

**MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DE
L'ASSAINISSEMENT ET DE DEVELOPPEMENT
DURABLE**

REPUBLIQUE DU MALI

Un peuple-Un but-Une Foi

DIRECTION NATIONALE DES EAUX ET FORETS

CENTRE DE FORMATION PRATIQUE FORESTIER

COLONEL JEAN DJIGUI KEITA DE TABAKORO

**COURS DES MATHÉMATIQUES DU
FORESTIER/DENDROMÉTRIE DESTINÉ
AUX ÉLÈVES DU CYCLE TECHNICIEN DE
CFPF-TABAKORO**

Octobre 2024

**Préparé par M. Odou KONE
Spécialiste en Ecologie, Grade Master
Doctorant à l'UNZ de Burkina Faso
Tél : 74 53 88 38 / 69 84 05 63
Email : odoukone659@gmail.com**

Table des matières

I- GENERALITES.....	1
1-1 Définition.....	1
I-2 Définition de quelques termes techniques :.....	1
I-3 Les essences forestières :.....	2
I-5 Formations végétales et leurs dynamiques:.....	4
III-1 Introduction	6
III-2.1 Les instruments de mesure.....	7
III-2.1.1 Le compas forestier.....	7
III-2.1.2 Le compas parabolique finlandais	8
III-3 Mesure de la circonférence	9
IV- QUELQUES CAS PARTICULIERS DE MESURES :	10
IV.1. Conventions liées à la topographie.....	10
IV.2 Conventions liées à la morphologie des arbres.....	10
III-4 Détermination de la surface terrière	11
V-1 Définition	13
V-2 Les méthodes et appareils de mesure.....	16
V-2.1 Les procédés simples	16
a- La « croix du bûcheron ».....	16
Figure 5 : Mesure de la hauteur d'un arbre (Croix du Bûcheron).....	17
Conclusion	17
VII- FORME ET AGE D'UN ARBRE, EPAISSEUR DE L'ECORCE :	24
- Forme théorique d'un arbre	24
VII.2-Les caractéristiques de forme des arbres.....	25
VII.3-L'âge d'un arbre :.....	29
VII.4.1-Intérêt de la mesure de l'épaisseur de l'écorce	30
VII.4.2-Expression de l'importance de l'écorce.....	30

VII.4.3-Mesure de l'épaisseur d'écorce et détermination du taux d'écorce	31
VIII-ENTERAGE :	33
XII-INVENTAIRE FORESTIER :	36
Définition :	36
BIBLIOGRAPHIE :	37

I- GENERALITES

1-1 Définition

La dendrométrie est le procédé de mesure des arbres afin d'estimer la hauteur, le volume et la forme d'arbres de forêts naturelles ou de plantation.

Elle a pour buts, la caractérisation et la mesure des arbres (grosesseur, hauteur, forme, âge, volume, épaisseur de l'écorce) et s'intéresse à l'étude de la dynamique des arbres en peuplement (valeurs moyennes de la grosesseur et de la hauteur, densité, volume moyen, facteur d'élancement, tarifs de cubage, notions d'accroissements, productivité).

La dendrométrie a été créée en 1899 (Renard soit en début du XIX siècle).

Dendromètre : C'est un instrument de mesure des arbres.

I-2 Définition de quelques termes techniques :

-Arbre : Végétal ligneux, qui à l'âge adulte mesure plus de 7 m de hauteur et sans ramification à la base, composé d'une tige, de branches et de racines.

-Racine : Partie souterraine de l'arbre.

-Souche : Elle ne doit pas être confondue avec la base de la tige. Elle se définit comme le niveau inférieur de la tige (au niveau de la coupe lorsque l'arbre a été abattu).

Dans le cas des arbres présentant des contreforts ou des échasses (racines aériennes), la souche se situe au sommet du contrefort ou des racines aériennes.

-Tige : Elle est la partie de l'arbre que l'on suit pour aller du pied au bourgeon terminal.

Pour les arbres ramifiés ; on considère que le bourgeon le plus élevé est le bourgeon terminal.

-Fût : Partie de la tige située entre la souche et la base de la cime.

-Branches basses : Ce sont des branches insérées sur le fût.

-**Base de la cime** : Est l'endroit au niveau duquel, la tige se ramifie nettement.

-**Branches** : Elles représentent la partie visible de l'arbre, autre que la tige.

-**Découpe** : Tout emplacement situé sur la tige ou sur une branche qui délimite deux tronçons devant faire l'objet d'un cubage distinct.

On distingue deux découpes :

- Une découpe au gros bout,
- et une découpe au fin bout.

Tronc : C'est la tige jusqu'à une certaine découpe au fin bout.

-**Grume** : Tronc d'un arbre abattu, écorcé ou non et ébranché.

-**Bille** : Tronçon découpé dans une grume.

-**Billon** : Bille courte.

-**Toisé** : Mesures faites sur un arbre.

-**Cuber** : C'est la détermination du volume.

-**Diamètre** : c'est la distance séparant deux tenantes parallèles. Autrement dit pour une circonférence donnée il existe plusieurs diamètres. Sa mesure se fait à 1.30m du sol (hauteur d'homme).

-**La circonférence** : elle constitue le pourtour d'un cercle donné. Elle se mesure à l'aide d'un ruban sans tenir compte des nœuds. Sa mesure se fait à 1.50m (hauteur de poitrine).

-**Longueur** : Elle correspond à la mesure de grume abattue du gros bout au petit.

La longueur est égale à la hauteur (arbres sur pied).

-**Mères** : Accroissement de l'arbre en hauteur (croissance primaire).

-**Auxèse** : Accroissement de l'arbre en diamètre (croissance secondaire).

I-3 Les essences forestières :

Dans le jargon des **forestiers**, une **essence forestière** désigne généralement une espèce d'**arbre**, mais c'est parfois une sous-espèce ou **variété** qui présente un intérêt en **silviculture** et qui a des exigences biologiques ou des emplois particuliers.

Les forestiers distinguent ainsi :

- Selon la classification botanique, les **feuillus**, espèces généralement à feuillage caduc, qui sont des **angiospermes**, et les **résineux** (à feuillage persistant, à l'exception des **mélèzes**), qui sont des **gymnospermes** ;
- selon leur origine, les essences **indigènes** ou **spontanées**, par opposition aux essences **introduites** ou **exotiques** ;
- selon la morphologie de leur **système racinaire** : les essences à enracinement pivotant (qui réclament des **sols** profonds) de celles à enracinement superficiel ou traçant ;
 - les essences hygrophiles ou xérophiles, selon leur exigence en humidité ou leur adaptation à la sécheresse;
- selon leur durée de vie utile, les essences longévives (250 à 300 ans) ou peu longévives ;
- selon leur comportement en **association** : les essences dominantes, appelées aussi essences sociales car elles sont capables de former des peuplements importants, et les essences subordonnées, souvent rencontrées en peuplement disséminés.

I-4 Quelques symboles normalisés : Symboles A.F.NOR :

Co : Circonférence au gros bout

Cm : Circonférence médiane

Cn : Circonférence au petit bout

D : Diamètre du peuplement

d : Diamètre relatif au sujet

H : Hauteur du peuplement

h : Hauteur relative au sujet

i : Accroissement

k : Coefficient de décroissance

n : Effectif

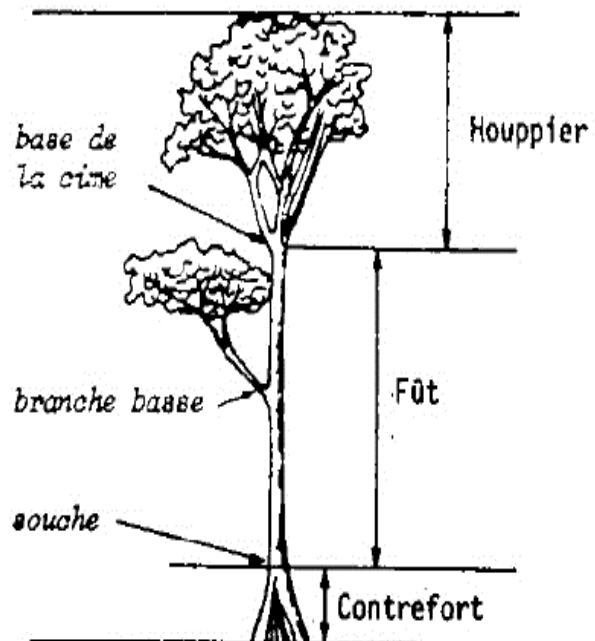
f : Coefficient de forme

k' : Coefficient d'empilage

Les différentes parties d'un arbre en image.

La souche et la base de la cime sont des niveaux qui permettent de définir :

- le fût : partie de la tige située entre la souche et la base de la cime.
- les branches basses : branches insérées sur le fût.
- le houppier : partie de la tige située au-dessus de la base de la cime + branches insérées au-dessus de la base de la cime.



