

CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL
Département du CIRAD
45 bis Avenue de la Belle Gabrielle
94736 NOGENT SUR MARNE CEDEX (France)

NOTE SUCCINCTE SUR LA FORME DES ARBRES
ET SA QUANTIFICATION

Septembre 1989

CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL
Département du CIRAD
45 bis Avenue de la Belle Gabrielle
94736 NOGENT SUR MARNE CEDEX (France)

**NOTE SUCCINCTE SUR LA FORME DES ARBRES
ET SA QUANTIFICATION**

Septembre 1989

NOTE SUCCINCTE SUR LA FORME DES ARBRES ET SA QUANTIFICATION

1. HISTORIQUE

L'historique de la dendrométrie, relaté dans la 2ème édition de l'ouvrage "Dendrométrie" de J. PARDE et J. BOUCHON (Ed. ENGREF), montre que pendant longtemps, les mesures des arbres et grumes étaient en rapport direct avec l'usage qui allait en être fait, sans souci de la connaissance finale du volume. Pour les charpentiers par exemple: "Le calcul du côté de l'équarrissage en fonction de la circonférence de la grume était un des problèmes essentiels de la technologie forestière d'autrefois". La pratique était alors le calcul au nième déduit :

$$\frac{C - \frac{C}{n}}{4} = \text{épaisseur de la future pièce équarrie,}$$

C étant la circonférence médiane de la grume

Le choix de n dépend en partie de la forme de la grume, selon que l'on veut une poutre droite avec équarrissage à vive arête jusqu'au fin bout ou encore si l'on préfère une poutre en forme de tronc de pyramide, etc...

Au début du 19ème siècle, on commence à vouloir cuber les arbres sur pied à partir des mesures usitées pour les grumes que sont la section médiane et la hauteur, "en recherchant un rapport entre leur section ou leur diamètre médians et ces mêmes grandeurs mesurées à hauteur d'homme".

La formule définitivement adoptée pour le volume commercial d'une grume est (formule de HUBER)

V = Section médiane x longueur utile, soit

$$V = \frac{\pi d_2^2}{4} h \quad \text{ou} \quad V = \frac{C_2^2}{4 \pi} h$$

h = longueur utile

C₂ = circonférence de la section à mi-longueur

d₂ = diamètre de la section à mi-longueur

Pour un arbre sur pied, il est plus aisé de mesurer la circonférence ou le diamètre à hauteur d'homme (1,30 m du sol). Un certain nombre de grandeurs ont donc été définies, en forêt tempérée, pour estimer la section médiane et donc le volume commercial à partir des données facilement mesurables.

Ces notions ont été transposées à la forêt tropicale avec les adaptations relatives à la spécificité du milieu (hétérogénéité, forme des arbres, etc...).

2. DEFINITIONS

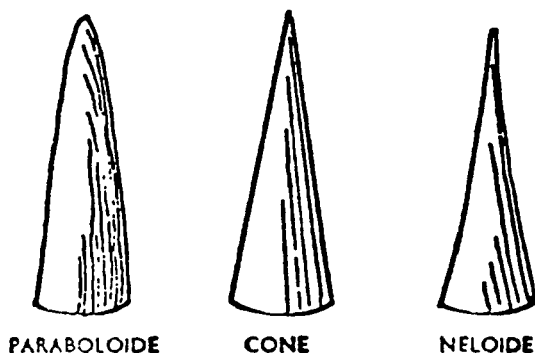
Différents types de volumes peuvent être évalués en fonction notamment des utilisations prévues : volume total, volume fût, volume bois fort, etc. Ceux-ci dépendront de la découpe adoptée et donc de la longueur de tige envisagée.

L'estimation de la grosseur du fût à mi-hauteur à partir de mesures à hauteur d'homme dépend du rétrécissement résultant de la forme de l'arbre.

Une étude détaillée de la morphologie des arbres est développée dans "Tarifs de cubage", J. BOUCHON, INRA/CNRF-ENGREF, 1974.

Nous rappellerons ici succinctement quelques grands principes.

La forme des arbres se rapproche en général des solides géométriques suivants :



Toujours dans l'optique de la recherche de volume commercial on considère que plus une tige se rapproche du cylindre, meilleure est sa forme.

La morphologie d'un arbre est fonction, pour un même génotype :

- . de son âge, donc de ses dimensions : grosseurs à hauteur d'homme et hauteur totale,
- . de la situation "sociale" de l'arbre dans un peuplement : dominant, dominé, isolé, etc..
- . de la fertilité de la station qui joue notamment sur la hauteur,
- . des interventions sylvicoles : éclaircies, élagage, etc...

