la partie de l'arbre située au-delà du redent.

Le mesurage d'une pièce de bois comportant un ou plusieurs redents peut se faire comme s'il s'agissait de plusieurs pièces successives qui seraient mesurées séparément.

- Fourches et jumelles :

La bille de pied d'un arbre fourchu est mesurée jusqu'au point où le coeur se divise. Les brins formant la fourche sont ensuite mesurés séparément.

Dans les fourches comme dans les jumelles, la partie formée par les tiges accolées n'est comptée, dans chaque arbre, que pour moitié de sa longueur.

- Défauts et altérations :

Elles peuvent donner lieu, lors du mesurage, à une réduction des dimensions entraînant une diminution du volume de la pièce.

### III. CUBAGE ESTIMATIF DES ARBRES SUR PIED

#### 3.1. DEFINITIONS PREALABLES

La nature de chacune des parties dont on annonce le volume doit être définie sans ambiguïté. On appelle fût la partie de la tige située entre la section de culée et une découpe supérieure bien déterminée, autrement dit le fût est la partie dénudée du tronc entre le sol et les premières grosses branches. Le reste de la tige et les branches forment, jusqu'à une découpe fin bout de diamètre donné, le houppier.

#### 3.2. DETERMINATION RAPIDE DU VOLUME PAR ESTIMATION OCULAIRE

L'estimation « à l'oeil » du volume d'un arbre est évidemment une question d'habitude et n'est envisagée que si la précision n'est pas un facteur essentiel. Un forestier expérimenté peut estimer le volume d'un arbre avec une erreur ne dépassant pas 20 %. Une formule approximative très simple permet « d'étalonner » les estimations oculaires (DENZIN, 1929) :

$$v = d^2 / 1000$$

où :  $v$  = volume bois fort tige en  $m^3$ ,  
 $d$  = diamètre à 1,3m en cm.

#### 3.3. DETERMINATION DU VOLUME PAR UTILISATION DE FORMULES DE CUBAGE RAPIDE

Ces formules, empiriques et mises au point au 19<sup>ème</sup> siècles, permettent au forestier de déterminer rapidement mais très approximativement le volume des arbres sur pied. Ces procédés non normalisés ( non reconnus par les normes officielles de cubage ) sont donc à employer avec prudence.

## Chapitre 4 : Estimation du volume

### a) Cubage des réserves de taillis-sous-futaie :

On peut recommander tout d'abord la formule d'Algan-Monnin, à employer pour des longueurs commerciales de grumes allant de 4 à 12 m à la découpe choisie.

$$v = \frac{d^2}{2} \times (h + 2)$$

$d = \text{diamètre à } 1,3\text{m en m,}$   
 $h = \text{hauteur à la découpe en m,}$   
 $v = \text{volume jusqu'à la découpe choisie en m}^3.$

N.B. : Il peut être plus facile d'employer cette formule en remarquant que pour  $h=8\text{m}$ , elle devient :  $v = \frac{10d^2}{2}$ .

D'où la règle :

- faire le carré du diamètre mesuré à hauteur d'homme,
- décupler ce carré,
- prendre la moitié,
- puis ajouter 1/10 par mètre en sus de 8 m de hauteur,
- ou retrancher 1/10 par mètre en moins de 8 m.

Pour les grumes de plus de 12 m de hauteur, on préconisera la formule d'ALGAN :

$$v = 0,4 d^2 (h + 5)$$

N.B. : Là encore, on peut employer la formule comme suit : pour 20 m, la formule devient :  $v = 10d^2$ .

D'où la règle :

- faire le carré du diamètre mesuré à hauteur d'homme,
- décupler ce carré,
- ajouter 4 % par mètre en sus de 20 m de hauteur,
- ou retrancher 4 % par mètre en moins de 20 m.

## Chapitre 4 : Estimation du volume

Il est également intéressant de signaler la formule de BOUVARD<sup>1</sup> :

$$v = 0,5 d^2 H$$

avec:

$d = \text{diamètre à } 1,3\text{m,}$

$H = \text{hauteur totale de l'arbre en m,}$

$v = \text{volume total de l'arbre (tige + houppier) en m}^3.$

qui s'applique aux chênes de taillis-sous-futaie.

