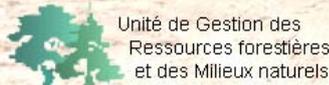


# Mesurer les arbres et les peuplements forestiers: principes de base et outils de calcul

**Vincent Colson, Philippe Lejeune**

**5<sup>e</sup> Carrefour forestier de la FUSAGx  
Mirwart, 29 et 30 avril 2005**



## Objectifs

- Quantifier la ressource forestière ligneuse
  - Valorisation économique
  - Autres préoccupations (puits de carbone, ...)
- Disposer de méthodes
  - Simples
  - Rapides
  - Fiables





# Principes

- Différents types de cubage:
  - Arbres sur pied ou abattus
  - Arbres entiers ou parties d'arbres (grume, houppier)
  - Volume sur écorce ou sous écorce



# Principes

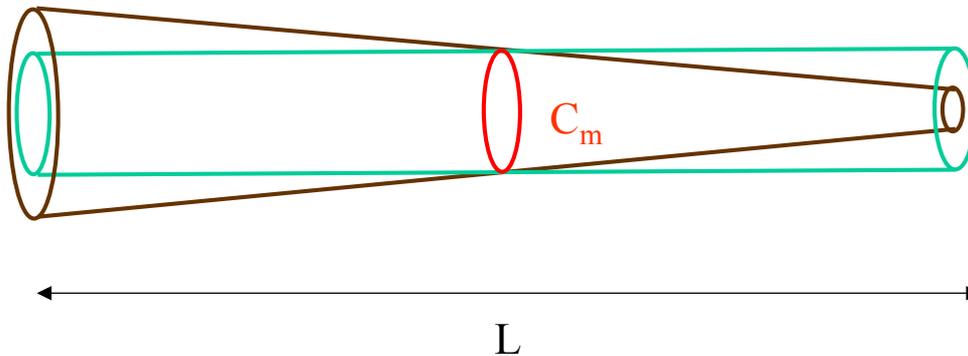
- Détermination du volume
  - Mesure directe : impossible
  - Mesure d'autres variables + relation mathématique
  - Variables mesurées
    - Grosseur (circonférence, diamètre)
    - Hauteur, longueur



# Cubage d'arbres abattus

- Formule de HUBER

⇒ *volume d'un cylindre dont la circonférence est mesurée à mi-longueur*



$$V = (C_m^2 / 4 \cdot \pi) \cdot L$$

Carrefour n°5 - Cubage



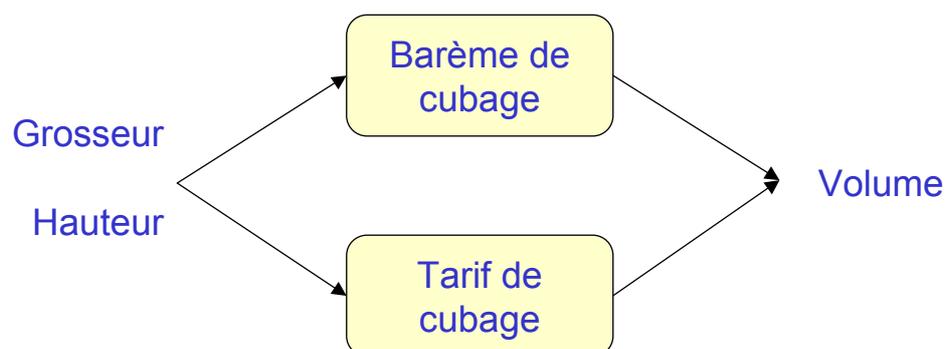
# Cubage d'arbres sur pied

- Principe de base

Mesure

Calcul

Estimation



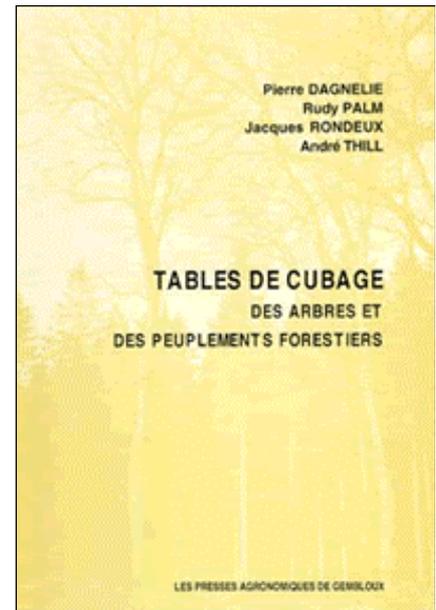
Carrefour n°5 - Cubage



# Cubage d'arbres sur pied

- Tarifs de cubage

- Relation statistique :  
volume  $\Leftrightarrow$  (grosueur, hauteur)
- Basés sur de nombreuses mesures  
d'arbres abattus (volume calculé avec  
précision)
- Présentation sous forme d'équations, de  
tables ou de logiciels

