Chapitre III
Cubage des arbres

Le cubage des arbres

volume : c'est un critère très important pour caractériser un peuplement. La connaissance du volume présent sur une parcelle peut permettre de déduire la récolte potentielle qu'on pourra effectuer (lors d'un calcul de possibilité par exemple).

Si le volume est couramment utilisé comme paramètre d'un drendrométrique, il n'en est pas simple d'utilisation pour autant.

D'une part, il faut bien veiller à définir le volume dont on parle aménagement comprenant tige et houppier, volume bois fort tige à la découpe volume commercial, volume de bois d'œuvre.

Détermination du volume par calcul

D'une manière générale on utilise la formule d'**Hubert** ou celle **Smalian :**

- **Formule de smalian :** $\mathbf{V} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{4\pi}}\left[\frac{(C_1^2+C_2^2)}{2}\right] \times \boldsymbol{L}$

$$\mathbf{V} = \frac{\boldsymbol{\pi}}{\mathbf{4}}\left[\frac{(\boldsymbol{d_1^2} + \boldsymbol{d_2^2}}{\mathbf{2}}\right] \times \boldsymbol{L}$$

Il existe d'autres formules comme celle de Newton Simpson :

- $\boldsymbol{V} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{24\pi}}\left(\boldsymbol{C_1^2} + \mathbf{4}\boldsymbol{C_m^2} + \boldsymbol{C_2^2}\right) \times \boldsymbol{L} = \frac{\boldsymbol{\pi}}{\mathbf{24}}\left(\boldsymbol{d_1^2} + \mathbf{4}\boldsymbol{d_m^2} + \boldsymbol{d_2^2}\right) \times \boldsymbol{L}$

C_m ***Circonférence médiane***

d_m ***Diamètre médian***

Formule de cubage rapide

Le cubage des arbres sur pied, pris isolément n'est pas une chose aisée. Et pourtant on a besoin dans la pratique du métier de forestier de calculer rapidement un cube d'arbre a partir de données simples

–Cubage de réserve de taillis sous futaie

Dans ce cas on recommande l'utilisation de la formule d'**Algan Morin**. Les grumes sont comprises entre 4 et 12 mètres de hauteur.

$$\mathbf{V= \frac{d^2}{2} (h+2)}$$

avec : d^2 : diamètre a 1,30m ; h : hauteur a la découpe ; V : volume en m^3

Il est souvent aisée d'employer cette formule en remarquant que h est égale a 8 d'où

$$V= 10\frac{d^2}{2}$$

- ***D'où une règle générale***

- -faire la carre du diamètre à hauteur d'homme -
- Décupler (x10) ce carre
- et prendre la moitié
- puis ajouter 1/10 par mètre en dessus de 8m de hauteur ou retrancher 1/10 par mètre en dessous de 8m de hauteur
- Si au lieu de mesurer le diamètre nous mesurons la circonférence $C^2=\pi^2D^2=10D^2$

Naturellement pour calculer rapidement le carré des catégories des diamètres terminés par 5.

Exemple 35 = 30+5 et 65 = 60 + 5

- $35^2 = (30x40) + 25 = 1225$
- $65^2 = (60x70) + 25 = 4225$

Remarque : pour les arbres dont les troncs font plus de 12m de hauteur **commerciale**. On utilise la formule :

$$V=0.4d^2\ (h+5)$$

Pour une hauteur de 20 m on écrit la formule comme suit :

$V = 0,4\ d^2\ (20+5)$

$V = (0,4 \times 25)\ d^2 \longrightarrow \mathbf{V = 10\ d^2}$

Ainsi on obtient une règle générale

-Faire le carre du diamètre

-Décupler ce carré

-Ajoutée 4% par m en sus des 20m de hauteur

-Retrancher 4% par m en moins des 20m de hauteur

Cubage de feuillus de futaie pleine

On utilise la formule d'Auvergne

$$V=0,55d^2 \times h$$

Dans ce cas, il n'est pas exacte de supposer que les arbres ont le même coefficient de forme.

- $f = \frac{0,55\ X\ 4}{\pi} = 0,7$

Cubage des feuillus à houppier peu développé

On dispose de deux formule dues a Algan

avec h=hauteur du fût à cuber et

H=hauteur de l'arbre

- V_h=0,42xd^2h ou encore $V_h = \frac{10}{24} d^2 h = \frac{C^2}{24} h$
- V_H=0,33 d^2 H ou encore $V_H = \frac{1}{3} d^2 H = \frac{1}{30} C^2 H$

Ces deux formules sont équivalent lorsque $\frac{h}{H} \cong \frac{4}{5}$

Nous remarquons que lorsque $V=0,42d^2 \times h$; le coefficient de forme est supposé constant et égale à :

- $f = \frac{0,42 \times 4}{\pi} = 0,535$

Méthode de Cubage de « Pressler »

