

Jacques RONDEUX

# LA MESURE DES ARBRES ET DES PEUPLEMENTS FORESTIERS



# TABLE DES MATIERES

## CHAPITRE 1 - GROSSEUR DES ARBRES

1.1. Introduction .....	1
1.2. Mesure du diamètre .....	2
1.2.1. Généralités .....	2
1.2.2. Appareils de mesure .....	2
1.2.3. Erreurs instrumentales et erreurs de mesure .....	7
1.3. Mesure de la circonférence .....	13
1.3.1. Généralités .....	13
1.3.2. Appareils de mesure .....	13
1.3.3. Erreurs instrumentales et erreurs de mesure .....	14
1.3.4. Quelques réflexions sur la mesure de la circonférence .....	14
1.4. Détermination de la surface terrière .....	16
1.4.1. Généralités .....	16
1.4.2. Erreurs dues à la mesure du diamètre ou de la circonférence .....	16
1.4.3. Erreurs dues à l'assimilation de la surface terrière à une surface circulaire .....	17
1.5. Erreurs liées aux conventions de mesure de grosseur .....	19
1.5.1. Erreurs résultant d'un groupement en classes .....	19
1.5.2. Erreurs dues aux arrondis .....	24
1.5.3. Erreurs dues aux changements de saison .....	24
1.6. Quelques recommandations relatives à la pratique des mesures de grosseur .....	25

## CHAPITRE 2 - HAUTEUR DES ARBRES

2.1. Introduction .....	27
2.2. Définitions .....	27
2.3. Méthodes et appareils de mesure .....	28
2.3.1. Dendromètres basés sur un principe géométrique .....	29
2.3.2. Dendromètres basés sur un principe trigonométrique .....	33
2.4. Erreurs instrumentales et erreurs de mesure .....	41
2.4.1. Erreurs instrumentales .....	41
2.4.2. Erreurs de mesure .....	42
2.5. Quelques recommandations relatives à la pratique des mesures de hauteur .....	46

### CHAPITRE 3 - AUTRES CARACTERISTIQUES DENDROMETRIQUES DES ARBRES

3.1. Introduction .....	49
3.2. Age .....	50
3.2.1. Age d'un arbre abattu .....	50
3.2.2. Age d'un arbre sur pied .....	50
3.3. Epaisseur de l'écorce .....	51
3.3.1. Appareils de mesure .....	51
3.3.2. Erreurs de mesure .....	53
3.3.3. Relations entre l'épaisseur de l'écorce et la grosseur .....	53
3.3.4. Différentes expressions de l'importance de l'écorce .....	54
3.4. Houppier .....	56
3.4.1. Diamètre et hauteur du houppier .....	57
3.4.2. Surface et volume du houppier .....	59
3.4.3. Index foliaire .....	60
3.5. Souche .....	60

### CHAPITRE 4 - FORME ET VOLUME DES ARBRES

4.1. Introduction .....	63
4.2. Détermination de la forme des arbres .....	64
4.2.1. Forme théorique d'un arbre .....	64
4.2.2. Différentes expressions de la forme d'un arbre .....	64
4.2.3. Fonctions de défilement .....	69
4.3. Quelques volumes de référence .....	70
4.4. Détermination du volume des arbres abattus .....	72
4.4.1. Modèles théoriques .....	72
4.4.2. Cubage global .....	75
4.4.3. Cubage par billons successifs .....	78
4.5. Détermination du volume des arbres sur pied .....	83
4.5.1. Détermination rapide du volume par estimation oculaire .....	84
4.5.2. Détermination du volume par les caractéristiques de forme .....	85
4.5.3. Méthodes indirectes .....	86
4.5.4. Détermination du volume par la méthode de cubage de PRESSLER .....	87
4.5.5. Méthode de cubage par billons successifs .....	91
4.6. Détermination du volume des branches et des bois empilés .....	91
4.6.1. Détermination du volume des branches .....	91
4.6.2. Détermination du volume des bois empilés .....	92

## CHAPITRE 5 - MASSE ET BIOMASSE LIGNEUSES

5.1. Introduction .....	97
5.2. Masse ligneuse .....	98
5.2.1. Notion de masse et son intérêt .....	98
5.2.2. Facteurs liés à la masse ligneuse .....	99
5.2.3. Mesure de la masse des bois ronds et des bois empilés .....	101
5.2.4. Estimation de la masse des arbres sur pied .....	102
5.3. Biomasse ligneuse .....	103
5.3.1. Généralités .....	103
5.3.2. Détermination de la biomasse totale d'un arbre .....	103
5.3.3. Détermination de la biomasse d'un peuplement .....	106