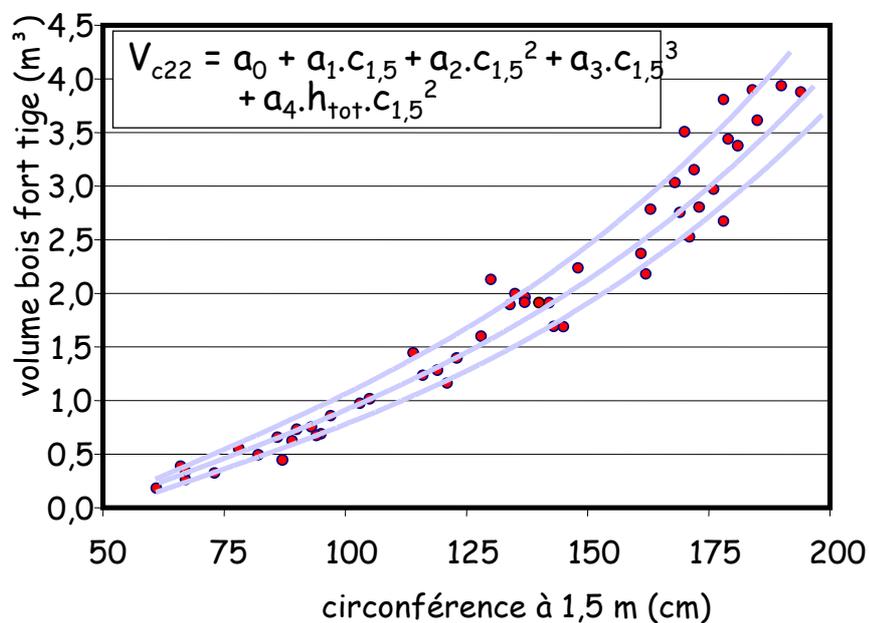


Carrefour n°5 - Cubage



# Cubage d'arbres sur pied

- Tarifs de cubage



Carrefour n°5 - Cubage



# Cubage d'arbres sur pied

- Tarifs de cubage

VOLUME DU BOIS FORT DE LA TIGE (VC22, EN M3)  
EN FONCTION DE LA CIRCONFERENCE A 1,50 M (C150)  
ET DE LA HAUTEUR DOMINANTE (HDOM)  
(SUITE DE LA PAGE PRECEDENTE)

EPICEA

C150 (CM)	HDOM (M)										
	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42
35	0,067	0,072	0,077	0,082	0,086	0,091	0,095	0,099	0,111	0,116	0,121
45	0,136	0,144	0,153	0,162	0,170	0,179	0,187	0,203	0,212	0,222	0,232
55	0,223	0,237	0,250	0,264	0,277	0,291	0,305	0,326	0,341	0,356	0,371
65	0,329	0,348	0,368	0,388	0,407	0,427	0,454	0,475	0,497	0,518	0,540
75	0,453	0,479	0,506	0,533	0,560	0,592	0,621	0,650	0,679	0,707	0,736
85	0,595	0,629	0,664	0,699	0,738	0,775	0,812	0,849	0,886	0,924	0,961
95	0,754	0,798	0,841	0,887	0,933	0,980	1,026	1,073	1,120	1,166	1,213
105	0,930	0,984	1,037	1,093	1,150	1,207	1,264	1,321	1,378	1,435	1,493
115	1,123	1,187	1,251	1,319	1,388	1,456	1,525	1,593	1,662	1,730	1,799
125	1,331	1,407	1,484	1,565	1,646	1,727	1,808	1,888	1,969	2,050	2,131
135	1,554	1,640	1,735	1,829	1,924	2,018	2,112	2,207	2,301	2,395	2,489
145	1,793	1,893	2,003	2,112	2,221	2,330	2,439	2,547	2,656	2,765	2,873
155	2,038	2,163	2,288	2,413	2,537	2,662	2,786	2,910	3,034	3,158	3,282
165	2,306	2,448	2,589	2,731	2,872	3,013	3,154	3,295	3,435	3,575	3,715
175	2,588	2,748	2,907	3,066	3,225	3,384	3,542	3,700	3,857	4,015	4,172
185	2,883	3,062	3,240	3,418	3,596	3,773	3,949	4,126	4,301	4,477	4,652
195	3,191	3,390	3,588	3,786	3,983	4,180	4,376	4,571	4,766	4,961	5,155
205	3,512	3,732	3,951	4,169	4,387	4,604	4,820	5,036	5,252	5,466	5,680
215	3,845	4,086	4,327	4,567	4,807	5,045	5,283	5,520	5,757	5,992	6,227
225	4,188	4,453	4,717	4,980	5,242	5,503	5,763	6,022	6,281	6,538	6,795
235	4,543	4,832	5,119	5,406	5,692	5,976	6,260	6,542	6,823	7,104	7,383
245	4,907	5,221	5,534	5,845	6,156	6,465	6,772	7,079	7,384	7,688	7,991
255	5,281	5,621	5,960	6,297	6,633	6,967	7,300	7,632	7,962	8,290	8,617
265	5,664	6,032	6,397	6,761	7,124	7,484	7,843	8,201	8,556	8,910	9,263