Le cubage estimatif d'un arbre sur pied adopte la formule de cubage commerciale c'est-à-dire

$$V = \frac{C^2}{4\pi} \times H$$

avec C= la circonférence au milieu de la grume de longueur (H)

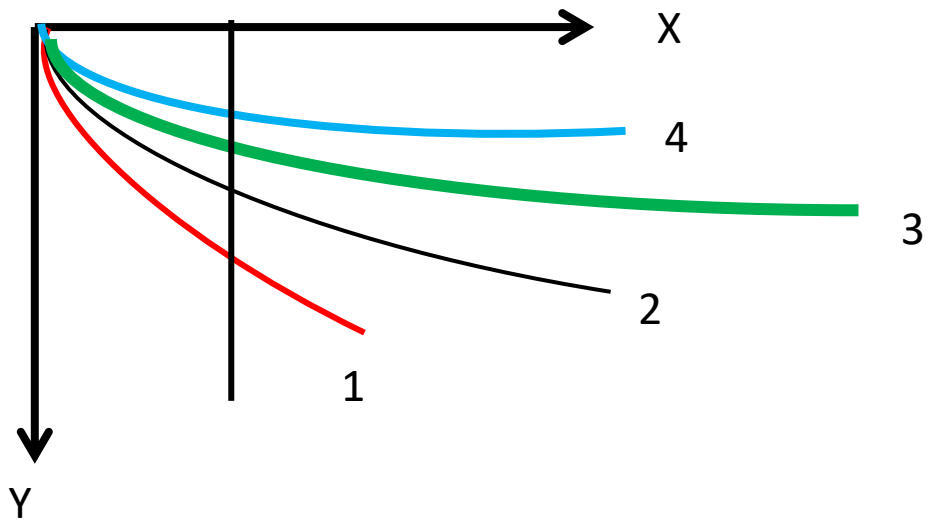
$$\text{d'où} \quad V = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

avec D= diamètre au milieu de la grume et H (longueur)

La tige d'un arbre peut être assimilé à une forme géométrique (**cylindre, cône, paraboloïde, néloïde**) de surface de base(S) et d'une hauteur(H).

Ces quatre type dendrométrique (cylindre, cône, paraboloïde, néloïde) sont engendrés par l'équation d'une courbe plane d'équation générale :

$Y^2=PX^n$ autour de l'axe X



$$Y^2 = PX^n$$

Avec :

n=0 pour le cylindre=> $Y^2=P$ --> $V=S_oH$

n=1 paraboloïde=> $Y^2=PX$ -->$V=\frac{1}{2}S_0H$

n=2 Cône=> $Y^2=PX^2$ -->$V=\frac{1}{3}S_0H$

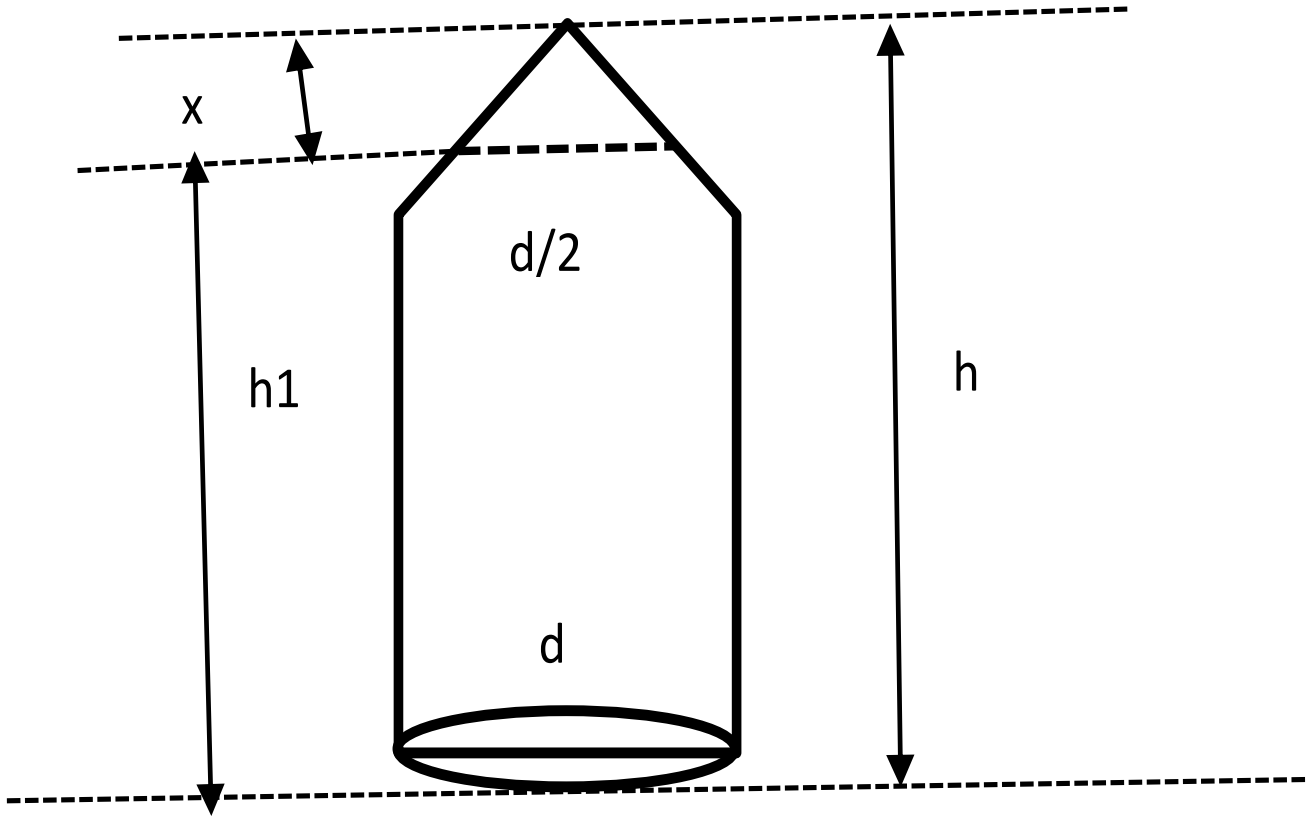
n=3 néloïde=> $Y^2=PX^3$ -->$V=\frac{1}{4}S_0H$

