



République Algérienne Démocratique et Populaire

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique**

Université de Naâma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département Ecologie & Environnement

Polycopié de cours

« Sylviculture & Dendrométrie »

Destinés aux étudiants de Master I Ecologie & Environnement

Réalisé par :

Dr. HADJADJ Kouider

Année Universitaire : 2025/2026

Présentation de la matière

Matière : Sylviculture & Dendrométrie

Unité d'enseignement : Découverte

Crédits : 2

Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement

- ✓ Comprendre les bases de la sylviculture et apprendre comment régénérer et exploiter un peuplement forestier ;
- ✓ Faire la différence entre les opérations d'amélioration et les coupes de régénération d'un peuplement forestier ;
- ✓ Savoir comment pratiquer l'opération de pré-désignation et la sylviculture des arbres objectifs ;
- ✓ Comprendre comment mesurer les paramètres des arbres forestiers (hauteur, diamètre, circonférence...);
- ✓ Faire les mesures relatives à l'houppier des arbres forestiers et apprendre comment calculer les différents types d'accroissement des arbres (accroissement en grosseur, accroissement en longueur, accroissement en volume).

Pré-requis

Des connaissances en botanique, physiologie végétale, écologie générale et statistique sont nécessaires pour suivre ce cours.

SOMMAIRE

Introduction	1
PARTIE 1 : SYLVICULTURE	
Chapitre 1 : Les peuplements forestiers « Etude qualitative »	
1. Définition d'un peuplement	2
2. Composition d'un peuplement	2
2.1 Peuplement pur	2
2.1.1 Avantages et inconvénients des peuplements purs	2
2.2 Peuplement composé (mêlé)	2
2.2.1 Mode de réalisation de mélange	2
2.2.2 Avantages et inconvénients des peuplements mélanges	2
3. Structure des peuplements (Répartition des cimes en étages superposés)	3
3.1 Peuplement simple	3
3.2 Peuplement composé	3
3.2.1 Etage dominant	3
3.2.2 Etage domine	3
3.2.3 Sous-étage	3
3.2.4 Sou bois	3
4. Origine d'un peuplement « Notion de régime »	3
4.1 Futaie	3
4.2 Taillis	3
4.3 Taillis sous futaie	3
5. Notion de couvert et de densité	4
5.1 Couvert d'un peuplement	4
5.1.1 Rôle de couvert	4
5.2.2 Facteurs agissant sur le couvert	4
5.2 Notion de degré de fermeture de couvert	5
6. Mode de traitement	5
6.1 Futaie équienne	6
6.2 Futaie inéquienne	6
7. Evolution d'un peuplement dans le temps	6
7.1 Cas de la futaie régulière	6
7.2 Cas de la futaie jardinée	6

7.3 Cas de taillis simple	6
---------------------------------	---

Chapitre 2 : Les peuplements forestiers « Etude quantitative »

1. Nombre de tiges	8
1.1. Courbes représentant la structure des peuplements	8
1.1.1. Peuplement équié (régulier)	8
1.1.2. Peuplement jardiné	8
2. Evolution des peuplements réguliers	9
2.1. Nombre de tiges en fonction de l'âge	9
2.2. Surface terrière	10
2.2.1 La surface terrière d'un arbre	10
2.2.2 La surface terrière d'un peuplement	10
2.3. Hauteur d'un peuplement	11
2.3.1 Les divers types de hauteurs moyennes dans un peuplement	12
2.3.1.1 Hauteur moyenne arithmétique	12
2.3.1.2 Hauteur dominante	12
2.4. Volume d'un peuplement	13
2.4.1 Accroissement d'un peuplement	13
2.4.2 Production	13

Chapitre 3 : Les opérations d'amélioration de la futaie

1. Introduction	14
2. Nomenclature des diverses opérations d'amélioration	14
2.1. Dégagements de semis (au stade de semis et fourré)	14
2.1.1 Définition	14
2.1.2 Méthodes de dégagement	14
2.1.3 Période de dégagement	14
2.2. Dépressage (au stade fourré)	15
2.2.1 Définition	15
2.2.2 Types de dépressage	15
2.2.2.1 En plein	15
2.2.2.2 Dépressage par quadrillage	15
2.3. Nettoiement	15
2.3.1 Définition	15
2.3.2 Réalisation du nettoiement	15
2.4. Les éclaircies	16

2.4.1 Définitions et objectifs	16
2.4.2 Types d'éclaircie	16
2.4.2.1 L'éclaircie par le haut	16
2.4.2.2 L'éclaircie par le bas	16
2.4.2.3 L'éclaircie mixte	17
2.4.3 Intensité des éclaircies	17
2.4.3.1 L'éclaircie-dosage	17
2.4.3.2. L'éclaircie-sélection	17
2.4.3.3. L'éclaircie-production	18
2.4.4 Age de départ des éclaircies	18
2.4.5 Périodicité ou Rotation des éclaircies	18
2.4.6 Résultats des éclaircies	18
2.4.6.1 Influence sur production	18
2.4.6.2 Influence sur le diamètre moyen	18
2.4.6.3 Influence sur la hauteur	18
2.4.6.4 Influence sur l'état sanitaire	18
2.4.6.5 Influence sur l'état sylvicole	18
2.5 L'élagage	19
2.5.1 L'élagage naturel	19
2.5.2 L'élagage artificiel	19
2.5.2.1 Objectifs	19
2.5.2.2 Nomenclature	20
2.5.2.3 Période d'élagage	20
2.5.2.4 Age d'élagage	21
2.5.2.5 Nombre d'arbre à élaguer par hectare	21
2.5.2.6 Hauteur d'élagage	21
2.5.2.7 Espèces à élaguer	21
Chapitre 4 : Les opérations de régénération et d'exploitation de la futaie régulière	
1. Avantages et inconvénients de la futaie régulière	22
2. Les méthodes de régénération et d'exploitation	22
2.1 Les coupes rases	22
2.1.1 Conditions d'application	23
2.1.2 Nature des coupes	23
2.1.2.1 La coupe unique ou à blanc étoc	23

2.1.2.2 La coupe rase par bandes successives	23
2.1.2.3. Coupe rase par bandes alternées	23
2.1.2.4. Coupe rase par trouée	24
2.1.2.5 Coupe rase avec réserve porte graines	24
2.1.3 Les travaux annexes	24
2.1.4 Comparaison entre les divers procédés de coupes rases	25
2.2 Les coupes progressives	25
2.2.1 Coupe d'ensemencement	26
2.2.2 Coupe secondaire	26
2.2.3 Coupe définitive	27
2.3 La coupe d'abri	27

Chapitre 5 : La pré-désignation

1. Définition et concept	29
2. Choix du peuplement	29
3. Détermination de la densité des arbres de place	29
4. Sylviculture d'arbres-objectif	29
4.1 Principe	29
4.2 Origine	30
4.3 Choix des arbres objectifs	30
4.4 Age de pré-désignation	31
4.5 Conduite des peuplements après pré-désignation	32
4.5.1 Rayon de détournement	32
4.5.2 Avantages de la méthode	32
4.5.3 Outillage	32

PARTIE 1 : DENDROMETRIE

Chapitre 1 : Mesure des arbres

1.1 Mesure de la grosseur	34
1.1.1 Mesure du diamètre	34
1.1.1.1 Appareils de mesure	34
1.1.1.2 Les erreurs de mesure	37
1.1.2 Mesure de la circonférence	37
1.1.2.1 Appareils de mesure	37
1.1.2.2 Les erreurs de mesure	37
1.1.3 Estimation de la surface terrière	38

1.2 Mesure de la hauteur	38
1.2.1 Types des hauteurs.....	38
1.2.2 Appareils de mesure.....	38
1.2.2.1 Appareils basés sur un principe géométrique.....	38
1.2.2.2 Dendromètres basés sur un principe trigonométrique	40
1.2.3 Erreurs de mesure	41
Chapitre 2 : Autres caractéristiques des arbres	
2.1 La forme d'un arbre	43
2.1.1 Le coefficient de décroissance (K)	43
2.1.2 Le coefficient de réduction (r)	43
2.1.3 Le coefficient de forme (f)	43
2.2 L'âge d'un arbre	44
2.2.1 L'âge d'un arbre abattu	44
2.2.2 L'âge d'un arbre sur pied	45
2.3 Mesure du houppier	45
2.3.1 Définition du terme houppier	45
2.3.2 L'architecture du houppier	46
2.3.2 Variables descriptives du houppier	46
2.3.2.1 La hauteur du houppier (h_{ho})	46
2.3.2.2 La surface projetée du houppier (Sp)	46
2.3.2.3 Le diamètre du houppier (d_{ho})	47
2.3.2.4 Le volume du houppier (V_{ho})	47
2.3.2.5 Autres paramètres du houppier	48
2.4 L'écorce d'un arbre	48
2.4.1 Epaisseur de l'écorce	48
2.4.1.1 Appareils de mesure de mesure	48
2.4.1.2 Erreurs de mesure d'écorce	49
2.4.2 Diamètre sous écorce	49
Chapitre 3 : Mesure de l'accroissement des arbres	
3.1 Définitions et importances	50
3.1.1 Définitions	50
3.1.2 Importances	50
3.2 Types d'accroissement des arbres	51
3.2.1 Accroissement en diamètre et en circonférence	51

3.2.1.1 Méthodes d'estimation	51
3.2.1.2 Relation entre accroissement sous et sur écorce	52
3.2.2 Accroissement en surface terrière	52
3.2.3 Accroissement en hauteur	52
3.2.4 Accroissements et production en volume d'un peuplement	52
3.2.4.1 Production totale en volume (PTV)	52
3.2.4.2 Accroissement moyen annuel en volume (AMV)	52
3.2.4.3 Accroissement courant en volume (ACV)	53

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Les régimes distingués en sylviculture	4
Figure 2. Les degrés de fermeture	5
Figure 3. Evolution d'un taillis simple au cours du temps	7
Figure 4. Répartition de la structure élémentaire régulière	8
Figure 5. Représentation de la structure élémentaire jardinée	9
Figure 6. Evolution de nombre de tiges en fonction de l'essence	9
Figure 7. Schémas de la surface terrière	10
Figure 8. Courbe de hauteur d'un peuplement de Mélèzes	12
Figure 9. Schéma d'éclaircie par le haut	16
Figure 10. Schéma d'éclaircie par le bas	17
Figure 11. Schéma d'éclaircie mixte	17
Figure 12. Nomenclature des interventions	20
Figure 13. Schémas des coupes rases	24
Figure 14. Schémas des coupes progressives	27
Figure 15. Exemple de plantation de Sapin sous abri d'un taillis sous futaie pauvre du 1 ^{er} plateau de Jura	28
Figure 16. Architecture d'un arbre-objectif	30
Figure 17. Principe du détournage des arbres de place	33
Figure 18. Le compas forestier.	34
Figure 19. Le compas forestier électronique	35
Figure 20. Méthode d'utilisation du compas forestier finlandais	35
Figure 21. Le pentaprisme de Wheeler	36
Figure 22. Le relascope de Bitterlich	37
Figure 23. Principe de la croix de bucheron	39
Figure 24. Principe de dendromètre de Franck	39
Figure 25. Dendromètre Blum leiss	40
Figure 26. Situations de mesure des arbres par un Blum leiss	41
Figure 27. Volume réel (cylindre bleu) et volume d'un cylindre de base $g_{1,30}$ et hauteur h (cylindre brique)	44
Figure 28. Comptage de l'âge d'un arbre à partir des cernes	44
Figure 29. Mesure de l'âge d'un arbre par la tarière de PRESSLER	45
Figure 30. Mesure Principe de projection du houppier d'un arbre	46

Figure 31. Le Kronenspiegel	47
Figure 32. Jauge ou mesureur d'écorce	48
Figure 33. Le marteau sondeur	49
Figure 34. Accroissement radial sous et sur écorce	52
Figure 35. Accroissement moyen et courant annuel	53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Stade d'évolution d la futaie régulière en fonction du diamètre et de l'âge	6
Tableau 2. Exemple d'inventaire des tiges d'un peuplement forestier	11
Tableau 3. Modalité d'élagage	21
Tableau 4 .Avantages et inconvénients de chaque coupe	25
Tableau 5. Critères de choix des arbres objectif	31

Partie I : Sylviculture

Introduction

La sylviculture est une discipline par laquelle le « sylviculteur » agit sur la composition, le développement, la gestion et la mise en valeur d'une forêt dans le cadre d'un développement écologique durable.

La dendrométrie est une science qui s'intéresse à la mesure des arbres. C'est grâce à cette discipline que le forestier peut estimer la production forestière.

Ce polycopié de cours, conforme au programme, s'adresse aux étudiants de Master I *Ecologie végétale et Environnement*, il est structuré en deux parties à savoir la sylviculture et la dendrométrie.

Chapitre 1 : Les peuplements forestiers « Etude qualitative »

1. Définition d'un peuplement

Forêt ou partie d'une forêt soumise à un traitement bien déterminé. Le peuplement peut être composé d'une ou de plusieurs essences, peut être équienné ou d'âge multiples.

2. Composition d'un peuplement

On distingue deux types :

2.1 Peuplement pur

Ce type de peuplement est composé par des arbres de la même essence. C'est le cas par exemple des reboisement mono-espèce. Il est aussi admis qu'un peuplement est pur si une seule espèce d'arbre couvre plus de 75 % de la surface.

2.1.1 Avantages et inconvénients des peuplements purs

a. Avantages

- Production standard ;
- Traitement facile à mener.

b. Inconvénients

- Evolution régressive du sol ;
- Peuplements sensibles aux cataclysmes (incendie, chablis, insectes...);
- Peuplement clair avec un sous bois dense.

2.2 Peuplement composé (mêlé)

Le peuplement mêlé contient deux ou plusieurs essences. Nous distinguons l'essence principale fournissant le produit principal et l'essence secondaire qui produit des produits accessoires.

2.2.1 Mode de réalisation de mélange

- Mélange pied par pied ;
- Mélange par bouquet ;
- Mélange par étages (étage dominant : essence de lumière et étage : dominé essences d'ombre).

2.2.2 Avantages et inconvénients des peuplements mélangés

a. Avantages

- Humus de meilleure qualité provoqué par le mélange des essences ;
- Moins sensibles aux cataclysmes ;
- Le mélange est une dynamique naturelle qu'il convient d'accompagner ;
- Produits diversifiés.

b. Inconvénients

- Complexité de gestion et de traitement induite par les tempéraments différents essences ;
- Difficulté d'exploitation et de triage des produits.

3. Structure des peuplements (Répartition des cimes en étages superposés)

Il s'agit d'un :

3.1 Peuplement simple : un seul étage dans la partie supérieure.

3.2 Peuplement composé : Plusieurs étages de végétation à savoir.

3.2.1 Etage dominant : arbres les plus forts dont les cimes se trouvent en pleine lumière.

3.2.2 Etage dominé : arbres essayant d'accéder à la lumière ou battus par les dominants.

3.2.3 Sous-étage : arbres ou arbustes définitivement éliminés dans la course à la lumière ils engainent les troncs des arbres et favorisent l'élagage.

3.2.4 Sou bois : arbrisseaux couvrant le sol, plantes indicatrices sur les qualités physiques, chimiques, biologiques des sols.

4. Origine d'un peuplement « Notion de régime »

En sylviculture, on distingue habituellement trois régimes dont la caractéristique principale est le mode ou le système de régénération.

4.1 Futaie

Une futaie est un peuplement régénéré par semences ou par ensemencement artificiel. Il concerne les essences feuillues (chênes, hêtres,..) et résineuses (Pins).

4.2 Taillis

Un peuplement de taillis est régénéré par production de **rejets** ou **drageons**. Ce régime s'applique aux feuillues. Quelques résineux comme le Thuya de Berbérie et le Pin des Canaries rejettent des souches.

4.3 Taillis sous futaie

Le peuplement comprend :

- Au dessus : une futaie ou réserve, régénéré par semis ;
- Au dessous : un taillis rajeuni par rejets ou drageons.

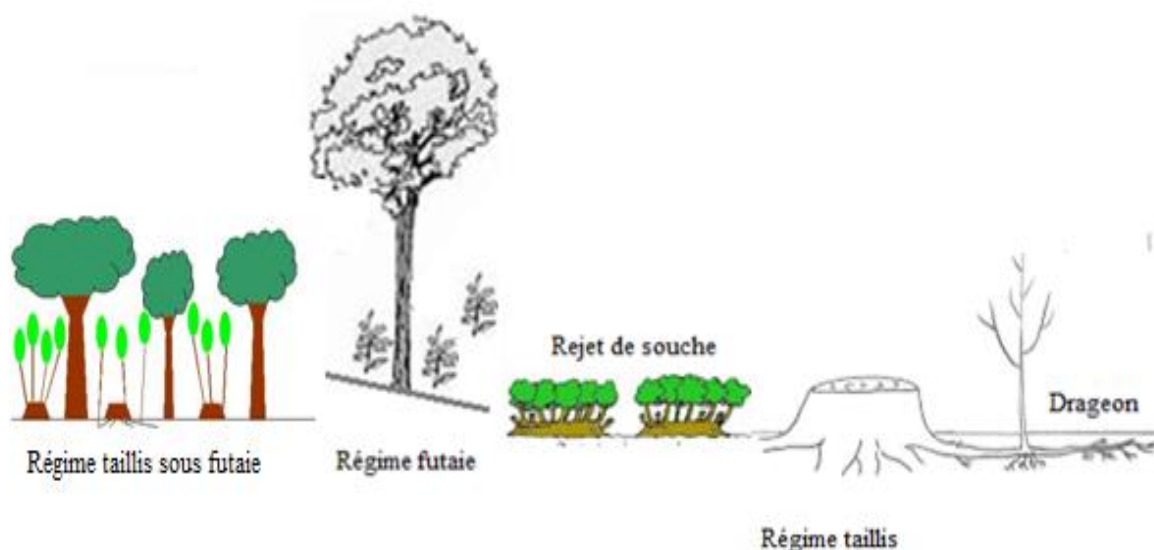


Figure 1. Les régimes distingués en sylviculture

5. Notion de couvert et de densité

5.1 Couvert d'un peuplement

Projection horizontale de l'ensemble des cimes des arbres composant le peuplement. La notion de couvert peut être exprimée en % de la surface totale (taux de recouvrement).

Le couvert est en fonction de :

- La hauteur par rapport au sol, on parle de couvert élevé (futaie) et couvert bas (taillis, perchis, fourrés...);
- Opacité (notion d'épaisseur) : couvert complet (dense ou clair), couvert incomplet (existence des vides ou clairières).

