

LE DOUGLAS DANS LE NORD-EST DU MASSIF CENTRAL

TABLES DE PRODUCTION PROVISOIRES

N. DECOURT

avec la collaboration technique de F. MICHAUX et A. TISSERAND

*Station de Sylviculture et de Production,
Centre national de Recherches forestières, 54 - Nancy*

SOMMAIRE

Cette étude fait partie d'un ensemble plus important, visant à mettre rapidement sur pied des tables de production pour les principales essences forestières françaises. La méthode utilisée pour le Douglas est, à quelques améliorations près, la même que celle employée pour les Pins de Sologne. Les données utilisées ainsi que tous les résultats intermédiaires sont joints.

Cette étude fait suite à celle concernant le Pin sylvestre et le Pin Laricio de Corse en Sologne [Decourt, 1965] à laquelle il convient de se reporter.

Un bref aperçu de la région et de l'espèce étudiée sera suivi par l'exposé des quelques modifications apportées à la méthode employée en Sologne.

On exposera ensuite les principes de base retenus pour l'établissement de la table et notamment le régime d'éclaircie choisi. Enfin, dans une dernière partie, nos résultats seront comparés à ceux obtenus dans les pays voisins du nôtre.

1. — GÉNÉRALITÉS

1.1 — Caractères généraux de la région étudiée

1.1.1 — Situation et limites

Il s'agit de la bordure orientale du Massif-Central, au nord de la dépression de Saint-Etienne. Ces massifs, auxquels il convient d'inclure le Morvan, forment

un ensemble climatique relativement homogène. P. ESTIENNE, (1956) note que « contrairement à ce qui se passe dans le reste du Massif-Central, on a affaire à un isolat physique spécialement bien individualisé »

Plus précisément la région étudiée s'étend sur les Monts du Beaujolais, du Charollais et sur une partie du Morvan, à l'exclusion des Monts du Lyonnais dans lesquels nous ne possédons pas de placettes, et en y ajoutant au contraire les quelques placettes, que nous avons pu installer dans les Monts de la Madeleine, qui font face aux Monts du Beaujolais, à l'ouest de la Loire.

Le domaine qui nous occupe porte ainsi sur tout ou partie des zones forestières de quatre départements : le Rhône, la Loire, la Saône-et-Loire, la Nièvre, s'étendant au nord-ouest de Lyon (cf. fig. 1 et tableau 1).

TABLEAU 1

Répartition régionale et départementale des placettes temporaires

Département Région	Loire	Rhône	Saône-et- Loire	Nièvre	Totaux
Morvan.....	—	—	19	2	21
Charollais.....	—	—	17*	—	17
Beaujolais.....	9	60	—	—	69
Monts de la Madeleine..	3	—	—	—	3
	12	60	36	2	110

* dont quatre mesurées deux fois.

1.1.2 — Dissymétrie climatique des versants — pluviosité

Le climat limite ici la zone forestière. Un des caractères importants commun à ces massifs est la dissymétrie Est-Ouest que P. ESTIENNE, 1956, considère à juste titre comme fondamentale, puisqu'il voit dans la ligne de faite, notamment en Beaujolais, une véritable limite climatique. Ce phénomène est très net pour la pluviosité : ainsi Saint-Appollinaire reçoit sur le versant ouest 1 002 mm de pluies par an, Montmelas 15 km seulement plus à l'ouest, se contente de 767 mm.

Cette opposition est résumée par l'existence d'un Beaujolais forestier, d'où la vigne est pratiquement exclue et qui est caractérisé par une abondante pluviosité, dépassant très couramment le mètre annuel au-dessus de 500 m d'altitude.

L'opposition des versants, légèrement moins marquée, se manifeste pourtant encore nettement, plus au nord. On opposera par exemple les 854 mm de Charolles aux 768 mm de Cluny.

Le Morvan sera caractérisé par une pluviosité encore plus élevée à altitude égale que celle du Charollais — Beaujolais : 1 015 mm à Saint-Léger (altitude 460 m) ; 1 458 mm aux Settons (altitude 596 m).

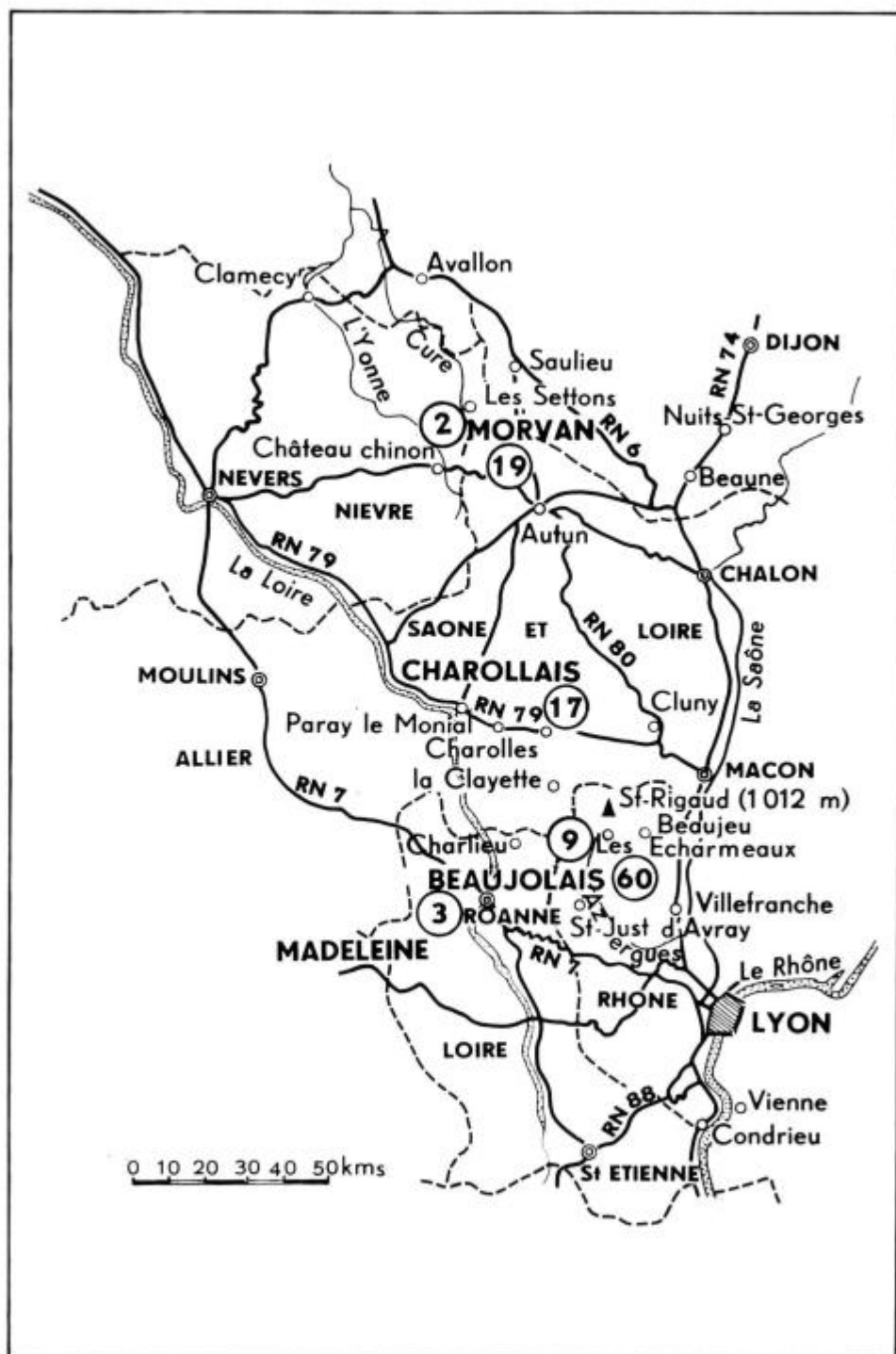


FIG. 1. — Répartition régionale et départementale des placettes temporaires

Notons que ces fortes quantités d'eau sont par ailleurs assez bien réparties (de l'ordre de 160 jours par an) avec un creux estival (juillet-août) beaucoup moins prononcé dans le Morvan quoiqu'encore nettement sensible.

1.1.3 — *Altitude*

L'altitude ne vient qu'en seconde position pour limiter la zone forestière qui nous intéresse. En effet, si le phénomène premier est la dissymétrie climatique des versants, la zone forestière s'étend sur les versants ouest de 300 m d'altitude à 900-950 m, c'est-à-dire, presque jusqu'au sommet du Mont Saint-Rigaud (altitude 1012 m), point culminant du Haut-Beaujolais.

Dans le Morvan, au climat légèrement plus rigoureux, notre zone s'arrête sans doute vers 800 m, la partie la plus élevée du massif convenant semble-t-il particulièrement bien à l'Epicéa commun.

1.1.4 — *Les températures*

Toute cette région au nord-ouest de Lyon, à l'ouest du versant rhodanien viticole est caractérisée par la rudesse de son climat. La température moyenne annuelle est toujours inférieure à 9 °C.