avec S_o = surface de base

$$V=\int_0^n \pi Y^2 d_y = \int_0^n \pi P X^n = \pi P \int_0^n X^n d_x$$

$$V = \pi P\left[\frac{x^{n+1}}{n+1}\right]_0^n = \frac{S_O H}{n+1}$$

A chaque fois nous allons rechercher à quelle hauteur se trouve le diamètre égal à la moitié du diamètre de base.



$$Paraboloïde\ h1 = \frac{3}{4}h \rightarrow h = \frac{4}{3}h1$$

$$Cône\ h1 = \frac{h}{2} \rightarrow h = 2h1$$

$$néloïde\ h1 = 0{,}37h \rightarrow h = \frac{h1}{0{,}37} = \frac{100}{37}\ h1$$

Détermination du volume par tarif de cubage

Le tarif est un tableau chiffré a partir duquel on effectue la lecture de volume. On utilise souvent des tarifs a une entrée pour déterminer le volume d'un peuplement. Ils donnent le volume en fonction du diamètre.

Ils sont plus simple a utilisé que les tarifs à deux entrées (voir trois entrées) car ils permettent de cuber sans connaître la hauteur de grume ou d'autres paramètre, mais sont moins précis.

Dans la littérature ils existent de tarifs parmi lesquels on note :

- Les tarifs d'Algan
- Les tarifs Schœffer (nom de l'inventeur) ils ne correspondent qu'à une formulation mathématique des tarifs d'Algan.
- Les tarifs lents pour les petites parcelles homogènes et les tarifs rapides pour les grandes parcelles et pour cuber tout une forêt.

Rq : Un tarif en un endroit donner peut évoluer au cours du temps, notamment lorsque les arbres d'un peuplement vieillissent.

De nos jours, on finit par adopter un tarif unique dont le but n'est pas de chercher à donner exactement le volume mais de servir de référence et de permettre de comparaison (à court termes sur des forêts diffèrent et à long terme sur la forêt)