I-5 Formations végétales et leurs dynamiques:

Les végétaux vivent en communauté et se regroupent de façon particulière selon leurs conditions écologiques (climat, sol, relief, action de l'homme et des animaux).

Une nomenclature internationale en a été établie pour l'Afrique tropicale en 1956 à Yangambi (actuel RDC).

Cette nomenclature fut basée principalement sur la hauteur des arbres et la densité du couvert végétal. Ainsi nous avons :

Les Forêts galeries : Végétation à couvert plus ou moins fermée accompagnant les cours d'eaux temporaires (*Berlinia heudelotiana*, *Anogeissus*, *diospyros* etc...).

Forêts claires: Végétation arborescente colonisant généralement les sols argilo-limoneux assez profonds. La hauteur des arbres dépasse 15m en général avec un taux de recouvrement de 60 à 80% et le tapis herbacé souvent discontinu (espèces reliques et grégaires).

Savanes : Formation caractérisée par la présence, arbustes et des herbes.

Prairies : Ce sont des formations hygrophiles ou aquatiques.

Bowal arboré : C'est une formation herbeuse caractérisée par des plages de végétation ligneuses dense en alternance avec des plages de végétation non ligneuse. Le recouvrement de cette végétation est très faible (8% de la surface totale).

Steppe : Formation herbeuse ouverte comportant des touffes disséminées et espacées de graminées (et parfois quelques ligneux), généralement non parcourue par les feux.

II- IDENTIFICATION DES PRODUITS FORESTIERS LIGNEUX

Pour faciliter l'appréciation des éléments de gestion des forêts, les arbres sont classés dans les différentes catégories suivantes :

- Bois de sciage ou bois d'œuvre ;
- Bois de service
- Bois de feu ou bois combustibles ;
- Bois non combustibles ;
- Bois morts.

- Bois de sciage : BSc ou BO

On appelle bois d'œuvre toute tige ou branches ayant une grosseur médiane d'au moins 78cm, une longueur minimale 2.5m et une valeur technologique élevée et qui n'est pas affecté d'aucune anomalie.

- Bois de service :

Ils sont composés de perches et de piquets.

On appelle piquet(pi) avec C=38.5cm et L=2.5m.

On appelle perche (per), avec C= 28.5cm et L= 4m.

- Bois de feu : BF ou BC

On appelle bois de feu, tout produit ligneux ayant un bon pouvoir calorifique mais ne pouvant pas faire l'objet d'être utilisés comme bois de sciage ou service.

- Bois non combustible : BNC

Ce sont des produits ligneux qui ne sont pas utilisés pour la combustion soit pour les raisons culturelles ; soit pour les raisons technologiques (Bois tendre n'ayant aucune valeur calorifique).

- Bois mort : BM

Tout bois ou arbre n'ayant aucune vitalité.

III- MESURE DE LA GROSSEUR DES ARBRES

III-1 Introduction

La grosseur d'un arbre peut être exprimée au moyen de trois grandeurs : le **diamètre**, la **circonférence** et la **surface terrière**.

Le diamètre et la circonférence sont généralement mesurés à « hauteur d'homme », c'est-à-dire à 1,3 m. La surface terrière correspond à la surface de la section de l'arbre située à 1,3m.

III-2 Mesure du diamètre

III-2.1 Les instruments de mesure

Le diamètre des arbres abattus ou sur pied peut être mesurer avec le **compas forestier**, le **compas finlandais**, le **pentaprisme** ou le **relascope de Bitterlich**.

III-2.1.1 Le compas forestier

Ce compas mesure le diamètre d'un arbre sur pied. Le compas forestier est composé d'une règle graduée et de deux bras parallèles : l'un fixe, l'autre coulissant. Le compas (voir figure 1) doit être tenu perpendiculairement à l'axe de l'arbre, le bras fixe et la règle accolés au tronc, pour glisser ensuite le bras coulissant contre le tronc. Le bras coulissant doit glisser aisément tout en restant strictement perpendiculaire à la règle. La mesure se fait généralement au centimètre près (arrondir au centimètre le plus proche). Certains compas appelés compas **forestiers compensés**, portent sur la règle, une graduation en classes de diamètres de 5 en 5 cm (ex : la classe des 10 cm comprend les arbres allant de 7,5 cm à 12,5 cm, ...). Des graduations en circonférences ou en classes de circonférences peuvent également figurer sur la règle. Notons que le fût des arbres n'est pas toujours d'une section bien circulaire : le diamètre est variable selon son orientation et l'on ne peut alors se contenter d'une seule mesure (figure 2 ci-dessous). Il existe actuellement des compas munis d'un système d'enregistrement automatique de la mesure (figure 3).



Figure 1 : Compas forestier

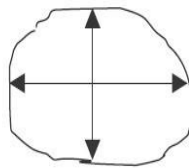


Figure 2 : Section du fût d'un arbre



Figure 3 : compas forestier électronique

Il faut alors, autant que possible, mesurer le diamètre minimum et le diamètre maximum, le plus souvent perpendiculaires l'un à l'autre, puis adopter comme mesure la moyenne arithmétique des deux valeurs obtenues. Une manière efficace de procéder consiste à mesurer un premier diamètre quelconque, puis un second diamètre perpendiculaire au premier, ce qui conduit à une valeur moyenne tout à fait valable.

Enfin, il convient également de signaler quelques précautions à prendre :

- préférer un compas métallique à un compas en bois (pour des raisons de stabilité vis-à-vis des conditions climatiques),
- s'assurer que les bras du compas sont situés dans un même plan et sont perpendiculaires à la règle,
- tenir l'appareil dans un plan le plus perpendiculaire possible à l'axe de l'arbre,
- vérifier le parallélisme des bras,
- éviter d'exercer une pression trop forte sur les bras,
- pousser le compas contre l'arbre jusqu'au contact de la règle de mesure avec le tronc.

III-2.1.2 Le compas parabolique finlandais

Ce compas mesure le diamètre à divers niveaux d'un arbre sur pied (figure 4). Il comporte deux bras fixes, l'un droit, l'autre courbe (parabolique) présentant des graduations centimétriques bicolores. L'appareil peut être fixé sur des tiges emboîtables, de manière à pouvoir effectuer la mesure du diamètre jusqu'à environ 8 à 10 m du sol (voire plus si l'on utilise des jumelles pour la lecture). Il se tient perpendiculairement au tronc de l'arbre et la lecture s'effectue en

regard de la ligne de visée parallèle au bras rectiligne du compas et tangente à l'arbre.

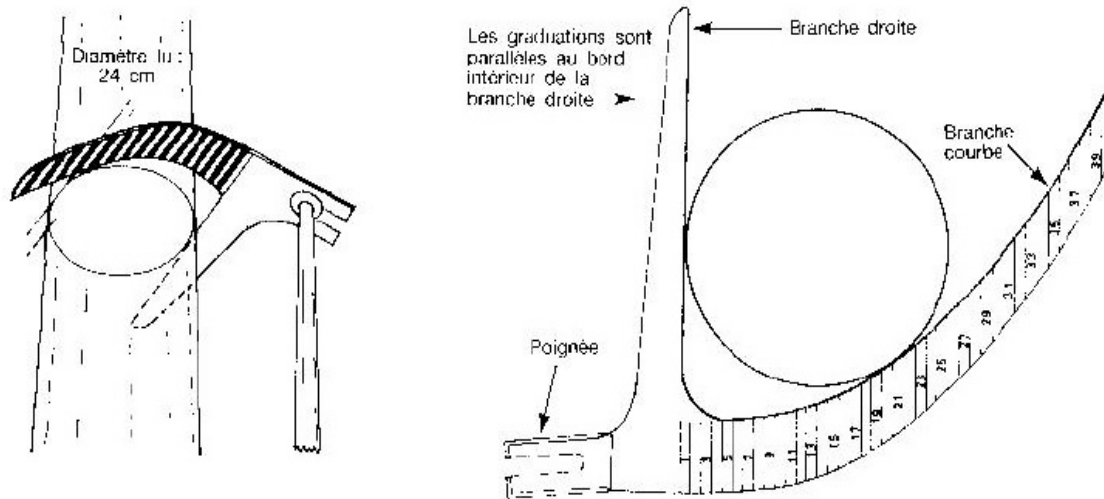


Figure 2 : Compas parabolique finlandais (Bouchon J et Pardé J, 1988)

$$d=2r$$

III-3 Mesure de la circonférence

La mesure de la circonférence s'opère généralement à l'aide d'un ruban, si possible indéformable, à trame métallique ou mieux en fibre de verre. Ce ruban (de 1,5 m ou de 3 m) permet la mesure à tous niveaux ; la mesure à hauteur d'homme étant considérée à 1,3 m (1,5 m dans certains pays). En ce qui concerne la mesure de circonférence à divers niveaux d'arbres abattus, plus spécialement situés sur parterres de coupes, l'utilisation du ruban n'est pas toujours possible ; il est alors d'usage de recourir à la ficelle du marchand de bois (aiguille métallique courbe fixée à une ficelle dont on mesure la longueur ayant été nécessaire pour ceinturer l'arbre).

$$C = \pi d = 2 \pi R$$

IV- QUELQUES CAS PARTICULIERS DE MESURES :

Dans la pratique courante, il n'est pas rare de rencontrer des grumes présentant des anomalies :

Nœuds, redents, chicots, bosses etc...