- 8,9 aux Sauvages,
- 7,9 aux Echarmeaux
- 8,8 à Pézanin
- 8,9 à St-Léger et aux Settons, dans le Morvan.

Les gelées sont fréquentes : 110 à 120 jours par an aux Echarmeaux, 100 également à St-Léger ou aux Settons, mais encore 80 à 90 aux Sauvages dans la partie méridionale du Beaujolais.

1.1.5 — *Géologie et Pédologie*

La nature du sous-sol et des sols accentue l'unité de la zone forestière de ces bordures nord-est du Massif-Central. On se trouve, la plupart du temps sur granite ou roche similaire. Les sols y sont acides, pauvres en bases et en acide phosphorique. Ils sont par contre souvent profonds et légers, convenant particulièrement à l'essence qui nous intéresse ici. Les meilleurs sont des « sols bruns acides », plus ou moins lessivés, notamment le long des pentes, où on trouve des sols podzoliques de profondeur et de qualité variables.

1.1.6 — *Conclusion*

En somme, comme le remarque J. PARDÉ (1962), géologie et climat s'accordent ici pour placer les végétaux ligneux dans de bonnes conditions de croissance. Les reboiseurs de la région ne s'y sont pas trompés. Depuis un siècle, ils y ont développé les plantations résineuses : Sapin pectiné et Pin sylvestre, par ailleurs spontanés dans la région, Epicéa commun et de plus en plus, Sapin de Douglas. L'importance prise par cette dernière essence se trouve pleinement justifiée. Les conditions qu'elle y rencontre conviennent en effet particulièrement à son tempérament.

1.2 — Le Douglas dans la région

1.2.1 — Adaptation au climat

Rappelons rapidement, comme le fait P. FOURCHY (1954) l'immensité de l'aire naturelle de l'essence qui nous intéresse : 3 500 km en latitude, 1 500 km en longitude, de 0 à 3 000 m en altitude. L'adaptation de l'espèce à ces conditions variées se traduit par l'existence d'une variabilité infrasécifique comportant races géographiques et écotypes. La variété qui fait l'objet de la présente étude est le *Pseudotsuga Menziesii* (Mirb.) Var. *Menziesii* Franco (DEBAZAC, 1964, p. 50).

Il s'agit donc de la forme côtière, qui croît naturellement en climat maritime dans l'ouest de l'Amérique du Nord, à l'exclusion de la forme continentale, dite variété *Glauca*, Franco, beaucoup moins intéressante pour le forestier.

Il va de soi qu'au sein de la variété côtière existent également des différences importantes entre les provenances des différents points d'une aire qui reste très vaste.

Dans l'ensemble pourtant, on s'accorde [POURTET, 1951 ; FOURCHY, 1964] à reconnaître que si le Douglas nécessite une quantité d'eau annuelle suffisante, il s'adapte fort bien aux climats a étéés relativement secs. Il est en particulier beaucoup moins sensible aux sécheresses estivales que l'Epicéa commun et que la plupart des autres essences introduites, notamment le Sapin de Vancouver et l'Epicéa de Sitka. Bien plus, un été relativement sec le tient à l'abri, d'un de ses principaux ennemis le *Phaeocryptopus (Adelopus) Gaumanni*.

Il est donc particulièrement bien adapté à la région considérée, caractérisée justement, surtout en Beaujolais - Charollais, par une sécheresse estivale marquée.

Mieux, cet aspect de son comportement permet de l'introduire sur versants Sud, pourvu que le sol soit suffisamment profond, où il remplace très avantageusement le Pin sylvestre, essence traditionnellement réservée à ces versants.

Sa résistance aux froids hivernaux ne pose par ailleurs pas de problèmes insolubles. Elle est surtout affaire de provenances [J.F. LACAZE, 1964].

Sa sensibilité aux gelées tardives est également une question de provenance, mais plus difficile à résoudre semble-t-il.

1.2.2 — Adaptation aux conditions édaphiques

Là encore, les massifs cristallins de la bordure nord-est du Massif-Central sont particulièrement bien faits pour accueillir une essence préférant les sols profonds, frais, meubles et poreux, aux sols argileux et compacts et, relativement peu sensible, par ailleurs, à leur richesse chimique [E. LIES, 1965 ; FOURCHY, 1954 ; POURTET, 1951].

La plupart des peuplements de Douglas de la zone étudiée sont installés dans de telles conditions. Les différences de fertilité proviendront donc surtout de la profondeur des sols et également de l'exposition aux vents, plutôt que d'une différence dans la nature ou la richesse du sol.

1.2.3 — Facteurs biotiques

A ces conditions excellentes, s'ajoute l'absence d'ennemis vraiment dangereux dans la région qui nous occupe. L. LANIER (1966) conclut dans une étude récente à l'absence de dommages cryptogamiques fréquents et graves dans notre pays. Nous avons signalé plus haut l'intérêt de la sécheresse estivale relative, dont ne bénéficient pas d'autres régions d'introduction du Douglas en Europe, notamment en Suisse et en Allemagne.

Notre essence possède aussi peu d'ennemis dans le règne animal, les dégâts les plus à craindre étant ceux du gibier qui montre une certaine prédilection pour elle.

1.2.4 — Conclusion

Ce très bref tour d'horizon souligne l'excellente adaptation de cette essence à croissance rapide aux bordures Nord-Est du Massif-Central.

Il est légitime de s'attendre à y constater de forts rendements, comme le signalent déjà les études antérieures de P. FOURCHY (1954) ; A. GIRAUD, (1952) ; J. PARDÉ (1962).

1.3 — Documentation et études antérieures

Sur le plan de la production et de la sylviculture du Douglas, dans le nord-est du Massif-Central, on ne dispose que d'un petit nombre d'études, généralement limitées aux Monts du Beaujolais. Cette indigence reflète le manque de données expérimentales suffisantes. La station de Recherches des Eaux et Forêts ne possédait en effet que trois placettes de valeur très inégale, comme nous le verrons plus loin, et tout à fait insuffisantes, pour rendre compte du comportement de l'espèce dans l'ensemble de la région considérée.

P. FOURCHY dans son étude de 1954 s'en accommode au mieux, tirant le maximum de résultats intéressants du maigre lot de données disponibles.

A partir des mêmes données, mais en s'appuyant sur les tables de production étrangères, notamment celle de H. KANZOW (1937) pour la Prusse et celle de F.C. HUMMEL et J. CHRISTIE pour la Grande-Bretagne, J. PARDÉ, (1956) conclut à une certaine coïncidence des résultats britanniques et de ceux de nos trois placettes d'essai. Il précise d'ailleurs, p. 150 : « ... Nous avons adopté les données de HUMMEL et CHRISTIE suivantes sans modification (classes II et III de fertilité) :

- production en bois fort depuis l'origine en mètres cubes/ha/an ;
- surfaces terrières des peuplements restant sur pied ;
- hauteurs moyennes des peuplements ».

Les modifications ont porté finalement sur la rotation des éclaircies, le nombre de tiges à l'hectare, l'introduction de la notion, peu connue en France à cette époque, de hauteur dominante. Les tableaux qu'il donne constituent donc en quelque sorte un ajustement de la table de F.C. HUMMEL et J. CHRISTIE aux conditions françaises, à partir d'un matériel expérimental malheureusement insuffisant.

Quelques années plus tard, en 1962, J. PARDÉ complétant les résultats précédents par les mesures de quelques placettes temporaires, avance des chiffres de production qui concordent assez bien avec les résultats de la présente étude.

D'excellents sylviculteurs privés, comme A. GIRAUD (1952) ont également fait part de leurs observations, souvent fort intéressantes, mais fondées sur des résultats trop peu nombreux pour permettre une généralisation en toute objectivité.

A l'étranger, les études ne manquent pas sur cette essence, mais les résultats ne concernent généralement qu'une région limitée, toujours assez loin de notre Massif-Central. Il faut signaler bien sûr l'excellente synthèse de SCHOBER (1955). Par ailleurs, les tables de production étrangères doivent permettre d'intéressantes comparaisons avec nos résultats. Nous avons volontairement négligé la table américaine de Mac ARDLE et AL. (1949), concernant des peuplements naturels et non éclaircis trop différents des nôtres. En Europe, nous limiterons nos comparaisons aux tables allemandes [SCHOBER, 1956] ; britanniques [F.C. HUMMEL et J. CHRISTIE, 1953, et Management tables R.T. BRADLEY, J. CHRISTIE et D.R. JOHNSTON, 1966] et italiennes [CANTIANI, 1965].

Les régions concernées encadrent notre pays et la sylviculture appliquée y est comparable dans ses grandes lignes à la nôtre.

1.4 — Placettes permanentes et placettes semi-permanentes

Le dispositif de placettes permanentes se borne aux trois placettes de Saint-Just d'Avray signalées ci-dessus. Nous les avons complétées par l'installation de 110 placettes supplémentaires.