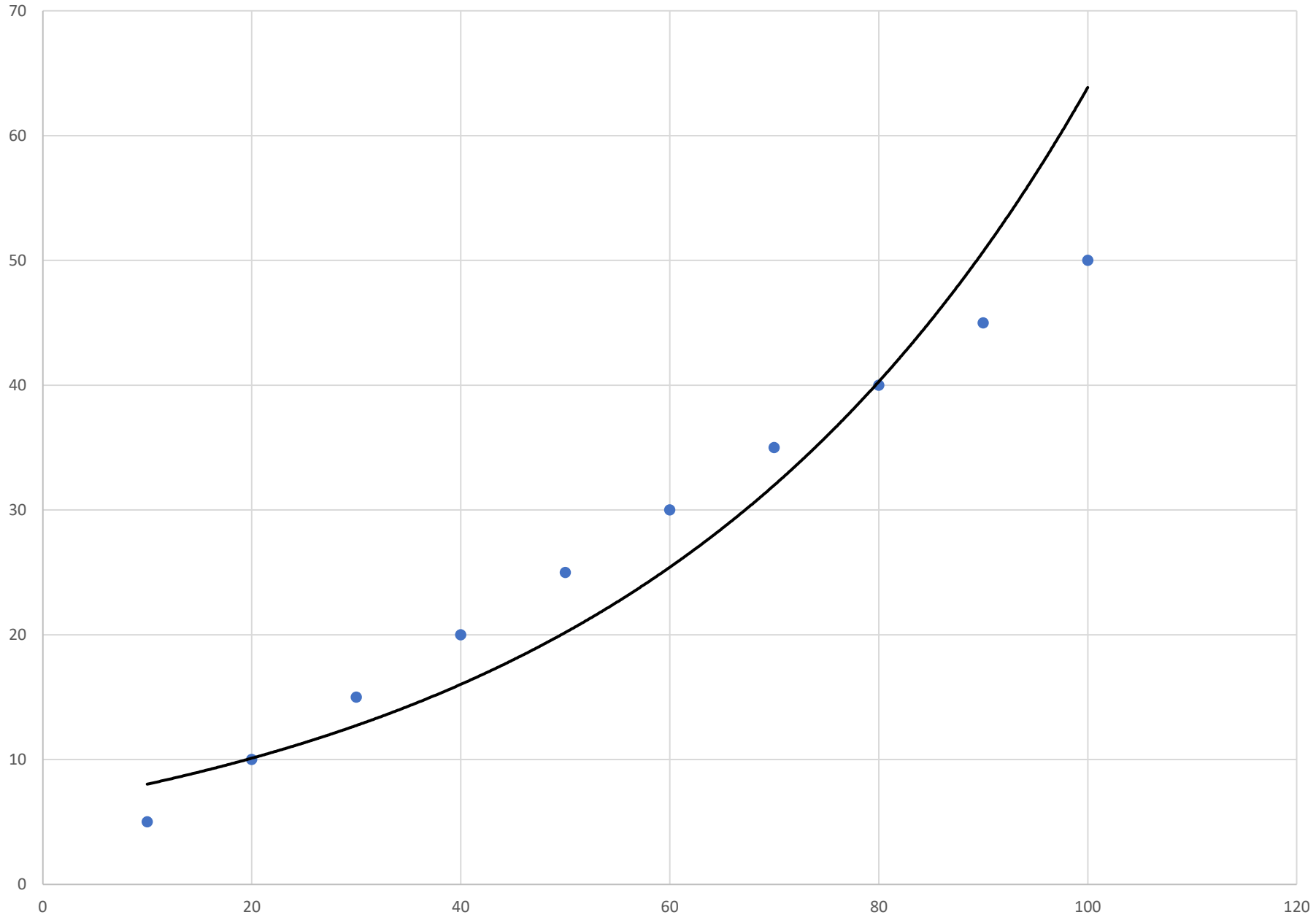
Les auteurs ont décidé d'utilisé la sylve (sv) comme unité on peut passer des sylves aux m^3, en multipliant les volumes trouves par un coefficient expérimental (1,05 ; 0,97).

Actuellement **1sv = 1m³.**

Etablissement d'un tarif de cubage à une seule entrée

Méthode graphique ou méthode Huffel (1919)

Dans différentes points de la région où le tarif sera appliqué on abat des arbres de diamètre différents dont les volumes sont déterminés avec soin. Les volumes sont parties sur l'axe des ordonnées et les diamètres sur l'axe des abscisses.


70
60
50
40
30
20
10
0
0
20
40
60
80
100
120

Ensuite on trace une ligne courbe qui tient une position moyenne entre tous les points (une droite de tendance) à la droite de moindre carré. Nous constatons que cette ligne courbe présente une concavité tournés vers le haut vers le rayon de courbure et le coefficient angulaire des tangentes vont en augmentant au fur et à mesure que l'abscisse du diamètre augmente.

Il existe des tarifs mathématiques modernes.

Ces tarifs peuvent avoir plusieurs avantages par rapport au tarif graphique:

* Dans la méthode graphique il est difficile d'éliminer le facteur personnel seul les calculs peuvent l'affranchir

Les calculs d'accroissement deviennent simples avec l'utilisation des équations mathématiques

Le tarif mathématique permet de faire les calculs d'erreur et de prévoir les risques a craindre.