Les méplats sont des déformations ou renflements qui se situent au niveau de la tige.

Les redents sont provoqués par une chute brutale de la grosseur de l'arbre.

Les chicots sont obtenus par suite d'un élagage de l'arbre.

Dans ces cas, lorsque la mesure tombe sur ces défauts, on prend deux mesures de part et d'autre de l'anomalie puis on fait la moyenne des deux mesures.

$$D=(d1+d2)/2$$

$$C=(c1+c2)/2$$

Il existe des conventions particulières pour mesurer la grosseur des arbres en fonction des cas de figure rencontrés sur le terrain.

IV.1. Conventions liées à la topographie

- Mesure du côté amont de l'arbre sur terrain en pente (a) ;
- choix d'un niveau moyen matérialisant le point inférieur de mesure de la hauteur d'homme dans le cas d'un sol à surface très irrégulière (c).

IV.2 Conventions liées à la morphologie des arbres

-Cas des jumelles :

Si la fourche est inférieure à 1m30, les mesures se font comme si chaque tige représenterait un individu : on parle alors de deux arbres différents (e, d);

Si la fourche est supérieure à 1m30, on a une seule tige et on détermine alors une seule hauteur. Quand les deux branches n'ont pas la même hauteur, on parlera donc la hauteur de la tige la plus grande.

-Mesure en oblique dans le cas d'arbres penchés (b) ;

-Résultat moyen si le défaut se trouve à hauteur d'homme (f).

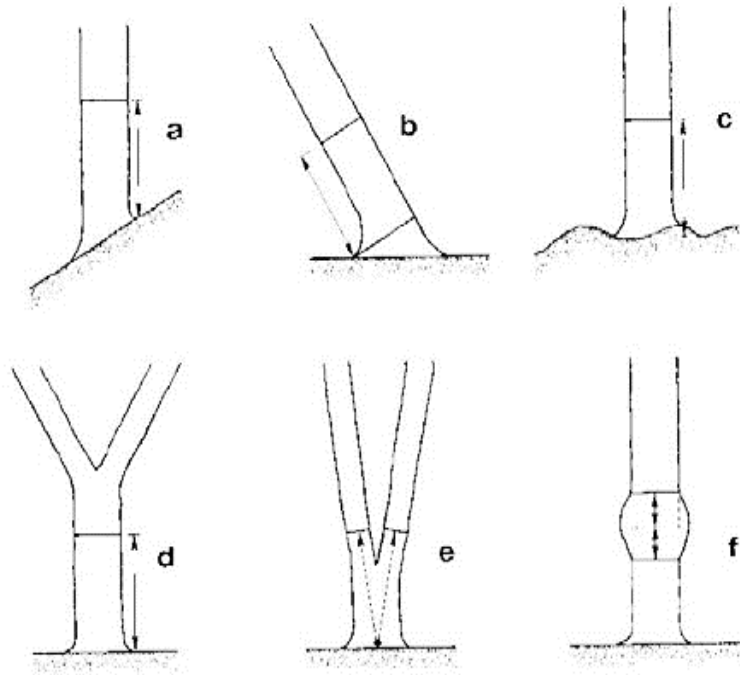


Figure 3 : Conventions à adopter en fonction de la topographie et de la morphologie des arbres

III-4 Détermination de la surface terrière

On appelle surface terrière (g) d'un arbre, la surface de section transversale de cet arbre à la hauteur d'homme (1m 30) du sol lorsqu'il s'agit d'une mesure de diamètre soit à 1m50 du sol pour la circonférence.

Supposez que l'on coupe tous les arbres du peuplement à 1,30 m du sol. La surface terrière est la somme de toutes les surfaces des sections. Elle s'exprime en mètre carré (m²). C'est une donnée abstraite pour beaucoup de gens mais qui constitue néanmoins un outil très précieux pour juger de l'importance d'un volume sur pied et établir la nature et l'intensité des interventions à réaliser. Pour l'évaluer, l'on peut mesurer les diamètres (ou les circonférences) de tous les arbres de votre placette selon la méthode décrite ci-dessus. Puis vous calculez les sections **S** correspondant en sachant que :

On assimile la section à une surface circulaire. Nous verrons ultérieurement la manière de procéder pour déterminer la surface terrière à l'hectare (**G**) d'un peuplement.

$$G = \pi d^2/4 \text{ ou } G=C^2_{1.30}/4\pi$$

G = surface terrière

d = diamètre à 1m30

La surface terrière d'un peuplement est égale à la somme des surfaces terrières

$$G=n_1 \pi d_1^2/4 + n_2 \pi d_2^2/4 + \dots + n_i \pi d_i^2/4 = G = \sum_i^n n_i g_i$$

i=indice au numéro de l'arbre, **n**=le nombre d'arbre d'indice **i** de même \emptyset

Soit **N** le nombre d'arbre du peuplement d'où :

$$G/N = \frac{\sum_{i=1}^n n_i g_i}{N}$$

❖ EXERCICES

Exercice: 1

Sur 1 000 m², vous avez trouvé 38 arbres,

Votre **densité** est donc de : 38 / 1 000 x 10 000 = 380 tiges par hectare

Exercice : 2

Vous avez mesuré 35 arbres sur votre placette de 500 m²

Votre densité est donc de 35 / 500 x 10 000 = 700 tiges par hectare Les mesures de diamètre ont donné le résultat suivant :

- 10 arbres de la classe 25
- 12 arbres de la classe 30
- 8 arbres de la classe 35

- 5 arbres de la classe 40

Pour calculer le diamètre moyen, vous procédez comme suit :

(Somme des diamètres de la classe 25 + somme des diamètres de la classe 30 +
somme des diamètres de la classe 35 + somme des diamètres de la classe 40)
divisées par 35 (nombre d'arbres total)

$$= [(10 \times 25) + (12 \times 30) + (8 \times 35) + (5 \times 40)] / 35$$

$$= [250 + 360 + 280 + 200] / 35 = 1\,090 / 35 = 31 \text{ cm}$$

Votre peuplement a donc un **diamètre moyen** de 0, 31 m (ou 31 cm)

Exercice: 3 vous avez mesuré 35 arbres sur votre placette de 500 m²

Votre densité est donc de $35 / 500 \times 10\,000 = 700$ tiges par hectare Les mesures
de diamètre ont donné le résultat suivant :

- 10 arbres de la classe 25
- 12 arbres de la classe 30
- 8 arbres de la classe 35
- 5 arbres de la classe 40

Les sections correspondantes sont :

- pour la classe 25 : $0,25 \times 0,25 \times 0,7854 = 0,05 \text{ m}^2$, soit, pour 10 arbres, 0,50 m²
- pour la classe 30 : $0,30 \times 0,30 \times 0,7854 = 0,07 \text{ m}^2$, soit, pour 12 arbres, 0,84 m²
- pour la classe 35 : $0,35 \times 0,35 \times 0,7854 = 0,096 \text{ m}^2$, soit, pour 8 arbres, 0,77 m²
- pour la classe 40 : $0,40 \times 0,40 \times 0,7854 = 0,13 \text{ m}^2$, soit, pour arbres, 0,63 m²

La surface terrière totale de votre placette est donc de

$$0,50 + 0,84 + 0,77 + 0,63 = 2,74 \text{ m}^2$$

Pour l'avoir à l'hectare, vous diviserez la valeur trouvée par le nombre d'arbres
de la placette (ici 35) puis vous multipliez par la densité (ici 700 tiges/ha) : $G =$
 $2,74 / 35 \times 700 = 55 \text{ m}^2/\text{ha}$

V- MESURE DE LA HAUTEUR DES ARBRES :