1.4.1 — Le dispositif permanent

Ce dispositif se limite à trois placettes d'expériences installées en 1932 en forêt communale de Saint-Just d'Avray (Rhône), dans les Monts du Beaujolais, à 40 km au nord-ouest de Lyon. Toutes trois sont issues d'un reboisement artificiel par plantation exécuté sur des pâtures communales abandonnées, plus ou moins irrégulièrement cultivées. Ces conditions correspondent bien à la pratique habituelle des reboisements dans la région.

On s'est efforcé d'y passer en éclaircie assez fréquemment (tous les 4 à 6 ans) et de façon assez nettement différenciée : Eclaircies faibles dans la placette 1, très fortes dans la 2, « normales » dans la 3.

En fait, d'une part, ces placettes n'étaient pas comparables au départ, et d'autre part, elles ont subi un certain nombre d'avatars qui empêchent d'en tirer valablement des conclusions d'ordre général.

FOURCHY (1954) signale d'ailleurs ces différences initiales : « Les placettes 1 et 2, par suite de leur situation sur une crête très ventée, représentent un type de peuplement un peu exceptionnel, dans des conditions anormales et difficiles

La placette 3 serait davantage l'image d'un peuplement courant dans la région, à altitude (700 m) et exposition (nord) équivalentes ».

Outre les chablis divers, sur lesquels il n'est pas utile d'insister ici, il faut signaler le fait que la placette 2 était à l'origine traversée par deux bandes de Douglas bleus (variété *glauca*, Franco). Leur élimination a entraîné la création de deux larges trouées dans la placette. La production totale de cette placette est de ce fait très inférieure à ce qu'elle devrait être à fertilité égale. Par ailleurs, la disparition de ces arbres, plus chétifs, a entraîné une augmentation artificielle de la hauteur moyenne d'origine qui perturbe les comparaisons éventuelles de fertilité avec les peuplements voisins.

De plus, comme d'ailleurs dans la plupart de nos dispositifs anciens, les premières mesures sont très sujettes à caution. Les premiers tarifs ont été établis à partir des seules tiges abattues en éclaircie. Les mesures de hauteurs sont insuffisantes. Les hauteurs dominantes n'ont jamais été évaluées de façon valable. Ce n'est qu'à partir de 1956 après le travail d'AYRAL et ABADIE (1956) qu'on dispose enfin de données suffisantes.

Malgré ces insuffisances, ces placettes suivies de l'âge de 20 ans à 52 ans, permettent une estimation valable de la production totale (sauf la placette 2). D'autre part, les résultats satisfaisants obtenus dans la placette 3 incitent à choisir, pour notre table de production, un régime d'éclaircie comparable à celui qu'on y a pratiqué.

Sans vouloir par conséquent, et pour les raisons exposées ci-dessus, donner une place excessive aux résultats tirés de ce dispositif permanent, disons qu'il permettra une bonne vérification, un contrôle approximatif des résultats obtenus à partir des placettes semi-permanentes.

Le résumé des résultats obtenus dans ces placettes permanentes figure au tableau 2.

TABLEAU 2

Placettes permanentes de Saint-Just d'Avray

Année	Peuplement principal après éclaircie						Eclaircies			Production totale	
	A (ans)	N	H ₀ (m)	C ₀ (cm)	G (m ³)	V (m ³)	Σv (m ³)	$\frac{\Sigma v}{\Sigma I}$ (%)	vm (%)	ΣI (m ²)	I _m (m ³ /an)
Placette I											
1933	20	1 806	(10,3)	40	22,76	102,95	20,50	16,6	91,2	123,45	6,17
1947	34	994	19,7	70	39,05	313,50	93,48	23,0	55,3	406,98	11,97
1951	38	700	23,5	80	39,10	409,10	168,21	28,8	66,2	574,31	15,11
1959	46	674	26,7	92	45,20	545,56	216,58	28,4	69,0	762,14	16,57
1965	52	600	29,9	102	49,68	664,03	260,32	28,2	56,3	924,35	17,78
Placette II											
1933	20	1 762	(9,5)	38	20,59	85,15	12,56	12,6	91,0	97,71	4,89
1947	34	666	19,4	75	29,53	235,87	124,30	24,5	58,3	360,17	10,59
1951	38	484	22,9	88	29,83	308,65	181,05	37,0	56,8	489,70	12,89
1959	46	410	27,9	106	36,82	450,83	231,44	33,9	65,8	682,27	14,83
1965	52	368	31,8	119	41,47	561,31	273,11	32,7	67,5	834,42	16,05
Placette III											
1933	21	1 818	(13,5)	47	31,93	190,86	36,94	16,2	89,6	227,80	10,85
1947	25	846	23,8	75	37,79	430,84	196,47	31,3	56,5	627,31	17,92
1951	39	609	26,5	86	36,12	455,99	285,68	38,5	58,4	741,67	19,02
1959	47	482	31,1	102	40,29	551,20	365,88	39,9	60,9	917,08	19,51
1965	53	395	35,1	116	42,30	654,71	454,15	41,0	65,8	1 108,86	20,90

1.4.2 — Le dispositif semi-permanent simplifié

Il était indispensable de compléter le dispositif de Saint-Just d'Avray par un nombre suffisant de placettes réparties dans toute la région étudiée, et recouvrant l'ensemble des classes d'âges et des conditions de fertilité.

On a donc installé 110 placettes en suivant la méthode déjà employée en Sologne et décrite en détail dans une précédente publication [N. DECOURT, 1965, p. 263].

Ces placettes ont été installées dans des peuplements équiennes, suffisamment homogènes sur le plan écologique et sur le plan forestier, et généralement purs. On a toléré un certain mélange généralement à base de sapin pectiné et d'épicéa commun, à condition que l'essence annexe ne représente pas plus de 20 % du nombre de tiges et également moins de 20 % de la surface terrière totale.

Cela explique que, dans le tableau 3 qui résume les résultats obtenus dans ces placettes, on ait ajouté trois colonnes indiquant le nombre total de tiges sur pied (N_T), la surface terrière totale (G_T) et le volume total (V_T), ainsi que la nature de l'espèce en mélange, lorsqu'elle existe, c'est-à-dire lorsque N_T , G_T et V_T sont supérieurs à N , G et V .

Rappelons, quand même, que les volumes dont il est question, sont toujours des volumes *sur écorce* et des volumes *bois-fort* correspondant à la découpe de 22 cm de circonférence.

Ces placettes devant donner lieu à d'autres mesures ultérieures, constituent en fait un dispositif semi-permanent simplifié, d'ailleurs soigneusement cartographié, plutôt qu'un ensemble de placettes temporaires.

Quatre d'entre elles ont déjà été mesurées deux fois à 6 ans d'intervalle, il s'agit des placettes 71/12 ; 71/9 ; 71/13 ; 71/2, dont les résultats des secondes mensurations figurent également dans le tableau 3.

II. — MÉTHODES UTILISÉES — CALCUL DES ÉQUATIONS FONDAMENTALES

Les méthodes utilisées ne diffèrent pas dans leurs grandes lignes de celles employées pour le Pin sylvestre et le Pin laricio de Corse en Sologne (DECOURT, 1965). Nous ne reviendrons donc pas sur la méthode elle-même et nous nous bornerons à signaler les différences de détail propres à la présente étude.

Placette	Surface (ares)	A (années)	N	G (m ²)	V (m ³)	C _G (cm)	H _G (m)
69/13	32,04	21	1985	41,20	291,4	51	14,80
69/83	28,32	22	1427	31,19	257,2	52	17,05
42/03	28,56	23	1821	36,30	282,8	50	15,75
69/11	11,04	23	1829	46,40	354,6	57	16,95
69/12	21,38	23	2053	44,57	349,5	51	17,05
71/52	48,39	23	1300	31,19	289,5	55	18,65
69/10	17,79	24	1613	41,16	346,6	57	17,90
71/17	27,28	26	1653	39,84	310,7	55	16,40
71/54	26,73	26	1466	35,85	319,5	55	18,20
69/85	29,78	26	1434	40,36	333,2	59	16,90
42/20	20,00	26	2315	55,45	444,6	55	16,25
69/87	27,98	26	904	34,87	327,4	70	19,95
69/125	22,37	27	1663	38,78	305,7	54	16,80
69/7	26,29	28	1015	46,50	432,5	76	21,50
71/33	33,96	28	948	28,62	299,0	62	21,40
71/48	42,85	28	1150	33,95	295,8	61	18,60
71/49	44,11	28	793	38,55	319,4	78	19,50
69/22	33,04	28	1108	43,59	384,8	70	19,00
69/21	38,08	28	1271	41,90	347,7	64	17,80
71/19	38,22	28	735	30,45	289,5	72	19,90
71/22	28,69	28	781	33,94	296,1	74	18,80
42/21	13,67	29	1456	30,63	286,2	51	17,55
69/55	19,84	29	1260	31,26	256,7	56	16,80
58/10	19,78	29	1456	34,09	264,1	54	15,05
71/13	28,12	29	1330	41,02	409,6	62	19,50
71/12	36,98	29	791	35,93	363,2	76	23,05
71/9	39,40	29	1234	43,07	392,0	66	20,15
69/6	28,14	30	1272	52,36	461,6	72	20,85
69/25	32,97	30	1198	38,10	350,3	63	19,85
69/29	28,86	30	1164	36,77	361,0	63	20,25
71/35	28,62	30	1260	40,74	344,6	64	17,65
71/15	27,49	30	1889	48,79	444,7	57	20,35
71/13	21,51	31	1204	34,82	319,4	60	20,10
69/53	27,72	31	1226	34,54	332,0	59	18,40
69/51	41,43	31	1091	42,75	470,5	70	22,85
69/60	21,75	31	841	46,47	435,6	83	21,75
69/1	33,45	32	1429	43,09	433,2	62	20,20
69/52	35,54	33	954	40,48	425,3	73	22,15
69/76	37,61	33	939	40,19	347,6	74	20,30
69/75	44,51	33	874	35,72	317,5	72	20,50
71/38	44,06	33	624	33,48	361,5	82	22,60
42/2	23,17	33	1303	35,32	334,5	58	19,10
69/71	24,16	33	745	37,91	422,2	80	23,30
69/24	29,61	34	804	38,71	403,9	78	23,50
69/356	18,14	34	882	44,72	487,4	80	23,40
71/9	39,40	35	805	41,13	447,8	80	24,10
71/42	24,84	35	898	38,51	382,9	73	20,20
71/41	28,41	35	1080	41,80	420,0	70	20,25
71/39	34,81	35	678	31,75	337,0	77	21,80
69/44	42,66	35	963	46,65	491,7	75	23,30
71/12	36,98	35	619	37,78	465,6	88	26,90
69/57	27,21	35	522	31,31	299,7	87	22,10
69/23	33,75	35	2213	65,59	518,5	61	18,95
42/11	49,75	35	1387	42,24	380,6	62	19,50