5.1.1 Rôle de couvert

a. Influence sur l'humus : les débris des végétaux se décomposent rapidement sous un couvert clair, que sous un couvert dense (la couche A0 est épaisse).

b. Influence sur le sous bois : un couvert clair permet le développement d'un sous bois abondant.

c. Influence sur la forme des arbres (futs) : sous un couvert dense les branches basses n'ont pas assez de lumière pour survivre (élagage naturel), ce qui contribue à la formation des futs allongés et cylindriques avec peu de nœuds.

5.2.2 Facteurs agissant sur le couvert

a. Feuillage : variable selon les essences (dense pour le chêne zéen et le cèdre, clair pour le pin d'Alep et le chêne liège).

b. Densité du peuplement : (nombre de tige/ha) influe sur le couvert ; la radiation lumineuse arrivant au sol est inversement proportionnelle au nombre de tige par hectare.

c. Age et état de santé de peuplement : les peuplements âgés et dépérissant ayant un couvert clair (perte des feuilles, branches sèches, rameaux plus courts).

5.2 Notion de degré de fermeture de couvert

On entend par le terme « fermeture de couvert » la façon dont les couronnes des arbres s'agencent les unes par rapport aux autres. Nous pouvons définir les degrés de fermeture suivants :

a. Comprimé : les houppiers se concurrencent latéralement, à tel point que leur développement régulier normal n'est plus garanti ;

b. normal : la plupart des houppiers ont un développement normal, avec une longueur comprise entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{2}$ de la hauteur. Il n'y a pas d'interstices entre eux ;

c. léger : il ya entre houppiers des petits interstices, mais encore une influence réciproque ;

d. lâche : entre les houppiers il n'y a plus de contact direct, mais il n'y a pas de place suffisante dans les interstices pour placer un autre arbre ;

e. aéré : il n'y a plus de fermeture à proprement parler, mais les houppiers ont une distribution régulière. Entre interstices il ya place pour d'autres arbres ;

f. clairière : il ya de véritables trouées dans le couvert, laissant place pour plusieurs arbres.

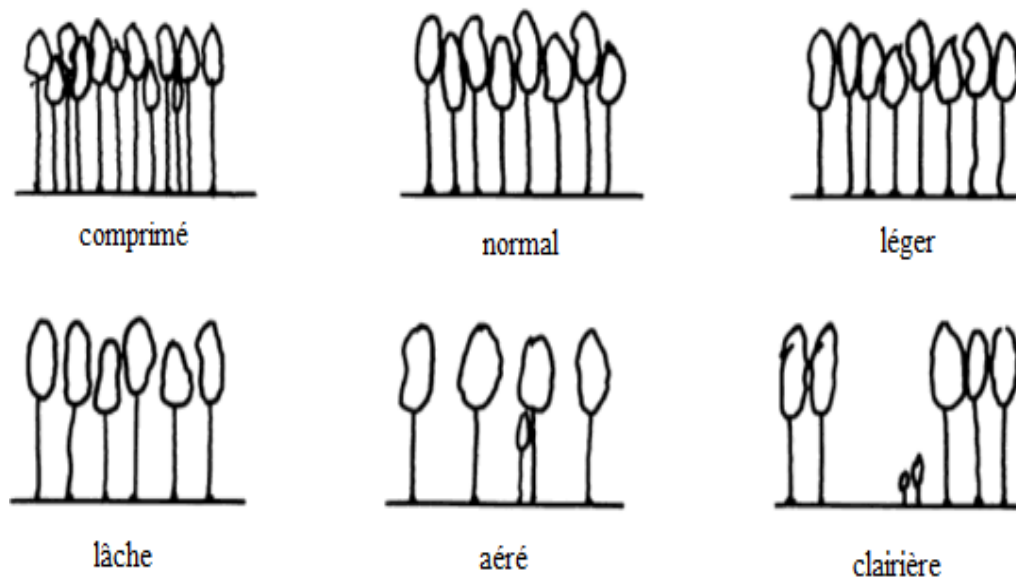


Figure 2. Les degrés de fermeture

6. Mode de traitement

Le traitement est l'ensemble des opérations ou des soins culturaux que subit un peuplement en fonction des objectifs fixés et en vue de satisfaire des besoins. On distingue :

6.1 Futaie équiennne : les arbres ont sensiblement le même âge et même dimensions ;

6.2 Futaie inéquiennne : les arbres sont d'âge différent soit de façon régulière, (forêt jardinée), soit de façon arbitraire qui varie constamment (forêt non aménagée).

7. Evolution d'un peuplement dans le temps

7.1 Cas de la futaie régulière

On distingue plusieurs stades d'évolution en fonction des dimensions moyennes atteintes par les arbres (hauteur et diamètre) avec l'âge.

a. Stade semis : jeunes sujets d'origine naturelle ou d'ensemencement artificiel dont la hauteur est inférieure à 1 m. Il s'agit des tiges non ou peu ramifiées dont l'âge est de 1 à 5 ans, mélangées à d'autres espèces ligneuses ;

b. Stade fourrée : jeune peuplement de 5 à 10 ans composé de brins de faible hauteur (1 à 2 m) et de diamètre de 2 à 3 cm à 1, 30 m ;

c. Stade gaulis : peuplement de jeunes tiges flexibles de hauteur comprise entre 2 à 6 m et de diamètre moyen de l'ordre de 6 cm à 1,30 m ;

d. Stade perchis : jeune peuplement dont les tiges (ou perches) ont un diamètre moyen de l'ordre de 10 à 30 cm, on le subdivise en bas-perchis et haut-perchis ;

e. Stade futaie : peuplement de diamètre supérieur à 30 cm arrivant à l'âge d'exploitabilité

Tableau 1. Stade d'évolution d la futaie régulière en fonction du diamètre et de l'âge.

Stades de développement	Diamètre du tronc	Hauteur total de l'arbre	Age approximatif de l'arbre
Semis	< 0,02 m	Inférieur à 1 m	1 à 5 ans
Fourré	0,02 à 0,03 m	1 à 2 m	5 à 10 ans
Gaulis	0,06 m	2 à 6 m	10 à 20 ans
Bas perchis	0,10 à 0,20 m	6 à 15 m	20 à 30 ans
Haut perchis	0,20 à 0,30 m	15 à 20 m	30 à 50 ans
Jeune futaie	0,30 à 0,45 m	20 à 25 m	50 à 100 ans
Futaie adulte	0,45 à 0,60 m	25 à 30 m	100 à 150 ans

7.2 Cas de la futaie jardinée

Ce traitement impose que le peuplement doit rester semblable à lui-même et ne varie pas dans le temps.

7.3 Cas de taillis simple

Le taillis ne concerne que les peuplements feuillus, les résineux ne rejettent pas de souche sauf exception. Dans le cas de taillis en parle d'âge de taillis et non pas stade d'évolution, car Le peuplement est régulier à chaque stade de développement.

Le taillis est coupé à un âge appelé révolution « R ». Cette révolution est variable selon l'essence, la station et les produits recherchés.

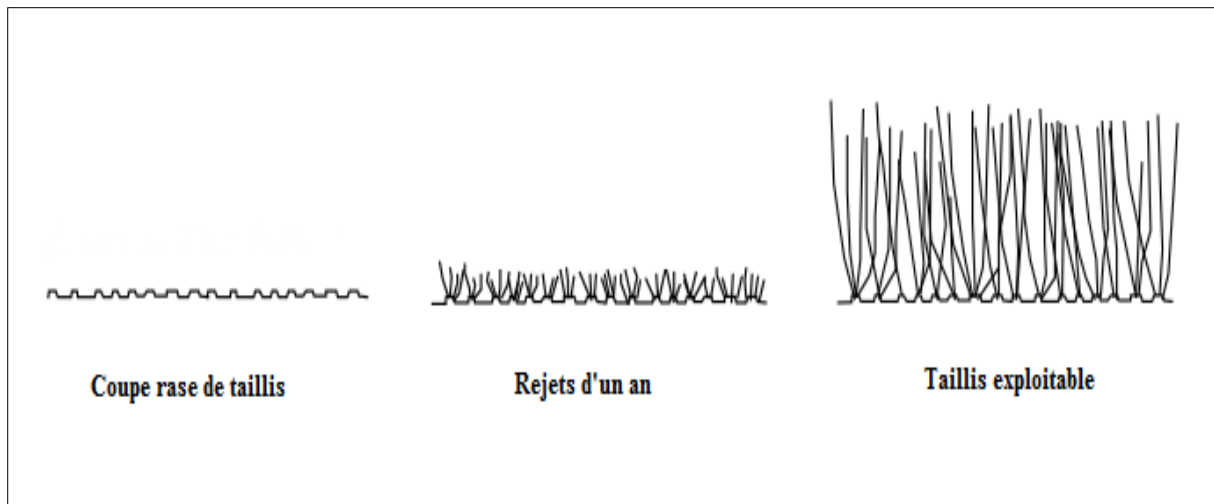


Figure 3. Evolution d'un taillis simple au cours du temps

Remarque :

Il faut faire la différence entre le taillis **simple** et le taillis **fureté**.

- **Le taillis simple**

Dans ce cas le gestionnaire pratique une coupe à blanc de tous les brins qui ont atteint les dimensions souhaitées, ce qui aboutit à la régénération totale du peuplement et la formation d'un taillis de même âge et même dimensions.

- **Le taillis fureté**

Le gestionnaire dans ce cas, récolte uniquement les brins commercialisables. Les autres sont laissés jusqu'à ce qu'ils gagnent les dimensions nécessaires. On parle dans ce type de taillis d'une gestion irrégulière des coupes, ce qui va aboutir à la formation d'un peuplement de différents dimensions et différents âges.

Chapitre 2 : Les peuplements forestiers « Etude quantitative »

1. Nombre de tiges

1.1. Courbes représentant la structure des peuplements

1.1.1. Peuplement équien (régulier)

La représentation du nombre des tiges en fonction des diamètres à 1,30 m donne une courbe gaussienne (courbe sous forme de cloche). C'est à dire que les tiges ont sensiblement le même diamètre \varnothing (Fig. 4).

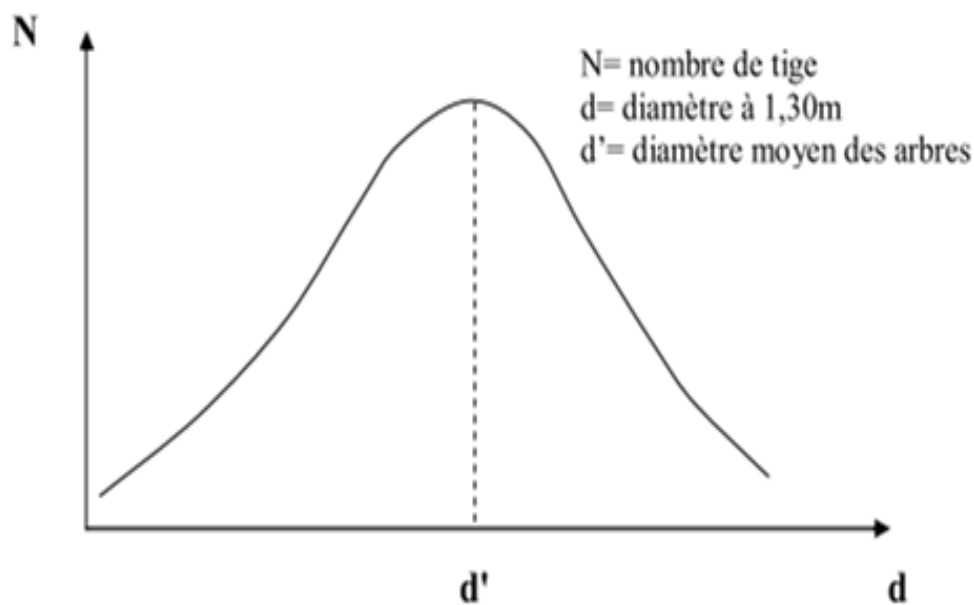


Figure 4. Répartition de la structure élémentaire régulière

1.1.2. Peuplement jardiné

C'est un peuplement composé d'arbres d'âges multiples, de toutes dimensions (semis, fourrés, gaulis, perchis, futaie). On a une diminution du nombre quand on passe d'une classe de diamètre à la suivante.

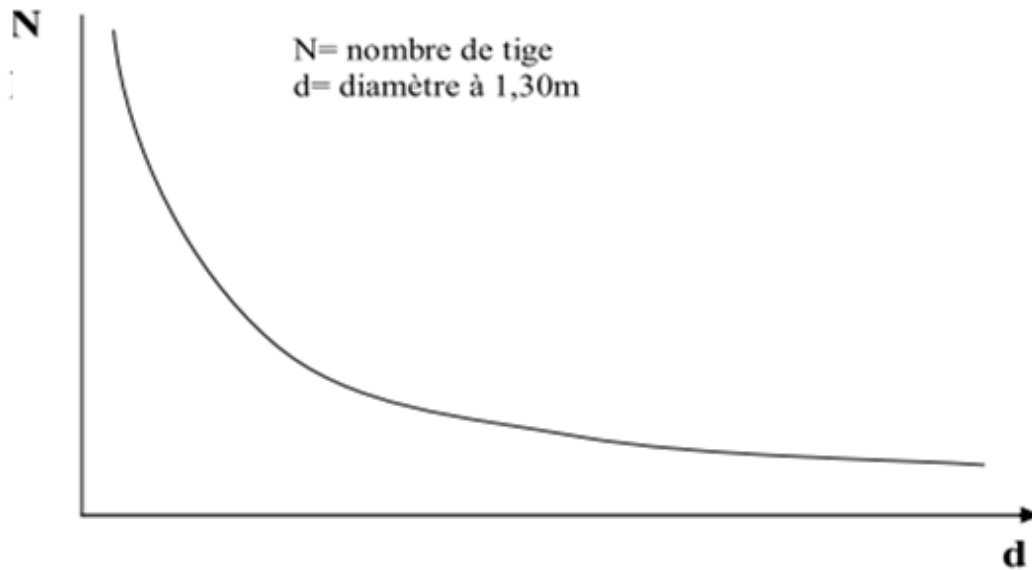


Figure 5. Représentation de la structure élémentaire jardinée

2. Evolution des peuplements réguliers

2.1. Nombre de tiges en fonction de l'âge

Le nombre de tige d'un peuplement ne reste pas constant tout au long de la vie d'un peuplement. Lorsque l'arbre s'accroît en diamètre, son houppier et système racinaire ont besoin d'un plus d'espace, donc le nombre de tige diminue avec l'âge sous l'influence de la concurrence, mais parfois à cause des aléas naturels (vents, neige, chablis délits...).

Suivant l'essence : une essence de demi-ombre supporte mieux la concurrence qu'une essence de lumière.

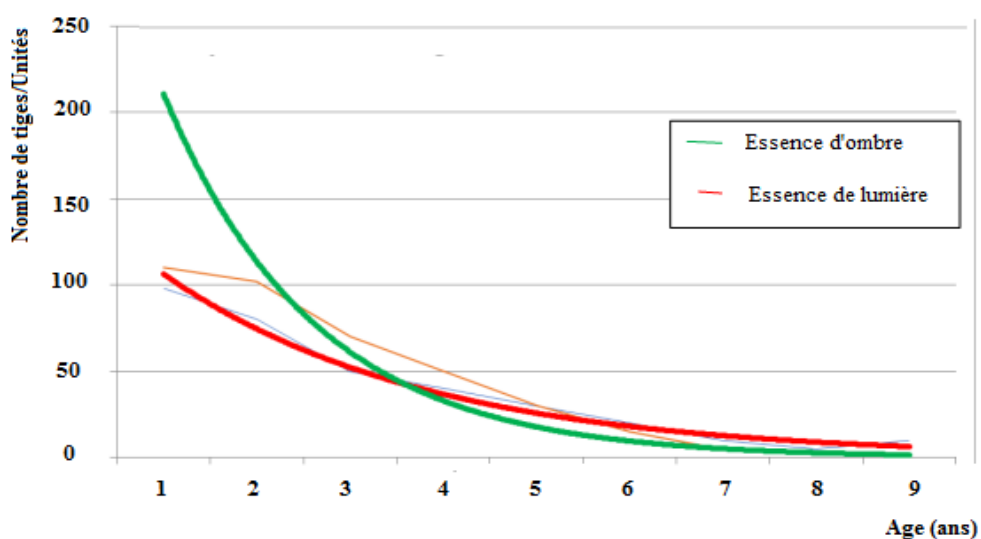


Figure 6. Evolution de nombre de tiges en fonction de l'essence

a. Evolution naturelle

Diminution de nombre de tige avec le temps en fonction de la fertilité des stations :

- Station pauvre : plus d'arbres avec houppiers moins développés
- Station fertile : moins d'arbres avec houppiers plus développés

b. Evolution guidée

Dans ce cas, on a un prélèvement instantané à chaque coupe (courbe présentant des sursauts)

2.2. Surface terrière

2.2.1 La surface terrière d'un arbre (notée **g**) est la surface de la section transversale, supposée circulaire, de cet arbre à 1,30 m du sol. Elle peut se calculer aisément à partir du diamètre **d** ou de la circonférence **c** de l'arbre :

$$g = \pi \cdot \frac{d^2}{4} = \frac{c^2}{4\pi}$$

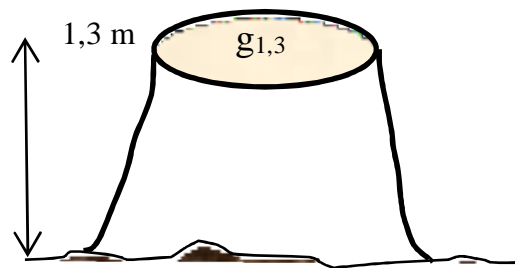


Figure 7. Schémas de la surface terrière

On peut estimer la surface terrière au moyen de divers appareils tels que le relascope de Bitterlich (le plus précis), le prisme relascope ou la jauge d'angle.

2.2.2 La surface terrière d'un peuplement (notée **G**)

La surface terrière d'un peuplement est la somme des surfaces terrières de tous les arbres constituant ce peuplement, soit :

$$G = \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^n di^2$$

La valeur moyenne de la surface terrière d'un peuplement est calculée à partir de la distribution de fréquences des nombres de bois par catégorie de grosseur. Elle définit ce que l'on appelle **l'arbre moyen** ou **la tige moyenne**.