Le tarif Franco-anglais

Les tarifs de **Meyer** ont été l'objet de quelques critiques théorique de la part d'Abadie 1956 qui finalement a fait adopter pour les tarifs français de la station de recherche forestière en peuplement équien l'équation suivant :

$$y=a+bx^2$$

x= diamètre ou circonférence à hauteur d'homme a et b sont des constantes au coefficient que l'on détermine par la résolution de système d'équation normale

$$a = \frac{cov\,(x,y)}{\delta^2(x)}$$

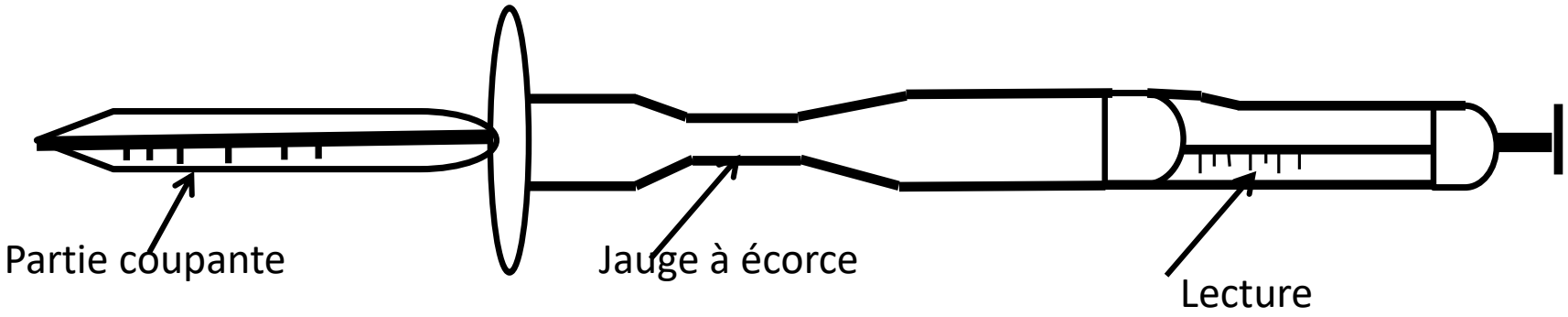
$$b= \bar{y}-a\bar{x}$$

Notion de volume brute

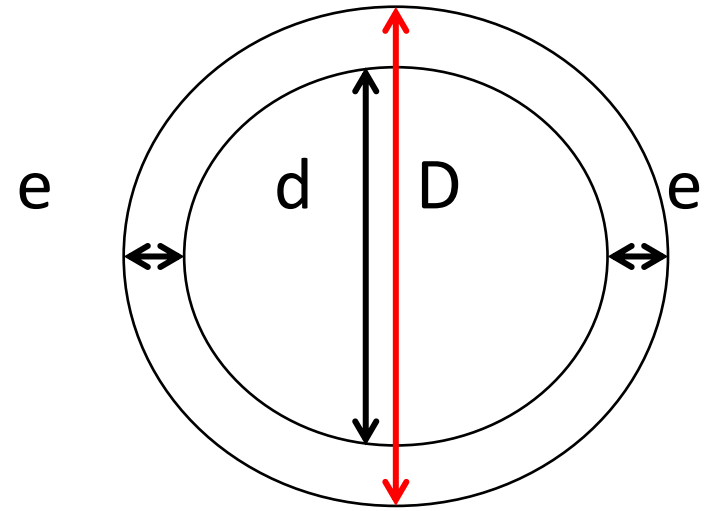
- En générale le volume calculé lors du cubage est mesuré sur écorce. L' écorce représente un certain volume du volume calculé qui est inutilisable.

Si on désire connaitre l'e volume utilisable il est nécessaire de connaître l'épaisseur de l'écorce pour calculer les déductions à effectuer. L'épaisseur de l'écorce est calculé à l'aide d'une jauge à écorce ou de marteau poudeur sur les arbres sur pied et à l'aide de ruban sur les sections de grumes.

L'épaisseur de l'écorce étant connue il est possible alors de déterminer le volume sous – écorce



- c= C-2πe d=D-2e



- Volume sur-écorce = $\frac{\pi D^2}{4}$xL ⟶ Vsous écorce = $\frac{\pi(D-2e)^2}{4}$xL

- Volume sur-écorce = $\frac{1xC^2}{4\pi}$xL ⟶ V Sous écorce = $\frac{1x(C-2\pi e)^2}{4\pi}$ xL

•Le pourcentage d'écorce contenu par une bille est très importante et peut atteindre 15 à 20% du volume sur écorce. Ce pourcentage est d'autant plus important sur les jeunes arbres et sur les station a faible fertilité. Le pourcentage d'écorce est le rapport du volume d'écorce et du volume de la grume sur écorce. Il est noté :