### b) Cubage des feuillus de futaie pleine :

Dans le cas de feuillus de futaie pleine, on peut utiliser la formule d'ALGAN vue ci-dessus ou la formule d'Auvergne<sup>2</sup> :

$$v = 0,55 d^2 h$$

### c) Cubage des sapins, épicéas ( et aussi des feuillus à houppier peu développé : aulnes, merisiers, bouleaux ) :

On dispose de deux formules proposées par ALGAN<sup>3</sup> :

$$(1) \quad v = 0,42 d^2 h,$$
$$(2) \quad v = 0,33 d^2 H$$

Ces formules fournissent le volume bois d'oeuvre ( limité à la découpe de 15 cm pour les résineux ).

Une dernière formule d'ALGAN :  $v = 0,4 d^2 H$ , s'applique aux sapins. Elle donne le volume total de l'arbre.

### d) Remarque :

Ces formules partent de l'hypothèse que les arbres en cause ont tous le même coefficient de forme. Ce qui n'est pas toujours vraiment exact !.

---

<sup>1</sup> Mr BOUVARD, ancien inspecteur des Eaux et Forêts, né vers 1810.

<sup>2</sup> Jules d'Auvergne, né en 1816, élève à l'Ecole Forestière de Nancy en 1837, mort sous-inspecteur à Blois en 1863.

<sup>3</sup> ALGAN, inspecteur des Eaux et Forêts dans l'Est de la France vers les années 1900

### 3.4. DETERMINATION DU VOLUME PAR L'INTERMEDIAIRE DES CARACTERISTIQUES DE FORME

Pour rappel, le volume estimé d'un arbre sur pied peut être donné par l'application de la formule de HUBER qui assimile en fait la tige à un cylindre :

$$v = \frac{\pi \cdot d_{0,5h}^2}{4} \cdot h$$

avec:

$h$  = hauteur de la tige à la découpe choisie,

$d_{0,5h}$  = diamètre median.

Le diamètre médian pouvant être estimé de différentes manières , et notamment : à l'aide d'un appareil optique ( Relascope de BITTERLICH ou Pentaprisme ), par l'intermédiaire de la connaissance d'un paramètre de forme de l'arbre. Cette dernière façon de procéder fait l'objet de ce qui suit.

#### a) Par le coefficient de forme :

La connaissance du coefficient de forme permet, à partir de la grosseur à hauteur d'homme, de calculer directement le volume.

En effet :

$$v = g_{1,3} h f$$

$$v = \frac{\pi d_{1,3}^2}{4} h f$$

L'inconvénient de cette méthode est que l'appréciation de  $f$  est assez difficile pour les non-expérimentés.

### b) Par le coefficient de décroissance :

Il s'agit d'estimer la grosseur à mi-hauteur de l'arbre ( diamètre médian ), connaissant k son coefficient de décroissance.

Ensuite, il suffit d'appliquer la formule de HUBER :

$$v = \frac{\pi \cdot d_{0,5h}^2}{4} \cdot h$$

et donc:

$$v = \frac{\pi}{4} \cdot k^2 \cdot d_{1,3}^2 \cdot h$$

Le principal inconvénient du fait d'appliquer le même k à tous les arbres d'une même coupe est que l'on ne tient pas compte des hauteurs : il faudrait alors utiliser des k différents selon les diverses catégories de hauteurs.

### c) Par la décroissance métrique moyenne :

Après avoir estimé la d.m.m. ( ou k' ), on peut alors calculer le volume commercial du fût qui est alors égal à :

$$v = \frac{\pi}{4} \cdot h \cdot \left[ d_{1,3} - k' \cdot \left( \frac{h}{2} - h_{1,3} \right) \right]^2$$

avec :

$d_{1,3}$  = diamètre à 1,3 m exprimé en m,

$h_{1,3}$  = hauteur entre la section de culée et le niveau 1,3 m ( en m ),

$h$  = hauteur, à partir de la section de culée, de la découpe supérieure du fût,

$k'$  = d.m.m sur le diamètre entre le niveau 1,3 m et le milieu du fût.

### **3.5. REGLES POUR L'ESTIMATION COMMERCIALE DES FÛTS D'ARBRES SUR PIED**

La norme concernant l'estimation du volume des arbres sur pied est la norme NF B53 - 017 ( avril 1984 ).