87

EPICEA

Carrefour n°5 - Cubage



# Cubage d'arbres sur pied

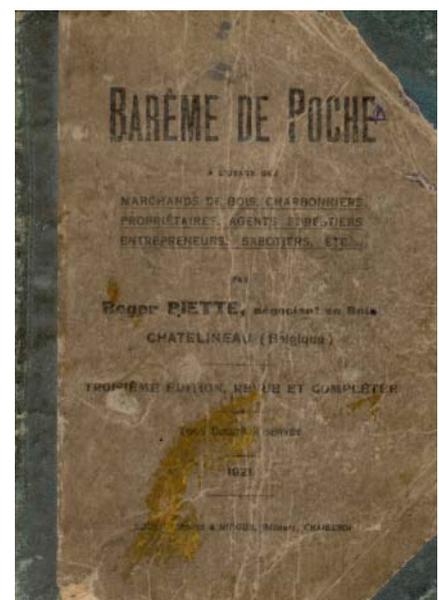
- Barèmes de cubage

– Paramètres de forme

- Coefficient de défilement
- Coefficient de décroissance
- Décroissance

– Grosseur à hauteur d'homme + hauteur  
→ grosseur à mi-hauteur

– Présentation sous forme de tables ou de logiciels



Carrefour n°5 - Cubage



# Cubage d'arbres sur pied

- Barèmes de cubage

DÉFILEMENT de 0,03 centimètres par mètre courant							
Circonférences à 1 m. 50 du sol							
Long.	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33
4,00	0,5013	0,5093	0,5174	0,5256	0,5338	0,5420	0,5504
5,00	0,6118	0,6217	0,6317	0,6417	0,6519	0,6621	0,6724
6,00	0,7164	0,7282	0,7400	0,7520	0,7640	0,7762	0,7884
7,00	0,8156	0,8291	0,8427	0,8565	0,8704	0,8843	0,8984
8,00	0,9091	0,9244	0,9398	0,9553	0,9710	0,9868	1,0027
9,00	0,9972	1,0142	1,0313	1,0486	1,0660	1,0835	1,1012
10	1,0800	1,0987	1,1174	1,1364	1,1555	1,1747	1,1941
11	1,1576	1,1779	1,1983	1,2188	1,2396	1,2605	1,2816
12	1,2301	1,2519	1,2739	1,2961	1,3184	1,3409	1,3637
13	1,2977	1,3209	1,3444	1,3681	1,3920	1,4161	1,4404
14	1,3603	1,3851	1,4100	1,4352	1,4606	1,4862	1,5121
15	1,4182	1,4443	1,4707	1,4973	1,5242	1,5513	1,5786
16	1,4714	1,4989	1,5266	1,5547	1,5829	1,6115	1,6402
17	1,5200	1,5488	1,5779	1,6073	1,6369	1,6668	1,6970
18	1,5642	1,5943	1,6246	1,6553	1,6862	1,7175	1,7490
19	1,6040	1,6353	1,6669	1,6988	1,7310	1,7636	1,7964
20	1,6369	1,6721	1,7049	1,7380	1,7715	1,8052	1,8393
21	1,6711	1,7047	1,7386	1,7729	1,8075	1,8424	1,8777
22	1,6986	1,7333	1,7683	1,8036	1,8393	1,8754	1,9118
23	1,7221	1,7578	1,7938	1,8303	1,8671	1,9042	1,9417
24	1,7418	1,7785	1,8156	1,8530	1,8908	1,9290	1,9676
25	1,7579	1,7955	1,8334	1,8718	1,9106	1,9498	1,9894