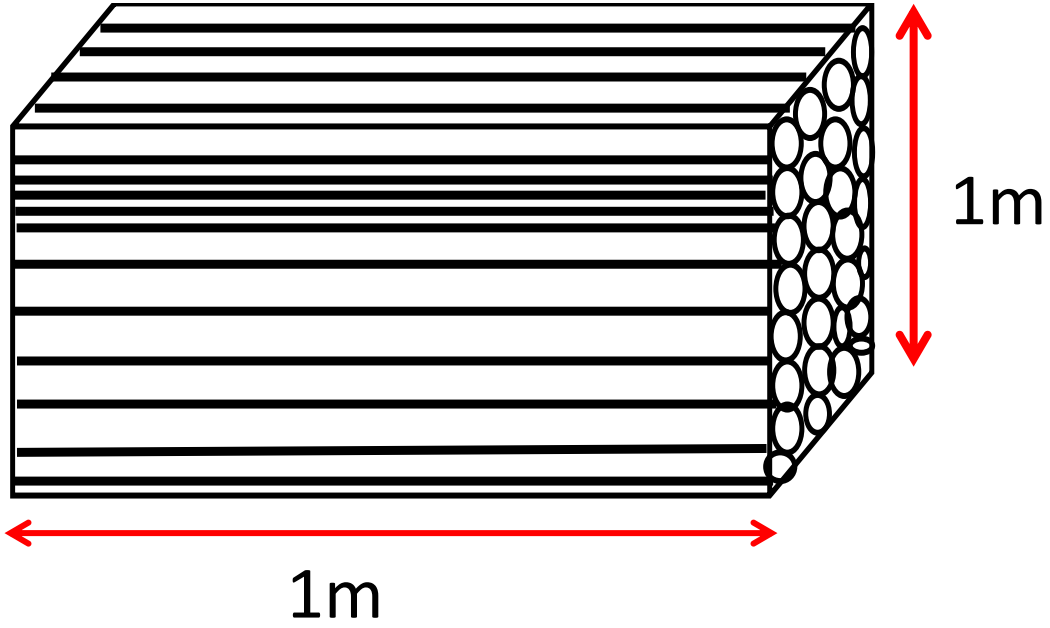
- $PE = \frac{Vsurecorce - Vsous\ ecorce}{Vsurecorce} \times 100$

- $PE = (1 - \frac{Vsous\ ecorce}{Vsur\ ecorce}) \times 100$

Les bois en stères

- **Définition** : les petites branches, les petites tiges et les bois impropres à la scierie sont débités en rondelles au quartier et empilés. Les piles de bois sont généralement confectionnées avec des rondelles ou des quartiers de 1m de long, le bois est destiné à la carbonisation, aux industries de papeteries, le volume d'une telle pile de bois contient de l'air et du bois est appelé vol d'encombrement.

- Il est exprimé en stère. Le stère étant un volume d'encombrement occupé par des bois de 1m de **long** empilés sur **1m de large** et **1m de hauteur**. Le volume de bois réel contenue dans une stère est appelé coefficient d'empilage



Stère

Généralement, les sylvicultures, les aménagistes, les chercheurs ne calculent pas des critères dendrométriques pour le seul plaisir mais pour répondre à des besoins bien particuliers.

Il est nécessaire pour le sylviculteur de faire une description des peuplements , classement et l'organisation des parcelles revient à l'aménagiste quant à l'exploitant forestier estimation à l'évaluation du volume à l'état actuel.

Les besoins de l'aménagiste

- Pour un peuplement équien la variable dendrométrique âge est très importante pour l'aménagiste ainsi que le volume car ce dernier sert à calculer les possibilités d'exploitation (volume commercial) et le classement des parcelles.

Les besoins du sylviculteur

L'approche du sylviculteur diffère par certains points de celui de l'aménagiste.

Chez le sylviculteur certain critères comme la densité apparaît avec une grande importance et l'utilisation de la surface terrains pour la détermination du rapide de volume .

Cette utilisation de la surface terrière permet de pallier certains problèmes posés lors du calcul du volume (chez l'aménagiste).

A savoir : Choix d'une découpe

Les valeurs usuelles des principaux critères dendrométriques

➢Cas d'un taillis simple

Lors des 1ères années qui suivent la coupe, la croissance des brindilles est très rapide et à longue cette croissance devient lente.

- En règle générale les taillis simples ont une hauteur dominante relativement simple même à maturité H dominante<20-25m >

➢Cas de la futaie régulière

Age : l'Age est bien entendu très variable en futaine reguliere.Pour les essences a croissance lente comme le *Prosopis africana*, on a un âge d'exploitation pouvant aller jusqu'à 50 ans.

Densité La densité décroit régulièrement au cours du temps en futaie régulière .Cela est dû à la mortalité naturelle et aux éclaircis qui sont pratiques .

La densité peut être de plusieurs dizaines de millier de tiges/ha dans une jeune régénération à quelques dizaines de tige/ha dans un vieux peuplement en cours de régénération

Surface terrière : Elle évolue aussi autours du temps en futaie régulière. Elle est très faible dans le jeune peuplement et peut atteindre 20 voire 40 au 30m^2 dans le vieux peuplement et selon l'espèce

- Le volume

Augmente tant comme la surface terrière il est très faible et pas grand intérêt dans le jeune peuplement et peut atteindre quelques m^3 voire plusieurs m^3/ha selon l'espèce les types de peuplement

→ *Le volume de l'arbre moyen*

Il augmente en fonction de l'Age du peuplement.