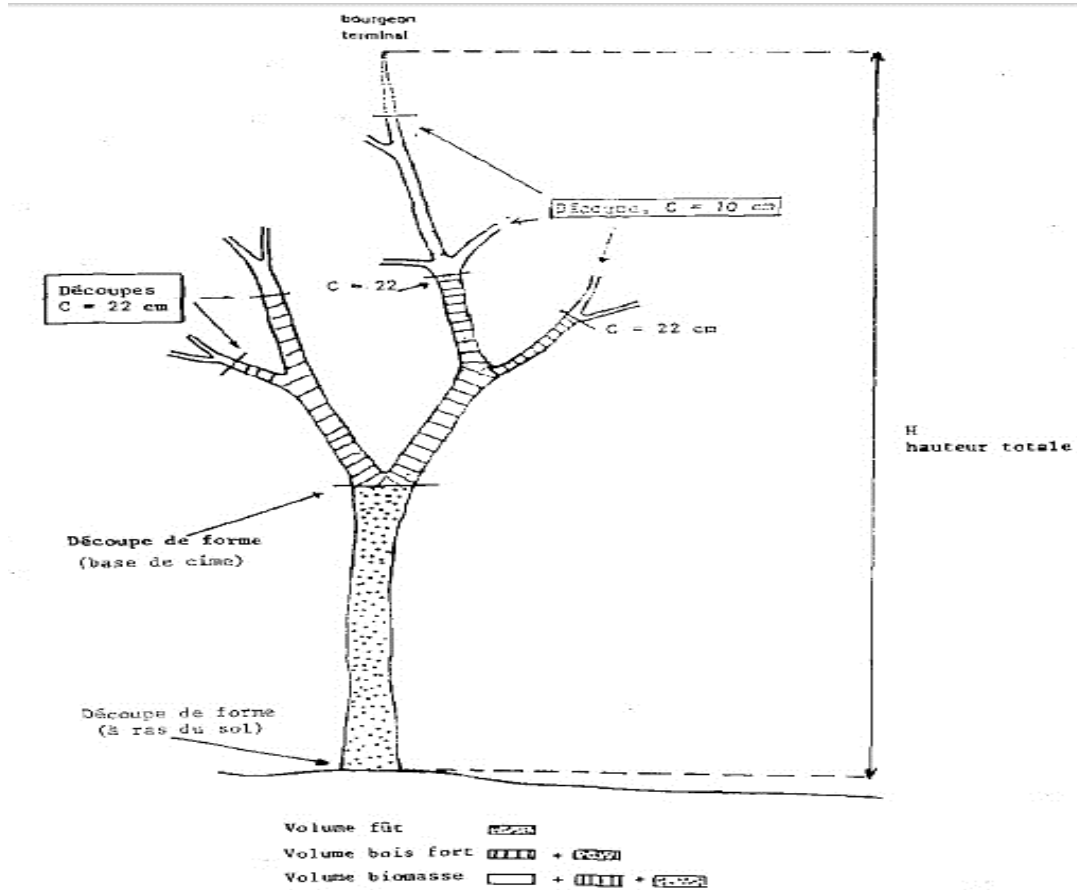
V-1 Définition

Après la grosseur d'un arbre, la hauteur est la caractéristique la plus
importante à mesurer ou à estimer en vue de déterminer le volume ou divers
paramètres de forme. Elle joue aussi un rôle essentiel dans la caractérisation de

la productivité des stations forestières. Nous réserverons le terme de « hauteur » aux arbres sur pied, tandis que le terme de « longueur » concernera plutôt la mesure de la tige d'arbres abattus (ou grumes). On peut définir plusieurs types de hauteurs :

- **Hauteur totale** : distance verticale séparant le niveau du sol du sommet de l'arbre (bourgeon terminal).
- **Hauteur «bois fort »** : hauteur séparant le niveau du sol du niveau de la tige correspondant à 7 cm de diamètre ou à 22 cm de circonférence.
- **Hauteur « bois d'œuvre »** : distance séparant le niveau du sol de la dernière fraction utilisable de la tige correspondant le plus souvent au point d'intersection de la première grosse branche ou, idéalement, à une limitation fixée en grosseur de tige.

On parlera aussi de la **hauteur à la découpe** « marchande » et de la **hauteur au premier défaut**



$$V_{\text{com}} = \frac{\pi \times L \times (D_m)^2}{4} = \frac{L \times (C_m)^2}{4 \times \pi}$$

$$\approx 0,8 \times (D_m)^2 \times L \quad (0,8 \approx \text{à la constante } \pi/4)$$

$$\approx 0,08 \times (C_m)^2 \times L \quad (0,08 \approx \text{à la constante } 1/4 \times \pi)$$

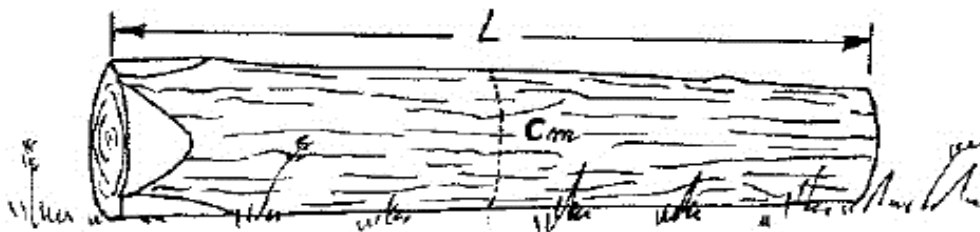


Figure 4 : Mesure de la longueur d'une grume

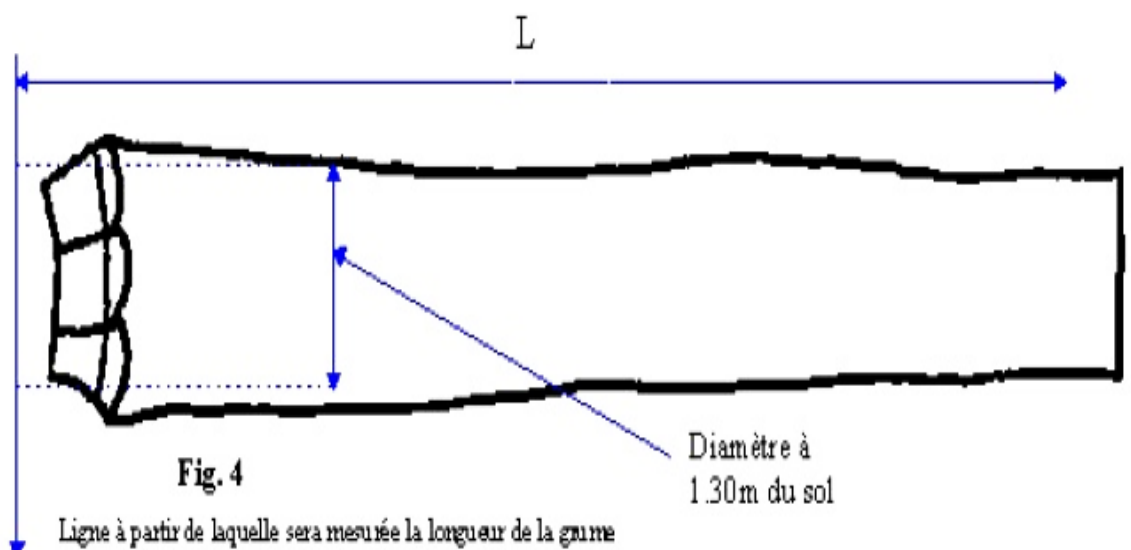


Fig. 4

Ligne à partir de laquelle sera mesurée la longueur de la grume

Diamètre à
1.30m du sol

V-2 Les méthodes et appareils de mesure

La hauteur des arbres est généralement mesurée selon deux types de procédés : les procédés simples et les dendromètres.

V-2.1 Les procédés simples

Ce sont des procédés qui ne nécessitent aucun appareil sophistiqué (dendromètre). Certaines de ces méthodes ne sont évidemment pas recommandées si une grande précision est exigée.

V-2.1.1 Hauteur mesurée par l'intermédiaire de mesures de distances

a- La « croix du bûcheron »

La « **croix du bûcheron** », très simple à utiliser, constitue une application directe des relations existant entre triangles semblables (figure 1). On peut mettre ce procédé en œuvre au moyen de deux baguettes d'égales longueurs, l'une tenue à hauteur des yeux et **dirigée parallèlement au sol**, l'autre tenue au bout de la première et verticalement ou parallèle à l'arbre. L'opérateur se rapproche ou s'éloigne de l'arbre à mesurer de telle manière qu'il puisse apercevoir simultanément le pied de celui-ci (niveau du sol) en visant la base de la baguette verticale et son sommet en visant l'extrémité supérieure de cette

même baguette. La hauteur de l'arbre correspond alors à la distance d'éloignement de l'opérateur, le plus souvent celle-ci est mesurée au pas. En effet, d'après la figure 1 ci-dessous :

$$SP = AS + AP = \frac{OA \times BE}{OE} + \frac{EC \times OA}{OE} = \frac{OA}{OE} \times (BE + EC)$$

d'où :

$$SP = \frac{OA}{OE} \times BC$$

et comme :

$$OE = BC$$

alors :

$$SP = OA = h$$

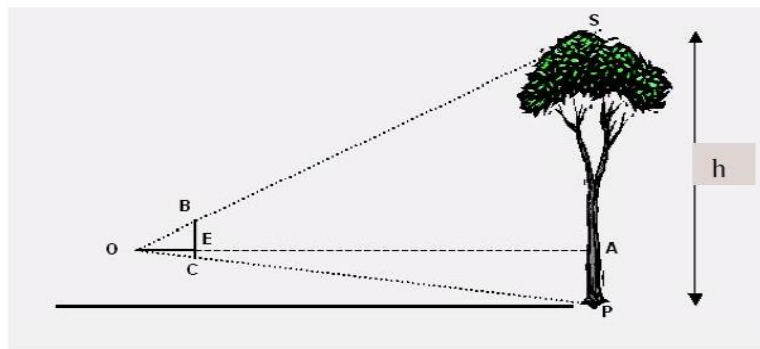


Figure 5 : Mesure de la hauteur d'un arbre (Croix du Bûcheron)

Il existe d'autres types de dendromètres tels que :

le **BLUME-LEISS**, le **SUUNTO**, le **relascope de BITTERLICH** et le **dendromètre électronique VERTEX**, etc... Il est également possible d'utiliser le **clinomètre** ou **clisimètre**, appareil mesurant des angles, mais ne nécessitant pas que l'opérateur soit situé à une distance connue de l'arbre à mesurer.