La surface terrière d'un peuplement est obtenue par sommation des surfaces terrières g_i des N arbres à l'hectare le constituant, soit (L'unité de mesure de G est le m^2/ha) :

$$G = n_1 \times \frac{\pi}{4} \times d_1^2 + n_2 \times \frac{\pi}{4} \times d_2^2 + n_3 \times \frac{\pi}{4} \times d_3^2 + \dots + n_j \times \frac{\pi}{4} \times d_j^2$$

$$G = \sum n_i \times g_i$$

Connaissant la surface terrière d'un peuplement (G), on peut en déduire la surface terrière

moyenne et le diamètre qui lui correspond : $\bar{g} = \frac{G}{N}$ et donc $d\bar{g} = \sqrt{\frac{4\bar{g}}{\pi}}$

Exemple :

Si nous appliquons les relations ci-dessus aux données du tableau suivant : (Classes de diamètre de 5 en 5).

Tableau 2 .Exemple d'inventaire des tiges d'un peuplement forestier

Classe de diamètre d_i (cm)	Nombre de tiges n_i	Hauteurs h_i (m)
20	1	19
25	1	22
30	2	25
35	3	26
40	5	26
45	13	27
50	14	29
55	17	31
60	26	33
65	15	32
70	7	34
75	3	35
80	2	35
85	1	35
90	0	0

On obtient :

$$G = 27,9 \text{ m}^2/\text{ha}$$

$$\bar{g} = 0,2536 \text{ m}$$

$$d\bar{g} = 56,7 \text{ cm}$$

2.3 Hauteur d'un peuplement

C'est est une donnée nécessaire pour suivre l'évolution d'un peuplement forestier. La valeur de la hauteur moyenne est utilisée pour calculer le volume des arbres.

La figure ci-après indique une représentation de la hauteur des arbres en fonction des circonférences. Après l'obtention d'un nuage de points, on peut tracer une courbe moyenne de hauteur en fonction des catégories de grosseur présentes.

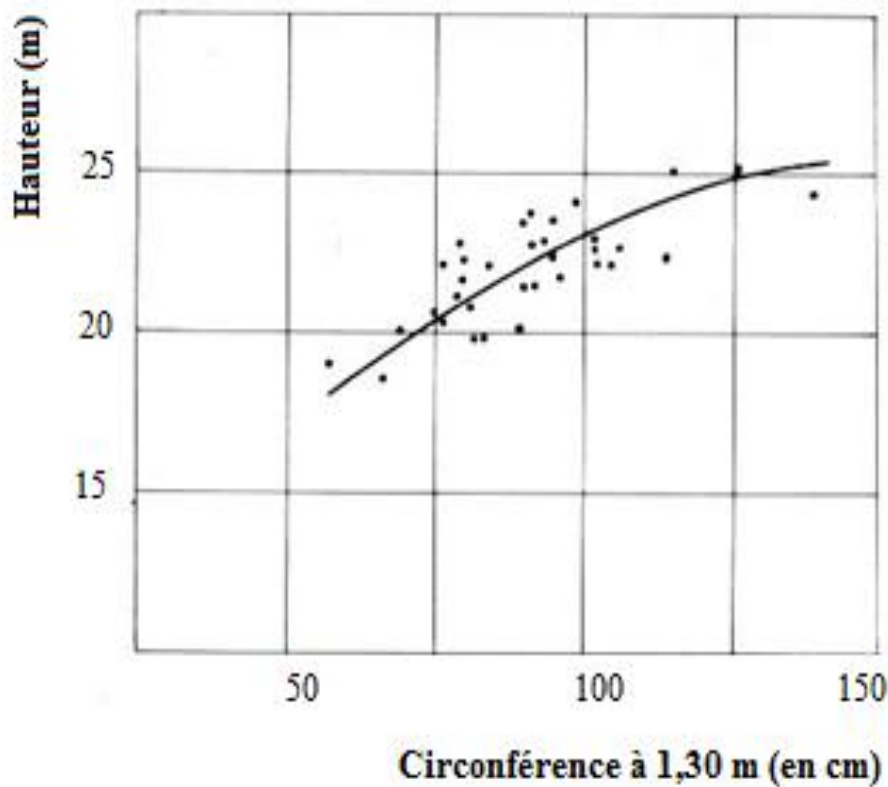


Figure 8. Courbe de hauteur d'un peuplement de Mélèzes

2.3.1 Les divers types de hauteurs moyennes dans un peuplement

2.3.1.1 Hauteur moyenne arithmétique

Théoriquement, cette expression suppose la détermination des hauteurs individuelles des arbres du peuplement.

En pratique la hauteur moyenne est la hauteur de l'arbre de diamètre moyen. Elle dépend de l'âge, l'essence et la station. On détermine les hauteurs moyennes par catégories de grosseur au moyen d'un échantillon.

Exprimée sous forme mathématique, cette hauteur s'écrit :

$$\bar{h} = \frac{n_1 \cdot h_1 + n_2 \cdot h_2 + \dots + n_j \cdot h_j}{N} = \frac{\sum n_i \cdot h_i}{N}$$

Exemple :

En appliquant la formule ci-avant aux données du tableau 1, on obtient :

$$\bar{h} = \frac{1 \cdot x19 + 1x22 + 2x25 + \dots + 2x35 + 1x35}{110} = 30,6 \text{ m}$$

2.3.1.2 Hauteur dominante

Par convention, c'est la hauteur moyenne des cent (100) plus gros arbre à l'hectare.

2.4. Volume d'un peuplement

2.4.1 Accroissement d'un peuplement

C'est le volume de bois produit par ce peuplement durant un certain temps. Il est exprimé en $m^3/an/ha$.

2.4.2 Production

Les produits principaux sont donnés par les coupes de régénération, appelées aussi coupes principales.

Les produits intermédiaires sont issus des coupes d'amélioration.

Chapitre 3 : Les opérations d'amélioration de la futaie

1. Introduction

Les peuplements forestiers naturels ou artificiels subissent une compétition élevée. A cet effet, le forestier doit intervenir par des opérations d'améliorations qui visent à :

- Examiner la composition d'un peuplement forestier ;
- Trier les arbres selon l'état sanitaire, la forme, la qualité de bois...;
- Orienter le peuplement forestier en fonction des besoins économiques.

2. Nomenclature des diverses opérations d'amélioration

2.1. Dégagements de semis (au stade de semis et fourré)

2.1.1 Définition

C'est une opération destinée à maîtriser la végétation susceptible de gêner les semis ou les plants.

Les dégagements de semis ont pour but d'éliminer les éléments nuisibles et sans valeur et d'assurer la survie et le développement normal du plus grand nombre possible de sujets bien conformés des meilleurs essences.

2.1.2 Méthodes de dégagement

On distingue :

- **Le dégagement partiel** : qui se limite à des plages de 10 à 20 m réparti en quadrillage (10 à 20% de la surface totale)
- **Le dégagement par cloisonnement** : qui consiste à ouvrir des lyons perpendiculaire de 2 à 3 m de largeur espacés de 6 à 12 m d'axe en axe par des engins de défrichage (broyeur, gyrobroyeur..). Ces lyons permettront de :
 - Réduire la surface de la parcelle sur laquelle on devra faire les travaux sylvicoles
 - Faciliter la circulation des ouvriers et par conséquent les interventions dans le peuplement
 - Organiser le travail par la fixation des tâches journalières
 - Visiter les parcelles pour surveiller les travaux

2.1.3 Période de dégagement

La période de dégagement varie en fonction de l'essence, la régénération, la hauteur et la densité. C'est une opération à exécuter hors végétation, en été et automne.

Il est nécessaire de commencer cette opération le plus rapide que possible dès l'apparition d'ensemencement (tâches de 50 cm de hauteur) et de la réputer aussi fréquemment que

possible (chaque année au début pour certaines essences : chêne liège, pin maritime, pin d'Alep).

Les outils utilisés au cours des opérations sont : serpes, croissants, débroussailleuses à moteur...

2.2. Dépressage (au stade fourré)

2.2.1 Définition

C'est opération qui consiste à réduire la densité des jeunes peuplements. Elle permet d'éliminer les arbres malades, tarés et ou mal conformés au profit des plus belles tiges.

2.2.2 Types de dépressage

On distingue deux types de dépressage:

2.2.2.1 En plein: réduit la densité sur la surface régénérée. On met les semis à distance régulière les uns des autres (20 à 40 cm). Cette distance sera de 1 à 2 m au cours des dépressages suivants.

Ce type de dépressage se fait à la serpe ou au croissant.

2.2.2.2 Dépressage par quadrillage: effectuer un quadrillage du peuplement en faisant des passages parallèles et croisés à l'aide d'un débroussailleur. Des lyons de 1 à 2 m de large, espacées en moyenne de 5 m d'axe en axe par exemple.

2.3 Nettoiement

2.3.1 Définition

A ce stade, le jeune peuplement est flexible, les hauteurs varient de 2 à 6 m et les diamètres entre 5 à 20 cm. L'élagage naturel commence à ce stade ou les cimes sont enchevêtrées.

L'opération vise à :

- Continuer à doser le peuplement ;
- Sélectionner massivement entre les tiges et enlever ceux mal formés ;
- Garder un écartement équilibré pour une bonne croissance en diamètre ;

Le nettoiement est en réalisé à courte rotation entre 4 à 8 ans, selon les essences. Le matériel utilisé peut être mécanique ou manuel.

2.3.2 Réalisation du nettoiement

Les nettoiements sont réalisés à courte rotation de 4 à 8 ans selon les essences. Le matériel employé peut être mécanique (Soit à moteur), ou manuel à l'aide d'une serpe, hache.

2.4 Les éclaircies

2.4.1 Définitions et objectifs

Une éclaircie est une intervention consistant en l'élimination de tiges au profit d'un groupe d'arbres jugés intéressants pour leur assurer de bonnes conditions de croissance, et qui attentive à l'amélioration de la qualité des bois et de la stabilité du peuplement.

Elle poursuit les objectifs suivants :

- Opération sanitaire ;
- Dosage des essences et stabilité des peuplements ;
- Economique (produits) ;
- Ecologique (équilibre l'écosystème forestier) ;
- Social (paysage et capacité d'accueil).

2.4.2 Types d'éclaircie

2.4.2.1 L'éclaircie par le haut

Il s'agit là de travailler principalement dans l'étage dominant, au profit des arbres les mieux conformés (arbres d'élites). Ce type d'éclaircie diminue la concurrence dans l'espace aérien. Il s'agit donc de desserrer progressivement les individus là où leur cimes manque d'espace.

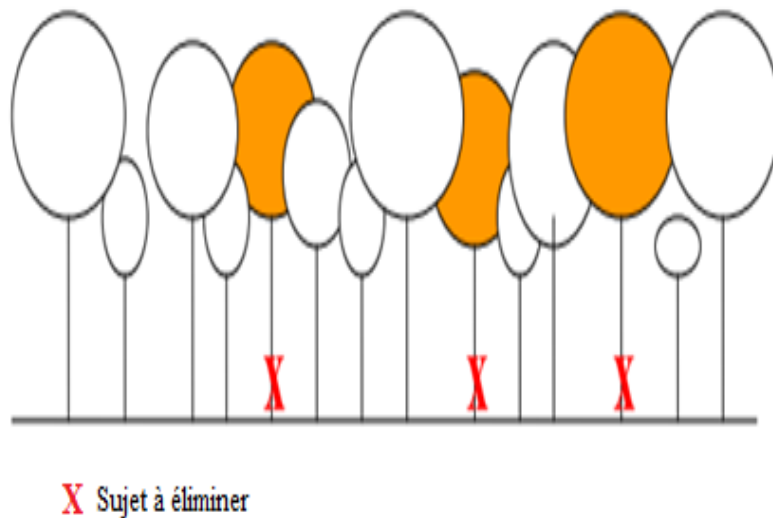


Figure 9. Schéma d'éclaircie par le haut

2.4.2.2 L'éclaircie par le bas

Elimination des arbres retardataires, dominés, en mauvais état sanitaire. Ce type d'éclaircie a pour effet de diminuer un peu la concurrence pour l'eau et les sels minéraux du sol, d'améliorer l'état sanitaire du peuplement.

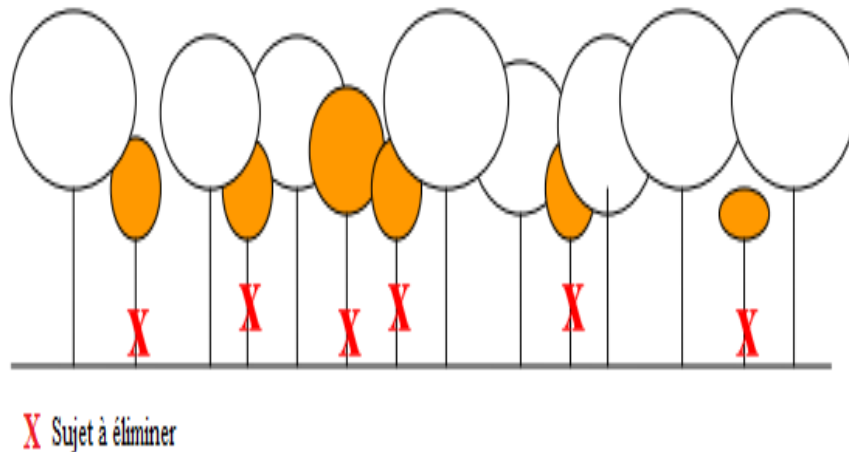


Figure 10. Schéma d'éclaircie par le bas

2.4.2.3 L'éclaircie mixte

Ce type d'éclaircie permet d'éliminer, à tous les étages de végétation, les arbres qui gênent les arbres d'avenir.

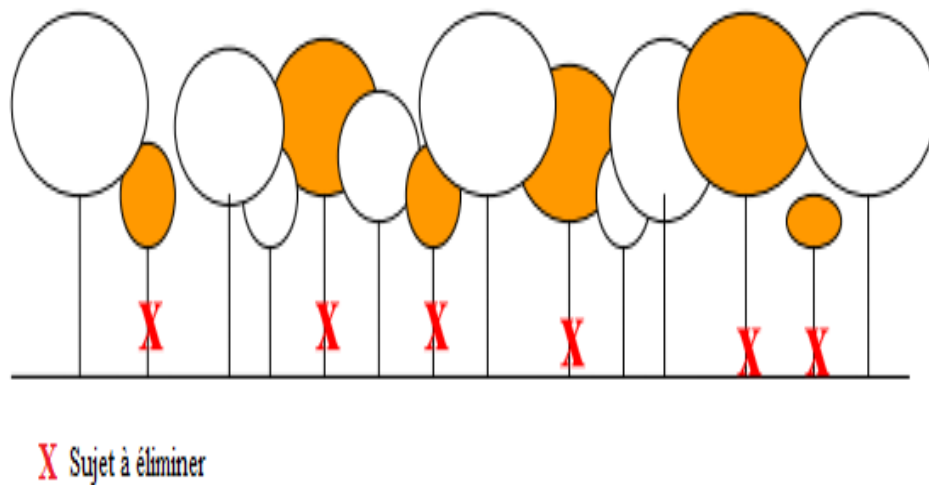


Figure 11. Schéma d'éclaircie mixte

2.4.3 Intensité des éclaircies

Trois tendances assez distinctes :

2.4.3.1 L'éclaircie-dosage : les premières éclaircies continuent la sélection globale d'une essence, pour doser la composition d'un peuplement ;

2.4.3.2. L'éclaircie-sélection : les éclaircies suivantes entreprennent la véritable sélection individuelle des tiges elles mêmes, en supprimant les sujets sans valeur encombrants, mal conformés ;

2.4.3.3. L'éclaircie-production : puis, assez tôt, les éclaircies vont commencer à travailler au profit des arbres les plus beaux (arbres d'élite). Un arbre sera enlevé, non parce qu'il est laid, mais parce qu'il gêne un autre arbre jugé meilleur que lui.

2.4.4 Age de départ des éclaircies

En principe du bas perchis à la futaie.

La première éclaircie fait suite au nettoyage. Les sujets sont au stade du bas perchis, diamètres entre 10 à 20 cm et hauteur de 6 à 10 m.

L'âge des éclaircies varie selon l'essence, la fertilité de la station (riche, pauvre) et les traitements antérieurs aux éclaircies. Généralement l'âge requis est 20 à 40 ans.

2.4.5 Périodicité ou Rotation des éclaircies

La périodicité appelée couramment rotation, est le temps qui sépare deux coupes d'éclaircies successives dans un peuplement.

La durée de la rotation est variable selon l'essence, l'âge et la station. Elle peut être fixée de différentes manières :

- Selon l'âge : on adopte le principe que r (rotation) = âge/10, cela revient à fixer la rotation à entre 5 à 15 ans ;
- Selon la rapidité de croissance du peuplement en suivant par exemple l'évolution de la hauteur dominante (H_0). On passe en coupe chaque fois que H_0 augmente de 2 m ou gagner 10% de la hauteur moyenne.

2.4.6 Résultats des éclaircies

2.4.6.1 Influence sur production

La production dépend de l'espèce, la fertilité de la station. Les éclaircies permettent d'améliorer la production forestière en matière de bois ;

2.4.6.2 Influence sur le diamètre moyen

Les éclaircies permettent de diminuer l'âge d'exploitabilité c'est-à-dire l'obtention d'un diamètre important dans un minimum de temps ;

2.4.6.3 Influence sur la hauteur

La hauteur moyenne augmente avec les travaux l'éclaircie ;

2.4.6.4 Influence sur l'état sanitaire

Les éclaircies sanitaires sont réalisées dont le but d'éliminer les arbres malades ;

2.4.6.5 Influence sur l'état sylvicole

Les éclaircies favorisent le développement des plus beaux sujets. Cette sélection permet l'amélioration du patrimoine héréditaire du peuplement.

2.5 L'élagage

L'élagage est important afin de produire un bois sans nœud et d'améliorer la forme cylindrique des fûts.

On distingue :

2.5.1 L'élagage naturel

Il est observé surtout au niveau des peuplements denses. L'élagage naturel concerne les branches de dimensions chétifs. Il est le résultat de divers facteurs comme :

- La diminution de la luminosité ;
- Le climat dans le peuplement ;
- Les agents de séparations des tissus.

L'élagage naturel se fait à travers la succession de trois phases distinctes à savoir :

○ **Mort de la branche**

Cette phase dépend de l'opacité du couvert, les rameaux de la partie inférieure du houppier acquièrent peu de luminosité au dessus d'un certain seuil, un ralentissement puis arrêt des échanges physiologiques ce qui provoque la mort des rameaux.