Plus les peuplements sont vieux plus le volume unitaire moyen est important les éclaircies accentuent ce phénomène

→*Répartition des diamètres*

Plus une futaine régulière Vieillie, plus le diamètre moyen n'augmente et on observe une certaine distinction au sein du peuplement .

Les arbres dit dominant prennent le dessous pour des arbres dits « dominés » d'où une augmentation de l'hérogénéité des diamètres .

Quelques soit l'âge d'une futaie régulière, la distribution des diamètres correspond toujours à une courbe en cloche (distribution gaussienne) l'équation de cette loi de gauss au de la loi normale est

- $Y = \frac{N}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-1/2(\frac{x-m}{\sigma})^2}$

Y= la fréquence

x =nombre d'observations

m=moyenne arithmétique de observation

σ = écart types des observations autour de la moyenne

N=nombre d'arbre au niveau du peuplement

Remarque

Dans une futaie jardinet, forcement on doit observer une diminution du nombre de tige d'une manière régulier lorsqu'on passe de la plus petite catégorie de diamètre plus grande

$$Y = ke^{-ax}$$

Y= nombre de tiges

x =diamètre

a et k=constantes

e=2.718

- La hauteur dominante

La hauteur dominante augmente avec l'âge . Elle est constituée par les 100 plus hautes ou grosses tiges à l'ha. La hauteur dominante n'est pas influencée par les interventions sylvicoles.

➢Cas de la futaie jardinée

Les principales caractéristiques dendrométrique permettant de suivre l'évolution d'une futaie jardinée sont : densité, surface terrière volume, volume de l'arbre moyen etc…. Ils varient périodiquement autour d'une position d'équilibre.

A chaque coupe de jardinage, on prélevé une certaine qualité de bois qui correspond à ce qu'a produit le forêt depuis la dernière coupe (notion de rendement soutenu)

L'indice fertilité de la station agit sur ces caractéristiques. Plus la station est fertile plus ces caractéristiques sont fortes.

➢Cas des taillis sous futaie

Les taillis sous futaie sont des taillis avec réserves équilibres. Ils présentent un équilibre entre taillis et réserves .

Ce type de traitement on les rencontre dans les stations ni trop riches ni trop pauvres.

Dans ce cas on peut avoir une différence notable en

* Densité (nombre tige/ha)
* La surface terrière ($m^{2/}ha$)
* Le volume (m^3/ha)
* La volume de l'arbre moyen (m^3)
* Le petit bois, le bois moyen et le gros bois (%) et le couvert (%)

Dans un peuplement idéal (normal), ces caractéristiques permettent avant la coupe d'avoir une idée sur la répartition des classes de diamètre

L'utilité du rapport du gros bois sur le bois moyen (GB/BM) et du volumde l'arbre moyen (VAM) dans le cadre des classements des parcelles.

Ces paramètres sont souvent utilisés dans le cadre de l'amenagement. Ce sont des indicateurs sur le vieillissement et /ou la régulation de peuplement a l'échelle de la série ou à l'échelle parcellaire.

Exemple : A l'échelle d'une parcellaire on a :