#### **Mesure du diamètre :**

La mesure à hauteur d'homme se relève à 1,3 m du sol, soit avec un ruban forestier gradué en centimètres de diamètre, soit à l'aide d'un compas forestier gradué de la même façon.

En cas de désaccord, la mesure au ruban gradué fait autorité. Il faut également tenir compte des remarques exposées au chapitre I concernant la prise des mesures.

#### **Mesure de la hauteur :**

Il est recommandé de vérifier le bon étalonnage des dendromètres utilisés. Il faudra tenir compte des remarques faites au chapitre II. La hauteur est généralement exprimée en mètres par défaut ou par excès.

#### **Procédés de calcul du volume :**

Il est exprimé en mètres cubes et peut se calculer à partir de la formule de HUBER (voir ci-dessus ).

Quoi qu'il en soit, il faudra toujours avoir à l'esprit que les volumes obtenus ne sont qu'approximatifs et dépendent à la fois de la méthode d'évaluation et de la précision des mesures.

## IV. CUBAGE DU HOUPPIER DES ARBRES SUR PIED ET DETERMINATION DU VOLUME DES BOIS EMPILES

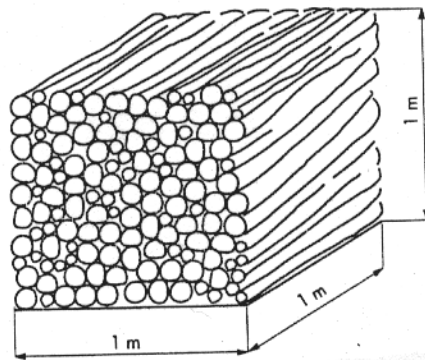
### 4.1. DEFINITIONS PREALABLES

Les unités de mesures les plus utilisées en matière de cubage sont :

#### a) Pour le volume :

- **Le volume réel ou mètre cube réel** : il s'agit du volume réel de matière. Selon que les mesures sont effectuées sur des bois écorcés ou non, on obtiendra un volume « sous écorce » ou « sur écorce ». Comme l'écorçage se pratique de moins en moins en forêt, on applique un coefficient réducteur qui permet d'obtenir le volume « sous écorce ». Le mètre cube réel est le seul dont l'emploi soit admis par les normes de cubage : il devrait donc être employé dans toutes les transactions.
- **Le stère** : le stère correspond à un volume apparent de 1 mètre cube.

Représentation d'un stère :



Cette unité sert encore principalement pour le bois de feu ou de trituration. Mais en principe, si l'on s'en réfère à la Directive de la Commission européenne, l'emploi du stère comme unité de mesure n'est plus autorisé depuis le 1er Janvier 1968...mais, comme cette unité de mesure correspond encore actuellement à un besoin, elle est toujours utilisée et maintenue dans la norme NF B53 020 de 1991.



- **le mètre cube apparent de plaquettes (M.A.P.) :**

Dans certains cas, les produits forestiers ( taillis, rémanents de coupes ) sont transformés en plaquettes directement en forêt. Le mode de détermination du volume produit est alors exprimé en M.A.P. . Cette unité correspond à un volume apparent de un mètre cube. Le volume réel de bois contenu dans un M.A.P. est fonction de la densité du produit, de son humidité et de la force de la soufflerie de la coupeuse.



Photo 1 : déchiquetteuse, foire forestière de LIBRAMONT (B), 2005

### b) Les mesures de masse :

Certains utilisateurs comme les papeteries réceptionnent les bois en terme de tonnage. L'unité légale est la tonne, mais on est appelé à distinguer la tonne brute ou réelle de la tonne sèche.

- **La tonne réelle :** elle correspond à une masse de bois de 1000 kg.  
Le volume réel contenu dans une tonne varie en fonction de la densité ( ou masse volumique ) du bois et donc de son humidité.
- **La tonne sèche ou anhydre ( y compris la tonne papetière ) :**  
La connaissance du taux d'humidité du bois est importante dans deux domaine :
  - l'industrie papetière,
  - la recherche : essais physiques et mécaniques effectués sur des échantillons de bois ( ou éprouvettes ).