○ **Pourriture de la branche**

Après la mort de la branche on assiste à un:

- Assèchement et contraction des tissus mort ;
- Décollage entre tissus de protection et noyau du bois central ;
- Déchirement et ouverture des portes aux infections qui s'installent (insectes, champignons, bactéries).

Les substances constitutive du bois sont attaquées par ordre préférentielles (l'amidon, la cellulose, la lignine).

○ **Chute de la branche**

Elle s'effectue sous l'effet de l'action physique, le poids produit un effet de coupe.

2.5.2 L'élagage artificiel

2.5.2.1 Objectifs

L'élagage est la suppression des branches vivantes ou mortes sur la future bille de pied. Il est nécessaire pour palier l'insuffisance de l'élagage naturel ou de remplacer l'une de ses phases.

Il a pour but :

- Réduire le houppier et augmenter la hauteur de fût en enlevant les branches basses
- Empêcher le développement des branches maitresses, sans valeur marchande
- Améliorer la qualité du bois (bois sans nœud)

2.5.2.2 Nomenclature

Elagage– pénétration : a pour but de faciliter la circulation dans un peuplement impénétrable

Elagage de lisière : opération localisée sur les arbres de lisière pour faciliter sa perméabilité et tirer parti d'arbres très vigoureux

Taille de formation : enlèvement des grosses branches ou défourchage pour favoriser la formation d'une tige droite et de qualité

Coursonnage : raccourcissement des branches pour limiter leur croissance

Emondage : enlèvement des gourmands

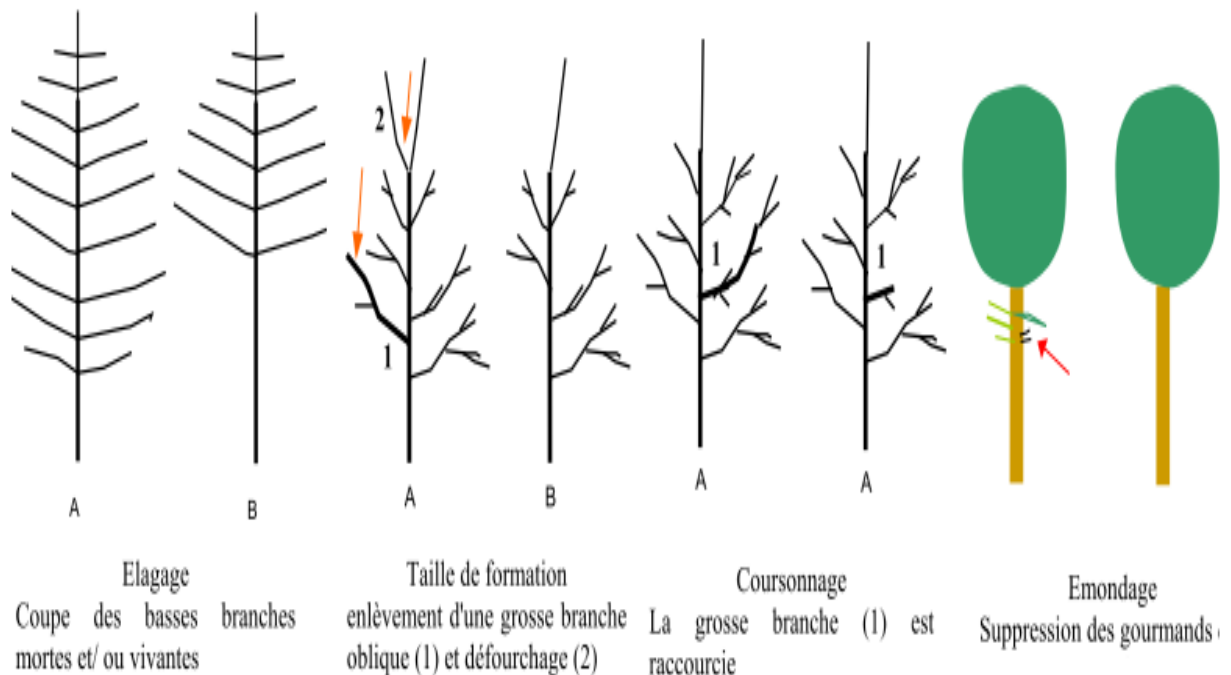


Figure 12. Nomenclature des interventions

2.5.2.3 Période d'élagage

À quelle période de l'année doit-on pratiquer l'élagage ?

À quel âge cette opération doit-elle être entreprise ?

En Europe, des dispositifs expérimentaux ont montré que les traitements ont toujours été faits en période d'arrêt de la végétation, soit en automne, soit au fin du printemps, et aucun dégât d'origine pathologique n'a jamais été observé

2.5.2.4 Age d'élagage

En ce qui concerne l'âge auquel on doit procéder aux opérations d'élagage, il n'y a pas de règle absolue puisque de nombreux facteurs, et en particulier la vigueur de croissance, sont à considérer on peut, selon les cas, donner la priorité à des considérations d'ordre physiologique ou technologique :

* **Physiologique** : on tiendra surtout compte du pourcentage de cime vivante enlevée, de façon à obtenir une amélioration souhaitée de la cylindricité, allant de pair avec la production de cerne moins larges dans la bille de pied.

* **Technologique** : l'âge auquel on doit pratiquer des opérations d'élagage est en fonction de l'essence et de la vigueur de croissance. On doit élaguer lorsque la partie de la tige à élaguer a un diamètre entre 10 à 15 cm.

Les branches à élaguer ne soient trop fort (5 cm de diamètre)

Remarque

Il faut éviter d'élaguer en temps humide ou venteux et lorsqu'il y a une forte présence de champignons primaires autour de l'arbre à traiter. Il faut aussi éviter d'élaguer durant le froid intense

2.5.2.5 Nombre d'arbre à élaguer par hectare

Il est nécessaire de limiter le nombre de tiges à élaguer sur un nombre réduit de tiges. On élaguera entre 200 à 300 tiges à l'hectare

2.5.2.6 Hauteur d'élagage

Une hauteur totale de 6 à 7 m paraît correspondre à la rentabilité la plus élevée. Cette hauteur ne saurait cependant être atteinte en une seule opération. On est ainsi amené à procéder à plusieurs élagages successifs, chacun intervenant sur 3 à 4 m.

Tableau 3. Modalité d'élagage

Hauteur de l'arbre		Hauteur à élaguer	Taux d'élagage
1 ^{er} Elagage	10 m	4 m	40 %
2 ^{ème} Elagage	14 m	7 m (4+3)	50 %

2.5.2.7 Espèces à élaguer

- Croissance rapide ;
- Bois de qualité appréciée à forte plus value.

Chapitre 4 : Les opérations de régénération et d'exploitation de la futaie régulière

Le qualificatif "**régulier**" désigne que tous les arbres du peuplement ont plus ou moins le même âge. Pour ce régime, des coupes vont être nécessaires pour diminuer la densité et donc la concurrence entre les arbres. Cela favorisera un meilleur développement des individus restants.

1. Avantages et inconvénients de la futaie régulière

a) Avantages

- Les opérations culturales sont faciles en raison de l'uniformité des peuplements
- Gestion simple ;
- Production élevée en bois d'œuvre ;
- Bois de grande qualité technologique.

b) Inconvénients

- Résilience faible contre les cataclysmes et dangers ;
- Production standard ;
- Accroissement en diamètre peu favorable.

2. Les méthodes de régénération et d'exploitation

Elles interviennent lorsque le peuplement est arrivé à maturité c'est-à-dire au moment où la majorité des arbres des essences principales a atteint le diamètre d'exploitation fixé. Ces coupes poursuivent double objectifs :

- Récolte d'arbre de grande valeur (objectif économique) ;
- Régénération du peuplement.

On distingue plusieurs modalités des coupes de régénération et d'exploitation : les coupes rases, les coupes progressives, mieux adaptées aux exigences des différentes essences et la coupe d'abri.

2.1 Les coupes rases

La totalité des arbres est coupée en une seule fois sur la totalité ou sur une partie de la surface du peuplement.

Ces coupes portent des avantages et des inconvénients :

Parmi les avantages on cite :

- Opération facile avec moins de personnels grâce à la mécanisation des interventions ;

- Les clairières artificielles produites par la coupe rase offrant un habitat de substitution à certaines espèces des milieux ouverts.

Les inconvénients s'articulent autour :

- Un coût d'investissement important ;
- Une perturbation anormale et brutale de l'écosystème forestier ;
- Compaction, appauvrissement et parfois érosion des sols, ce qui est défavorable à une bonne régénération naturelle.

2.1.1 Conditions d'application

Dans le cas des coupes rases les semences qui assurent la formation du nouveau peuplement proviennent soit des peuplements voisins, soit du peuplement même avant abatage.

a) Semences fournies par le peuplement voisin

Il s'agit des essences fournissant des graines légères et abondantes, susceptibles d'être transportées par le vent depuis le peuplement voisin sur le parterre de la coupe rase.

b) Semences fournies par le peuplement mûr avant abatage

La technique peut être appliquée aux essences produisant les graines assez lourdes et à dissémination difficile, il faut que :

- La fructification soit annuelle et abondante ;
- Les semis supportent la lumière même très jeune.

2.1.2 Nature des coupes

2.1.2.1 La coupe unique ou à blanc étoc

En plein, sans aucunes réserves si le terrain est plat et les essences supportent la pleine lumière dans le jeune âge. Elle est réalisée en général dans le but de production.

2.1.2.2 La coupe rase par bandes successives

Se réalise si le terrain est en pente légère qui demande une certaine couverture. L'exploitation se fait par bandes successives, la progression des coupes se fait à l'encontre des vents dominants. Les coupes rases se succèdent de proche en proche sur des bandes étroites de largeur 1 à 4 fois égale à la hauteur moyenne du peuplement.

2.1.2.3. Coupe rase par bandes alternées

Sur terrain à pente légère, la coupe est assise, perpendiculairement aux vents dominants afin d'assurer une dissémination des graines.

La réalisation se fait par coupe rase simultanées sur des bandes étroites, séparées par des bandes laissées intactes de largeur égale 1 à 4 fois la hauteur du peuplement mûr.

La régénération s'installe dans les bandes rases, mais aussi à la faveur du fort éclairage latéral sous les bandes intactes.

2.1.2.4. Coupe rase par trouée

En montagne dans un but de protection. L'exploitation est faite en coupe rase non plus par bandes étroites, mais des trouées circulaire de diamètre égale 1 à 4 fois la hauteur du peuplement mûr.

On agrandit progressivement les trouées en exploitant le peuplement jusqu'à ce que les circonférences se rejoignent.

2.1.2.5 Coupe rase avec réserve porte graines

Lorsque on juge plus sûr de conserver quelques semenciers sur la coupe (espèces à graines légères), on choisit quelques dizaines de sujets vigoureux, à houppiers bien développés, repartis convenablement sur le terrain de manière à pouvoir compléter les endroits vides des semis, ils ne doivent pas être trop nombreux pour éviter la concurrence vis à vis des jeunes plantes.

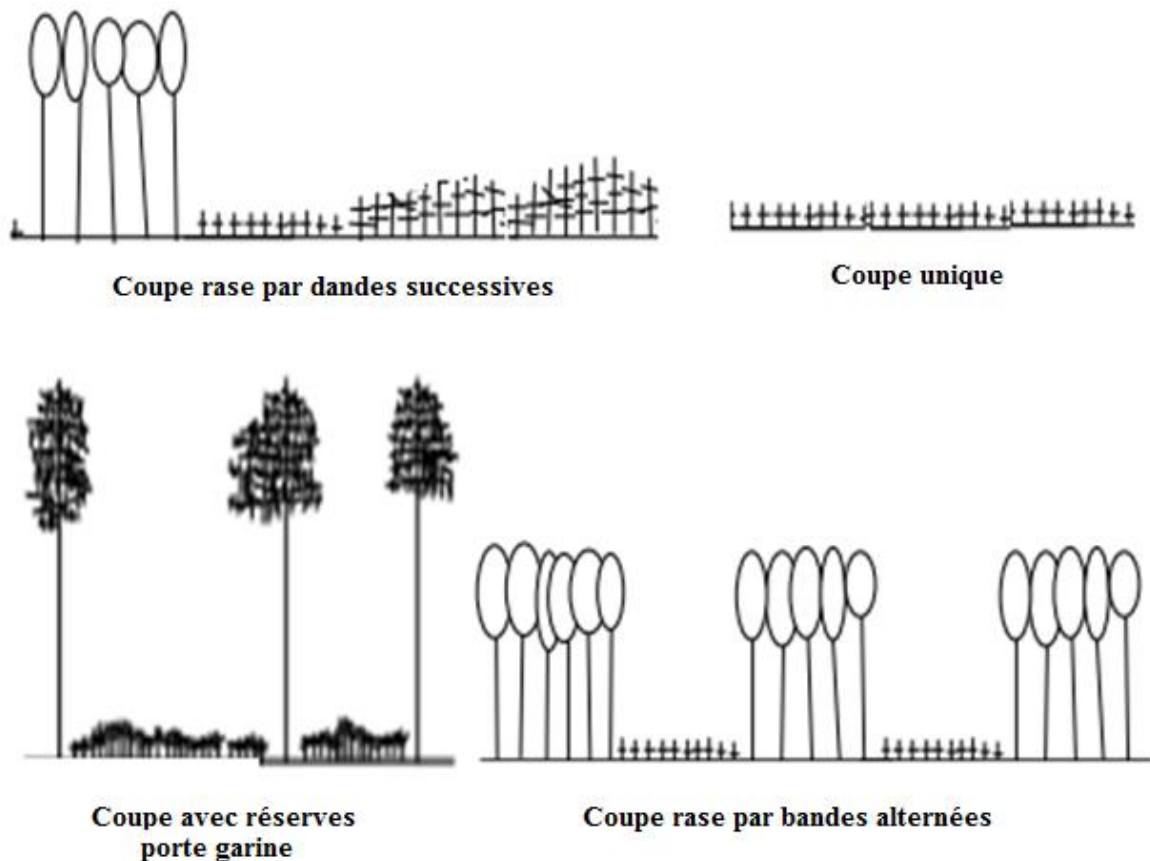


Figure 13. Schémas des coupes rases

2.1.3 Les travaux annexes

Malgré la bonne conduite des coupes il est nécessaire d'accompagner la régénération par des travaux qui consistent à :

a) Travaux du sol :

- Destruction du sous bois et de la couverture herbacée avant que le terrain soit ensemencé ;
- Ameubli la surface du sol (charrue à disque, cultivateur) ;
- Brassage des horizons superficiels du sol (cover-crop) ;
- Ameublissement du sol en profondeur (charrue à disque).

b) Travaux au profit de la régénération

- Dégagement des semis par l'enlèvement des végétaux adventices ;
- Interdiction du pacage ;
- Mise en défens ;
- Apport des graines prises sur des peuplements de bonne qualité.

2.1.4 Comparaison entre les divers procédés de coupes rases

Tableau 4. Avantages et inconvénients de chaque coupe

Exploitation par coupe unique	Exploitation par bandes successives et bandes alternés
<ul style="list-style-type: none"> - Elle permet de récolter un volume important du bois et aussi d'organiser un chantier d'exploitation important. - Après cette coupe les semis n'ont plus de protection. - Cette coupe favorise l'érosion hydrique et éolienne en plaine comme en montagne. - Le déficit d'eau est très important à cause de l'évaporation et la transpiration et l'insolation. - Cette coupe permet d'obtenir un peuplement régulier (Equien). 	<ul style="list-style-type: none"> - Elles nécessitent d'organiser un petit chantier répartis sur plusieurs années. - Ces coupes permettent une protection de semis jusqu'à ce que le peuplement soit entièrement récolté. - Cette forme d'exploitation réduit le problème d'érosion. - Le problème de déficit d'eau est réduit par ces coupes. - Après l'exploitation, on obtient une série de peuplement régulier mais d'âges gradués.

2.2 Les coupes progressives

Sont réalisées quand on veut régénérer naturellement les essences présentes dans l'étage dominant. Ces essences doivent avoir une protection dans le jeune âge pour pouvoir se régénérer.

Ce procédé vise à favoriser l'installation d'une nouvelle cohorte de régénération naturelle d'essences désirées sous un couvert protecteur d'arbres semenciers avant la coupe finale.

2.2.1 Coupe d'ensemencement

Elle a pour but la production de semence et le développement des semis sous le peuplement mûr.

La coupe porte des actions sur différents étages :

* Action sur l'étage dominant :

Laisser sur pied le nombre de semenciers nécessaire et suffisant pour produire des semences couvrant la totalité du terrain à travers :

- L'élimination des essences inutiles, tout en conservant un certain mélange si celui-ci est nécessaire ;
- L'élimination parmi les arbres de l'essence précieuse des sujets trop vieux, dépérissants et mal conformés et portant de nombreuses fourches ;
- Maintenir sur pied les meilleurs semenciers.

* Action sur le sous l'étage et le sous bois:

Le couvert bas constitue un handicap pour le développement des semis, il est indispensable de le supprimer.

* Action sur la couverture du sol :

La destruction de la végétation herbacée qui inhibe l'établissement des semis s'avère essentiel. Cette action s'effectue par :

- Crochetage manuel par pioche ou à la houe si le sol n'est pas trop dur ;
- Crochetage mécanique par cover-crop dans le cas contraire.

2.2.2 Coupe secondaire

Quelques années après la coupe d'ensemencement, intervient la coupe secondaire, Elle se réalise une ou plusieurs fois au fur et à mesure du développement des semis.

La première coupe secondaire peut intervenir de 2 à 6 ans après la coupe d'ensemencement, elle a lieu dès que les semis sont lignifiés et peuvent supporter l'éclaircissement.

La coupe secondaire porte sur :

- La récolte des arbres semenciers montrant des signes de dépérissement, endommagés ou morts lors de la coupe d'ensemencement ;
- La poursuite de l'installation de la régénération ;
- Le maintien sur pied d'un nombre suffisant de tiges pour assurer la protection des semis ;
- Le maintien sur pied des semenciers, là où le terrain est vide de semis.

2.2.3 Coupe définitive

Lorsque le sol est convenablement couvert des semis pouvant supporter sans crainte le plein découvert, on récolte les derniers semenciers mûr non exploités.