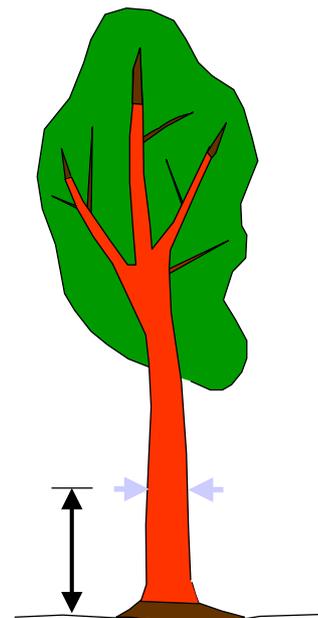
DÉFILEMENT de 0,03 centimètres par mètre courant							
Circonférences à 1 m. 50 du sol							
Long.	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40
4,00	0,5588	0,5672	0,5758	0,5844	0,5930	0,6018	0,6106
5,00	0,6828	0,6933	0,7038	0,7144	0,7251	0,7359	0,7468
6,00	0,8007	0,8131	0,8256	0,8382	0,8509	0,8637	0,8766
7,00	0,9126	0,9270	0,9414	0,9559	0,9706	0,9853	1,0002
8,00	1,0187	1,0349	1,0512	1,0676	1,0842	1,1008	1,1177
9,00	1,1190	1,1370	1,1551	1,1734	1,1918	1,2104	1,2291
10	1,2137	1,2335	1,2534	1,2734	1,2936	1,3140	1,3345
11	1,3029	1,3243	1,3459	1,3677	1,3897	1,4118	1,4312
12	1,3866	1,4097	1,4330	1,4565	1,4802	1,5040	1,5281
13	1,4650	1,4897	1,5146	1,5397	1,5651	1,5906	1,6164
14	1,5361	1,5644	1,5910	1,6177	1,6447	1,6718	1,6992
15	1,6032	1,6340	1,6620	1,6903	1,7189	1,7476	1,7766
16	1,6693	1,6985	1,7281	1,7578	1,7879	1,8182	1,8488
17	1,7274	1,7581	1,7891	1,8203	1,8519	1,8836	1,9157
18	1,7808	1,8129	1,8453	1,8779	1,9109	1,9441	1,9776
19	1,8295	1,8629	1,8966	1,9306	1,9649	1,9996	2,0348
20	1,8736	1,9083	1,9433	1,9786	2,0143	2,0503	2,0866
21	1,9133	1,9492	1,9855	2,0220	2,0590	2,0962	2,1338
22	1,9486	1,9857	2,0232	2,0610	2,0992	2,1376	2,1765
23	1,9796	2,0179	2,0565	2,0955	2,1348	2,1745	2,2146
24	2,0066	2,0459	2,0856	2,1257	2,1662	2,2071	2,2484
25	2,0294	2,0698	2,1102	2,1518	2,1933	2,2352	2,2777

Carrefour n°5 - Cubage



## Mesures de grosseur

- Circonférence ou diamètre
- Niveau de mesure
  - 1,3 m
  - 1,5 m
  - mi-longueur

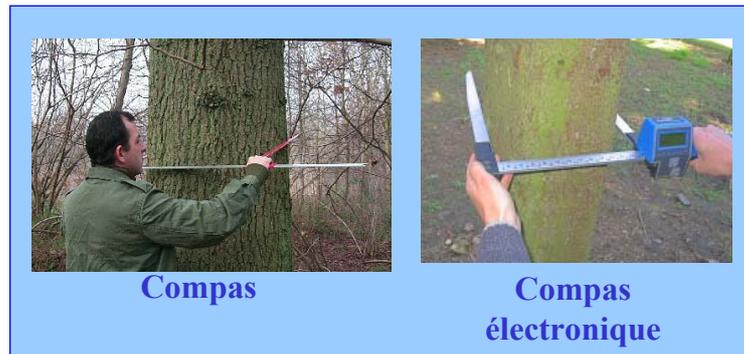
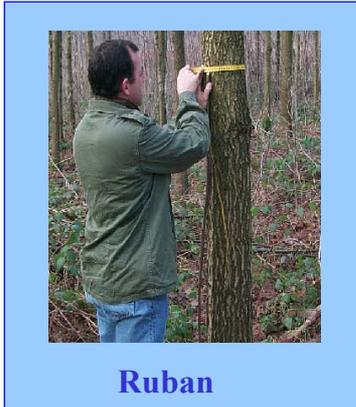