## CHAPITRE 6 - TARIFS DE CUBAGE

6.1. Introduction.....	109
6.2. Notions générales .....	110
6.3. Construction d'un tarif de cubage .....	112
6.3.1. Récolte des données de base .....	112
6.3.2. Préparation des données .....	117
6.3.3. Construction proprement dite d'un tarif de cubage .....	117
6.4. Tarifs de cubage mathématiques .....	120
6.4.1. Principaux types d'équations .....	120
6.4.2. Choix du type d'équation.....	123
6.4.3. Critères de sélection du modèle .....	127
6.4.4. Choix des critères de sélection .....	135
6.4.5. Tarifs pondérés .....	136
6.5. Précision des tarifs de cubage .....	143
6.5.1. Généralités .....	143
6.5.2. Détermination de la précision .....	144
6.6. Limites de validité d'un tarif de cubage .....	148
6.7. Présentation d'un tarif de cubage .....	150

CHAPITRE 7 - CARACTERISATION DES PEUPELEMENTS  
FORESTIERS

7.1. Introduction.....	151
7.2. Grosseur moyenne d'un peuplement .....	152
7.2.1. Généralités .....	152
7.2.2. Valeurs moyennes de la grosseur .....	152
7.3. Distribution des tiges par catégories de grosseur .....	158
7.3.1. Généralités .....	158

7.3.2. Caractérisation des distributions en peuplement équienne .....	159
7.3.3. Caractérisation des distributions en peuplement inéquienne .....	168
7.4. Hauteur moyenne d'un peuplement .....	174
7.4.1. Généralités .....	174
7.4.2. Courbes de hauteurs .....	175
7.4.3. Divers types de hauteur moyenne dans le peuplement .....	180
7.4.4. Facteur d'élanement .....	187
7.5. Densité d'un peuplement .....	188
7.5.1. Généralités .....	188
7.5.2. Diverses expressions de la densité d'un peuplement .....	188

## CHAPITRE 8 - MESURE DES PEUPEMENTS

8.1. Introduction .....	199
8.2. Mesure des surfaces .....	200
8.2.1. Généralités .....	200
8.2.2. Détermination d'une surface par l'intermédiaire des coordonnées .....	200
8.2.3. Détermination d'une surface par calcul d'intégrales .....	203
8.2.4. Détermination d'une surface par planimétrie .....	205
8.2.5. Détermination d'une surface par comptage de points .....	206
8.2.6. Détermination d'une surface par transects .....	210
8.2.7. Détermination d'une surface par pesées .....	210
8.3. Méthode d'inventaire des peuplements pied par pied .....	210
8.3.1. Principe .....	210
8.3.2. Modalités d'exécution .....	211
8.3.3. Précision des inventaires pied par pied .....	213
8.4. Détermination du volume des peuplements .....	214
8.4.1. Détermination du volume d'un peuplement avec groupement des grosseurs .....	214
8.4.2. Détermination du volume d'un peuplement sans groupement des grosseurs .....	220
8.4.3. Tarifs de cubage de peuplements .....	223
8.5. Relascope de BITTERLICH .....	230
8.5.1. Description de l'appareil .....	230
8.5.2. Principe de la méthode de BITTERLICH .....	232
8.5.3. Types de mesures réalisées au moyen du relascope .....	235
8.5.4. Utilisation du relascope dans le cubage des peuplements .....	241

## CHAPITRE 9 - CROISSANCE DES ARBRES ET DES PEUPELEMENTS

9.1. Introduction .....	243
9.2. Principaux types d'accroissements : définitions et relations .....	244
9.3. Détermination de l'accroissement d'un arbre .....	248
9.3.1. Accroissement en diamètre .....	248
9.3.2. Accroissement en surface terrière .....	252
9.3.3. Accroissement en hauteur .....	253
9.3.4. Accroissement en volume .....	257
9.4. Détermination de l'accroissement d'un peuplement .....	259
9.4.1. Principaux types d'accroissements et paramètres à considérer .....	259
9.4.2. Accroissement biologique et accroissement technique .....	260
9.4.3. Détermination de l'accroissement d'un peuplement à partir d'inventaires successifs .....	261
9.4.4. Détermination de l'accroissement en volume à partir d'un inventaire unique .....	267
9.4.5. Problèmes liés à l'utilisation d'un seul inventaire .....	274
9.4.6. Comparaison des méthodes d'estimation de l'accroissement .....	280