Conclusion

La mesure de la hauteur d'un arbre est soumise à des erreurs dont les plus grossières peuvent être évitées ou réduites en prenant quelques précautions :

- quel que soit le dendromètre utilisé, vérifier régulièrement son exactitude ;
- si un arbre est penché, faire la mesure à partir d'un point situé dans une direction perpendiculaire au plan vertical dans lequel se situe cet arbre ;

- sur un terrain en pente, viser à partir d'un point situé si possible sur la même courbe de niveau que celle relative au pied de l'arbre ou, à défaut en amont de l'arbre ;
- dans le cas d'arbres à cime globuleuse, viser « à l'intérieur » de la cime et non l'extrémité des branches dirigées vers l'opérateur ;
- au besoin, effectuer une correction de pente à la hauteur lue.

VI-CUBAGE DES ARBRES ABATTUS :

-Cubage des tiges tronquées :

-Cuber un arbre revient à définir ou à calculer son volume. Une telle pratique n'est possible que si l'on maîtrise la forme à laquelle est assimilable la tige. Les types dendrométriques sont des solides de révolution auxquels sont assimilables les formes de la tige d'un arbre.

-Détermination des volumes à partir des tiges de révolution :

Ici, on attribue aux tiges le volume d'un cylindre de révolution ayant pour section, la section prise au gros bout. En fait, un arbre n'est jamais cylindrique, mais on admet que sa forme se rapproche plus ou moins d'un solide géométrique (cylindre, parabolöide, cône et neloïde) engendrée par la rotation d'une ligne plane tournant au tour d'un axe situé dans son plan. Les courbes planes qui les engendrent ont pour équation : $y^2=px^2$

Le volume ne prend pas en compte les ramifications du houppier.

Le volume est difficile à calculer car la grosseur médiane d_m est difficile à mesurer.

NB : En dendrométrie, l'écorce est un déchet.

Ecorce=déchet=chute.

Cubage des arbres

Cubage commercial et types dendrométriques

Le volume d'un arbre se rapproche plus ou moins d'un des solides géométriques suivants, engendrés par la rotation de la ligne plane tournant autour d'un axe situé dans son plan :

- Le cylindre.
- Le parabololoïde.
- Le cône.
- Le néloïde.

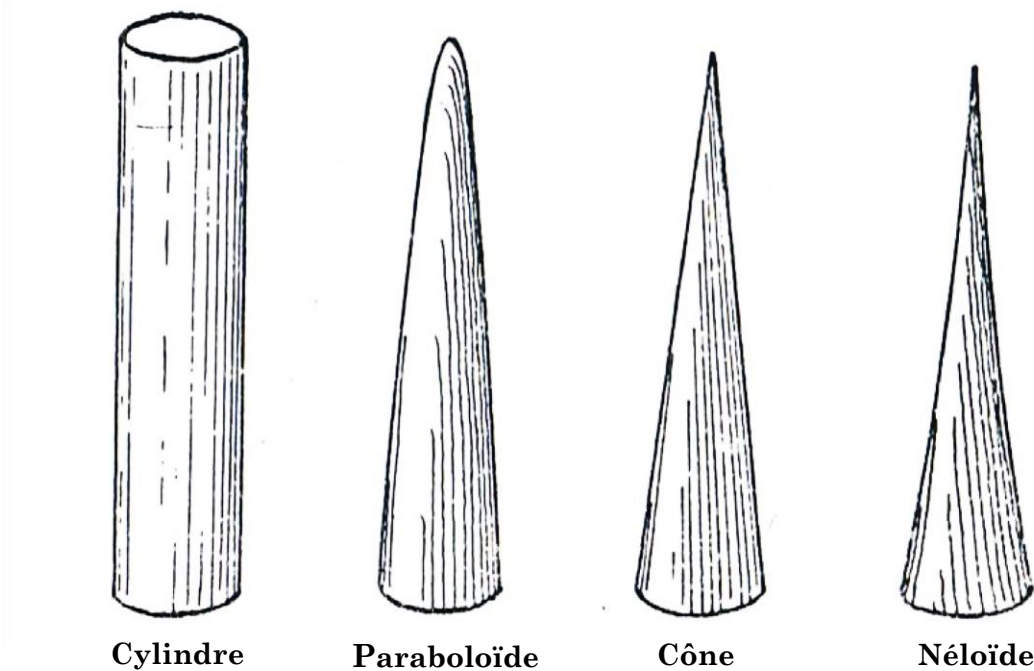


Figure 6: Types dendrométriques

$d=2r$; h =hauteur ; $dm=2r$; $g_{1.3}$ =surface terrière t =taux d'accroissement ;
 f =coéf de forme ; i =accroissement

Equation :

Types dendrométriques	Indice=n	Facteur de correction	Volume réel	Volume commercial	conclusion
Cylindre	0	$1/0+1=1/1=1$	$V_o=goL$	$V_c=goL$	$V_c=V_o$
Paraboloïde	1	$1/1+1=1 :2=1/2$	$V_o=1/2*goL$	$V_c=1/2*goL$	$V_c=V_o$
Cône	2	$1/2+1=1 :3=1/3$	$V_o=1/3*goL$	$V_c=1/4*goL$	$V_c < V_o$
Néloïde	3	$1/3+1=1 :4=1/4$	$V_o=1/4*goL$	$V_c=1/8*goL$	$V_c < V_o$

d_m/d_o détermine le type dendrométrique

$V_c=gmL$; $V_c=go(1/2)^n*L$ d'où $gm/go=(1/2)^n$; $gm=go(1/2)^n$

L'équation générale des types dendrométriques est : $N=1/n+1*goL$ d'où $1/n+1$ (facteur de correction).

Le facteur de correction est fonction du type dendrométrique. Pour :

Cône : $V_o=1/3*goL \Rightarrow V_o=1/4*goL$; le rapport $V_o/V_c=1/3*goL/1/4*goL= 4/3$

$V_o/V_c=4/3 \Rightarrow 3V_o=4V_c$ d'où $V_o= 4V_c/3$

Néloïde : $V_o=1/4*goL \Rightarrow V_c=1/8*goL$. Le rapport $V_o/V_c=1/4/1/8= 8/4=2$

$V_o/V_c=2 \Rightarrow 2V_c= V_o$

Exercice :

On vous fournit des informations ci-dessous :

Billons	do	dm	dn	go	gm	gn
1	65	61	59	0.331	0.292	0.273
2	59	54	51	0.273	0.228	0.204
3	51	48	45	0.204	0.180	0.158
4	45	41	40	0.158	0.132	0.126
5	40	39	37	0.126	0.119	0.107
6	37	35	32	0.107	0.094	0.080

NB : Les informations relatives aux diamètres sont cm et celles de la surface terrière en m².

TAF : Calculer le volume réel et commercial de chaque billon à travers les informations du tableau.

-Détermination de volumes des arbres à partir de ses différentes sections : Méthode des formules.

A) Détermination du volume à partir d'une section : Méthode d'HUBERT.

Le principe de la méthode consiste à assimiler la grume à un cylindre dont le volume sera calculé à partir de la section médiane.

Cette méthode est la plus utilisée ; elle présente comme principal avantage, sa simplicité.

a1-avec diamètre :

$$V_H = \pi/4 * d^2 * m * L$$

a2-avec la circonférence médiane :

$$V_H = C^2 m / 4\pi * L$$

$$Cm = 2\pi * r = 2\pi * d / 2 = \pi * dm$$

a3-avec la grosseur (surface terrière) :

$$V_H = gm * L \text{ ou,}$$

$$V_H = S * L \text{ ou encore, } V_H = \pi * r^2 * L$$

$$S = go$$

$$S = \text{Surface}$$

g_o =surface terrière (surface de cercle)

$g_o = \pi r^2$ alors,

$r = d/2$ ou, $r^2 = d^2/4$ c'est-à-dire ;

$S = \pi * (d/2)^2 \Rightarrow \pi * d^2 m / 4 ; D = C / \pi$

NB : Pour les arbres sur pied, on a : $V = Gm * H$ d'où $V = G1.30 * H$

B) La formule à deux sections (SMALIAN)

Le principe de la méthode consiste à assimiler la grume à un cylindre dont le volume sera défini à partir de la section moyenne arithmétique.