Bien souvent, un même arbre peut être assimilé à la superposition de différents modèles, notamment en forêt dense humide où les hauteurs atteignent de fortes valeurs. Souvent, tronc de néloïde ou parabololoïde à la base, surmonté d'un cylindre puis terminé par un parabololoïde ou un cône.

La caractérisation de la forme utilise le plus souvent les notions suivantes :

21. La décroissance métrique

C'est le nombre moyen de centimètres dont la circonférence, ou le diamètre, diminue par mètre de hauteur, depuis la hauteur d'homme jusqu'à la hauteur médiane.

$$\gamma = \frac{C_1 - C_2}{H} \quad \text{ou} \quad \delta = \frac{d_1 - d_2}{H} \quad \text{avec} \quad \delta = \frac{\gamma}{\pi}$$

- - 1,3 - - 1,3

2 2

C₁ d₁ = circonférence et diamètre à hauteur d'homme
 C₂ d₂ = " " " " à mi-hauteur totale
 H = hauteur totale

Cette décroissance est aussi appelée "défilement" sur la circonférence ou sur le diamètre.

22. Le coefficient de forme

C'est le rapport entre le volume total estimé de la tige et le volume d'un cylindre qui aurait pour hauteur celle de la tige (hauteur totale) et pour base la section à hauteur de mesure de la circonférence (1,30 m)

$$f = \frac{\text{volume total estimé}}{C^2/4 \pi \times \text{hauteur totale}}$$

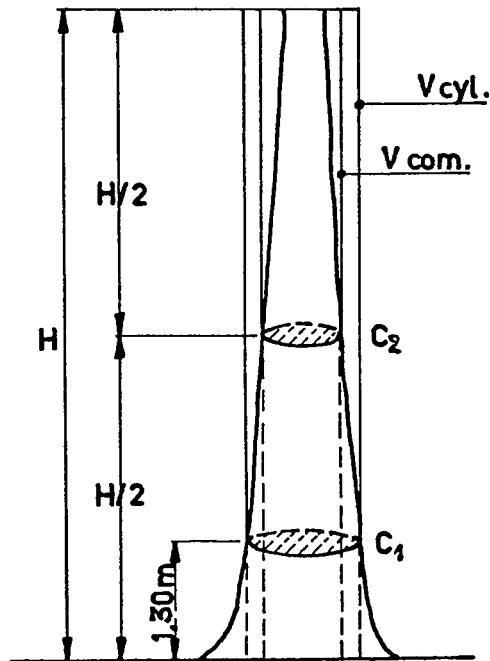
soit $\boxed{v = f \cdot g \cdot H}$

g = surface terrière à 1,30 m
 H = hauteur totale
 v = volume

A chaque volume que l'on peut considérer dans un arbre est donc associé un coefficient de forme. Le plus utilisé est relatif au volume total de la tige, mais on peut considérer le coefficient de forme relatif au volume de la tige jusqu'à une découpe donnée.

Pour le volume commercial :

$$f = \frac{\frac{C_2^2}{4\pi} H}{\frac{C_1^2}{4\pi} H} = \left(\frac{C_2}{C_1} \right)^2 = \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 = \frac{g_2}{g_1}$$



Volume commercial d'une grume et volume d'un cylindre de même hauteur et de même circonférence à hauteur d'homme. (Extrait de "La Forêt" Ed. VAILLANT CARANNE.)

Le coefficient f qualifie mal la forme d'une tige, deux tiges qui ont la même forme n'ont pas le même f et inversement.

23. Coefficient "naturel" de forme de la tige

L'inconvénient précédent peut être évité en adoptant plutôt : (formule de HOHENADL)

$$f^1 = \frac{\text{volume total exprimé}}{C_{10}^2 / 4\pi \times \text{hauteur totale}}$$

ou $v = f^1 \cdot g^H / 10 \cdot H$ avec

C_{10} = circonférence au dixième de la hauteur totale à partir du sol
 $g^H / 10$ = surface terrière à la hauteur $H/10$