$$[0 \leq GB/BM \leq 15] \text{ et } [0.3 \leq VAM \leq 5$$

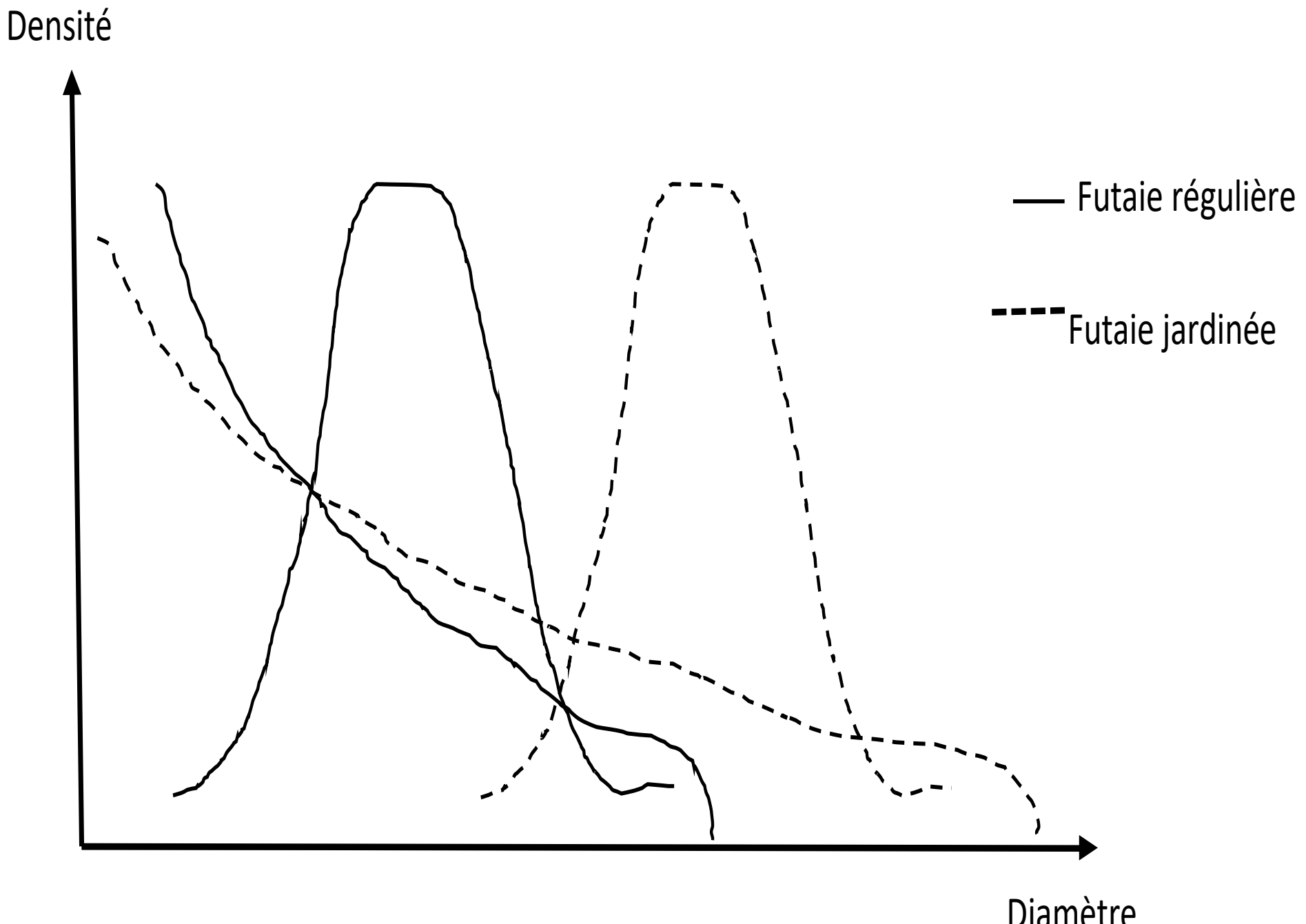
L'échelle d'une sérié

$$(1 \leq GB/BM \leq 4) \text{ et } (1.5 \leq VAM \leq 3)$$

On peut remarquer que le rapport GB/BM Prend des valeurs plus variées (amplitude) entre la parcelle et la série par rapport au VAM.

On admet que GB/BM est un bon critère pour détecter le vieillissement d'une série et aussi pour classer les parcelles.

En faisant la comparaison entre la futaie régulière et la futaie jardinée, on constate que globalement la futaie jardiné est plus riche en gros bois


Densité
Futaie régulière
Futaie jardinée
Diamètre

- Représentation du petit bois (PB), bois moyen (BM) et gros bois (GB) très gros bois TGB dans un peuplement.

Dans les peuplements irreguliers, la seule connaissance du diamètre moyen ne suffit pas à bien connaitre la distribution des diamètres.

Ainsi on peut avoir pour un diamètre moyen donné par exemple 35cm aussi bien des gros des petits et des moyens.

Il est alors important dans ce cas de connaître la répartition en petit bois (PB), bois moyen (BM), et gros bois GB, voir les gros bois (TGB) cette répartition peut aussi bien être données en nombre de tige, en surface terrière.

	PB	BM	GB	TGB
feuillus	20-25	30-45	50-60	65 et plus
Résineux	20-25	30-40	45-60	65 et plus

On désigne sous le terme de perches les tiges de 10 et 15cm de diamètre.

Très souvent on adjoint aux GB que l'on regroupe sous le terme de gros bois (par exemple on dit souvent pour les feuillus que le gros bois correspondent aux 3o cm et plus.

En aménagement, on travaille souvent avec les catégories de diamètres indiqués sur le tableau ci-dessus .I l arrive aussi que l'on définisse les ruptures entre PB, BM et GB en fonction du diamètre d'exploitabilité

Exemple 2 : On considère comme diamètre d'exploitabilité 55cm

1) divisons ce diamètre par 3 (55/3)=18,33.

2) divisons ce diamètre par 3/2 (55*2)/3=36,6

3) Arrondissons à la demi-classe la plus proche ; comme 18,33 est plus proche de 17,5 que de 20 la rupture se fait à 17,5.

4) De même 36,6 est plus proche de 37,5 que de 37,5 et la rupture se fait à 37,5.

Ainsi les 15 sont en PB et les 20 en BM et les 35 en BM et les 40 en GB.