Des précautions sont à prendre en considération :

- Planter les zones non régénérées ;
- Effectuer un dégagement intense des semis.

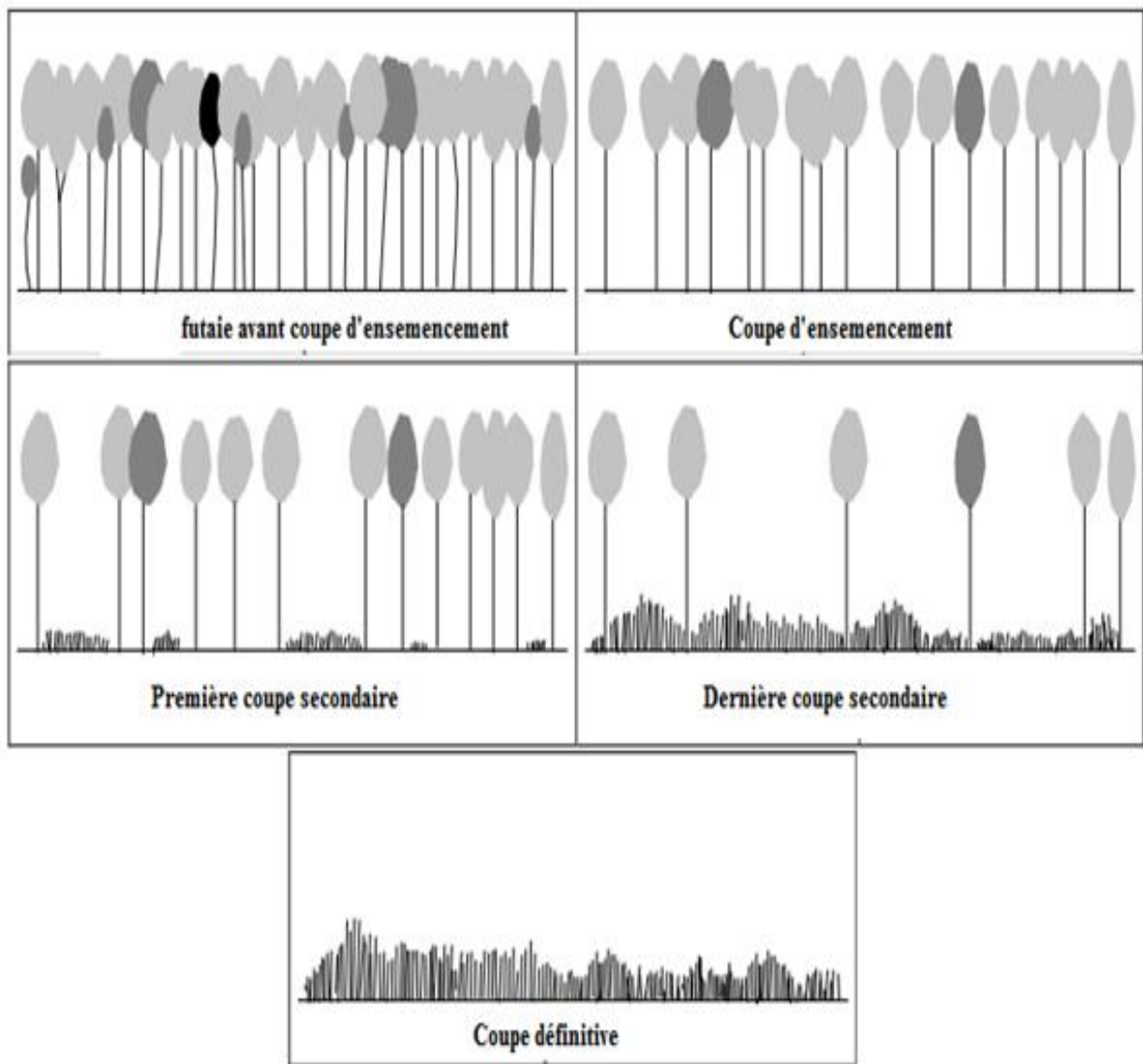
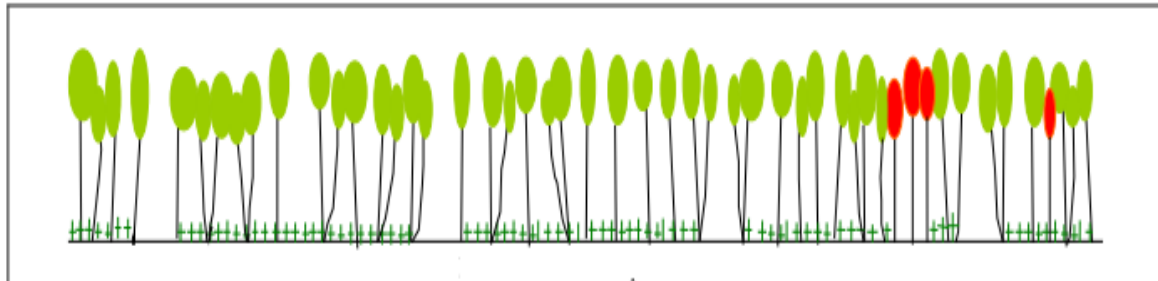


Figure 14 .Schémas des coupes progressives

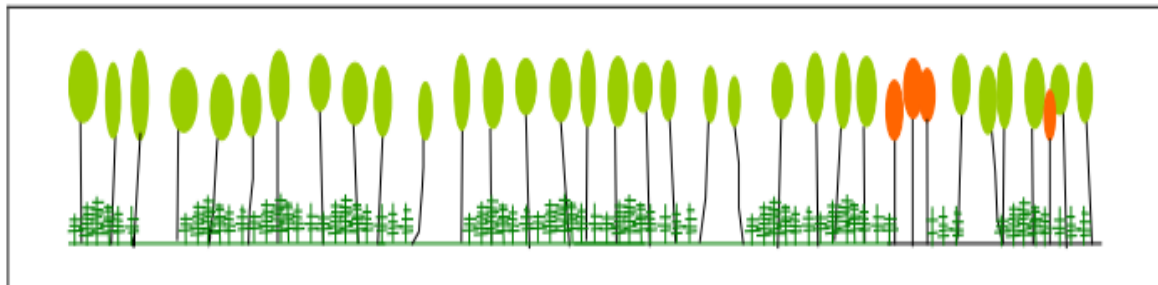
2.3 La coupe d'abri

Réalisée quand on veut avoir une régénération artificielle d'essences ne supportant pas la lumière sous le couvert de la futaie qui les abritent.

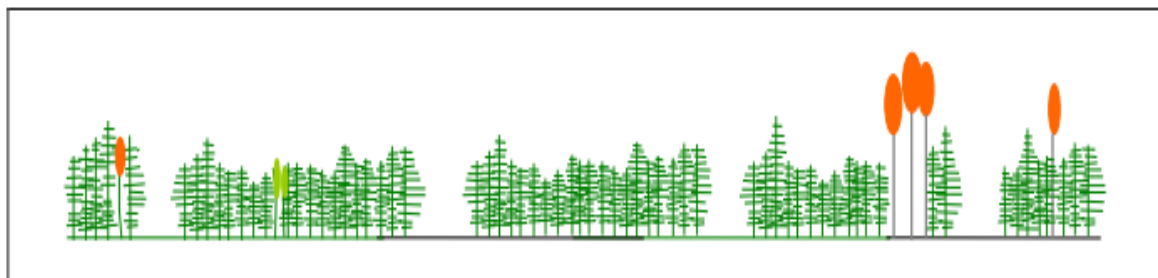
Son principe repose sur l'introduction de plants d'essences d'ombre sous un abri ligneux. Cette technique mise au point par Lachaussée pour le Sapin dans le Jura dans les années 1930 à donner de remarquables résultats dans la transformation du taillis sous futaie pauvre.



Eclaircie du taillis et plantation



Eclaircie progressive de l'abri



La coupe définitive avec conservation des feuillus d'avenir

Figure 15. Exemple de plantation de Sapin sous abri d'un taillis sous futaie pauvre du 1^{er} plateau de Jura

Chapitre 5 : La pré-désignation

1. Définition et concept

C'est le choix, au sein d'un peuplement, d'un nombre déterminé de tiges, régulièrement espacées et présentant des caractéristiques satisfaisantes de forme et de qualité, de marquer ces tiges de façon durable (par exemple ceinture de peinture à 1,5 m du sol) et, si possible, de les mesurer afin d'établir leur diagramme de répartition par catégories de diamètre pour déterminer éventuellement et ultérieurement, leur accroissement.

2. Choix du peuplement

L'opération de pré-désignation ne doit pas être réalisée que dans des peuplements capables de donner des bois de choix. Il est inutile de l'exécuter dans des peuplements qui risquent d'être victimes d'agressions météoriques (chablis) ou d'être l'objet d'attaques pathologiques.

3. Détermination de la densité des arbres de place

Les arbres de place doivent être à une équidistance qui permet leur développement optimal en volume et en qualité. Cette équidistance est en fonction de la station, de l'essence et de l'âge d'exploitation adopté.

Ce nombre n'est pas désigné arbitrairement par l'aménagiste ou par le gestionnaire. Il doit être déterminé en visitant des peuplements plus âgés que celui à traiter (dans la même forêt ou dans des forêts analogues) et en examinant la forme et l'ampleur des cimes d'arbres situés à diverses équidistances.

4. Sylviculture d'arbres-objectif

4.1 Principe

Il s'agit de sélectionner précocement un nombre limité d'arbres parmi les meilleurs sujets d'un peuplement et de mener une sylviculture à leur profit jusqu'à leur terme d'exploitabilité.

Les axes de la sylviculture d'arbres-objectifs reposent sur les principes de base suivants :

- ✓ L'objectif de production définit une architecture d'arbre "idéale"; en privilégiant une bille de pied plutôt courte, de 5 à 10 mètres, et un houppier pleinement développé ;
- ✓ Les opérations d'éclaircies assurent à l'arbre objectif sélectionné les conditions d'un développement rapide du houppier pour obtenir une croissance optimale du fût.

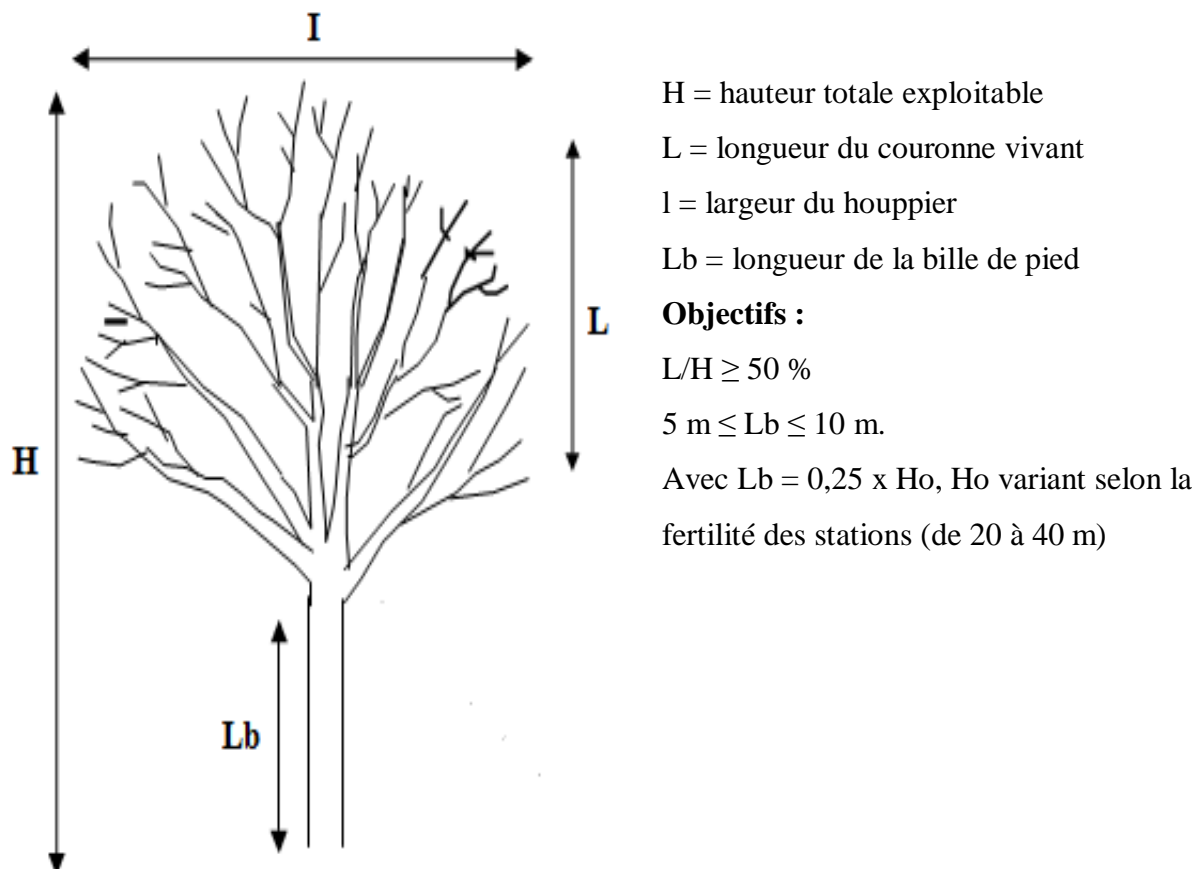


Figure 16. Architecture d'un arbre-objectif

4.2 Origine

Le concept de la sylviculture d'arbres-objectifs est développé durant la première moitié du 20^{ème} siècle par plusieurs chercheurs, en Allemagne, en France, et au Danemark. Les bases d'une sylviculture novatrice ont été définies à cette époque. Ces bases se sont enrichies progressivement des réflexions et de l'expérience de divers gestionnaires.

Avec le développement des élagages des résineux d'abord, puis des feuillus, cette sylviculture d'arbres a trouvé un terrain de prédilection et a pris un certain développement dans la dynamisation de la sylviculture.

4.3 Choix des arbres objectifs

Arbre de belle qualité **phénotypique**, **vigoureux** et **dominant** sur lequel est concentré la production de qualité et devant être maintenu jusqu'au terme d'exploitabilité.

Autres appellations : arbre d'avenir, arbre de place.

L'arbre d'élite est un arbre de qualité et de vigueur exceptionnelle, forcément en nombre très limité dans un peuplement. Compte tenu de leur très grande valeur ces arbres d'élites constituent le potentiel de base de la population des arbres-objectifs.

Le concept d'arbre-objectif n'est pas lié nécessairement à la futaie régulière. L'évolution des pratiques sylvicoles avec le balivage ou la sélection de perches intéressantes dans les peuplements irréguliers, amènent à une vision plus large de la notion.

Tableau 5. Critères de choix des arbres objectif

Priorité	Critères de désignation	
1	arbres sains	<ul style="list-style-type: none"> • absence de maladie • absence de blessure ouverte
2	vigueur des arbres	<ul style="list-style-type: none"> • arbre dominant ou co-dominant • houppier circulaire bien développé en hauteur • fort diamètre
	qualité apparente	<ul style="list-style-type: none"> • absence de défaut du tronc (fibre torse, gélivure...) • branches fines à insertion horizontale • houppier symétrique et long • absence de fourche en dessous de 6-8 m
3	pour les feuillus : obtention d'un peuplement mélangé	<ul style="list-style-type: none"> • la désignation ne doit pas concerner que l'essence principale. Un recrutement, en vue du peuplement final, de quelques essences précieuses et compagnes est à rechercher
4	régularité spatiale	<ul style="list-style-type: none"> • distribution aussi régulière que possible (10 à 12 m parfois 20 m) • ne pas sélectionner les arbres de bordure (risque de blessures et de déséquilibre du houppier)

4.4 Age de pré-désignation

L'idéal est de pratiquer l'opération dans des peuplements jeunes, mais où la forme forestière des tiges s'est déjà dessinée (où, en particulier, l'élagage naturel est déjà bien amorcé, tout au moins dans sa première phase, qui est la mort des branches basses).

Ceci dépend de la station, de l'essence, de la densité du peuplement initial, etc... L'âge des peuplements susceptibles d'être choisis varie en gros de 20 ans à 40 ans.

Trop jeunes, les tiges du peuplement n'ont pas encore acquis leur forme forestière, et il est difficile de choisir les arbres de place parmi « la foule des candidats ».

Trop âgées, les tiges ont déjà pris une « option sur l'avenir » : les fourchus, les branchus, les ambitieux, ont définitivement pris le dessus sur leurs voisins. Ce n'est plus une pré, mais une post-désignation.

4.5 Conduite des peuplements après pré-désignation

Après pré-désignation, il est primordial de penser à cultiver les arbres de places désignés.

Le détourage est une éclaircie localisée autour d'un arbre d'avenir. Il permet de doser avec précision le niveau de concurrence que subit ce dernier. Le plus souvent, cette éclaircie est forte et par le haut, destinée à le libérer totalement de la concurrence directe des houppiers de ses voisins mais, à l'inverse, elle peut aussi être très prudente dans le cas de la sylviculture « de rattrapage » des peuplements en retard d'éclaircie.

4.5.1 Rayon de détourage

Pour calculer le rayon de détourage il est convient de multiplier la circonférence de l'arbre par une valeur constante qui correspondent à l'intensité désirée :

- Intensité faible : 4 ;
- Intensité moyenne : 6 ;
- Intensité fort : 10 ;
- Intensité très fort = 12.

Exemple :

$C_{1.30\text{ m}} = 50\text{ cm}$

Intensité = 8

Rayon de détourage = $50 \times 8 = 4\text{ m}$.

4.5.2 Avantages de la méthode

- ✓ L'intervention est concentrée uniquement sur les arbres de place (tiges de valeur).
- ✓ Les tiges dégagées peuvent profiter pleinement de l'espace pour déployer leur couronne
- ✓ L'élimination des concurrents permet d'éviter la mortalité des branches basses de la couronne, or leur disparition est souvent synonyme d'entrée de pathogènes, sources de dépréciation de la qualité du bois.

4.5.3 Outillage

- ✓ Tronçonneuse et carburant ;
- ✓ Equipement personnel de sécurité.