Dans le premier cas, on utilisera la notion de tonne papetière ; unité employée par certaines fabriques de pâte à papier pour la plupart de leurs transactions de bois de trituration. La tonne papetière (TP) est le résultat d'une pesée corrigée par un coefficient, qui est fonction de la densité ( ou masse volumique ) du bois réceptionné et d'une densité anhydre forfaitaire.

## Chapitre 4 : Estimation du volume

$$TP = ( RP \cdot DF ) / DR$$

avec :

RP : résultat de la pesée,

DF : densité anhydre forfaitaire ( kg/mètres cubes),

DR : densité du bois réceptionné.

Les transactions réalisées à partir de la tonne sèche ( exemple : tonne papetière ) sont plus objectives . Elle permet un meilleur contrôle du rendement de chaque essence et de sa transformation industrielle.

Dans le deuxième cas, on peut exprimer l'humidité d'un échantillon de bois utilisant la formule suivante :

$$H \% = ( Mh - M0 ) / M0$$

où :

Mh = est la masse, en grammes, de l'éprouvette avant dessiccation.

M0 = est la masse, en grammes, de l'éprouvette anhydre.

La valeur de M0 étant déterminée par pesée après avoir mis sécher en étuve ( température de 103°C) l'échantillon de bois. Cette méthode de détermination du taux d'humidité étant normalisée ( norme NF B51 - 004 de septembre 1985 ).

### 4.2. CUBAGE DU HOUPPIER

Le volume des houppiers s'évalue souvent au jugé :

- soit par rapport au volume des fûts, à raisons de x mètres cubes ou stères ou tonnes par mètre cube,
- soit par rapport au nombre d'arbres, à raison de x mètres cubes ou stères ou tonnes par arbre.

A titre d'exemple, nous reproduisons ci-dessous deux tableaux permettant d'estimer le volume des houppiers des arbres sur pied :

Essence	Futaie ( st/m <sup>3</sup> )	Taillis-sous-futaie (st/m <sup>3</sup> )
Chêne	0,25 à 0,50	1 à 1,33
Hêtre	0,50 à 0,75	1,5
Peuplier Pin sylvestre	0,33 à 0,50	-
Sapin Epicéa Mélèze	0,15 à 0,25	-

**Tableau 2** : Coefficients permettant d'estimer le nombre de stères par mètre cube tige ( ces indications doivent toutefois être modulées selon la limite de découpe retenue lors de l'estimation de la tige ).

	CATEGORIES DE CIRCONFERENCES ( cm ) ( à 1,3 m )			
	80 à 130	130 à 160	160 à 200	200 et +
<b>ESSENCE</b>				
Chênes, frênes, ormes et tous les autres feuillus sauf les suivants.	1 stère	1,50 st	1,75 st	2 st
Hêtres et Charmes + Tilleul et marronnier	1,50 st	1,75 st	2 st	2,5 st
	70 à 110	110 à 140	140 et +	
Peupliers, trembles et bouleaux	0,25 st	0,50 st	0,75 st	
Résineux	0,15 st	0,25 st	0,50 st	

**Tableau 3** : volumes en stères ( rondins, bois de quartier et charbonnette de cime ) par arbre de circonférence donnée. Tableau tiré de CHAUDE P. Tarif de cubage à décroissances variables pour les arbres sur pied.

Quoiqu'il en soit, le relevé d'estimation devra faire mention de la méthode d'évaluation utilisée, et du diamètre de la découpe fin bout des houppiers ( il s'agit souvent d'un diamètre de 7 cm au fin bout et sur écorce ).

### 4.3. DETERMINATION DU VOLUME DES BOIS EMPILES :

Les bois de chauffage et les petits bois d'industrie ou de trituration sont généralement évalués en tas empilés. On se contente alors de mesurer le volume d'encombrement des piles de bois.

L'unité de mesure est le stère ou volume d'encombrement d'un mètre cube, occupé en principe par des pièces d'un mètre de long empilée sur un mètre de large et un mètre de haut. On parlera parfois aussi de « corde », soit l'équivalent d'un nombre de stères variant selon les usages locaux ( souvent 2 en Belgique ou 3 en France ).