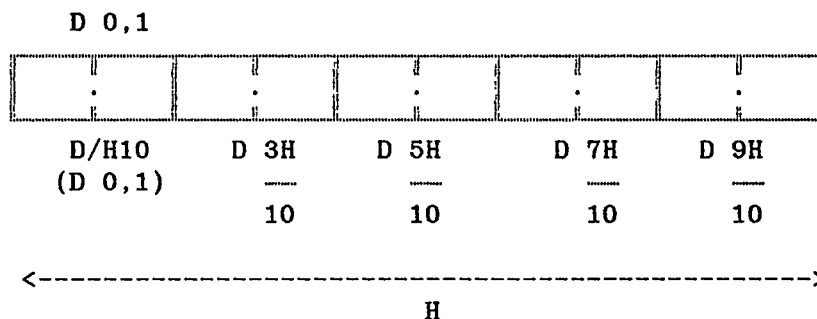
Cette donnée permet aisément d'identifier le solide géométrique auquel un arbre peut être rattaché :

$f^1 = 0,56$ pour un parabololoïde

$f^1 = 0,41$ pour un cône

$f^1 = 0,34$ pour un néloïde

Pour calculer f_1 on divise la tige en 5 tronçons de même longueur.



L'application de la formule de HUBER à chaque tronçon donne :

$$f_1 = \frac{1}{5} \frac{D^2 0,1 + D^2 0,3 + D^2 0,5 + D^2 0,7 + D^2 0,9}{D^2 0,1}$$

On peut calculer également le coefficient de forme moyen d'un lot d'arbres, le "poids" accordé à chaque arbre pouvant ou non intervenir. Pour plus de détails on se reportera à la référence N° 4.

24. Autres coefficients

On peut citer pour mémoire :

- * le coefficient de décroissance : c'est le rapport entre la grosseur au milieu du tronc et celle à hauteur d'homme

$$k = \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

On remarque que $f = k^2$

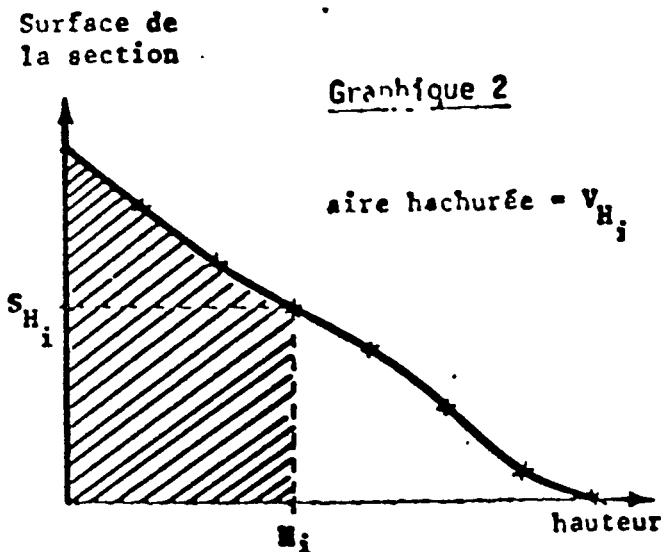
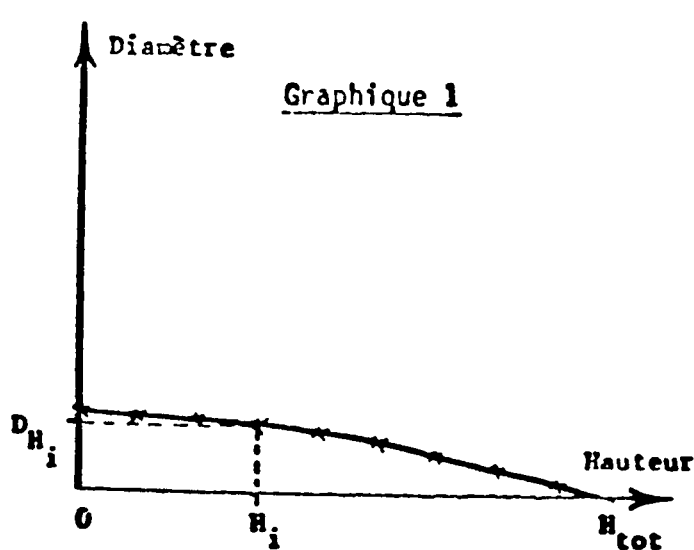
- * Le coefficient de réduction : il exprime le pourcentage de réduction à appliquer à la grosseur à hauteur d'homme pour obtenir la grosseur médiane

$$C_2 = C_1 - rC_1 \quad \text{avec } r = 1 - k$$

En zone tempérée, il varie de 5 à 30 %, en forêt tropicale, il peut être beaucoup plus élevé, notamment pour les essences à contreforts importants.