C ₀ (m)	H ₀ (m)	Eclaircies récentes (souches)			Totaux sur pied			Espèces en mélange
		n	g (m ²)	v (m ²)	N _T	G _T (m ²)	V _T (m ³)	
71	16,25	—	—	—	1985	41,20	291,4	Sapin
81	20,15	—	—	—	1480	32,61	269,0	
74	17,60	207	1,76	10,5	1821	36,30	282,8	
81	—	—	—	—	1829	46,40	354,6	
82	—	—	—	—	2053	44,57	349,5	
76	21,60	880	6,82	60,9	1300	31,19	289,5	
82	—	—	—	—	1613	41,16	346,6	
77	—	169	1,29	6,7	1653	39,84	310,7	
75	20,10	666	7,25	59,5	1466	35,85	319,5	
81	18,70	701	12,59	103,8	1434	40,36	333,2	
83	19,55	30	0,43	2,9	2315	55,45	444,6	
93	22,30	689	15,49	131,8	904	34,87	327,4	
78	18,00	353	3,96	28,7	1663	38,78	305,7	
16	23,40	323	6,28	53,5	1015	46,50	432,5	
87	24,65	477	6,38	54,5	948	28,62	299,0	
83	21,05	418	5,67	47,1	1150	33,95	295,8	
01	20,90	—	—	—	793	38,55	319,4	
97	20,90	433	8,78	74,2	1108	43,59	384,8	
92	20,20	137	2,12	16,1	1271	41,90	347,6	
95	21,40	1067	17,92	163,8	735	30,45	289,5	
94	21,10	892	7,09	66,8	781	33,94	296,1	
87	19,90	—	—	—	1456	30,63	286,2	
87	—	257	3,00	19,0	1260	31,26	256,7	
85	—	—	—	—	1456	34,09	264,1	
01	—	505	11,72	112,5	1330	41,02	420,0	
95	—	656	12,29	99,5	791	35,93	363,2	
92	—	269	2,98	18,9	1234	43,07	392,0	
05	—	256	4,99	50,2	1272	52,36	461,6	
96	22,00	449	6,22	45,6	1198	38,10	350,3	
85	22,65	544	8,00	66,6	1164	36,77	361,0	
95	20,90	493	8,04	54,4	1260	40,74	344,6	
87	22,60	652	4,04	20,7	1889	48,79	444,7	
85	—	316	3,00	21,6	1204	34,82	319,4	
93	21,60	274	2,32	12,8	1226	34,54	332,0	
97	24,85	348	5,78	52,6	1091	42,75	470,5	
29	25,20	161	5,09	47,5	873	46,94	440,0	
94	24,00	248	6,17	57,9	1429	43,09	433,2	
96	23,40	293	4,93	49,2	954	40,48	425,3	
01	22,70	27	0,30	2,1	939	40,19	347,6	
01	23,50	29	0,55	3,8	874	35,72	317,5	
19	24,90	876	17,45	163,8	624	33,48	361,5	
88	22,20	319	2,93	21,2	1303	35,32	334,5	
09	—	484	13,82	125,7	745	37,91	422,2	
06	26,20	540	9,91	95,0	804	38,71	403,9	
17	—	—	—	—	899	44,90	488,0	
01	25,70	429	9,68	91,5	805	41,13	447,8	
05	22,50	455	10,79	99,4	898	38,51	382,9	
99	22,70	662	15,56	139,1	1098	42,76	430,1	
99	23,30	850	17,32	176,7	678	31,75	337,0	
96	24,70	905	19,85	183,5	963	46,65	491,7	
08	28,70	173	5,33	55,1	619	37,78	465,6	
17	—	243	8,14	76,4	522	31,31	299,7	
90	—	329	4,52	9,2	2213	65,59	518,5	
95	23,20	—	—	—	1387	42,24	380,6	

Sapin-Epicéa

Sapin-Epicéa

Mélèze

Placette	Surface (ares)	A (années)	N	G (m ²)	V (m ²)	C _a (cm)	H _a (m)
58/31	23,85	36	1002	44,48	459,5	75	21,85
69/63	26,30	36	1133	38,18	379,4	65	22,50
69/67	39,83	36	876	43,73	441,9	79	22,80
71/23	34,52	36	837	46,05	442,4	83	21,90
69/14	45,60	36	708	38,20	407,1	82	23,35
42/20	35,39	37	989	55,98	615,0	84	25,40
69/32	24,79	37	790	41,67	495,8	81	24,10
69/36	33,67	37	656	39,14	472,2	87	23,60
71/13	21,51	37	707	32,19	375,6	76	24,00
69/66	29,43	37	724	32,03	313,1	75	22,30
69/65	36,45	37	883	29,67	249,0	65	19,70
69/58	15,77	37	666	46,61	456,1	94	24,50
71/9	50,44	37	778	42,21	398,7	83	22,90
71/1	19,10	37	692	41,54	415,7	87	23,25
71/50	34,50	37	1348	41,95	447,8	63	22,50
42/54	21,55	37	2014	61,31	711,1	62	24,10
69/256	41,45	38	900	47,11	508,5	81	24,15
42/6	40,55	38	1179	38,01	369,8	64	21,25
69/33	23,17	39	751	38,50	415,1	80	22,90
69/178	20,61	39	990	48,03	563,1	78	26,20
71/40	47,00	40	990	39,38	394,2	71	21,50
71/36	14,26	40	568	48,91	612,6	104	30,30
69/41	30,14	40	551	48,02	569,1	105	27,00
71/55	40,19	40	602	34,90	414,7	85	26,20
71/53	59,20	40	447	33,14	452,2	97	28,70
69/56	30,60	40	425	39,77	478,4	108	29,70
69/43	42,64	41	554	46,46	541,1	103	27,00
69/27	26,98	41	697	48,90	654,7	91	30,20
69/28	34,20	41	608	39,52	510,5	90	28,00
71/56	54,32	41	536	32,35	364,0	87	24,20
71/6	26,52	41	694	39,49	438,3	85	23,00
69/78	22,67	42	1138	65,23	824,7	85	28,70
42/19	26,21	42	1415	56,75	648,3	71	24,10
71/18	21,36	42	557	38,87	413,2	88	26,60
69/37	30,54	43	818	48,26	587,3	86	27,20
71/2	50,44	43	720	49,44	583,1	93	26,70
71/15	27,95	43	687	47,85	616,2	94	27,50
42/22	26,34	45	945	53,92	702,5	85	28,75
69/81	32,76	45	449	32,72	430,1	101	28,50
69/79	37,27	47	577	49,66	565,9	104	28,75
71/37	36,39	50	437	45,76	648,4	115	33,80
71/32	23,38	50	409	32,26	415,8	95	29,30
69/50	15,44	51	913	52,55	627,4	85	27,00
42/7	48,74	51	622	72,11	942,0	121	33,65
69/46	36,90	52	509	70,38	902,0	132	32,90
69/31	25,96	53	955	61,49	789,9	90	30,20
69/3	26,65	53	450	56,13	675,8	125	29,70
69/3 bis	23,64	53	757	63,26	754,4	102	28,10
69/4	19,50	53	482	52,45	522,2	117	26,00
69/2	36,66	53	519	57,54	831,1	118	33,85
71/5	18,33	53	470	59,45	751,7	126	32,20
71/34	29,51	54	515	50,78	695,1	111	34,15