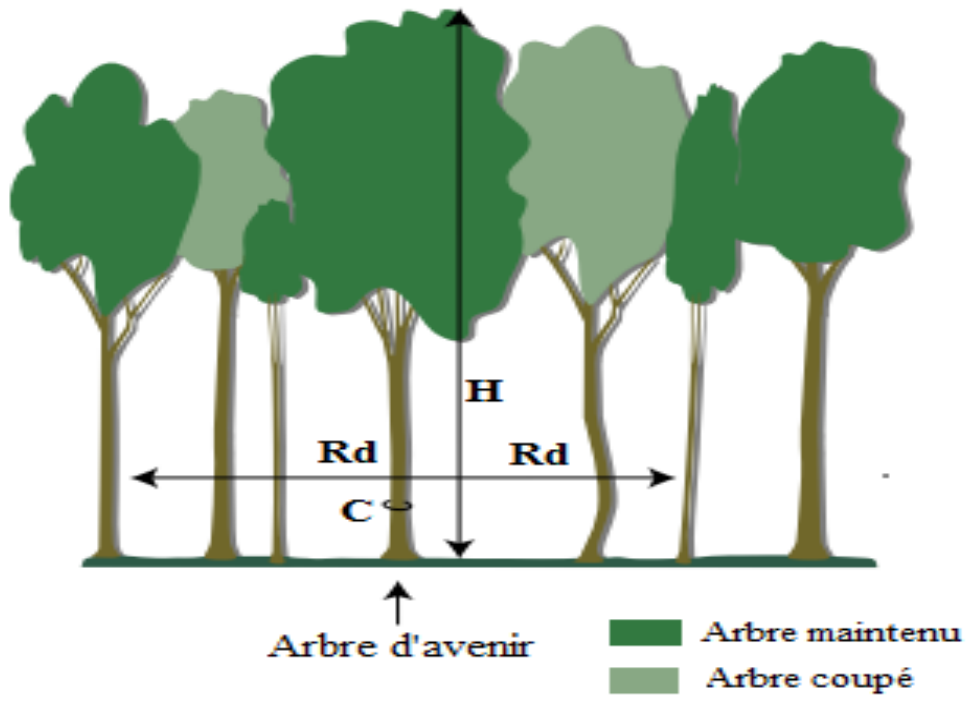


Figure 17. Principe du détournement des arbres de place

Partie II : Dendrométrie

Chapitre 1 : Mesure des arbres

Le mot dendrométrie vient de : *Dendro* = Arbre ; *Métrie* : mesure.

La dendrométrie est une spécialité des sciences forestières, elle est consacrée aux mesures des arbres.

Les principaux objectifs souhaités par cette discipline s'articulent autour de l'estimation de la grosseur, la hauteur, la forme et le volume des arbres.

1.1 Mesure de la grosseur

La grosseur d'un arbre, un paramètre dendrométrique le plus habituellement utilisé, il peut être exprimé par trois grandeurs le diamètre, la circonférence et la surface terrière.

1.1.1 Mesure du diamètre

Est la grosseur la plus universelle d'une section d'arbre. Le diamètre d'un arbre est mesuré sur écorce à hauteur d'homme (1.30 m du sol).

1.1.1.1 Appareils de mesure

Le diamètre des arbres abattus ou sur pied est estimé par:

1. *Le compas forestier*

Permet de mesurer des diamètres à hauteur d'homme des arbres abattus et sur pied. Il est composé de deux bras parallèles l'un fixe et l'autre coulissant et une règle graduée.

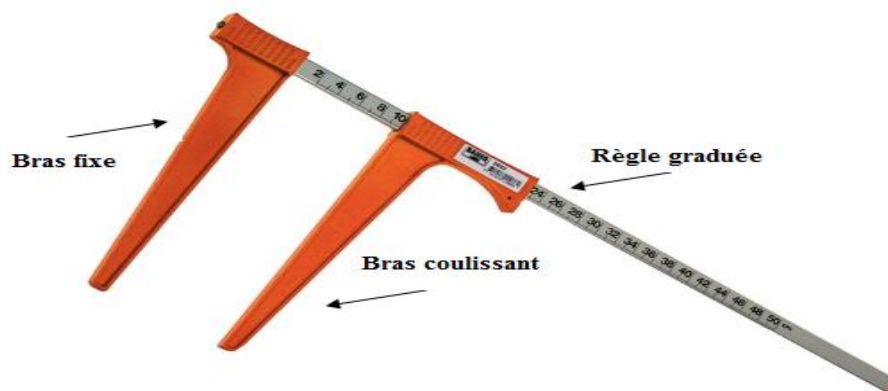


Figure 18. Le compas forestier

Pour mesurer, le compas est porté perpendiculairement à l'axe de l'arbre, le bras fixe et la règle joint au tronc, ensuite le bras coulissant est glissé contre le tronc. La mesure se fait généralement au centimètre.

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,...).

A noter, qu'il existe actuellement des compas dotés d'un système d'enregistrement électronique, ils sont appelés compas forestiers électroniques.



Figure 19. Le compas forestier électronique

2. Le compas finlandais

Mesure le diamètre à différents niveaux de hauteur des arbres sur pied. Ce compas comporte deux bras fixes, l'un droit, l'autre parabolique et présente des graduations centimétriques bicolores.

Grâce à ce compas, on peut effectuer des mesures de diamètre plus de 8 m du sol, d'où la nécessité d'employer des jumelles afin d'effectuer la lecture.

On tient l'appareil de façon perpendiculaire 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.

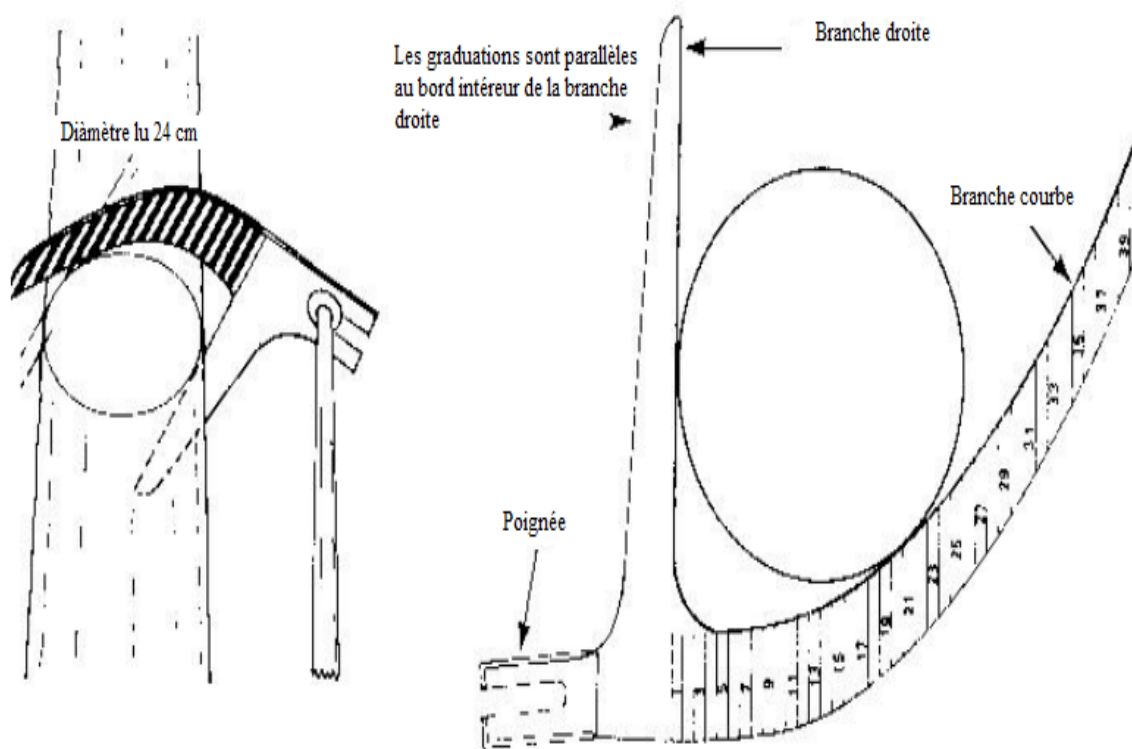


Figure 20. Méthode d'utilisation du compas forestier finlandais

3. Le pentaprisme

Mesure le diamètre à différents niveaux de hauteur des arbres sur pied. C'est un outil à prismes optiques qui sont disposés de façon que l'image du côté droit du tronc fournie par le prisme mobile puisse coïncider avec l'image du côté gauche de ce tronc fournie par le prisme fixe. La lecture s'effectue sur une règle graduée, en regard d'un curseur solidaire du déplacement du prisme mobile.

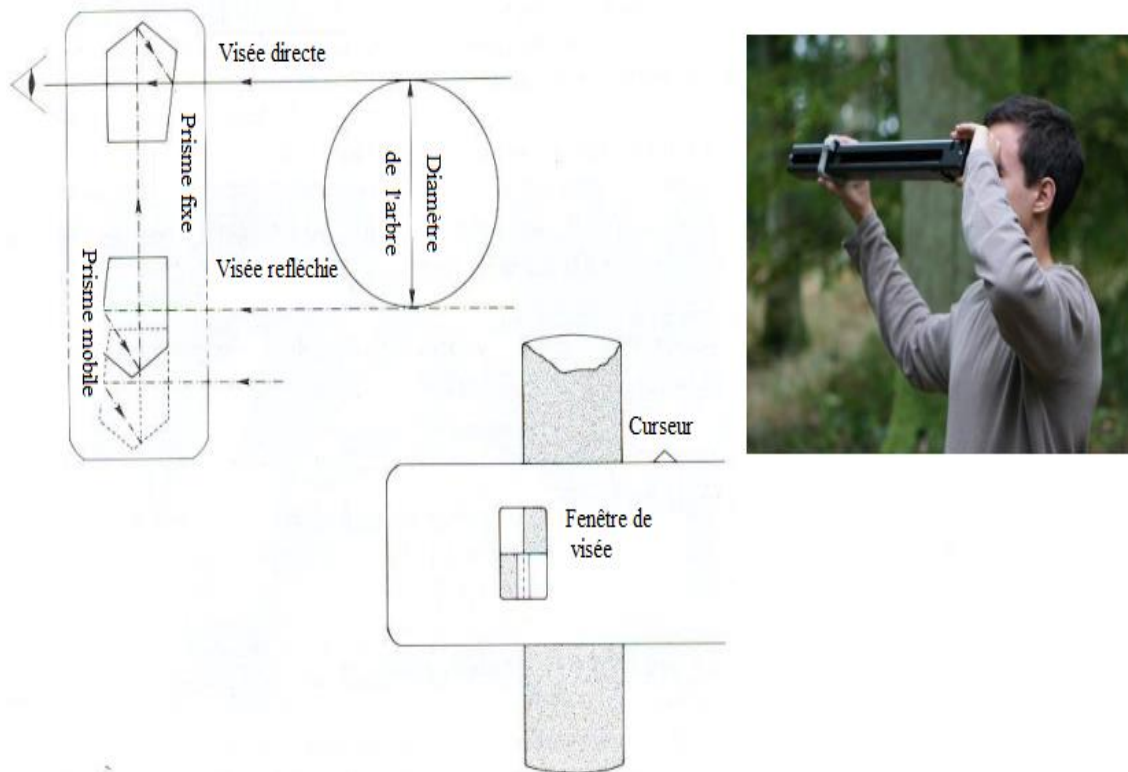


Figure 21. Le pentaprisme de Wheeler

4. Le relascope de Bitterlich

Un appareil très pratique pour mesurer le diamètre des arbres forestiers. C'est un boîtier métallique composé de deux fenêtres circulaires, un œilleton de visée, visière métallique, un bouton pressoir.

Grâce à l'œilleton de visée, on voit un champ circulaire divisé en 2 portions semblables. Le demi-cercle inférieur est parcouru avec des bandes blanches destinées à réaliser des mesures relatives aux arbres.

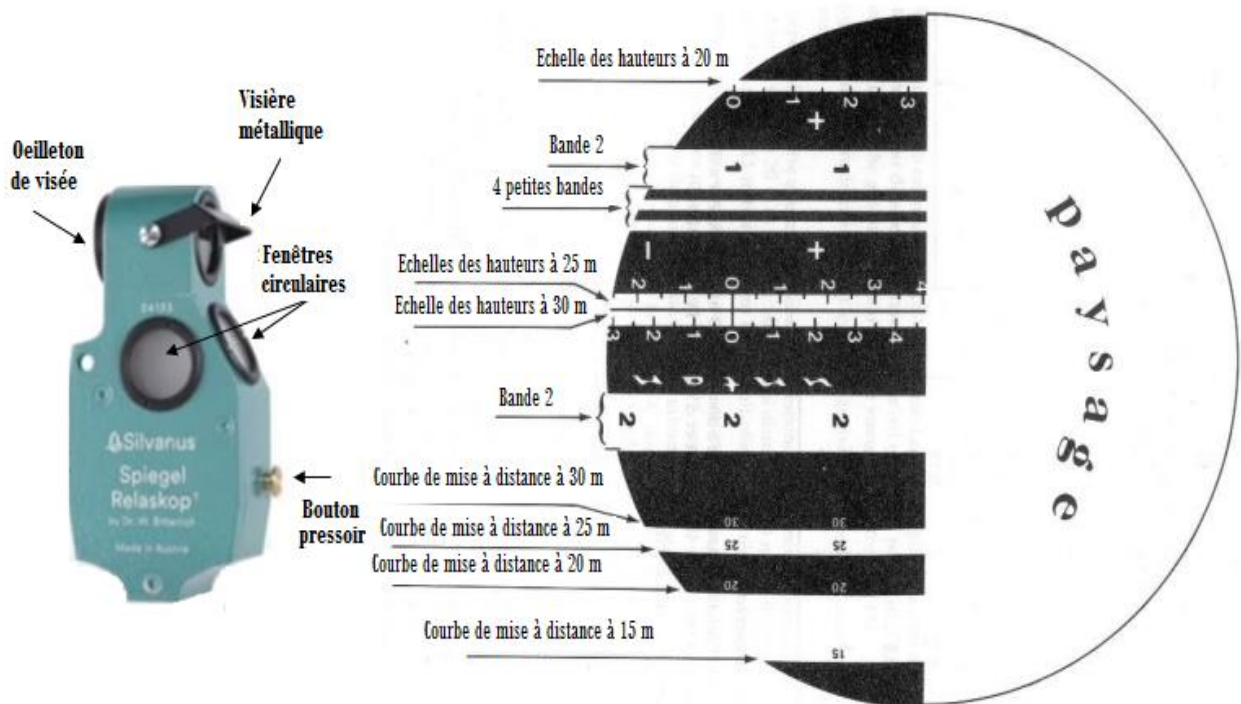


Figure 22. Le relascope de Bitterlich

1.1.1.2 Les erreurs de mesure

Elles sont soit des erreurs instrumentales ou bien des erreurs de mesure.

En pratique, le compas forestier est le plus utilisé pour mesurer le diamètre des arbres forestiers

Les erreurs dues à l'utilisation du compas sont causées par :

- la déclivité du compas;
- l'orientation incorrect du compas par rapport à la hauteur de mesure ;
- la modification de la pression des bras du compas sur l'arbre.

1.1.2 Mesure de la circonférence

La circonférence est équivalente au périmètre de la section pour autant que celle-ci soit courbée.

1.1.2.1 Appareils de mesure

La circonférence est mesurée par un ruban mètre à 1.30 m du sol. Il doit être flexible et tenu sans excédent autour de l'arbre.

1.1.2.2 Les erreurs de mesure

a) *Erreurs instrumentales* : Ces erreurs sont relatives d'une part à la qualité même du ruban, et d'autres part à son indépendance vis-à-vis les variations des conditions climatiques.

b) Erreurs de mesure : Ces erreurs sont liées à la manipulation du ruban :

- erreur d'inclinaison ;
- niveau de mesure incorrect ;
- contraction exercée sur le ruban

1.1.3 Estimation de la surface terrière

C'est pratiquement la surface de la section transversale d'un arbre à 1,3 m du sol.

La surface terrière d'un arbre est notée (**g**), elle est calculée à partir du diamètre **d** ou de la

circonférence **c** de l'arbre :
$$\mathbf{g} = \pi \cdot \frac{d^2}{4} = \frac{c^2}{4\pi}$$

1.2 Mesure de la hauteur

Le terme hauteur est réservé aux arbres sur pied, alors que le terme longueur concerne les arbres abattus.

1.2.1 Types des hauteurs

Il est important de différencier entre les types de hauteur :

- **La hauteur totale** : désigne la distance qui sépare le niveau du sol du bourgeon terminal du sommet de l'arbre ;
- **La hauteur bois fort** : c'est la distance entre le niveau du sol et la tige dont le diamètre est de 7 cm (22 cm pour la circonférence);
- **La hauteur bois d'œuvre** : correspond à la distance séparant le niveau du sol de la première grosse branche du houppier.

1.2.2 Appareils de mesure

1.2.2.1 Appareils basés sur un principe géométrique

a) La croix du bûcheron

La méthode est simple, elle consiste à :

- trouver deux baguettes de longueur identique (20 cm par exemple) ;
- placer l'une des baguette horizontalement près de votre œil et l'autre baguette verticalement et perpendiculaire à la première ;
- coïncider la base de la baguette verticale avec la base de l'arbre et le sommet avec le bourgeon terminal de l'arbre ;
- la hauteur de l'arbre égale à la distance entre l'observateur et l'arbre.

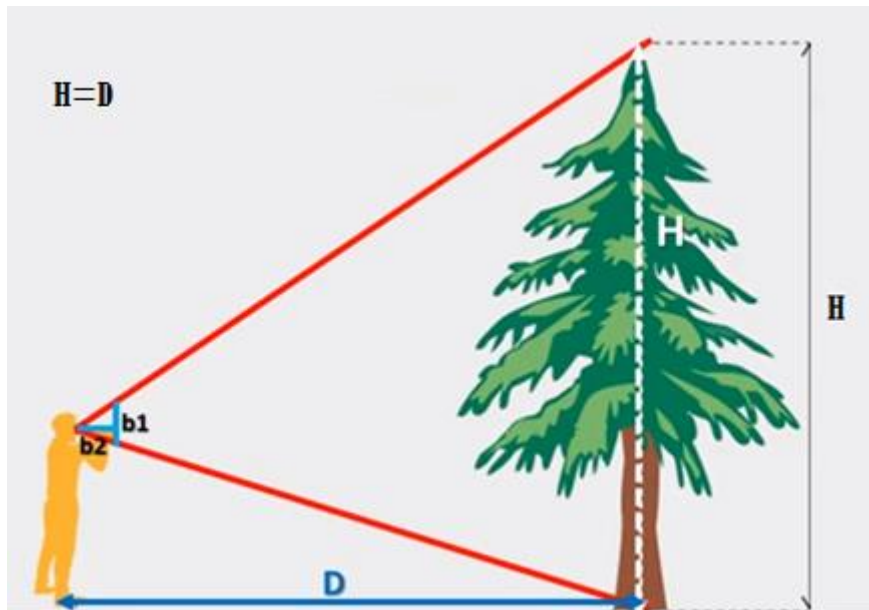


Figure 23. Principe de la croix de bucheron

b) Le dendromètre de Franck

C'est pratiquement une croix du bûcheron améliorée. Il est constitué d'une pièce métallique en forme de triangle isocèle, les côtés de l'angle droit mesurent 6 à 7 cm. L'un de ces côtés est formé par un tube creux qui serve à viser le sommet de l'arbre.