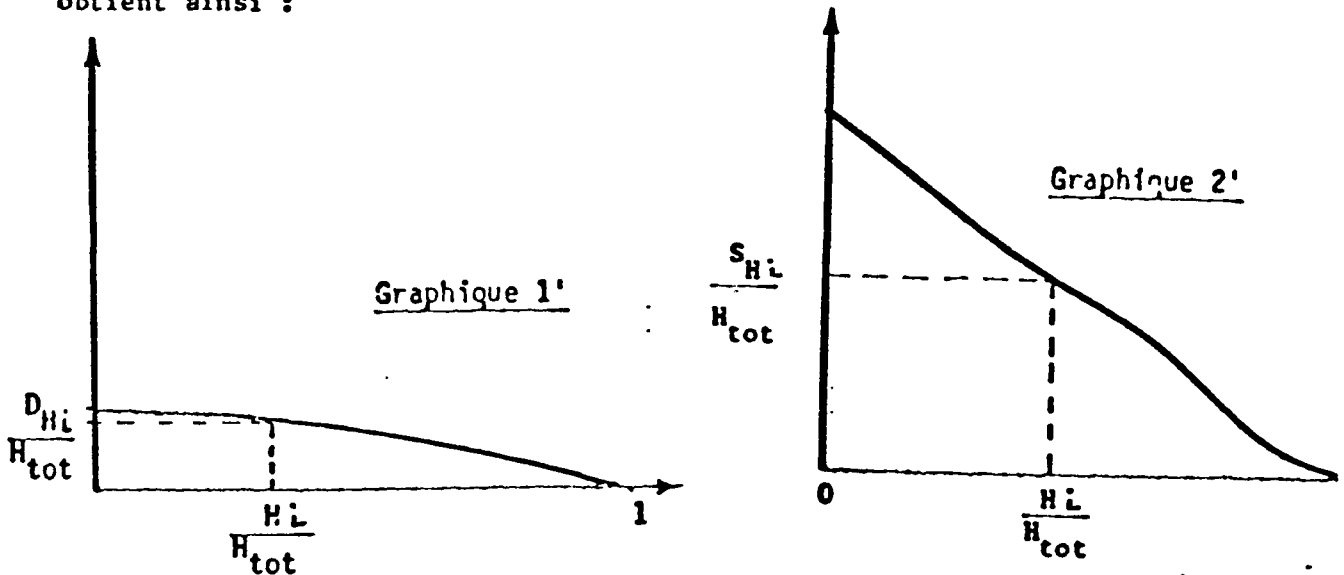
25. Profil de la tige

On peut également étudier la forme des tiges à l'aide de représentations graphiques. Les mesures de circonférence ou de diamètre à différentes hauteurs peuvent donner les représentations suivantes :



Le premier type de graphique permet de représenter la tige telle qu'elle est vue ; le second permet de visualiser le volume V_{Hi} à une hauteur donnée H_i .

Pour comparer la forme de deux arbres par ce système de profils de tige, il est nécessaire de transformer les échelles, notamment par rapport à la hauteur totale, qui est la possibilité de transformation la plus simple et aisée. On obtient ainsi :



Ce procédé par profils de tiges constitue la modalité la plus fiable d'étude et de comparaison de la forme des arbres (ou plutôt des tiges).

L'ajustement des courbes de profil par le calcul est assez complexe et permet d'évaluer avec précision les volumes à différentes hauteurs ou de différents tronçons de tige (se reporter également à la référence N° 4).

3. UTILISATIONS

L'évaluation de tous ces coefficients reste difficile. Elle peut provenir :

- de mesures réelles faites généralement sur des arbres abattus lors de coupes intermédiaires ou définitives. Les résultats ne s'appliquant qu'à une espèce donnée dans un site précis. Certains appareils comme le relascope de Bitterlich, permettent des mesures du diamètre à différents niveaux, donc le calcul de "coefficients" pour des arbres debout.
- d'estimations dues à un sens de l'observation développé, fruit d'une longue expérience de terrain. Cette quantification n'est pas très aisée en forêt naturelle, encore moins en milieu tropical, elle est plus facile dans des reboisements homogènes.

31. En forêt tempérée

Rappelons brièvement :

* les barèmes de cubage pour arbres sur pied de l'Administration donnent une estimation du volume commercial en fonction :

- . du diamètre mesuré à 1,30 m
- . de la hauteur à la découpe estimée,
- . de la décroissance métrique sur le diamètre estimée.

* les tarifs CHAUDE sont des barèmes qui utilisent comme paramètre la décroissance métrique sur la circonférence. Il s'agit de plusieurs séries de barèmes soit à décroissance métrique constante, ou variable à l'intérieur d'une série en fonction des catégories de grosseurs. Le choix des barèmes se fait en relation avec l'essence et le régime.