Carrefour n°5 - Cubage



# Mesures de grosseur

- Instruments de mesure
  - Du plus simple au plus élaboré

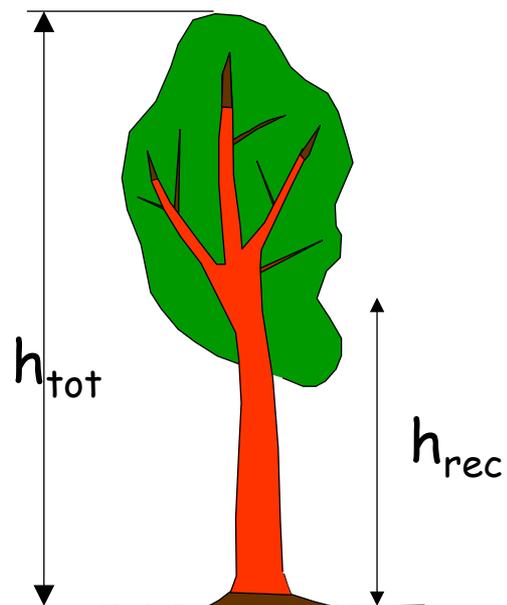


Carrefour n°5 - Cubage



# Mesures de hauteur

- Notion de hauteur
  - Hauteur totale
  - Hauteur de recoupe
  - Hauteur dominante



Carrefour n°5 - Cubage

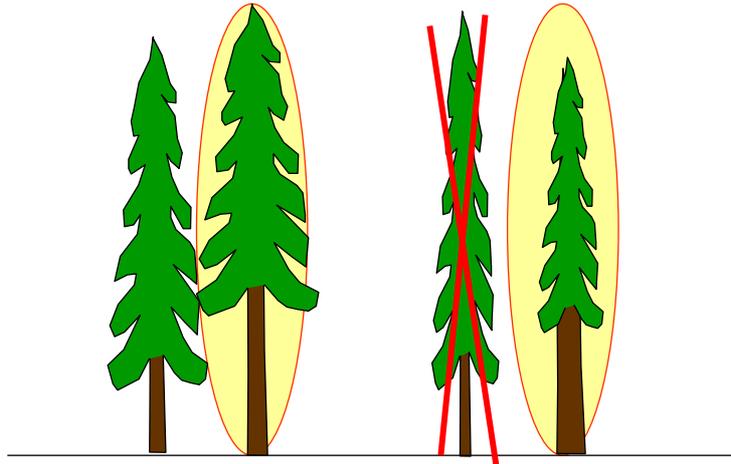


# Mesures de hauteur

- Notion de hauteur dominante

- Se rapporte à un peuplement (équienne)

- Moyenne des hauteurs totales des 100 plus gros arbres par ha



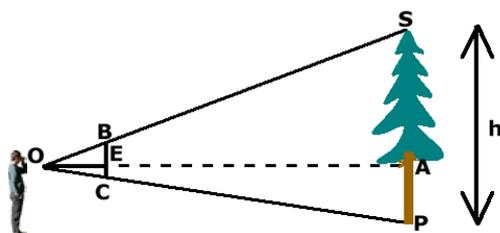
Carrefour n°5 - Cubage



# Mesures de hauteur

- Principe

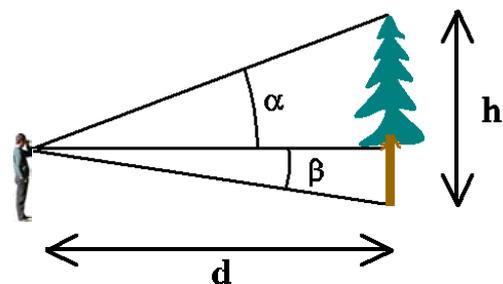
- Approche géométrique ou trigonométrique



$$SP/BC = OA/OE$$

Si  $BC = OE$ ,

$$h = SP = OA$$



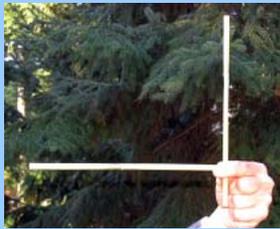
$$h = d \cdot \tan(\alpha) + d \cdot \tan(\beta)$$

Carrefour n°5 - Cubage



# Mesures de hauteur

- Instruments de mesure
  - Du plus simple au plus élaboré



Croix du bûcheron



Dendromètre de Franck



Dendromètre à ultrasons:

Vertex



Dendromètre Suunto



Blum-Leiss

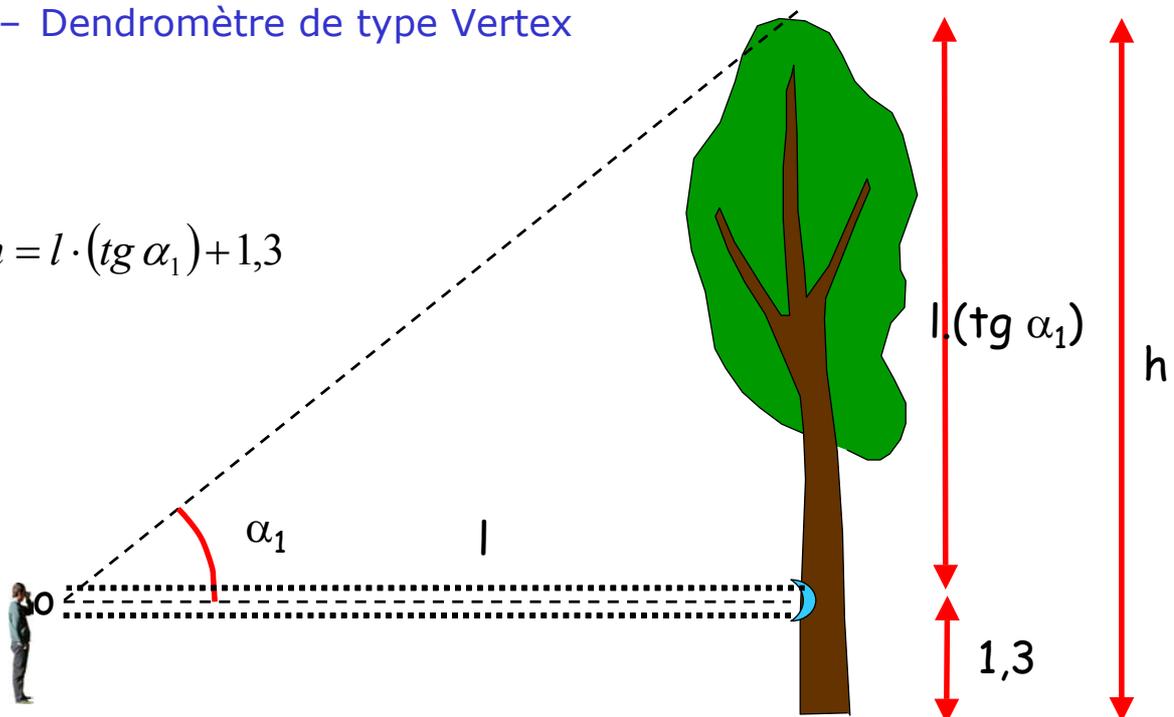
Carrefour n°5 - Cubage



# Mesures de hauteur

- Instruments de mesure
  - Dendromètre de type Vertex

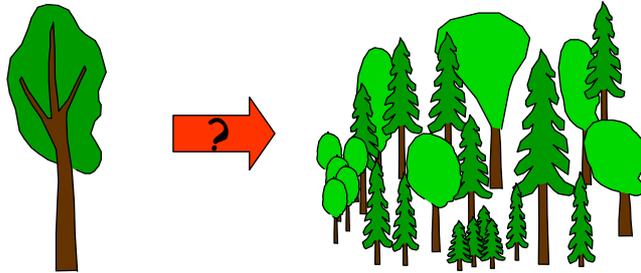
$$h = l \cdot (\operatorname{tg} \alpha_1) + 1,3$$



# Cubage de peuplements

- Introduction

- Peuplement : sommation d'arbres



- Inventaire : technique de caractérisation des peuplements



# Cubage de peuplements

- Types d'inventaire

- Inventaire complet: *Tous les arbres sont mesurés*
- Inventaire par échantillonnage: *Mesures sur un échantillon*







# Cubage de peuplements

N°UE :  Opérateurs :  Date :  Encodée :   
 Rayon :  Déplacement :  Distance dépl. :  Azimut dépl. :   
 Couvert total :  Type phytosocio :  Pente :

**Arbres**

N°	Essence	Circonf.	Distance	Azimut	Hcul / Hrec	Statut	Défaut conf.	Dégats	Sanit tronc	Sanit houppier
1	1	10,9	13,85	0	9,2					
2	1	13,1	6,6	8	8					
3	1	11,4	12,35	45	6,3					
4	1	9,8	14,02	66						
5	1	13,1	11,04	88	8,7					
6	1	14,9	16,91	114	11,7					
7	1	9,9	16,33	121						
8	1	14,1	17,33	149	7,8					
9	1	15,9	4,85	174	10,7					
10	1	12,1	13,50	211	9,5					
11	1	13,3	7,87	250	5,5					
12	3	7,0	14,80	254						
13	3	4,5	14,52	287						
14	1	11,7	11,67	303	6,8					
15	1	12,5	11,84	330	3,6					
16										
17										
18										
19										
20										