## CHAPITRE 10 - ESTIMATION DE LA PRODUCTIVITE FORESTIERE

10.1. Introduction .....	283
10.2. Considérations générales relatives à la productivité forestière et à son estimation .....	284
10.2.1. Notion de productivité .....	284
10.2.2. Appréciation de la productivité .....	284
10.3. Méthodes d'estimation directe .....	286
10.3.1. Productivité basée sur le volume .....	286
10.3.2. Productivité basée sur l'accroissement moyen annuel total en volume .....	286
10.3.3. Accroissement périodique en volume .....	287
10.4. Méthodes d'estimation indirecte .....	287
10.4.1. Indices écologiques .....	287
10.4.2. Indices dendrométriques .....	289
10.4.3. Indices combinés .....	293
10.5. Etablissement des courbes de productivité .....	295
10.5.1. Nature des données disponibles .....	295
10.5.2. Fixation des niveaux de productivité .....	297
10.5.3. Matérialisation des courbes de productivité .....	297

10.5.4. Quelques méthodes mathématiques de construction .....	300
10.5.5. Choix d'une méthode .....	307
10.5.6. Quelques commentaires sur l'utilisation des indices de productivité .....	308

## CHAPITRE 11 - TABLES DE PRODUCTION

11.1. Introduction .....	311
11.2. Notion de table de production .....	312
11.3. Limites de validité des tables de production .....	315
11.3.1. Nature des tables de production .....	316
11.3.2. Territoire de croissance et conditions de fertilité .....	317
11.3.3. Nature et structure des peuplements concernés.....	318
11.3.4. Traitement sylvicole pratiqué .....	318
11.4. Construction d'une table de production.....	318
11.4.1. Récolte des données .....	319
11.4.2. Principes de construction d'une table de production .....	321
11.4.3. Relations fondamentales propres à la construction d'une table de production .....	323
11.4.4. Construction d'une table de production à partir de placettes permanentes .....	326
11.4.5. Construction d'une table de production à partir de placettes temporaires sans mesure d'accroissement.....	328
11.4.6. Construction d'une table de production à partir de placettes temporaires avec mesures d'accroissement.....	331
11.5. Utilisation des tables de production .....	333
11.5.1. Utilisation des tables en matière de gestion forestière .....	333
11.5.2. Utilisation des tables en matière de sylviculture .....	335
11.5.3. Utilisation des tables en matière de planification régionale .....	336
11.5.4. Utilisation des tables en matière d'étude des milieux de croissance.....	336

## CHAPITRE 12 - MODELES D'ACCROISSEMENT ET DE PRODUCTION

12.1. Introduction .....	337
12.2. Différents types de modèles .....	338
12.3. Modèles d'accroissement et de production par classes de grosseur .....	339
12.4. Modèles d'accroissement et de production au niveau du peuplement.....	345

12.4.1. Modèles pour peuplements équiennes .....	345
12.4.2. Modèles pour peuplements inéquiennes .....	349
12.5. Modèles d'accroissement et de production au niveau de l'arbre .....	358
12.5.1. Nature et structure d'un modèle "arbre" .....	358
12.5.2. Notion de compétition .....	361
12.5.3. Quelques expressions quantitatives de la compétition .....	361
12.5.4. Exemples de modèles d'arbres .....	369

## CHAPITRE 13 - INVENTAIRES PAR ECHANTILLONNAGE

13.1. Introduction .....	375
13.2. Fondements de l'échantillonnage .....	376
13.2.1. Quelques définitions en matière d'échantillonnage .....	376
13.2.2. Quelques notions de théorie statistique .....	377
13.2.3. Précision et erreur d'échantillonnage .....	380
13.2.4. Erreur d'échantillonnage et valeurs estimées totales .....	382
13.3. Unités d'échantillonnage .....	384
13.3.1. Forme des unités d'échantillonnage .....	385
13.3.2. Délimitation des unités d'échantillonnage .....	386
13.3.3. Dimension des unités d'échantillonnage .....	392
13.4. Réalisation proprement dite d'un inventaire par échantillonnage .....	397
13.4.1. Cheminement .....	398
13.4.2. Implantation des unités d'échantillonnage .....	399
13.4.3. Récolte des données .....	401
13.4.4. Equipe d'inventaire .....	403
13.4.5. Quelques chiffres sur les temps d'exécution .....	403
13.5. Echantillonnage aléatoire et simple .....	405
13.5.1. Principe .....	405
13.5.2. Avantages et inconvénients .....	405
13.5.3. Estimations de la moyenne et de la variance .....	406
13.5.4. Détermination du nombre d'unités d'échantillonnage .....	407
13.5.5. Estimation d'une proportion .....	412
13.6. Echantillonnage aléatoire stratifié .....	412
13.6.1. Principe .....	412
13.6.2. Avantages et inconvénients .....	415
13.6.3. Estimations de la moyenne et de la variance .....	415
13.6.4. Détermination du nombre d'unités d'échantillonnage .....	419
13.7. Echantillonnage systématique .....	426
13.7.1. Principe .....	426
13.7.2. Avantages et inconvénients .....	428
13.7.3. Estimations de la moyenne et de la variance .....	430