* Les barèmes SCHAEFFER : ces barèmes sont paramétrés cette fois-ci par le coefficient de décroissance k qui varie selon :

- . l'essence,
- . la découpe et la hauteur à cette découpe,
- . la position sociale de l'arbre
- . la grosseur

Le choix de l'outil adéquat est guidé par l'essence avec ses conditions de croissance et ses caractéristiques.

* Utilisation de la "hauteur rectifiée" basée sur la formule :

$$v = f. g. h.$$

f = coefficient de forme
g = surface terrière
h = hauteur

A partir des caractéristiques de l'arbre moyen d'un peuplement ($C_{1,3}, h$) des tableaux permettent le choix d'un tarif et la valeur du produit $f \times h$, appelé "formhöhe" par les Allemands, par lequel il suffit de multiplier la surface terrière pour obtenir le volume.

Cette méthode est surtout appliquée au calcul du volume d'un peuplement monospécifique équienne.

* Autre modalité de cubage des peuplements en blocs.

Toujours à partir de la formule

$$v = f. g. h$$

- . la hauteur moyenne étant connue, il suffit de la multiplier par (f.g). Ce dernier facteur, établi pour des situations idéales par essence, est trop sensible à toutes les irrégularités que peuvent subir les peuplements naturels et même artificiels pour donner des valeurs fiables.
- . l'utilisation du relascope de Bitterlich peut permettre d'évaluer la surface terrière, la hauteur moyenne et le coefficient de forme.

32. En forêt tropicale

Les problèmes de mesure et utilisation de variables dendrométriques sont particuliers en milieu tropical eu égard à l'hétérogénéité spécifique, à la distribution intraspécifique très irrégulière, aux volumes utilisables très variables.

L'établissement de tarifs de cubage et leur utilisation dans le cadre d'inventaires permettent le plus souvent l'évaluation de volumes bruts qui sont loin de correspondre aux véritables volumes utilisables. La relation entre les deux est fonction de nombreux facteurs internes et externes aux peuplements. La forme en est un parmi tant d'autres, elle dépend de l'essence, de l'état de développement des dimensions, etc..

En forêt naturelle, elle est difficile à quantifier pour être utilisée sur une grande surface d'extension. Par contre, l'aspect qualitatif est pris en compte lors des inventaires par l'intermédiaire d'une notation directement proportionnelle aux défauts (généralement de 1 à 5). Cette note combinée aux aspects sanitaires et à l'aspect du bois peut servir à l'estimation du volume utilisable (voir référence N° 4) grâce à l'intervention de coefficients de commercialisation :

$$\text{Coef.} = \frac{\text{Volume sorti de forêt}}{\text{Volume sur pied}} \quad \text{par catégorie ou qualité}$$

Ces coefficients sont très utiles pour les estimations commerciales des zones à exploiter. Ils gardent néanmoins une valeur subjective et sont propres à des essences, des sites et des usages donnés des produits. En Côte d'Ivoire par exemple, ils varient de 40 à 60 % en restant plus élevés pour les bois rouges les plus précieux.

Dans les reboisements, l'homogénéité du peuplement, amélioré d'ailleurs par les interventions sylvicoles intermédiaires, devrait permettre d'établir et d'appliquer des coefficients propres à faciliter les évaluations de volume (formhøhe : f x h, par exemple). Néanmoins, on donne la préférence à l'établissement de tarifs de cubage spécifiques grâce notamment aux moyens de calcul très rapides largement répandus. Ces tarifs sont suffisamment précis dans des limites d'application connues pour ne pas être paramétrés.

BIBLIOGRAPHIE SUCCINCTE

- J. PARDE, J. BOUCHON
Dendrométrie, 2ème édition, ENGREF 1988
- A. BARRY-LENGER, R. EVRARD, P. GHATY
La forêt. Ed. Vaillant-Carmanne S.A. Liège
- J. BOUCHON
Les tarifs de cubage, CNRF-ENGREF, 1974
- F. CAILLIEZ
Estimation des volumes et accroissement des peuplements forestiers. Avec référence particulière aux forêts tropicales. Vol. 1, Estimation des volumes - FAO Rome, 1980
- J.P. LANLY
Manuel d'inventaire forestier, FAO Rome
- J.P. LANLY, C. LEPITRE
Estimation des volumes commercialisables dans les inventaires forestiers tropicaux par sondage. Bois et Forêts des Tropiques N° 129, 1970