Cette formule n'est pas sollicitée lorsque le type dendrométrique s'éloigne de cylindre.

b1-Lorsqu'on a à faire avec le diamètre :

$$V_s = \pi / 8 * (d_o^2 + d_n^2) * L$$

b2-Avec la circonférence :

$$V_s = (C_o^2 + C_n^2) * L / 8\pi$$

b3- Avec la grosseur (surface terrière) :

$$V_s = (g_o + g_n) * L / 2$$

Cette méthode est beaucoup utilisée par les chercheurs pour les billons de petites longueurs.

C) La formule avec trois sections (Newton) :

L'idée de la méthode est de calculer une moyenne pondérée à partir des différentes sections de la grume G_o , G_m et G_n en donnant un poids à la section médiane.

Cette formule est d'emploi assez courant une fois que la grume ait de valeur commercialisable élevée.

C1- S'il s'agit de calculer le volume avec le diamètre :

$$V_N = \pi / 24 * (d_o^2 + 4d_m^2 + d_n^2) * L$$

C2- Avec la circonférence :

$$V_N = L / 24\pi * (C_o^2 + 4C_m^2 + C_n^2)$$

C3-Avec la surface terrière :

$$V_N = (g_o + 4g_m + g_n) \cdot L / 6$$

D) Méthode de Newton-Simpson.

Elle consiste à découper la grume en des billons élémentaires de même longueur et à appliquer la formule de Newton, une fois que la grume est de longueur considérable.

NB : Plusieurs causes peuvent entraîner des erreurs sur le volume calculé :

- Mauvaise manipulation des instruments de mesure ;
- Erreurs de lecture ;
- Erreurs sur les unités dans l'emploi des formules

La formule est la suivante :

$$V_{NS} = (G_o + 4G_{i-1} + 2G_i + G_n) \cdot L / 6$$

✓ **EXERCICE D'APPLICATION:**

Billons	Do	dm	Dn	L	Go	Gm	Gn
1	0,51	0,45	0,41	3,75	0,20	0,16	0,13
2	0,38	0,35	0,30	4	0,11	0,10	0,07
3	0,23	0,21	0,19	3,20	0,04	0,03	0,03

Calculer le volume de chaque billon (avec les informations de d et g) à une section, deux sections et à trios sections.

NB : Les informations du tableau sont en m

Détermination des types dendrométriques :

Pour déterminer les types dendrométriques d'une grume, on fait le rapport entre la grosseur médiane et la grosseur au gros bout.

-tendre vers le cylindre, si ce rapport est compris entre 0.85 et 0.95 ;

-tendre vers le paraboloïde, si le rapport environne 0.70 ;

-tendre vers le cône, s'il est sensiblement égal à 0.50 ;

-tendre vers le neloïde, s'il se rapproche de 0.35

✓ EXERCICE D'APPLICATION :

Soit une grume de longueur 20m découpée en billons élémentaires de 4m chacun dont les caractéristiques sont consignés dans le tableau ci-dessous. On demande de déterminer :

1-le volume de la grume à une section, deux sections et à trois sections.

2-Le type dendrométrique de chaque billon.

NB : Les caractéristiques du tableau sont en cm

Billons	Co	Cm	Cn
1	195	175	150
2	150	110	100
3	100	90	80
4	80	77	72
5	72	65	50

VII- FORME ET AGE D'UN ARBRE, EPAISSEUR DE L'ECORCE :

Ce chapitre sera consacré à l'étude de plusieurs caractéristiques dendrométriques des arbres : les paramètres de forme, l'âge et l'épaisseur de l'écorce.

VII.1-Forme d'un arbre

- Forme théorique d'un arbre

La forme d'un arbre est un élément important intervenant dans le calcul de son volume. Si nous nous intéressons à la forme d'une tige, nous pouvons observer que celle-ci correspond à la juxtaposition de plusieurs solides géométriques.

En effet, selon notamment Row et Guttenberg (1966, in Rondeux J.,1993),

pour beaucoup d'espèces, de la base au sommet de la tige, on peut identifier

en théorie successivement un tronc de **néloïde**, un tronc de **paraboloïde**, et un

tronc de **cône** (figure 1 ci-dessous).

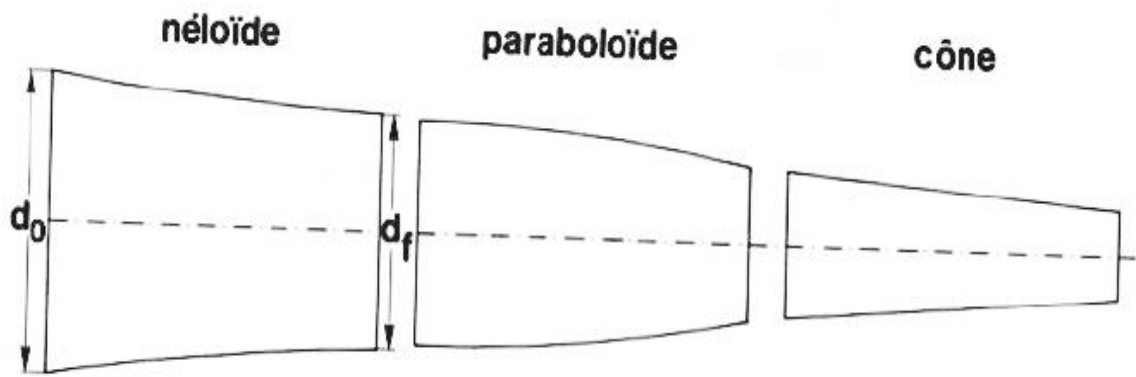


Figure 7 : Décomposition schématique d'une tige en solides géométriques (in Rondeux J, 1993)

En réalité, la tige des arbres est d'une forme variable, et souvent irrégulière. Elle ne peut être strictement comparée à une des formes citées ci-dessus. Il est donc difficile, sinon impossible d'en mesurer le volume avec une parfaite exactitude. C'est pourquoi dans la pratique commerciale courante, on admet très simplement que le volume du fût d'un arbre est à assimiler à celui d'un cylindre.

VII.2-Les caractéristiques de forme des arbres

La forme, la hauteur et le volume ne suffisent pas pour décrire la forme d'un arbre ; mais des approches de quantification de la forme de la tige sont possibles. Ainsi, les expressions dendrométriques couramment utilisées pour caractériser la forme générale d'un arbre (fût) sont :

-La décroissance métrique de la tige : S

Elle est exprimée par le nombre moyen de centimètre dont la circonférence (ou le diamètre) diminue par mètre de hauteur depuis la mesure prise à 1m30 jusqu'à celle prise à mi-hauteur totale.

La décroissance métrique sur la circonférence est :

$$S=(C1-C2)/(h/2-1.30m)$$

Elle est exprimée sur le diamètre par :

$$S= (C1-C2)/(h/2-1.30m)*\pi$$

C1 : Circonférence à 1m30

C2 : Circonférence à mi-hauteur totale en Cm

Et h : hauteur totale en m

-Le coefficient de forme : f

Il est rapport entre le volume total estimé (volume médian) et le volume à hauteur d'homme, c'est-à-dire.

$$f = V_m / V_{1.30}$$

-Le coefficient naturel de forme : f'

Il est le rapport entre le volume total estimé de la tige et le volume cylindre de longueur égale à la hauteur totale et dont la base serait égale à la section de la tige à 1/10^e de la hauteur à partir du sol.

$$f' = \text{volume total estimé} / (C^2 \cdot 10 / 4\pi \cdot h)$$

f' Permet aisément d'identifier le solide géométrique auquel un arbre peut être rattaché :

$$f' = 0.56 \text{ parabolöide}$$

$$f' = 0.41 \text{ cöne}$$

$$f' = 0.34 \text{ neloide}$$

-Rapport entre grosseur médiane et grosseur à hauteur d'homme :

La détermination du volume des arbres sur pied a exigé la notion de hauteur de référence qui, en réalité est un niveau accessible à l'opérateur pour déterminer la grosseur d'un arbre (1.30m). Cette grosseur comparée à celle prise au niveau médiane fausse le volume qui s'avère ainsi utile de porter une

correction sur ces volumes d'où la nécessité de déterminer le rapport existant entre la grosseur médiane et la grosseur à 1,30 m.

-Le coefficient de décroissance : K

Il est le rapport entre la grosseur médiane et la grosseur à 1,30 m.