## Placette d'inventaire

Carrefour n°5 - Cubage 



# Cubage de peuplements

*Inventaire complet ou par échantillonnage ?*

Fonction de :

- Objectif
- Surface à inventorier
- Type de peuplement
- Homogénéité de la parcelle

Carrefour n°5 - Cubage 



# Traitement des données

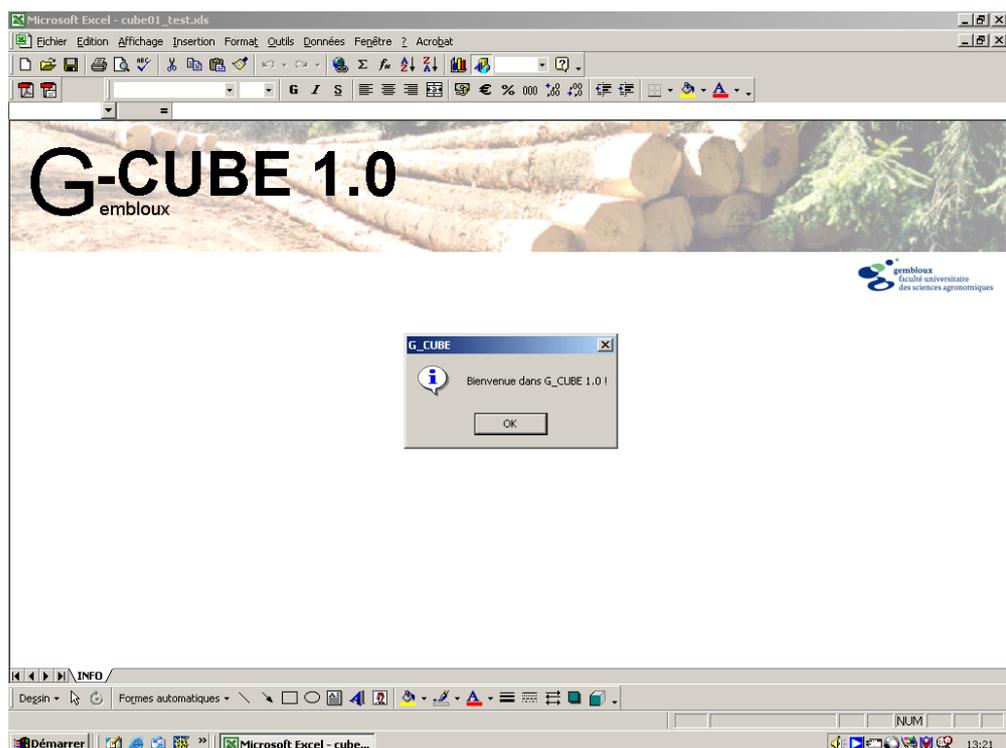
- Utilisation de tables + calculette
  - Travail fastidieux
  - Risque d'erreur
- Outil informatique
  - Encodage
  - Calcul
  - Présentation des résultats

→ logiciel **G\_CUBE**

Carrefour n°5 - Cubage



# Traitement des données



Carrefour n°5 - Cubage





## Logiciel *G-cube*

- 2 fonctionnalités :
  - Cubage d'arbres ou de lots de bois
  - Traitement de données d'inventaire par échantillonnage
- Paramétrable
  - Modalités de cubage (tarif, barème)
- Simple d'utilisation
  - Tableur Excel
- Synthèse et présentation des données

Carrefour n°5 - Cubage



## Logiciel *G-cube*

- Paramétrable

**G\_CUBE - Définition des paramètres**

Paramètres généraux

Mesure de grosseur :	Circonférence	Type de volume :	Bois fort tige	
Niveau de mesure :	1,5 m	Méthode de cubage :	Tarif 1 entrée	
Grosseurs extrêmes :	25	295	Présentation des données :	Classes de grosseur

Volume sous écorce

Carrefour n°5 - Cubage





## Logiciel *G-cube*

- Mesure de grosseur
  - Circonférence, diamètre
  - 1,3 m ; 1,5 m ou mi-longueur
- Mesure de hauteur
  - Hauteur totale
  - Hauteur de recoupe
  - Hauteur dominante

Carrefour n°5 - Cubage



## Logiciel *G-cube*

- Types de cubage
  - Tarifs de cubage : volume bois fort tige (1 entrée, 2 entrées, 1 entrée + hdom)
  - Barèmes de cubage
    - ✓ Coefficient de défilement
    - ✓ Coefficient de décroissance
    - ✓ Décroissance
  - Cubage commercial (formule de HUBER)
  - Volume sur écorce ou sous-écorce