C ₀ (cm)	H ₀ (m)	Eclaircies récentes (souches)			Totaux sur pied			Espèces en mélange
		n	g (m ²)	v (m ³)	N _T	G _T (m ²)	V _T (m ³)	
104	23,40	667	11,37	124,8	1002	44,48	459,5	
100	26,70	323	4,37	38,1	1133	38,18	379,4	
109	—	459	6,44	158,8	876	43,73	441,9	
107	—	264	5,65	43,0	837	46,05	442,4	
117	25,40	285	5,27	48,9	708	38,20	407,1	
114	27,25	73	1,89	17,9	989	55,98	615,0	
110	26,50	516	11,18	109,0	790	41,67	495,8	
120	25,80	217	5,90	64,4	656	39,14	472,2	
95	26,70	497	7,72	77,5	707	32,19	375,6	
99	—	744	13,94	124,7	724	32,03	313,1	
90	—	262	5,54	40,7	883	29,67	249,0	
123	—	298	9,58	87,6	666	46,61	456,1	
121	—	—	—	—	782	42,81	401,8	Sapin
119	—	—	—	—	692	41,54	415,7	
88	24,80	925	13,35	130,5	1348	41,95	447,8	
109	29,00	—	—	—	2014	61,31	711,1	
123	26,65	94	2,71	26,0	977	48,41	518,5	Sapin
104	25,35	269	2,34	14,1	1179	38,01	369,8	
112	24,80	39	3,63	40,8	751	38,50	415,1	
104	28,90	927	15,53	116,8	990	48,03	563,1	
119	24,80	255	4,22	38,3	1111	43,71	437,3	Epicéa
132	32,50	154	3,02	26,9	596	49,20	614,0	Sapin
138	29,30	600	19,96	213,3	574	49,10	581,2	Mélèze
111	28,60	674	13,52	113,4	602	34,90	414,7	
125	30,00	262	16,71	224,9	466	34,22	460,6	Mélèze P. Weymouth Sapin
135	32,60	173	5,25	36,6	441	40,38	484,0	
135	29,30	214	5,81	63,1	554	46,46	541,1	
121	31,10	226	7,82	95,2	697	48,90	654,7	
122	30,50	164	4,61	47,3	608	39,52	510,5	
121	28,00	169	3,27	24,8	558	32,99	370,0	Mélèze
132	—	—	—	—	803	41,45	454,4	Epicéa
115	32,50	35	0,86	7,3	1138	65,23	824,7	
118	29,65	191	6,15	66,5	1415	56,75	648,3	
119	—	80	2,23	23,7	589	43,12	466,4	Sapin P. Weymouth. Mélèze
130	30,40	213	7,24	79,6	887	54,77	670,4	
135	28,05	—	—	—	736	50,14	591,3	
119	—	440	11,91	118,7	687	47,85	616,2	
125	32,70	178	4,49	51,2	945	53,92	702,5	
142	32,10	55	—	70,6	498	33,53	437,2	Sapin
130	—	290	11,96	142,4	580	49,85	567,9	Sapin
148	37,00	209	8,34	92,4	437	45,76	648,4	
128	31,65	292	8,97	86,1	409	32,26	415,8	
121	29,30	823	17,53	231,0	913	52,55	627,4	
164	37,10	257	10,61	98,7	622	72,11	942,0	
168	35,70	160	7,14	84,1	509	70,38	902,0	
142	32,70	154	4,49	50,8	955	61,49	789,9	
153	32,10	274	13,51	151,3	488	58,75	706,2	Epicéa
134	30,70	465	22,72	255,6	757	63,26	754,4	
154	—	138	10,61	104,8	482	52,45	522,2	
153	37,65	475	20,23	248,9	519	57,54	831,1	
193	—	371	19,93	213,6	470	59,45	751,7	
141	37,35	88	4,07	47,8	515	50,78	695,1	

Placette	Surface (ares)	A (années)	N	G (m ²)	V (m ³)	C _G (cm)	H _G (m)
69/16	52,37	54	332	44,82	675,5	130	34,30
69/42	43,52	55	705	67,22	950,5	109	32,50
69/61	17,06	55	791	71,63	863,3	107	28,40
69/77	25,15	55	501	53,94	701,5	116	30,50
71/13	58,39	56	373	51,95	760,4	133	34,40
69/18	36,09	64	526	69,55	1026,3	129	37,80
42/96	10,00	66	306	48,87	735,2	142	37,65
42/9	59,12	69	259	44,72	729,2	147	39,10

II.1 — Les classes de productivité

II.1.1 — Définition

En matière de table de production, la notion habituelle de fertilité intègre généralement l'effet des différents facteurs de production qu'ils appartiennent à la station, au traitement, à l'espèce ou à la race employée. Il nous a semblé préférable d'employer le terme de *classe de productivité* pour définir cet effet complexe et de réserver celui de fertilité pour caractériser ce qui appartient en propre à la station.

II.1.2 — Choix de l'indicateur de productivité

Nous avons conservé comme indicateur de productivité la hauteur du peuplement sur pied, à un âge déterminé. Parmi les hauteurs possibles, nous continuons à employer les deux suivantes :

II.1.2.1 — La hauteur moyenne H_G, hauteur de l'arbre de surface terrière moyenne du peuplement et qui présente l'avantage d'être étroitement liée aux caractéristiques volumétriques du peuplement. C'est en effet également la hauteur de l'arbre de volume moyen V_G. Elle a par contre l'inconvénient de subir des à-coups techniques après les éclaircies, ce qui diminue sa valeur comme indice biologique (J. PARDÉ, 1961 b).

II.1.2.2 — La hauteur dominante H₀, hauteur de l'arbre de surface terrière moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare. Elle caractérise le peuplement dominant et présente au contraire l'avantage d'être bien liée à la production totale du peuplement et de ne pas subir d'à-coups lors du passage des éclaircies. Elle est par contre moins bonne indicatrice du volume sur pied.

II.1.2.3 — Ces deux hauteurs sont utilisées simultanément dans la table, en profitant du fait qu'il existe une liaison statistique étroite entre elles et entre certaines caractéristiques du peuplement. On a en effet établi les relations suivantes à partir des 86 placettes pour lesquelles nous possédons une bonne évaluation de la hauteur dominante H₀ :

$$(1) \quad H_0 = 1,711 + 1,038 H_G \quad R^2 = 0,978$$

$$(m) \quad \quad \quad (m) \quad \quad \quad s = 0,89 \text{ m}$$

(R = coefficient de corrélation ; s = écart-type)

$$(2) \quad H_0 = 2,006 + 0,9039 H_G + 0,0779 A \quad R^2 = 0,980$$

$$(m) \quad \quad \quad (m) \quad \quad \quad (\text{ans}) \quad \quad \quad s = 0,84 \text{ m}$$

Ces relations sont des relations statistiques permettant sur l'ensemble de nos placettes d'utiliser pratiquement l'une ou l'autre de ces hauteurs pour nos calculs. En présence d'une placette déterminée, il vaut mieux, bien sûr, utiliser le plus stable de ces deux paramètres, c'est-à-dire la hauteur dominante.

C ₀ (cm)	H ₀ (m)	Eclaircies récentes (souches)			Totaux sur pied			Espèces en mélange
		n	g (m)	v (m)	N _T	G _T (m ²)	V _T (m)	
161	37,50	92	8,85	130,0	332	44,82	675,5	Sapin
148	36,40	437	14,25	134,7	705	67,22	950,5	
159	32,40	276	21,01	245,2	821	73,41	883,0	
160	35,35	437	19,33	215,7	501	53,94	701,5	
163	36,40	51	2,49	21,8	373	51,95	760,4	
178	40,80	116	7,34	108,0	549	71,37	1053,3	Epicea pin sylvestre
175	41,20	28	2,91	46,2	306	48,87	735,2	Sapin
175	41,85	—	—	—	267	44,85	730,3	

Notons d'ailleurs que la relation (2) peut encore être améliorée en introduisant comme variable le nombre total de tiges à l'hectare N_T. On a alors la relation suivante :

$$(3) \quad H_0 = 1,402 + 0,967 H_G + 0,0751 A - \frac{645}{N_T} \quad \begin{matrix} R^2 = 0,982 \\ s = 0,81 \text{ m} \end{matrix}$$

mais le gain en précision étant faible, quoiqu'encore légèrement significatif, nous avons préféré nous arrêter à la relation (2) à la fois simple et suffisamment précise, puisque :

$$\frac{s_{H_0}}{H_0} 100 = 3,1 \%$$

II.1.2.4 — Une autre hauteur dominante est fréquemment utilisée par les auteurs de langue allemande. Il s'agit de la Spitzenhöhe (H_{sp}) [PRODAN, 1965, p. 184]. Il s'agit de la hauteur moyenne arithmétique des hauteurs des 100 plus gros arbres à l'hectare. Il existe entre H_{sp} et H₀ une liaison linéaire très étroite :

$$H_{sp} = -0,06 + 1,008 H_0 \quad R^2 = 0,996$$

En fait, -0,06 ne s'avère pas significativement différent de 0 et 1,008 n'est pas non plus différent de 1*. De plus cette liaison est indépendante de l'âge.