Dans tous les cas, l'empilage doit être conduit de telle sorte que l'importance des vides soit aussi réduite que possible et qu'une quantité de bois donnée occupe le minimum d'espace. De plus, on veillera à ce que les pièces soient de longueur uniforme.

Afin de distinguer le volume réel et le volume apparent, on utilisera la notion de coefficient d'empilage qui correspond au volume réel de bois, exprimé en mètres cubes, contenu dans un stère.

$$C.E = \frac{\text{volume reel (m}^3\text{)}}{\text{volume empilé (stère)}}$$

L'inverse de ce rapport est appelé « facteur d'empilage » :

$$F.E = \frac{\text{volume empilé (stères)}}{\text{volume reel (m}^3\text{)}}$$

## Chapitre 4 : Estimation du volume

La valeur du coefficient d'empilage dépend de :

- la nature des bois ( quartiers, rondins,...),

<i>Catégorie :</i>	<i>Coefficient d'empilage</i>	<i>Inverse</i>
<b>quartiers bien fendus</b>	0,75	1,33
<b>quartiers et rondin mélangés ( 1/2-1/2.)</b>	0,65	1,54
<b>rondins biens droits</b>	0,60	1,66
<b>rondins chênes/ hêtre</b>	0,57	1,75
<b>charbonnette</b>	0,53	1,88
<b>houppier de chêne</b>	0,47	2,13
<b>épicéas et sapins</b>	0,76	1,31

Quartier : pièce de bois de feu de plus de 40 à 45 cm de tour au fin bout et refendue.

Rondin : catégorie intermédiaire entre la précédente et la suivante.

Charbonnette : pièce de moins de 22 cm de tour ( 7 cm de diamètre ) au gros bout.

- la forme des bois ( droits, courbes, noeuds,...),
- la grosseur des bois,
- les soins apportés à l'empilage,
- l'époque d'empilage,
- la nature de l'essence.

Pour fixer les idées, quelques valeurs du coefficient d'empilage sont indiquées ci-dessous :

<b>Essences et produits</b>	<b>Coefficients d'empilage</b>
<b>Sapin, Epicéa :</b>	
• bonne fente, écorce unie	0,76
• fente difficile	0,62
<b>Hêtre :</b>	
• Très bonne fente, écorce unie	0,77
• Fente assez difficile, écorce raboteuse	0,65
• Rondin, écorce assez unie	0,60
• Bois de cime, branches courbes	0,58
<b>Chêne :</b>	
• Fente facile, écorce unie	0,68
• Fente assez difficile, écorce raboteuse	0,61
• Cimeaux assez droits	0,55
• Bois de cime, branches courtes	0,46

**Tableau 4:** valeurs de coefficients d'empilage pour différentes essences ( d'après G.HUFFEL, 1919)

## V. LES DECOUPES :

Comme nous l'avons déjà dit précédemment, le volume annoncé lors des opérations de cubage, doit être défini sans ambiguïté. C'est pourquoi il est important de préciser la découpe supérieure du fût que l'on cube.

La découpe supérieure du fût est définie :

- soit par son diamètre ( par exemple : découpe à 20 cm ),
- soit par une définition absolument non ambiguë de sa position ( par exemple : découpe à 8 m de hauteur ),
- soit par toute autre définition, pourvu qu'elle fasse l'objet d'un accord entre les parties.

La découpe est donc l'emplacement de la section qui délimite la portion de l'arbre intéressé par le cubage. Elle délimite une bille, une surbille, un billon ou une grume. Lorsque la nature de la découpe n'est pas précisée, celle dite « marchande » est adoptée.

Les découpes usuelles sont :

- **découpe « marchande »** : elle se situe au point où s'arrête la dernière bille pouvant produire du bois de sciage marchand.
- **découpe à la demi-circonférence** : découpe telle que la circonférence à cet endroit soit égale à la moitié de celle prise à 1,3 m.
- **découpe couronne** : découpe située à l'origine, soit d'une fourche, soit du départ, au même niveau ou à des niveaux voisins, de plusieurs grosses branches, entraînant une forte diminution de grosseur.
- **découpe au premier gros noeud** ( dont le diamètre est supérieur à 5 % de la circonférence de la grume ).
- **découpe au premier défaut** ( selon l'importance des noeuds,...).
- **découpe placage**,...