Ce rapport est toujours inférieur ou égale à 1.

$$K = C_m / C_{1,30} = d_m / d_{1,30}$$

Ce rapport est très important et beaucoup souvent utilisé pour corriger le volume des tiges qui s'éloignent du type cylindrique.

$$V = \pi/4 (d_{1,30})^2 \cdot h \cdot k$$

Exemple: en appliquant à un arbre de 40 cm de diamètre (à 1,30 m), un coefficient de décroissance de 0,80 (ou 80%), on obtient un diamètre médian de 32 cm, quelle que soit sa hauteur. Ce coefficient exprime le rapport ou la relation entre le diamètre d_m (ou circonférence C_m) à mi-hauteur de la tige et le diamètre $d_{1,30}$ (ou circonférence $C_{1,30}$) mesuré à hauteur de poitrine

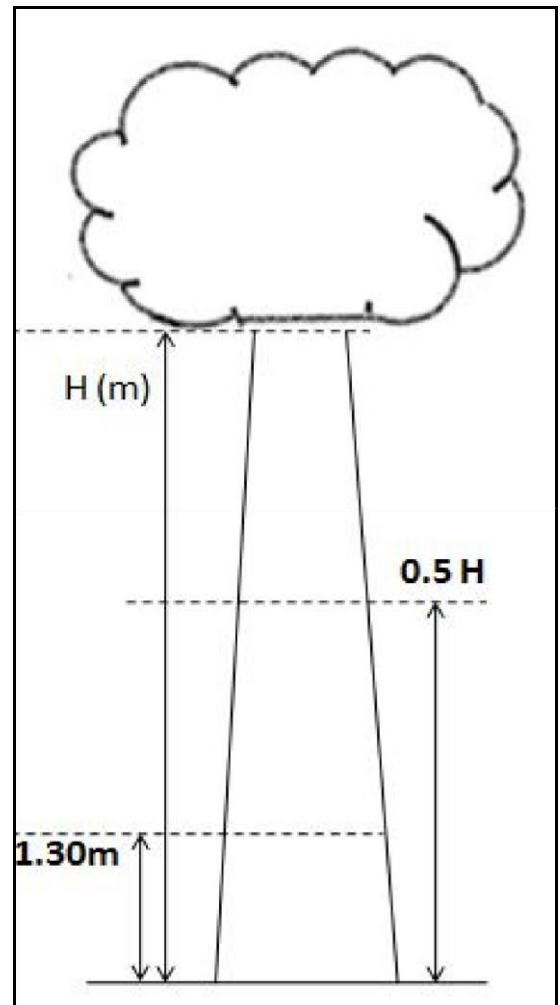


Figure 8

(= hauteur d'homme) :

$$k = d_{0,5h} / d_{1,3} \quad \text{ou} \quad k = C_{0,5h} / C_{1,3}$$

Où

- $d_{0,5h}$: diamètre à mi-hauteur du fût encore appelé diamètre médian.

- $d_{1,3}$: est le diamètre de l'arbre à hauteur d'homme et qui correspond à la norme internationale à la hauteur 1.30 m.

Remarque: Le coefficient de décroissance définit le changement de grosseur en fonction de la hauteur du fût. Plus le coefficient de décroissance est important, plus l'arbre présente une forme cylindrique et son défilement est moins grand.

Exercice :

Calculs du volume d'un arbre par l'intermédiaire du coefficient de décroissance et du défilement.

Soit un arbre de 16 m de hauteur totale et de 0,90 m de circonférence à 1,30m du sol. Son coefficient de décroissance est estimé à 82% et son défilement à 2,4 cm/m.

Le volume calculé par l'intermédiaire du coefficient de décroissance découle de la relation ci-après :

$$k = C_{0,5h}/C_{1,3} \text{ donc } C_{0,5h} = k \times C_{1,3}$$

$$C_{0,5h} = 0,82 \times 0,90 = 0,74 \text{ m}$$

$$V = ((0,74)^2 / (4 \times 3,14)) \times (16)$$

$$V = 0,694 \text{ m}^3$$

L'utilisation du défilement donne comme estimation de la circonférence au milieu.

$$C_m = C_{0,5h} = C_{1,30} - (C_m \cdot m \cdot (0,5h - 1,30))$$

$$C_{0,5h} = 0,90 - (0,024 \times (8 - 1,30)) = 0,74 \text{ m}$$

Et, dans ces conditions, le volume est égal à :

$$V = ((0,74)^2 / (4 \times 3,14)) \times (16)$$

$$V = 0,694 \text{ m}^3$$

-Le coefficient de réduction : r

Il exprime le pourcentage de réduction à appliquer sur la grosseur à la hauteur d'homme pour obtenir la grosseur médiane.

$$r = 1 - k = 1 - d_m / d_{1,30m}$$

$$r = 100 - (d_m / d_{1,30m}) \%$$

VII.3-L'âge d'un arbre :

Par âge d'un arbre, on entend le nombre d'années compté à partir de la germination de la graine. Cependant, conventionnellement, on considère souvent l'âge d'un arbre planté à partir de son introduction en forêt, à l'exclusion du temps passé en pépinière.

Si l'âge d'un arbre abattu peut être facilement déterminé par comptage des cernes annuels sur la section d'abattage ou sur la souche (le plus près possible du sol, pour incorporer les pousses des premières années), l'opération est plus délicate lorsqu'il s'agit d'un arbre sur pied.

L'âge d'un arbre sur pied peut être déterminé par deux méthodes :

- par comptage des verticilles : cette méthode concerne les seuls conifères, spécialement les espèces bien verticillées et pour autant qu'elles ne fassent pas plusieurs pousses par an,
- par extraction d'une carotte de sondage à la tarière de PRESSLER et comptage des cernes annuels. Ce comptage peut être effectué au moyen d'appareil de mesure relativement sophistiqués.

Souvent, le sondage est effectué à 1,3 m du sol et sert simultanément à des mesures d'accroissements. Toutefois, vu que la méthode est destructive (apparition de pourritures ou de colorations malgré les précautions habituelles : matériel désinfecté, obturation au moyen de gomme ou de mastic,...), il est conseillé, si l'âge est la seule information recherchée, d'effectuer le prélèvement le plus près possible du sol (par exemple à 30 cm de hauteur).

Les tarières de PRESSLER se composent de trois éléments : une mèche, un extracteur et une poignée servant d'étui pour le transport. Quand elle pénètre dans l'arbre, il se forme à l'intérieur de la mèche un petit cylindre de bois

(carotte) que l'on peut prélever à l'aide de l'extracteur. Sur ce cylindre, on peut : o compter et mesurer les cernes d'accroissements annuels, o examiner la qualité du bois, o vérifier la profondeur d'imprégnation, l'état général des poteaux, traverses,... L'estimation de l'âge par l'intermédiaire de la tarière de PRESSLER est cependant soumise à trois causes d'erreurs :

- cernes annuels trop serrés compliquant l'identification et le dénombrement,
- absence possible de moelle (centre de l'arbre) dans l'échantillon prélevé (il est difficile de passer par le centre de l'arbre),
- estimation du nombre d'années mis par l'arbre pour atteindre le niveau sondé à la tarière.

VII.4-L'épaisseur de l'écorce

VII.4.1-Intérêt de la mesure de l'épaisseur de l'écorce

La mesure de l'épaisseur de l'écorce peut être intéressante à deux niveaux :

- afin de pouvoir apprécier l'importance de ce déchet dans le cadre de l'utilisation de sous produits de la forêt à des fins chimiques, énergétiques et agronomiques (mulch d'écorce,...).
- estimation du taux d'écorce lors des transactions commerciales afin d'estimer le diamètre ou le volume sous écorce des arbres.

VII.4.2-Expression de l'importance de l'écorce

L'importance de l'écorce peut être exprimée en grosseur (diamètre) ou en surface terrière ou encore en volume. Le taux d'écorce dépend évidemment de l'essence, mais aussi d'autres facteurs.

Pour une même espèce, en effet, l'épaisseur d'écorce n'est pas uniforme le long du fût de l'arbre. De plus, à une même hauteur donnée dans des arbres de la même espèce, l'épaisseur d'écorce est très variable car elle dépend

notamment : o du diamètre, o de la station, de l'altitude, o de l'orientation, o de facteurs génétiques.

VII.4.3-Mesure de l'épaisseur d'écorce et détermination du taux d'écorce

Les appareils utilisés pour mesurer l'épaisseur de l'écorce sont le mesureur d'écorce, le marteau sondeur et, accessoirement la tarière de PRESSLER.

a) Mesureur d'écorce :

Aussi appelé jauge à écorce («barkmätare» en suédois), le mesureur d'écorce est composé d'une tige en acier creuse profilée en demi-cercle, ayant une extrémité tranchante et comportant des graduations millimétriques à l'autre extrémité (figure 9).



La tige coulisse dans un tube terminé par une plaque métallique perpendiculaire à l'axe d'enfoncement. L'appareil doit être tenu perpendiculairement à l'arbre et la tige est enfoncée à travers toute l'écorce. Il est recommandé d'effectuer deux mesures à des endroits diamétralement opposés.