En étudiant par contre la différence d = H_{sp} - H₀, on trouve un léger biais positif : d = -0,15 m avec t = 2,64 pour 86 placettes. Ce biais est vraiment minime et la valeur du t est elle-même relativement faible.

En conséquence, les valeurs de H₀ et de H_{sp} sont si voisines qu'on peut parfaitement les confondre au niveau de l'utilisation pratique, c'est-à-dire pour caractériser la classe de productivité d'un peuplement.

Nous avons finalement décidé de faire figurer dans les tables la hauteur moyenne H_G et la hauteur dominante H₀.

II.1.3 — Répartition en classes de productivité

Il s'agit là de l'établissement de la relation fondamentale (1) [DECOURT, 1965].

$$H_G = f(A, I)$$

A étant l'âge de la placette et I un indice de productivité.

Nous avons, pour les tables solognotes, adopté une méthode dérivée directement de celle de BRUCE et SCHUMACHER (1950) et utilisée également en Italie par CANTIANI et BERNETTI (1962) pour le Sapin pectiné.

* Au seuil 5 %.

Cette méthode consiste notamment à faire pour l'ensemble des placettes, dans chaque classe d'âge la moyenne des hauteurs et à tracer ensuite une courbe moyenne. Cette courbe moyenne est sensée représenter la croissance en hauteur d'un peuplement de productivité moyenne. En fait, cela n'a lieu que s'il n'existe aucune liaison entre l'âge A et le niveau de productivité de la station. On s'efforce de respecter cette condition lors du choix des placettes temporaires. Mais on n'est jamais certain que cette liaison n'existe pas dans l'ensemble des peuplements eux-mêmes.

Un tel biais apparaît sur la moyenne et modifie fâcheusement la forme des courbes de croissance. Par contre, on peut raisonnablement supposer que dans l'échantillon de n placettes figurent toujours quelques placettes au moins, correspondant au meilleur et au moins bon niveau de productivité observable. Si, par exemple, le pourcentage de très bonnes placettes diminue lorsque l'âge diminue — ce qui provoque un biais sur la moyenne — on peut admettre qu'il ne devient cependant pas nul, et que si le nombre total de placettes est suffisant, il existe toujours assez de points représentatifs du meilleur ou du moins bon niveau de productivité pour permettre le tracé des courbes de croissance en hauteur qui correspondent à ces niveaux extrêmes. Les niveaux intermédiaires peuvent ensuite être répartis en divisant le champ de variation de la hauteur en zones d'égale surface.

Le tracé des courbes limites s'appuie d'ailleurs sur des points représentatifs choisis de façon objective. Dans une même classe d'âge, il est facile de distinguer les meilleures placettes et les moins bonnes, après quoi, on ne retient parmi ces points extrêmes que ceux permettant le tracé d'un contour polygonal convexe, passant par l'origine, à convexité tournée vers le bas* et dont la courbe circonscrite est la courbe de croissance cherchée. On tolérera, bien sûr, une certaine souplesse dans l'application de cette méthode, pour permettre un tracé légèrement incertain sans doute, mais dont la continuité soit conforme à ce que l'on sait de telles courbes de croissance.

Le fait de s'appuyer sur une partie seulement des données disponibles nous a paru largement compensé par l'élimination du biais qu'on risquait d'introduire en utilisant la courbe moyenne.

Cette méthode appliquée à la hauteur moyenne H_c , pour laquelle nous possédions un beaucoup plus grand nombre de mesures, a permis le tracé des courbes de croissance en hauteur correspondant aux trois classes de productivité I, II et III (fig. 2).

En calculant les courbes correspondantes pour la hauteur dominante H_0 , à l'aide de l'équation (2) signalée plus haut, on constate que le réseau de courbes obtenues s'harmonise également correctement avec le nuage de points de coordonnées (H_0, A) (fig. 3).

Les résultats ainsi obtenus figurent dans le tableau 4 qui tient lieu de relation fondamentale (1).

TABLEAU 4
Classes de productivité

Age	Hauteur moyenne (H_c)			Hauteur dominante (H_0)		
	I	II	III	I	II	III
20	15,8	12,8	9,9	17,9	15,2	12,5
25	19,6	16,6	13,6	21,7	19,0	16,3
30	23,1	19,9	16,8	25,2	22,4	19,5
35	26,3	23,0	19,7	28,5	25,5	22,6
40	29,1	25,7	22,4	31,4	28,4	25,4
45	31,6	28,1	24,6	34,1	30,1	27,8
50	33,6	29,9	26,2	36,3	33,0	29,6
55	35,1	31,3	27,5	38,0	34,6	31,2
60	36,3	32,3	28,3	39,5	35,9	32,3

Si on étudie par ailleurs la répartition des placettes par classe de productivité (tableau 5), on constate qu'elle n'est pas trop différente lorsqu'on s'appuie sur l'une ou sur l'autre hauteur.

* On peut vérifier, en consultant les tables de production existantes que cette condition est largement vérifiée dans l'intervalle des âges considéré.

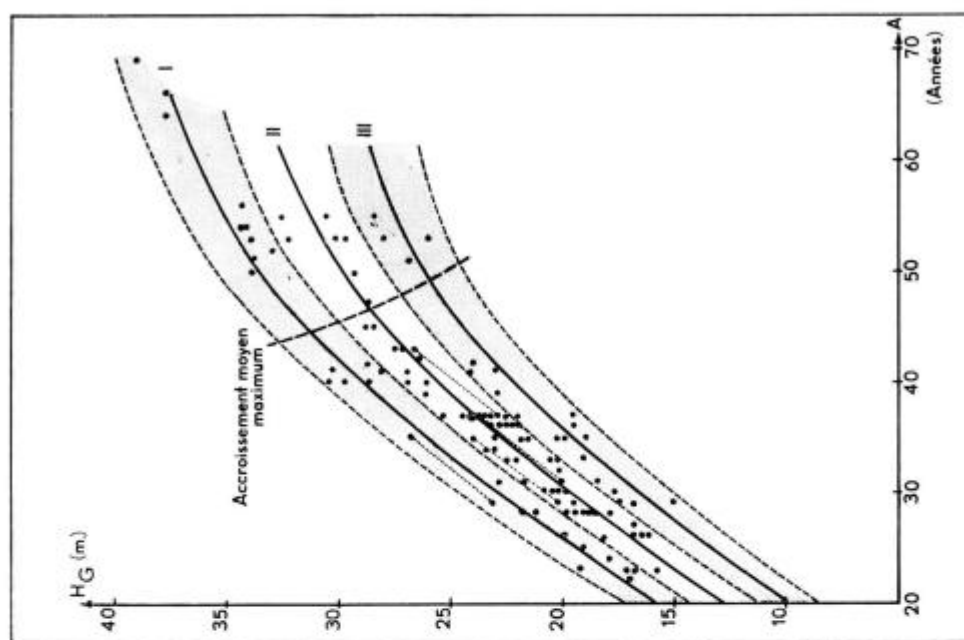


FIG. 2. — Courbes de croissance en hauteur moyenne pour les classes de productivité I, II et III

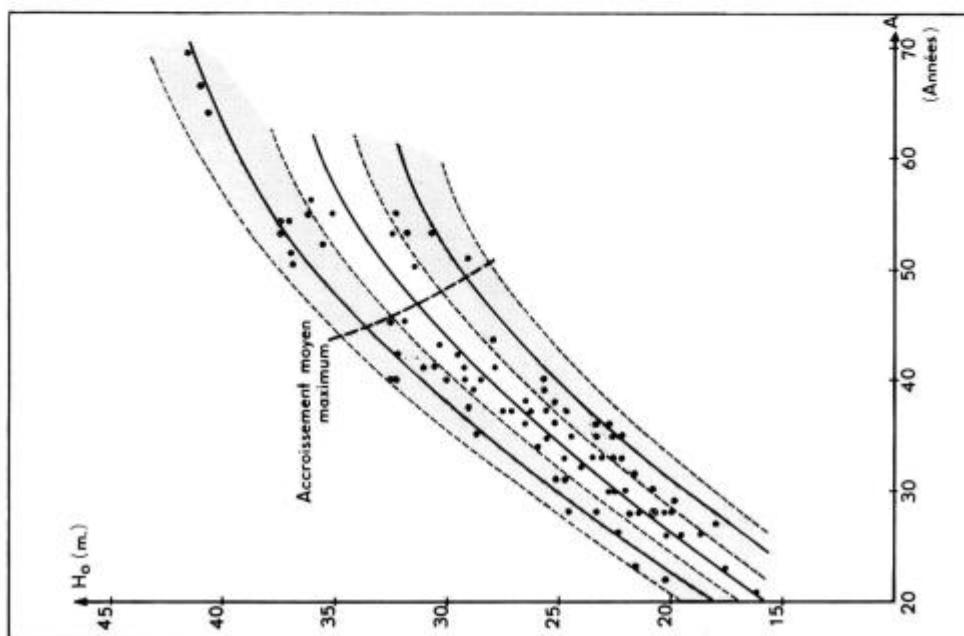


FIG. 3. — Courbes de croissance en hauteur dominante pour les classes de productivité I, II et III

TABLEAU 5

Répartition des placettes par classe de productivité

Classes	Hauteur moyenne		Hauteur dominante	
	Nombre de placettes	%	Nombre de placettes	%
I	26	23,6	26	30,2
II	62	56,4	40	46,5
III	22	20,0	20	23,3
Totaux	110	100,0	86	100,0

Signalons enfin qu'en raison du manque de précision qui règne sur l'évaluation des hauteurs, il nous a semblé illusoire de donner un indice précis de productivité à chaque placette, comme nous avons tenté de le faire en Sologne. Nous nous sommes bornés ici à classer les peuplements en trois classes de fertilité. On peut à la rigueur définir des classes intermédiaires I/II ; II/III pour une classification plus précise des peuplements, mais aller au-delà n'a sans doute pas grande signification pratique.