Il est évident que la notion de découpe interfère avec celle de classement des bois ( voir cours d'exploitation ).

## VI. BAREMES DE CUBAGE

Les barèmes de cubage sont des tableaux à double entrée ( $d_{1,3}$  ou  $c_{1,3}$ ,  $h$ ) destinés à épargner aux utilisateurs des calculs répétés lorsqu'ils appliquent la formule de HUBER, aussi bien dans le cas d'arbres abattus que dans le cas d'arbres sur pied.

Ces tableaux, qui permettent à l'utilisateur de lire directement les volumes, sont en fait une simple transcription de formule de cubage.

Les barèmes de cubage les plus courants en France sont :

### Barèmes de cubage pour arbres abattus :

- Barèmes Normand,
- Barèmes Chaudé.

### Barèmes de cubage arbres sur pied :

#### Barèmes basés sur la d.m.m. :

- Barème de cubage de l'administration :

L'O.N.F. a publié en 1980 une réédition de l'ancien livret intitulé « Barèmes de cubage des arbres sur pied » auparavant édité par l'ancienne administration des Eaux et Forêts.

Le document comprend 6 barèmes qui indiquent le volume d'un arbre à différentes hauteurs en fonction d'une décroissance métrique moyenne fixe à partir de son diamètre à 1,3 m :

<i>Barèmes :</i>	<i>Appellation du barème :</i>	<i>Décroissance métrique moyenne ( cm/m ) :</i>
1	0,005	0,5
2	0,01	1
3	0,015	1,5
4	0,02	2
5	0,03	3
6	0,04	4

- « Tarifs Chaudé » :

Pour la détermination du volume des arbres sur pied, P.Chaudé propose deux séries de tableaux dans un même recueil :

- les tables de cubage à décroissances fixes ;
- les « tarifs » de cubage à décroissance variables.

## Chapitre 4 : Estimation du volume

Nous reviendrons sur l'emploi de ces « tarifs » au cours du chapitre VII ( partie consacrée au cubage des peuplements ).

### Barèmes basés sur le coefficient de décroissance :

- Barèmes Schaeffer :

Ces barèmes sont basés sur le coefficient de décroissance  $k$ , ce paramètre variant en fonction de la longueur de la tige, la grosseur à la découpe, l'essence et le traitement du peuplement.

Le choix du barème est réalisé en fonctions des facteurs évoqués ci-dessus

<i><b>ESSENCES</b></i>	<i><b>CONDITIONS DE CROISSANCE ET CARACTERISTIQUES</b></i>	<i><b>N° DU BAREME</b></i>
<b>Toutes</b>	Très grosse découpe	1
<b>Chênes et Hêtre</b>	Massifs clairs, hauteurs corrigées	2
<b>Bouleau</b>	Peuplement clair	3
<b>Peupliers</b>	Bien élagués, découpe de 60 à 100 cm de tour	4
<b>Peupliers</b>	Mal élagués, découpe de 45 à 50 cm de tour	5
<b>Sapins</b>	Arbres élancés, découpe relativement forte	6
<b>Epicéas</b>	Arbres à empattement marqué, découpe fine	7
<b>Epicéas, Mélèzes, Pins noirs</b>	Plantations à l'état clair	8
<b>Pins sylvestres</b>	Peuplements spontanés d'Auvergne, découpe 10 cm de diamètre	9
<b>Pins sylvestres</b>	Plantations à l'état clair	10

Au chapitre VI, nous aborderons l'étude des tarifs de cubage. En guise d'introduction à ce chapitre, nous devons avoir à l'esprit la remarque suivante :

Les barèmes de cubage diffèrent des tarifs de cubage dans ce sens qu'un barème repose sur une formule de cubage basée sur une relation supposée connue à priori entre le volume, le diamètre à 1,3 m ou le diamètre médian, et la hauteur.

Tandis qu'avec un tarif de cubage, on va d'abord chercher une relation entre le volume et les variables explicatives (  $d$ ,  $h$ ,... ) à l'aide d'un échantillon d'arbres.

La relation trouvée sera alors appliquée à l'ensemble du peuplement. Un tarif de cubage aura donc une validité limitée au sens géographique.