13.8. Echantillonnage à plusieurs phases .....	440
13.8.1. Principe .....	440
13.8.2. Avantages et inconvénients .....	441
13.8.3. Estimations de la moyenne et de la variance .....	442
13.8.4. Détermination du nombre optimum d'unités d'échantillonnage .....	444
13.9. Echantillonnage à plusieurs degrés .....	448
13.9.1. Principe .....	448
13.9.2. Avantages et inconvénients .....	448
13.9.3. Estimations de la moyenne et de la variance .....	449
13.9.4. Détermination du nombre d'unités d'échantillonnage .....	451
13.10. Echantillonnage à probabilité de sélection variable .....	454
13.10.1. Echantillonnage par liste .....	455
13.10.2. Echantillonnage à probabilité de sélection proportionnelle à la prédiction .....	457
13.10.3. Echantillonnage à probabilité de sélection proportionnelle à la dimension .....	460
13.11. Inventaire par échantillonnage et accroissement .....	471
13.11.1. Principe .....	471
13.11.2. Estimation de la variance .....	472
13.12. Méthodes d'échantillonnage basées sur des mesures de distances .....	475
13.12.1. Principe .....	475
13.12.2. Estimation du nombre de bois à l'hectare .....	475
13.12.3. Estimation de la surface terrière et du volume à l'hectare .....	477
13.13. Inventaires forestiers nationaux et régionaux .....	478
13.13.1. Généralités .....	478
13.13.2. Inventaires forestiers nationaux et échantillonnage .....	479
13.13.3. Nature des données récoltées et mode de récolte .....	480
13.13.4. Traitement et exploitation des données .....	480
13.13.5. Caractéristiques de quelques inventaires forestiers européens .....	481
EN GUISE DE CONCLUSION .....	487
INDEX BIBLIOGRAPHIQUE .....	491
INDEX DES SUJETS TRAITES .....	513

## Le livre

Mesurer les arbres relève d'une science à part entière : la dendrométrie, dont les objectifs se sont considérablement élargis au fil du temps et les méthodes singulièrement affinées grâce au développement des moyens informatiques. Complément obligé de la sylviculture et de l'aménagement des forêts, la dendrométrie a aussi des retombées pratiques dans les domaines de l'écologie et de la gestion de notre environnement naturel.

"*La mesure des arbres et des peuplements forestiers*" est un véritable manuel de référence. Il aborde les principes fondamentaux de la mesure du matériel ligneux et les méthodes d'exploitation des données dendrométriques. L'auteur privilégie la démarche qui situe l'arbre au sein d'un ensemble appelé à évoluer au cours du temps et qui nécessite une approche globale. Il consacre une attention particulière aux appareils et aux erreurs de mesure ainsi qu'aux outils que sont les tables de cubage mathématiques, les tables de production et les modèles de croissance, les indicateurs de productivité forestière et les inventaires par échantillonnage.

L'ouvrage, abondamment documenté et illustré de nombreux exemples tirés de l'expérience de terrain de l'auteur, est un des seuls du genre en langue française. Rédigé pour répondre aux besoins de l'enseignement et de la recherche, ce traité s'adresse aussi à tous ceux qui, du producteur ou gestionnaire jusqu'à l'utilisateur de la matière ligneuse, s'intéressent à la manière de quantifier la forêt.

## L'auteur

Jacques RONDEUX, ingénieur agronome des Eaux et Forêts et docteur en sciences agronomiques, enseigne la dendrométrie, la gestion et l'économie forestières à la Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux (Belgique).

Depuis vingt ans, l'essentiel de ses activités de recherche porte sur l'élaboration de tarifs de cubage, la construction de tables et de modèles de production, l'amélioration des techniques d'inventaire forestier et de gestion des peuplements. Il dirige plusieurs groupes de recherche dans le domaine de l'écologie et de la productivité forestières ainsi que de l'évaluation quantitative des ressources boisées.

Il a été invité au titre de professeur-visitateur ou de conférencier dans de nombreux centres d'enseignement universitaires européens et d'outre-mer. Il est responsable du groupe "*Management and Geographic Information Systems*" au sein de l'I.U.F.R.O. ("International Union of Forestry Research Organizations").