11.2 — Le calcul des relations fondamentales

11.2.1 — Méthodes et moyens de calcul

C'est, comme pour les tables solognotes, la station de Biométrie qui a pris en charge les calculs de régression multiple, sous la direction de M. TOMASSONE. Le procédé de calcul a d'ailleurs été sensiblement amélioré grâce à la mise au point d'un programme d'analyse de régression progressive [TOMASSONE, 1966 ; MARTIN, 1965].

Il s'agit d'un programme d'explication d'une variable Y en fonction de p variables explicatives X_1, X_2, \dots, X_p . L'ajustement se fait par la méthode des moindres carrés sur un modèle linéaire comme dans le cas habituel des régressions multiples.

L'originalité de la méthode progressive est de fournir les p équations successives qui ajustent le mieux Y . La première équation ne contient qu'une variable explicative : celle qui explique la plus grande part de la variation de Y . La seconde conserve cette variable et lui associe celle qui fournit l'information supplémentaire maximum. On continue ainsi jusqu'à l'introduction des p variables X_i .

A chaque palier, le programme fournit :

- l'écart-type résiduel de l'équation s ,
- le test d'introduction de la dernière variable introduite avec les degrés de liberté correspondant pour le test F de SNEDECOR,
- le coefficient de corrélation multiple R^2
- les coefficients de l'équation de régression et le coefficient constant. Les rapports t de STUDENT des coefficients de régression à leur écart-type.

Les moyens de calcul de la station de Biométrie (*) permettent en outre d'essayer diverses transformations des variables en vue de rechercher les équations les meilleures. Nous nous bornerons évidemment à fournir ci-dessous les seuls résultats retenus en raison à la fois de leur précision et de leur simplicité.

11.2.2 — Les relations fondamentales

11.2.2.1 — La circonférence moyenne : C_G

$$C_G = 3,062 + 1,479 \cdot 10^4 + 2,750 H_G \quad R^2 = 0,930 \quad (4)$$

(cm) (m) $s = 6$ cm

l'apport de la variable A est faiblement significatif.

* Notons que toute une série de calculs annexes ont quand même été effectués à la station par les soins de nos calculateurs MM. QUILLÉ et AYRAL qu'il convient de remercier ici.

$F = 3,34$ pour (1 ; 110). La précision est du même ordre :
 $R^2 = 0,935$ et $t = 5,7$ cm. Nous avons donc retenu l'équation (4)

II.2.2.2 — L'équation-tarif

Il s'agissait d'évaluer le volume sur pied V et cela dans un double but. D'abord pour permettre le cubage éventuel des peuplements sur pied à la suite d'un inventaire, c'est-à-dire à partir des variables suivantes évaluées sur le terrain :

$$A, H_G, N_T, C_G \text{ ou la surface terrière } G = N_T \cdot \frac{C_G^2}{4\pi} \quad (1)$$

Donc à partir de 4 variables explicatives éventuelles.

Ensuite pour permettre la construction d'une table de production, c'est-à-dire, dans le modèle proposé à partir de trois variables seulement (voir les tables pour la Sologne) ou plus :

$$A, H_G, N_T$$

Deux méthodes ont donné des résultats équivalents.

La première est fondée sur le calcul d'une régression progressive après transformation logarithmique des variables. On obtient :

$$\text{pour } n = 114.$$

Numéro du modèle	Variables introduites (après transformation)	test F apport de la dernière variable introduite	R^2 Carré du coefficient de corrélation multiple	s Ecart-type résiduel
1	H_G	305,9 **	0,732	0,174
2	H_G, N	157,3 **	0,889	0,112
3	H_G, N, C_G	511,5 **	0,980	0,475
4	H_G, N, C_G, A	0,9 N.S	0,981	0,475

Le modèle (2) convient pour la table de production avec une erreur relative sur les données non transformées de l'ordre de 11,2 %. Le modèle (3) convient pour un tarif de peuplement après évaluation sur le terrain des variables H_G , N et C_G . Enfin, l'âge n'intervient pas de façon significative. Ce résultat déjà trouvé en Sologne pour le Pin sylvestre et pour le Pin laricio doit être considéré comme une vérification partielle de la loi de EICHORN élargie, puisqu'il implique que la croissance en volume est suffisamment « expliquée » par la croissance en hauteur quelle que soit la classe de productivité.

La seconde consiste à passer par l'intermédiaire du coefficient de forme du peuplement F dont l'intérêt est bien connu pour le cubage rapide des peuplements (PARDÉ, 1961a) et dont la liaison souvent étroite avec C_G et H_G est soulignée par PRODAN (1965).

On peut définir ce coefficient par la relation

$$V = F \times G \times H_G$$

Il fallait donc d'une part étudier l'évaluation de F à partir de C_G , H_G , A et d'autre part étudier la précision obtenue dans l'évaluation de V par cette méthode indirecte.

On obtient pour F :

$$\text{pour } n = 114$$

(1) Les symboles utilisés sont définis dans les pages précédentes et rappelés dans le tableau 3.

Numéro du modèle	Variables introduites	Test F Apport de la dernière variable introduite	R^2 carré du coefficient de corrélation	s écart-type résiduel
1	C_G	112,0 * *	0,500	0,0235
2	C_G, H_G	1,1 N.S.	0,505	0,0235
3	C_G, H_G, A	0,4 N.S.	0,505	0,0236

L'écart-type résiduel correspond à un coefficient de variation de 5,2 % qui donne l'ordre de grandeur de l'erreur-type relative sur le volume du fait de F lorsqu'on applique la relation $V = F \cdot G \cdot H_G$

L'équation correspondant au modèle (1) ci-dessus est plus précisément :

$$F = 0,5399 - 0,001053 C_G \quad (5)$$

(cm)

L'évaluation de V dans ce cas s'effectue alors en trois temps à partir de la connaissance de H_G et de N_T .

— 1^{er} temps. Calcul de C_G [équation 4]

— 2^e temps. Calcul de F [équation 5]

— 3^e temps. Calcul de V :

$$V = F \times \frac{N_T \cdot C_G^2}{4 \pi} \times H_G$$

La précision de la méthode a été testée directement sur les données ayant servi au calcul des relations fondamentales. On a vérifié successivement que :

— la moyenne des écarts entre les volumes calculés et les volumes mesurés n'était pas différente de 0 (test t de STUDENT).

— ces écarts se répartissaient de façon normale autour de leur moyenne (méthode graphique de TOMASSONE, 1963).

De plus, l'écart-type de la répartition fournit une évaluation de l'erreur sur V .

La vérification a porté sur les écarts absolus et sur les écarts relatifs. Dans l'un et l'autre cas, on a constaté l'absence de biais et la normalité des distributions. Les erreurs-types sont de l'ordre de 51,85 m³ soit 11,6 % de la moyenne V pour l'erreur absolue et 11,2 % pour l'erreur relative.

La vérification directe, par la même méthode, de l'équation logarithmique donne : 51,57 m³ et 11,4 %.

A précision égale, on a bien entendu choisi la méthode du coefficient de forme. Elle est d'une part plus simple, et elle fait d'autre part apparaître la variable F pleine d'intérêt pour la pratique.

II.3 — Autres calculs

II.3.1 — Calcul de la circonférence dominante C_0

La circonférence dominante C_0 , circonférence de surface terrière moyenne des 100 plus grosses tiges à l'hectare, caractérise bien le peuplement dominant. Nous l'avons introduit dans la table, en nous appuyant sur l'équation suivante :

$$C_0 = 10,04 + 1,159 C_G - \frac{10\,910}{N_T} + 0,5913 A$$

(cm) (cm) (ans)

$$R^2 = 0,94$$

$$s = 6,6 \text{ cm}$$

$$\frac{s}{C_0} \cdot 100 = 5,8 \%$$

II.3.2 — Production totale et hauteur moyenne

On sait que la hauteur moyenne et plus encore, la hauteur dominante sont étroitement liées à la production totale en volume depuis l'origine. Cette relation propre à une essence déterminée et à

une région climatique donnée a été souvent vérifiée. Malgré son caractère approché, elle a souvent servi de base à diverses études de production et à la construction de tables de production [ETTER, 1949 ; MOOSMAYER, 1957 ; SCHÖBER, 1956 ; KRAMER, 1963, HUMMEL et CHRISTIE, 1953, etc.].