Carrefour n°5 - Cubage



# Logiciel G-cube

- Simplicité d'utilisation

Microsoft Excel - parcelle12\_coupe\_mars2005.xls

Fichier Edition Affichage Insertion Format Outils Données G\_CU

D23 =

Epicéas - hdom : 24.0 m - vbit

c150 (cm)	Volume individuel (m³)	Nombre de bois	Volume (m³)
65	0.347		
75	0.478	11	5.25
85	0.627	24	15.06
95	0.795	37	29.42
105	0.981	42	41.19
115	1.184	9	10.65
125	1.403		
135	1.639		
145	1.891		

- 1° Identification de l'essence
- 2° Définition de la hauteur dominante
- 3° Encodage du nombre de bois par classes de grosseur

- 1° Volume individuel
- 2° Volume par classes de grosseur

Cubage par classes de grosseur



# Logiciel G-cube

- Simplicité d'utilisation

Microsoft Excel - inventaire\_parcelle7\_février2005.xls

Fichier Edition Affichage Insertion Format Outils Données G\_CUBE Fenêtre ?

E19 =

Date :	12/02/05	Nombre de tiges (/ha) :	974
Rayon (m) :	7	Surface terrière (m²/ha) :	35
Pente (°) :	0	Volume (m³/ha) :	363
Surface (ares) :	1.54	Cmoy (cm) :	66
Année plantation :	1965	Hdom (m) :	23.8
Age :	40	Hdom50 (m) :	27
Description :			

N° arbre	Essence	c150 (cm)	Hauteur totale (m)	Volume (m³)
1	EP	49		0.18
2	EP	63		0.32
3	EP	94	24.5	0.77
4	EP	55		0.23

Variables synthétiques au niveau « placette »

Encodage des données « placette » et « arbre »





# Logiciel *G-cube*

## • Synthèse des données

Nombre de bois par classes de grosseur et par essences

c150 (cm)	DOUG_1	EP_1	Total
55		4	4
65	25	5	30
75	63	19	82
85	114	43	157
95	75	96	171
105	21	125	146
115	9	81	90
125		32	32
Total	307	405	712

Volume (m <sup>3</sup> )	18.38	128.88	147.26
Vmoy (m <sup>3</sup> )	0.875	1.031	0.207

Volume : vbft sous écorce

DOUG\_1: Douglas (3ème éclaircie) - Hdom = 24 m / EP\_1: Epicéas (Mise à blanc) - Hdom = 26.5 m

Cubage par classes de grosseur

Carrefour n°5 - Cubage



# Logiciel *G-cube*

## • Synthèse des données

Résineux : Synthèse par catégories marchandes et par essences

c150 (cm)	DOUG_1		EP_1		Total	
	N	V (m <sup>3</sup> )	N	V (m <sup>3</sup> )	N	V (m <sup>3</sup> )
< 40						
40 - 59			4	1.01	4	1.01
60 - 69	25	7.47	5	1.86	30	9.33
70 - 89	177	88.73	62	37.66	239	126.39
90 - 119	105	80.51	302	309.94	407	390.45
120 - 149			32	47.39	32	47.39
150 - 179						
180 - 199						
200 et +						
Total	307	176.71	405	397.86	712	574.56

Volume : vbft sous écorce

DOUG\_1: Douglas (3ème éclaircie) - Hdom = 24 m / EP\_1: Epicéas (Mise à blanc) - Hdom = 26.5 m

Carrefour n°5 - Cubage





# Logiciel *G-cube*

- Synthèse des données

Résineux : Synthèse par catégories marchandes et par essences

c150 (cm)	DOUG_1		EP_1		Total	
	N	V (m³)	N	V (m³)	N	V (m³)
< 40						
40 - 59			4	1.01	4	1.01
60 - 69	25	7.47	5	1.86	30	9.33
70 - 89	177	88.73	62	37.66	239	126.39
90 - 119	105	80.51	302	309.94	407	390.45
120 - 149			32	47.39	32	47.39
150 - 179						
180 - 199						
200 et +						
Total	307	176.71	405	397.86	712	574.56

Volume : vbf sous écorce

DOUG\_1: Douglas (3ème éclaircie) - Hdom = 24 m / EP\_1: Epicéas (Mise à blanc) - Hdom = 26.5 m

*A vous de l'utiliser !*

Carrefour n°5 - Cubage



Merci pour votre attention !