Le **taux d'écorce** est le rapport suivante : $(D - d)/D$

Avec : **e** l'épaisseur mesurée, **D** le diamètre sur écorce

d le diamètre sous écorce : $d = D - 2.e$

Soit $D = d + 2.e$

- Volume sur écorce :

$$V_{sr} = \pi/4 * D^2 * m * L = \pi/4 (d + 2e)^2 * L$$

- Volume sous écorce :

$$V_{ss} = \pi/4 * d^2 * m * L = \pi/4 (D - 2e)^2 * L$$

$$\text{Pourcentage d'écorce} = V_{ss} * 100 / V_{sr}$$

$$C = \pi d = \pi (D - 2e)$$

$$\pi D - 2\pi e \text{ d'où } c = C - 2\pi e$$

En général, l'on se contente d'appliquer un pourcentage global, par essence, au volume sur écorce connu.

b) Le marteau sondeur :

Cet appareil en acier suédois spécial, permet d'extraire rapidement, en frappant l'arbre, un petit cylindre de bois d'environ 3 cm de long, sur lequel on observe ou mesure l'épaisseur de l'écorce. Le système, avant tout destiné au prélèvement de petites carottes de bois (on peut y compter ou mesurer les cernes annuels des dernières années), est cependant déconseillé pour effectuer des mesures d'écorce avec une précision satisfaisante.



Figure 10 :Marteau sondeur

VIII-ENTERAGE :

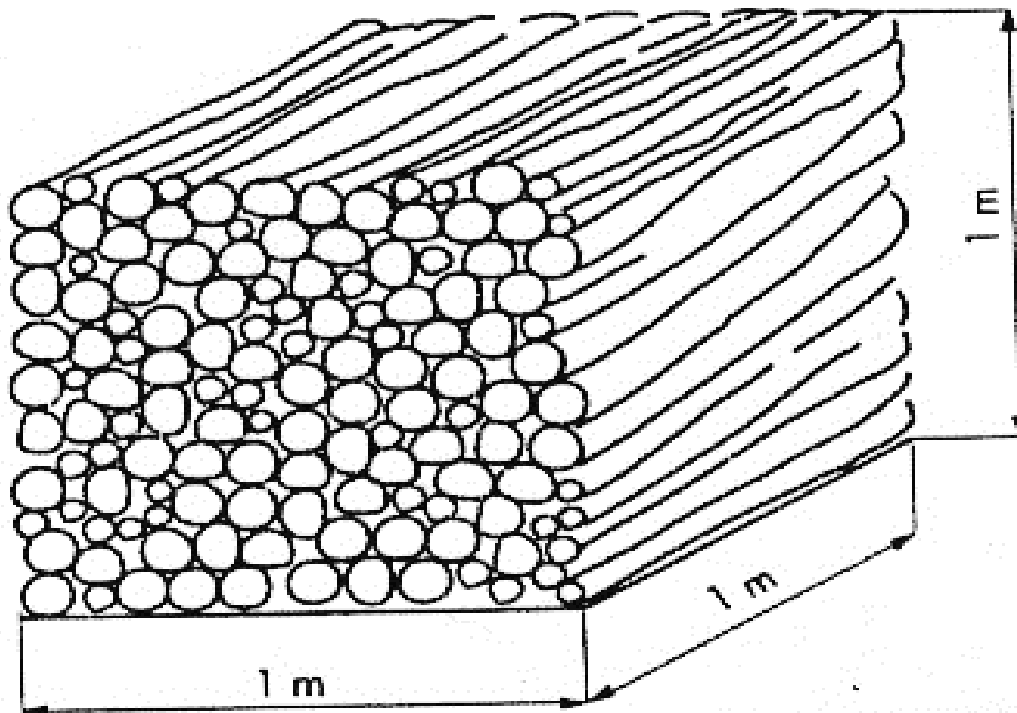
Définition du stère :

Un stère de bois est le volume d'encombrement occupé par des bois de 1m de long, empilés sur 1m de large sur 1m de haut.

Le volume obtenu s'exprime en stère; c'est donc un volume qui contient de l'air et de bois dans des proportions variables selon la forme des morceaux de bois.

Ce volume d'encombrement vaut **1m³**.

Représentation d'un stère (Figure 11 ci-dessous).



Le Coefficient d'empilage :K'

Il exprime la proportion des vides contenus dans un stère sa formule est la suivante :

$$K' = \frac{V \text{ de bois}}{V \text{ d'encombrement}}$$

K' est toujours inférieur ou égale à 0.785

Facteur d'empilage : FE

Le facteur d'empilage correspond à l'inverse du coefficient d'empilage

$$FE = \frac{V \text{ empilé}}{\text{Volume réel}} \text{ ou } FE = \frac{1}{K'}$$

Les facteurs de mesure prises en compte :

- la nature du bois (rond ou fendu) ;
- la grosseur du bois et la variabilité de celle-ci ;
- la rectitude des brins ;
- la conscience du bûcheron ;
- l'époque de l'empilage ;

-la sylviculture de l'espèce.

Pourcentage de vides :

Le pourcentage de vides est : $K' = V_b \cdot 100 / V_e$

VIV-EQUARRISSAGE :

C'est une vieille méthode de cubage qui s'appliquait à des forêts d'accès difficiles.

Il consiste à débraser la grume de tous ses rémanents dans but de faciliter le transport, compte tenu des difficultés liées à cette activité. L'idée est de transformer la section circulaire de la grume en une section carrée dont le périmètre est toujours inférieur à la circonférence initiale de la grume.

Soit C_m la circonférence de la grume et P le périmètre du carré on peut aisément comprendre que :

$P = C_m - C_m/n$ avec n la côte.

En clair l'équarrissage n'affecte pas la longueur mais la grosseur et par conséquent le volume.

La formule générale de la grume équarrie est : **$V_e = ((C - C_n)/4)^2 \cdot L$**

Dans la pratique courante, il existe trois types de côtes qui sont :

- **L'équarrissage au 1/4 sans déduction** : Ce type d'équarrissage n'affecte pas significativement le volume et par conséquent, on peut assimiler l'égalité entre P et C .

$V_{1/4} = (C \cdot C / 16) \cdot L$

- **L'équarrissage au 1/5 avec déduction** : Une proposition considérable du bois est enlevée, d'où une diminution remarquable du volume de bois.

$V_{1/5} = (C \cdot C / 25) \cdot L$

- **L'équarrissage au 1/6 avec déduction** : Exploitation du bois jusqu'au niveau de l'aubier.

$V_{1/6} = (5C/24 \cdot 5C/24) \cdot L$

XII-INVENTAIRE FORESTIER :

Définition :

C'est une opération ayant pour but principal la détermination des grandeurs moyennes et totales (Circonférence moyenne, Volume moyen, Potentiel ligneux total, ...).

Outre, un inventaire peut avoir comme objectif :

- La détermination de la composition floristique, avec ou sans spécification de l'utilité des espèces.
- La caractérisation des types de sol et leur possibilité d'utilisation.
- Définition de l'accroissement et le quota de prélèvement.
- L'identification et l'estimation des surfaces des peuplements.

Un inventaire élargi peut donc embrasser, en plus de la mesure des caractéristiques relatives aux bois, d'autres éléments Par rapport à l'utilisation que l'on veut en faire on a les types d'inventaire suivants :

Il n'a aucun sens de faire un inventaire si on ne sait à quoi vont servir les résultats qu'il fournira et pour cela, on peut citer entre autre :

- Inventaire national,
- inventaire de plantation,
- inventaire d'aménagement,
- inventaire d'exploitation,
- inventaire floristique,
- inventaire pastoral,
- inventaire aménagement récréatif.

BIBLIOGRAPHIE :

B.I.CO.F : 1996 Etude préliminaire à l'élaboration des plans d'aménagement des forêts au tour de Bamako.

SYLLA M.L 1996 Formation continue en aménagement forestier pour les ingénieurs.

S.E.D/C.C.L1996 Manuel de création des marchés ruraux de bois.

B.I.CO.F : 1999 Plans d'aménagement simplifiés des massifs des SRG du sous bassin de Ouéléssébougou-Kourouba-Keleya.

F.A.O aménagement des forêts tropicales humides.

SYLLA M.L 2003 : Eléments d'aménagement pour les ingénieurs.

Cours de dendrométrie (Dr BENANDALLAH Mohamed Ali -15) Mars 2020

Moussa konaté 2020: Ingénieur des eaux et forêts Cours de dendrométrie CFPF de Tabakoro.

Salif Fané 2021: Ingénieur des eaux et forêts Cours de dendrométrie CFPF de Tabakoro.

Cheickna Traoré 2007-2015Cours de dendrométrie ; d'aménagement forestier à l'IPR/IFRA de Katibougou.

Fousseni Koné : 2010-2011 Gestion des agro-écosystèmes, agrophysiologie et production végétale.