- l'observateur vise par le tuyau ou le tube creux le sommet de l'arbre ;
- la hauteur de l'arbre (H) égale à $D+h$ (voir figure ci-dessous)

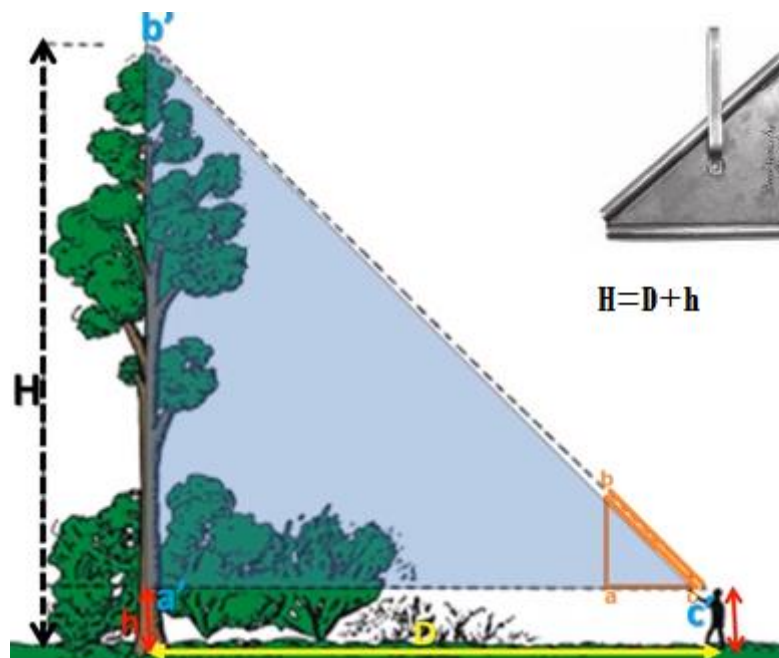


Figure 24. Principe de dendromètre de Franck

1.2.2.2 Dendromètres basés sur un principe trigonométrique

Ils demandent que l'opérateur soit à un espacement connue de l'arbre. Parmi ces dendromètres on cite : le BLUME-LEISS, le SUUNTO, le relascope de BITTERLICH, le dendromètre électronique VERTEX et le clinomètre.

Nous allons voir en détail dans notre cas comment fonctionne le Blume Leiss. Le relascope de BITTERLICH est détaillé dans la partie mesure de diamètre (page36).

- Le BLUME-LEISS

Ce dendromètre est un instrument très employé par les gestionnaires forestiers. Il se présente sous la forme d'un boîtier en quart de cercle comprenant :

- un clisimètre doté d'un pendule
- cinq échelles graduées, 4 en hauteurs (15, 20, 30 et 40 m) et une en degrés ;
- dioptre.

L'appareil est associé un une mire pliante qui sera placée sur l'arbre à 1.30 m du sol.



Figure 25. Dendromètre Blum leiss

Le dioptre fournit deux images décalées (d'un angle α , tel que $\text{tg}\alpha = 0,03$) d'une mire pliante comportant des voyants blancs marqués des valeurs 0, 15, 20,30 et 40 m.

Par exemple, Pour se placer à une distance de 20 m, il faudra écarter les voyants de la mire de $20 \times 0,03 = 0,6$ m.

Pour se placer à cette distance (20 m), l'opérateur doit déplacer en avant ou en arrière jusqu'à ce que les deux bandes blanches seront placées l'une sur l'autre.

Pour effectuer la mesure, l'opérateur :

- place la mire sur le tronc de l'arbre à 1.30 m du sol ;
- s'éloigne pour déterminer la distance qui sépare l'opérateur de l'arbre. Cette distance sera le plus possible identique à la hauteur de l'arbre ou à l'échelle déterminée ;
- vise régulièrement le pied et le sommet de l'arbre.

La hauteur de l'arbre résulte de (figure 26):

- la somme des deux valeurs observées sur l'appareil ($H = a + b$);
- la différence des deux lectures ($H = a - b$; $H = b - a$).

La hauteur de l'arbre sera corrigé en fonction de coefficient de correction qui existe sur l'appareil. Ce coefficient dépend de la pente de terrain.

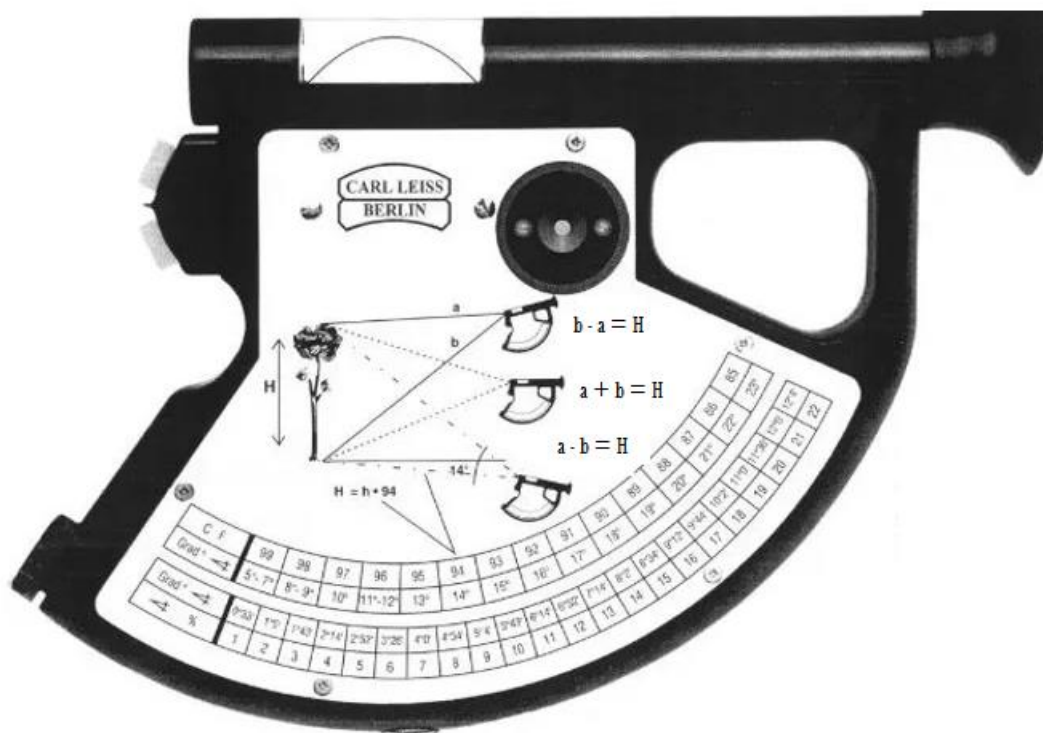


Figure 26. Situations de mesure des arbres par un Blum leiss

1.2.3 Erreurs de mesure

Concernant les erreurs liés à l'utilisation des appareils de mesure des hauteurs des arbre, il convient de signalés que ces erreurs sont :

- dues aux défauts de fabrication des appareils ;
- relatives à la configuration des arbres mesurés : dans le cas des peuplements relativement clairs (surtout les résineux) il est facile de déterminer la hauteur des arbres. Par contre, il est plus ardu de mesurer des hauteurs dans des peuplements jeunes, serrés et dans le cas de peuplements feuillus.

- *dues à l'opérateur* : la mauvaise vue de la sommet et du bas de l'arbres, ainsi les fautes de manipulation et de lecture sont des erreurs fréquentes dues aux opérateurs.
- *erreurs de mise en station* : Pour le Blume leiss et le relascope de Bitterlich la luminosité peut influencer les lectures, mais dans des situations convenables de luminosité, l'erreur de mise en station n'est pas inquiétante.

Chapitre 2 : Autres caractéristiques des arbres

2.1 La forme d'un arbre

Plusieurs paramètres sont utiles pour caractériser la forme d'un arbre.

2.1.1 Le coefficient de décroissance (K)

Ce paramètre décrit le rapport qui existe entre le diamètre ou la circonférence à mi-hauteur du fût ($d_{0.5 h}$; $C_{0.5 h}$) et le diamètre ou la circonférence à 1.30 m du sol ($d_{1.30 m}$, $C_{1.30 m}$).

$$K = \frac{d_{0.5 h}}{d_{1.30 m}} \text{ ou } \frac{C_{0.5 h}}{C_{1.30 m}}$$

2.1.2 Le coefficient de réduction (r)

Le coefficient de réduction (r) est calculé selon la formule suivante :

$$r = \frac{d_{1.30} - d_{0.5 h}}{d_{1.30}} \text{ ou } \frac{C_{1.30} - C_{0.5 h}}{C_{1.30}}$$

Donc, Il est admis que le coefficient de réduction $r = 1 - K$

Il varie souvent entre 0,05 et 0,30, c'est-à-dire entre 5 et 30 %.

2.1.3 Le coefficient de forme (f)

Le coefficient de forme « f » exprime la décroissance du fût du bas vers le haut.

Si on suppose que l'arbre idéale à une forme cylindrique, le coefficient de forme sera défini comme le rapport entre le volume réel et (V) et le volume d'un cylindre ayant comme base la surface terrière à 1.30 m ($g_{1.30}$) et comme longueur la hauteur de l'arbre (h).

$$f = \frac{V}{g_{1.30} * h}$$

Il aussi admis que le coefficient de forme $f = K^2$

Le coefficient de forme varie généralement entre 0.4 et 0.8.

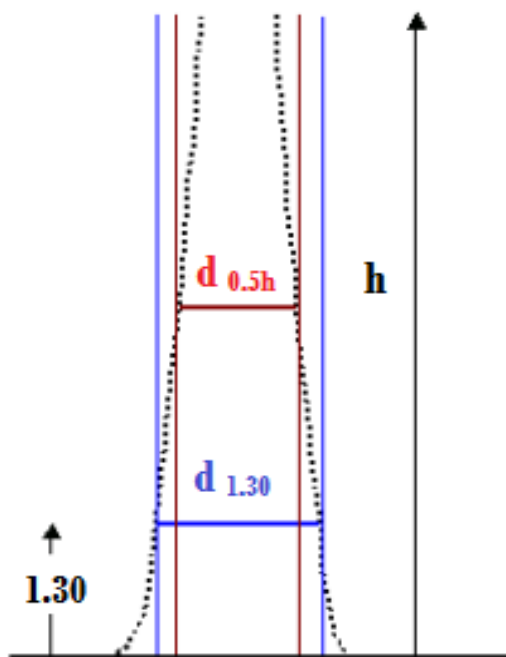


Figure 27. Volume réel (cylindre bleu) et volume d'un cylindre de base $g_{1.30}$ et hauteur h (cylindre brique)

2.2 L'âge d'un arbre

L'âge d'un arbre correspond au nombre d'années à partir de la germination de la graine.

Par convention, il est admis que l'âge d'un arbre est calculé à partir de son introduction en forêt. Le temps passé au pépinière n'est pas compté.

2.2.1 L'âge d'un arbre abattu

L'âge d'un arbre abattu correspond au nombre des cernes annuels sur la section d'abattage.

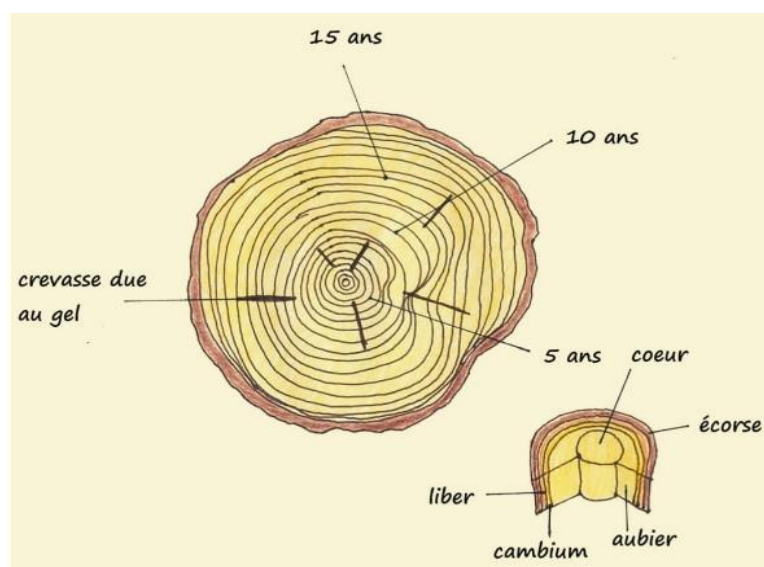


Figure 28. Comptage de l'âge d'un arbre à partir des cernes

2.2.2 L'âge d'un arbre sur pied

L'âge d'un arbre sur pied est estimé par :

- *Comptage des verticilles* :

Seulement pour les conifères, la méthode se base sur le dénombrement des verticilles produits chaque année. Elle est appliquée généralement pour les jeunes peuplements, mais elle devient imprécise si l'arbre est âgé ;

- *Extraction d'une carotte* :

L'extraction de la carotte se fait par un sondage à la tarière de PRESSLER généralement à 1.30 m du sol. Il suffit de compter le nombre des cernes sur la carotte pour savoir l'âge de l'arbre.

Afin d'éviter de provoquer des pourritures sur le fût de l'arbre, il est recommandé de réaliser le sondage le plus près possible du sol (par exemple à 30 cm de hauteur).



Figure 29. Mesure de l'âge d'un arbre par la tarière de PRESSLER

2.3 Mesure du houppier

2.3.1 Définition du terme houppier

L'houppier appelé aussi le couronne représente l'ensemble des branches vivantes et des rameaux localisé au-dessus du fût.

Pour ne pas confondre entre la notion de houppier et celle de cime, il est à signaler que la cime ne représente que la partie la plus haute du houppier.

2.3.2 L'architecture du couronne

La couronne d'un arbre suit une architecture type en fonction des stades de développement. L'écart à la normal montre souvent un stress :

- *Défoliation* : la perte des feuilles ou des aiguilles, cette anomalie peut être estimée en comparant l'arbre en question à un autre arbre considéré comme sain ;
- *Coloration anormale* : le rougissement ou le jaunissement d'une partie ou la totalité du houppier durant la période de végétation ;
- *Mortalité des rameaux* ($\emptyset < 3$ cm) ou des branches ($\emptyset > 3$ cm) sur la partie supérieure du couronne.

2.3.2 Variables descriptives du houppier

Plusieurs paramètres quantitatifs caractérisent le houppier d'un arbre, il s'agit de :

2.3.2.1 La hauteur du houppier (h_{ho})

La hauteur du houppier représente pratiquement la distance qui sépare le sommet de l'arbre (apex) du niveau inférieur du feuillage.

On peut obtenir facilement la hauteur du houppier par la différence entre la hauteur totale de l'arbre et la hauteur de fût.

2.3.2.2 La surface projetée du houppier (S_p)

Le calcul de la surface projetée (m^2) se fait en mesurant entre quatre à huit rayons (r_i). Le premier rayon est déterminé au hasard.

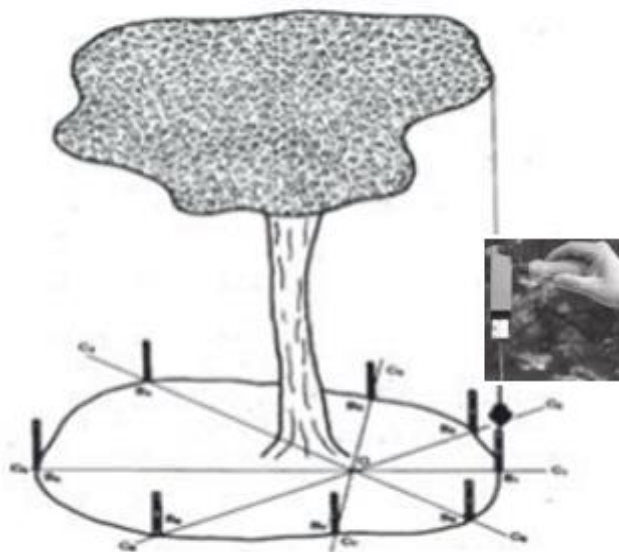


Figure 30. Mesure Principe de projection du houppier d'un arbre

Divers d'appareils composant un prisme ou un miroir peuvent être utilisés pour estimer la projection de la couronne de l'arbre, c'est la cas par exemple de l'appareil à miroir « le Kronenspiegel ».



Figure 31. Le Kronenspiegel

Pour n rayons, la surface projetée est calculé comme suit :

$$Sp = \sum_{i=1}^n ri^2 / n$$

Avec :

ri : rayons et n : nombre des rayons mesurés.

2.3.2.3 Le diamètre du houppier (d_{ho})

Une fois la surface projetée est déterminée, on peut facilement obtenir le diamètre du houppier (m):

$$dho = \sqrt{\frac{4}{\pi}} sp = 2 \sqrt{\sum_{i=1}^n ri^2 / n}$$

2.3.2.4 Le volume du houppier (V_{ho})

Il est communément estimé par le diamètre et la hauteur d'un arbre.

$$Vho = \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} dho. hho$$

Avec :

d_{ho} : diamètre moyen du houppier et h_{ho} : hauteur du houppier.

2.3.2.5 Autres paramètres du houppier

D'autres paramètres morphologiques sont utiles pour le gestionnaire forestier. Il s'agit de :

- La proportion de houppier : h_{ho}/h ;
- L'indice de forme du houppier : h_{ho}/d ;
- Le degré de bombement du houppier : d_{ho}^2/h_{ho} ;
- Le degré de rondeur ou de plénitude du houppier : d_{ho}/h_{ho} ;
- Le rapport de recouvrement au sol : d_{ho}^2/d^2 ;

2.4 L'écorce d'un arbre

L'écorce est la partie externe du tronc de l'arbre. Elle possède des propriétés très intéressantes comme la résistance biologique et la teneur importante en lignine et en tanins. L'écorce sert à défendre l'arbre contre les agressions biologiques des champignons et des insectes, mais aussi des agents physiques et chimiques comme le soleil, la température et l'eau.

2.4.1 Epaisseur de l'écorce

En général, l'estimation de l'épaisseur de l'écorce se fait à 1.30 m, mais il est important d'estimer ce paramètre à divers niveaux de hauteur.

L'estimation de l'épaisseur de l'écorce est intéressante car il est utile d'apprécier l'importance des sous produits de la forêts à des fins énergétiques et agronomiques.

2.4.1.1 Appareils de mesure de mesure

a) Le mesureur d'écorce

Appelé aussi *jauge à écorce*, c'est le plus préféré pour mesurer l'épaisseur de l'écorce.

La jauge à écorce comporte une tige en acier creuse sous forme d'un demi-cercle qui termine par une extrémité coupante et possédant des graduations millimétriques. cette tige entre dans un tube terminé par une plaque métallique perpendiculaire à l'axe d'enfoncement.

L'instrument est porté perpendiculairement à l'arbre, la tige est enfoncée à travers toute l'écorce. Il est préféré d'effectuer deux mesures à des endroits opposés et prendre la moyenne.

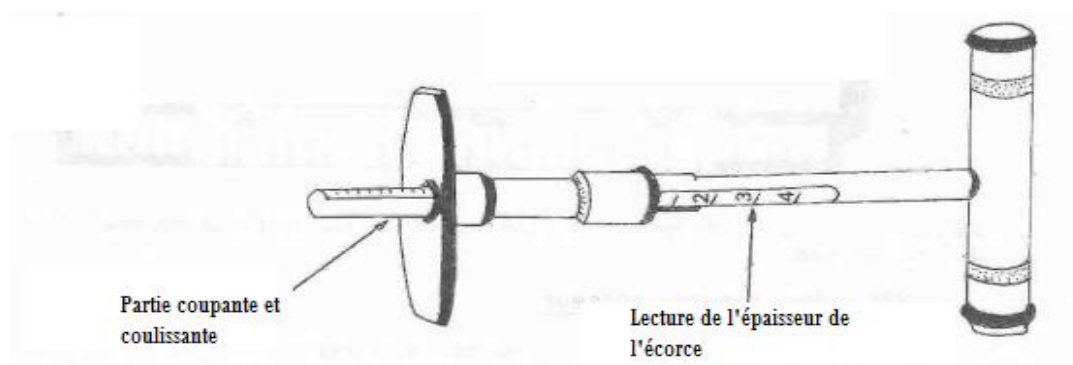


Figure 32. Jauge à écorce

b) Le marteau sondeur

Le marteau sondeur est utilisé comme un marteau, il est composé d'un tube coupant creux frappant l'arbre à angle droit et un poussoir qui serve à extraire des petites carottes ne dépassant pas 3 cm au maximum.

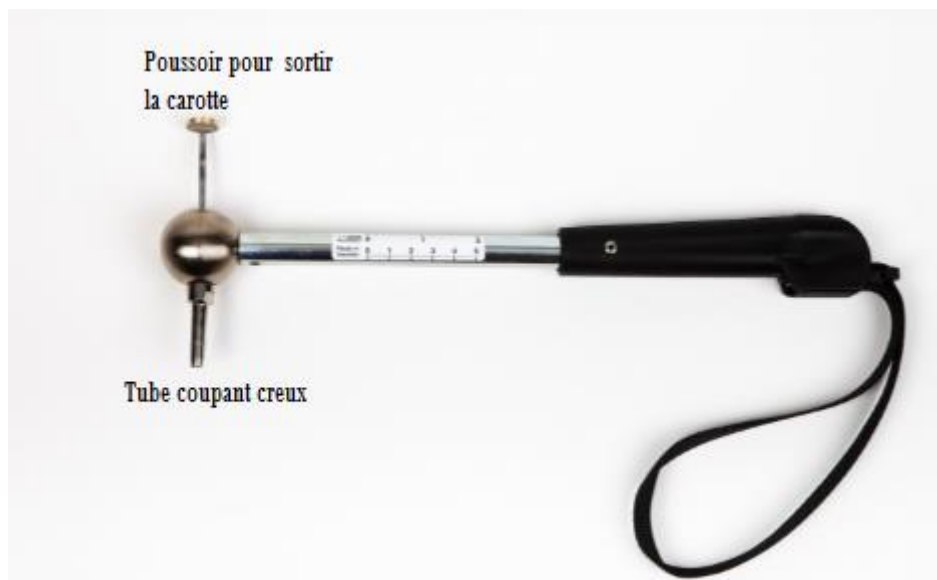


Figure 33. Le marteau sondeur

2.4.1.2 Erreurs de mesure d'écorce

Les erreurs sont dues à:

- Les mesures sont effectuées en période de végétation, cela permet la pénétration du jauge d'écore dans le bois tendre de printemps ;
- l'enfoncement par à-coups du mesureur qui peut donner lieu à des différences qui atteignent 15 % ;
- l'influence de la forme de la tige métallique sur la profondeur de pénétration.

2.4.2 Diamètre sous écorce

Si on considère (**e**) l'épaisseur de l'écorce mesurée avec le mesureur de l'écorce. Le diamètre sous écorce (**ds**) se déduit du diamètre sur écorce (**d**) par la relation citée ci-dessous :

$$ds = di - 2e$$

Le taux d'écorce = $\frac{di - ds}{d}$

Chapitre 3 : Mesure de l'accroissement des arbres

3.1 Définitions et importances

3.1.1 Définitions

Dans le vocabulaire forestier, on parle souvent de la croissance et l'accroissement.

La croissance désigne la quantité de bois produite à compter d'une époque ou un âge déterminé. C'est pratiquement la production totale de bois.

Cependant, l'accroissement est la quantité de substance produite durant une période bien déterminée. L'accroissement est à la différence entre deux valeurs du même variable dendrométrique, diamètre par exemple à des âges différents.

3.1.2 Importances

La connaissance de l'accroissement des arbres et des peuplements forestiers est nécessaire pour les gestionnaires de la forêt :

- *Pour le sylviculteur* : il permet de connaître l'évolution des paramètres quantitatifs des arbres et des peuplements sur une station donnée et de bien conduire la sylviculture des essences ;
- *Pour l'aménagiste* : connaissant de l'accroissement permet à l'aménagiste de bien prédire les productions ;
- *Pour l'écologue* : la détermination des accroissements permet à l'écologue de comparer entre les stations et d'annoncer une productivité par essence et par type de station.

3.2 Types d'accroissement des arbres

L'étude des accroissements des arbres en forêt s'applique aux caractéristiques dendrométriques les plus importantes à s'avoir : le diamètre et la circonférence à 1.30 m, la surface terrière, la hauteur et le volume.

3.2.1 Accroissement en diamètre et en circonférence

L'accroissement d'un peuplement peut s'exprimer en fonction de l'évolution du diamètre ou de la circonférence.

Indéniablement, l'accroissement en diamètre ou bien en circonférence varie entre les classes de diamètre ou de circonférence (Perches, petit bois, moyen bois, gros bois, très gros bois).

3.2.1.1 Méthodes d'estimation

Il existe deux méthodes pour calculer l'accroissement en diamètre ou en circonférence :

- *Mesures successives* :

En réalité, c'est facile à calculer l'accroissement en diamètre ou en circonférence. Cela se base sur la confrontation des mesures exécutées à différentes périodes.

Le niveau de mesure sur l'arbre doit soigneusement être marqué pour éviter de faire des comparaisons inexacts.

- Mesures instantanées :

Pour éviter de comparer des mesures périodiques, il est plus pratique de faire des mesures directes des accroissements en diamètre par des instruments de sondage.

Le sondage à la tarière de Pressler est le plus pratique afin de déterminer directement l'accroissement périodique en diamètre. La carotte de bois prélevée au moyen de la tarière de Pressler permet de mesurer la longueur des accroissements radiaux annuels.

Afin de mieux extraire la carotte par la tarière de Pressler, il convient de :

- Respecter le niveau de prélèvement ;
- Eviter de déformer les cernes de la carotte.

3.2.1.2 Relation entre accroissement sous et sur écorce

Il est important de déterminer la relation qui existe entre l'accroissement sous écorce et l'accroissement sur écorce.

D'après la figure ci-dessous, on constate :

r : l'accroissement enregistré pour une durée de n années

L : la grandeur de la carotte

ec_A : épaisseur de l'écorce au début de la période d'accroissement

ec_B : épaisseur de l'écorce à la fin de la période d'accroissement

r_A, r_B : rayons sur écorce au début et à la fin de la période considérée

$$L + ec_B = r_B - r_A + ec_A$$

$$L = (r_B - ec_B) - (r_A - ec_A)$$

$$\Delta r = L + ec_B - ec_A = L + \Delta ec$$

Si $ec = kr$, ou k est un coefficient supposé constant durant la vie de l'arbre

Alors :

$$\Delta r = L + k \Delta r$$

$$\Delta r = L / (1 - k)$$

Aussi, on peut exprimer la relation ci-dessus par :

$$\Delta r = L k, \text{ ou } k = \text{facteur d'écorce ou nombre de LOETSCH}$$

En effet :

$$k = \frac{1}{1-k} = \frac{1}{1 - \frac{ec_B}{r_B}} = \frac{1}{\frac{r_B - ec_B}{r_B}} = \frac{1}{1-k} = \frac{r_B}{r_B - ec_B} \text{ ce qui correspond bien à}$$

l'expression du facteur d'écorce (rapport entre le rayon sur écorce et sous écorce

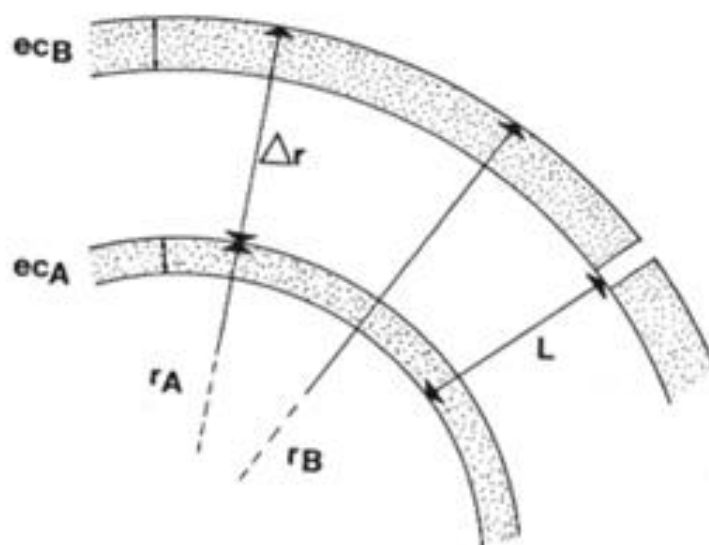


Figure 34. Accroissement radial sous et sur écorce

3.2.2 Accroissement en surface terrière

Dans ce cas, à besoin de connaître l'évolution de la surface terrière durant une période donnée.

On peut estimer qu'on a une évolution de 6 m² /ha par exemple sur une durée de 10 ans, soit 0,6 m² /ha/an.

3.2.3 Accroissement en hauteur

Afin de déterminer l'accroissements en hauteur d'un arbre, on peut utiliser deux méthodes :

- *Mesures successives* réalisées sur des périodes de temps fixés avec une perche télescopique ou un dendromètre ;
- *Analyse de tige* : Qui se fait grâce à des sections du tronc prélevées à divers niveaux de hauteur pour les arbres abattus ou de carottes de sondage pour les arbres sur pied.

3.2.4 Accroissements et production en volume d'un peuplement

3.2.4.1 Production totale en volume (PTV)

Elle concerne le volume total produit par le peuplement depuis son provenance. C'est pratiquement la somme des volumes actuels des arbres composant le peuplement et des volumes enlevés au moment des opérations d'éclaircies.

3.2.4.2 Accroissement moyen annuel en volume (AMV)

C'est le rapport entre la production totale en volume (PTV) et l'âge du peuplement forestier en question.

$$AMV = \frac{PTV}{Age}$$

Exemple :

Un peuplement de pin d'Alep donne à l'hectare un volume de 600 m³ à 100 ans. 260 m³ concerne le volume produit après les travaux d'éclaircie.

La production totale en volume PTV = 600 + 260, PTV = 860 m³

L'accroissement moyen annuel AMV = 860/100, AMV = 8,6 m³/ha/an

3.2.4.3 Accroissement courant en volume (ACV)

C'est l'accroissement constaté durant une période déterminée. Il est donné par :

$$ACV = \frac{\Delta PTV}{\Delta Age} \quad (m^3 / ha/an)$$

Quand la différence d'âge (ΔAge) = 1, on parle de l'accroissement courant annuel (ACA).

Exemple :

Un peuplement de pin d'Alep cube à l'hectare 480 m³ à 80 ans, et 570 à 90 ans sans qu'il y a des travaux d'éclaircie durant cette période.

$$ACV = \frac{570 - 480}{90 - 80}$$

$$ACV = 10 \text{ m}^3 / ha/an$$

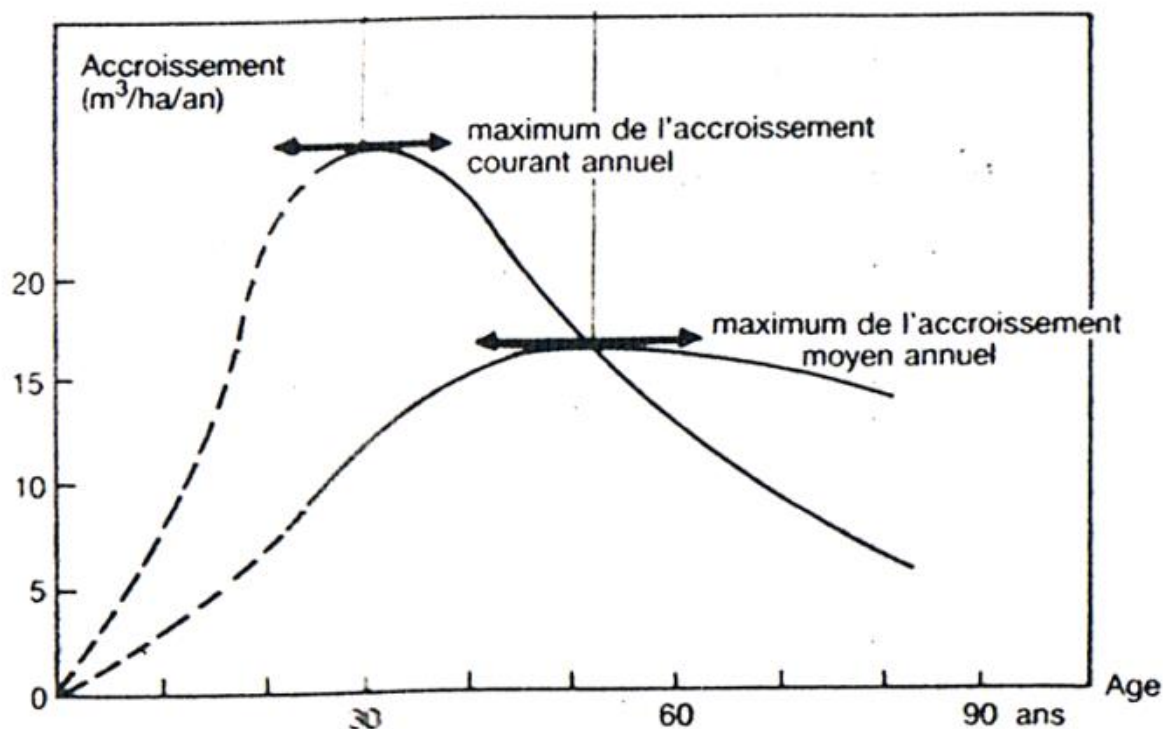


Figure 35. Accroissement moyen et courant annuel

Références bibliographiques

- APECA (Agence de promotion économique du Canasa Atlantique). 2007. Le guide pratique des coupes progressives, Canada, 7 p.
- Baar F., Snoeck B., Balleux P., Claessens H. 2004. La sylviculture d'arbres « objectif » ou d'arbres de place, Forêt Wallonne, 6 : 1-7.
- Barthod C., Pignard G., Guerin F., Bouillon P. 1999. Coupes fortes et coupes rases dans les forêts françaises, revue forestière française, XXXIII (4) : 469 - 486.
- Bastien Y. 2001. Futaie régulière. Ed. ENGREF, Centre de Nancy sylviculture (France), 27 p.
- Bastien Y. 2002. Taillis et taillis sous futaie. Ed. ENGREF, Centre de Nancy (France), 13 p.
- Bastien Y. 2005. Arbres-objectifs, ENGREF, Nancy, 23 p.
- CRPF (Centre Régional de la Propriété Forestière des Pays de la Loire). 2012. Code des bonnes pratiques sylvicoles des pays de la Loire, 20 p.
- Boudy P. 1952. Guide du forestier en Afrique du Nord. Paris, La maison rustique, 505 p.
- De Potter B., Perin J., Ponette Q., Claessens H. 2012. Détourage d'arbres-objectif : Enseignements des dispositifs installés en Wallonie après six années, Forêt Wallonne, 119 : 43-54.
- Duplat P., Perrotte G. 1981. Inventaire et estimation de l'accroissement des peuplements forestiers. ONF, 432 p.
- Lafond R. 2013. Sylviculture durable 2^{ème} édition, CCDMD, France, 244 p.
- Letreuch-Belarouci N. 1992. Notes de cours en sylviculture générale. Ed. O.P.U., 137 p.
- Letreuch-Belarouci N. 1995. Sylviculture Spéciale : éléments de réflexion de la mise en valeur des taillis de chêne vert. Ed. O.P.U., 69 p.
- Massenet J.Y. 2010. Cours de dendrométrie (Chapitre 5 : Caractérisation et mesure des peuplements réguliers, Lycée forestier de Mesnieres, Bray, 25 p.
- Parde J., Bouchon J. 1988. Dendrométrie. 2^{ème} édition. Nancy, Ecole Nationale du Génie rural, des Eaux et Forêts, 328 p.
- Rondeux, J. 2009. La mesure des arbres et des peuplements forestiers Les presses Agronomique de Gembloux, Université de Liège, 738 p.
- Rondeux, J. 1977. Estimation de la productivité forestière: principes et méthodes. Annales de Gembloux, 83: 5-17.