Nous ne l'utilisons pas car trop rares sont les placettes pour lesquelles cette production est connue. Dans le cas du Douglas, nous avons cependant essayé d'établir cette relation, pour permettre une vérification de l'ordre de grandeur des productions trouvées dans la table par une méthode toute différente, et également pour permettre des comparaisons avec les résultats obtenus à l'étranger.

Nous nous sommes appuyés sur les données suivantes :

— Cubage et mensuration des placettes permanentes de Saint-Just-d'Avray, à l'exclusion de la placette n° 2, pour les raisons indiquées plus haut [§ 1, 4, 1]. Ces données figurent dans le tableau 2.

— Cubage et récupération des éclaircies éventuelles dans un certain nombre de placettes semi-permanentes choisis sur les bases suivantes : Plus de 2 000 tiges « récupérées » avant 30 ans ; plus de 1 800 après 30 ans, ou bien la possession de renseignements certains sur l'absence d'éclaircie ou le volume à l'hectare des éclaircies antérieures. On a ainsi utilisé les résultats obtenus dans les 19 placettes suivantes : 69/13, 49/03, 69/11, 69/12, 71/52, 71/54, 69/85, 42/20, 69/125, 71/15, 69/44, 69/23, 69/32, 42/54, 69/178, 69/78, 69/50, 69/3 bis, 69/18 (tableau 3).

La placette 69/18 d'âge avancé (64 ans) est la seule que nous ayons utilisée sur la foi des renseignements fournis par le propriétaire (318,7 m³/ha enlevés en éclaircie).

— Enfin, l'absence de données suffisantes sur les hauteurs dominantes, notamment dans les placettes permanentes, nous a obligé à utiliser comme variable, la hauteur moyenne H_G .

La relation trouvée pour 29 couples de données est la suivante :

$$\text{Log. } \Sigma I = 0,43436 + 1,7185 \text{ Log. } H_G$$

ΣI = production totale bois fort en m³/ha/an

H_G = hauteur moyenne en m

Les logarithmes sont à base 10.

$$R^2 = 0,95$$

$s = 0,073$ soit une erreur-type relative de l'ordre de 7,3 % sur les données non transformées.

La courbe correspondante est finalement beaucoup plus proche de la courbe britannique (HUMMEL et CHRISTIE, 1953) que de la courbe allemande (SCHÖBER, 1956) (fig. 4). Elle n'est pas non plus sensiblement différente de la même courbe tracée à partir de notre table de production.

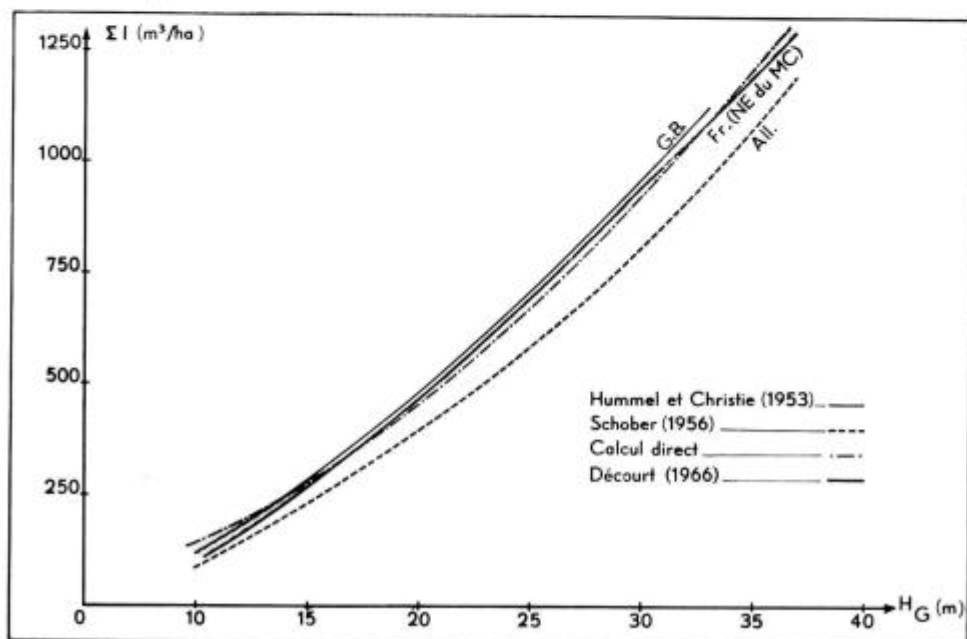


FIG. 4. — Production totale en fonction de la hauteur moyenne

III. — ÉTABLISSEMENT DES TABLES

A partir des relations fondamentales établies au Chapitre II, la table de production articulée en trois classes de productivité, se calcule exactement suivant la méthode exposée pour les Pins de Sologne.

3.1 — Choix du régime d'éclaircie

3.1.1 — Intensité et nature des éclaircies

Rappelons que l'intensité de l'éclaircie est définie par le nombre de tiges laissées à l'hectare lorsque le peuplement atteint une hauteur donnée. A intensité égale, la nature de l'éclaircie est précisée par le rapport $\frac{V_m}{V_G}$ où v_m est le volume moyen de l'arbre enlevé en éclaircie et V_G le volume de l'arbre moyen du peuplement avant éclaircie. On a précisé en outre le rapport $\frac{\Sigma v}{\Sigma I}$ où Σv est le volume enlevé en éclaircie depuis l'origine et ΣI la production totale également depuis l'origine.

Comme indiqué plus haut, ce régime d'éclaircie s'appuie essentiellement sur les résultats obtenus dans notre meilleure placette permanente de Saint-Just-d'Avray. On s'est appuyé également sur les placettes semi-permanentes les mieux gérées par leurs propriétaires. Enfin, les tables de production étrangères déjà mentionnées, ont permis des comparaisons utiles pour définir un système rationnel d'éclaircies (fig. 5 et fig. 6).

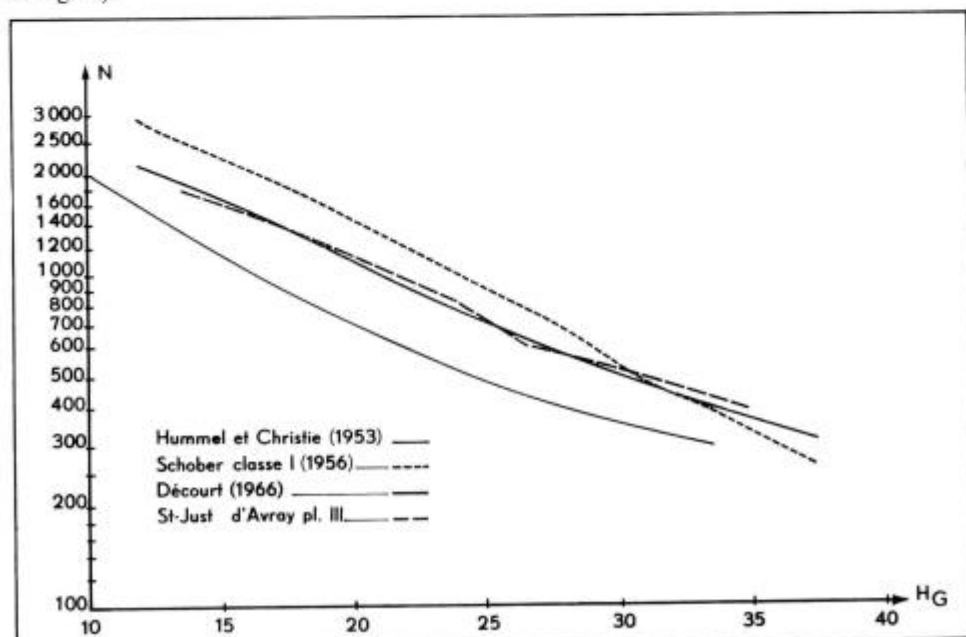


FIG. 5. — Choix du régime d'éclaircie. Nombre de tiges à l'hectare en fonction de la hauteur moyenne

Notons d'ailleurs que, même si les intensités des éclaircies sont nettement différentes, le choix de la nature de l'éclaircie par le rapport $\frac{V_m}{V_G}$ se réduit très vite à une

marge étroite avec la croissance du peuplement, $\frac{V_m}{V_G}$ devient alors une fonction de N et de H_G . Cela explique que, finalement, bien que le volume sur pied soit fixe si H_G et N le sont, la production totale soit peu dépendante de la nature de l'éclaircie pratiquée.

Cette remarque ne vaut bien sûr que pour des éclaircies raisonnables, telles que les pratiquent les sylviculteurs de nos régions. Il est évident en effet que la nature de l'éclaircie et son intensité ne sont pas indépendantes. A partir d'une certaine intensité, on travaille forcément dans l'étage dominant même si on se proposait de faire une éclaircie par le bas. Inversement, si on se propose une éclaircie par le haut, à partir d'une certaine intensité, on enlèvera forcément de nombreuses tiges de sous-étage, si on ne veut pas déraisonnablement sacrifier des sujets d'avenir.

Ces liaisons apparaissent assez nettement sur la figure 6.

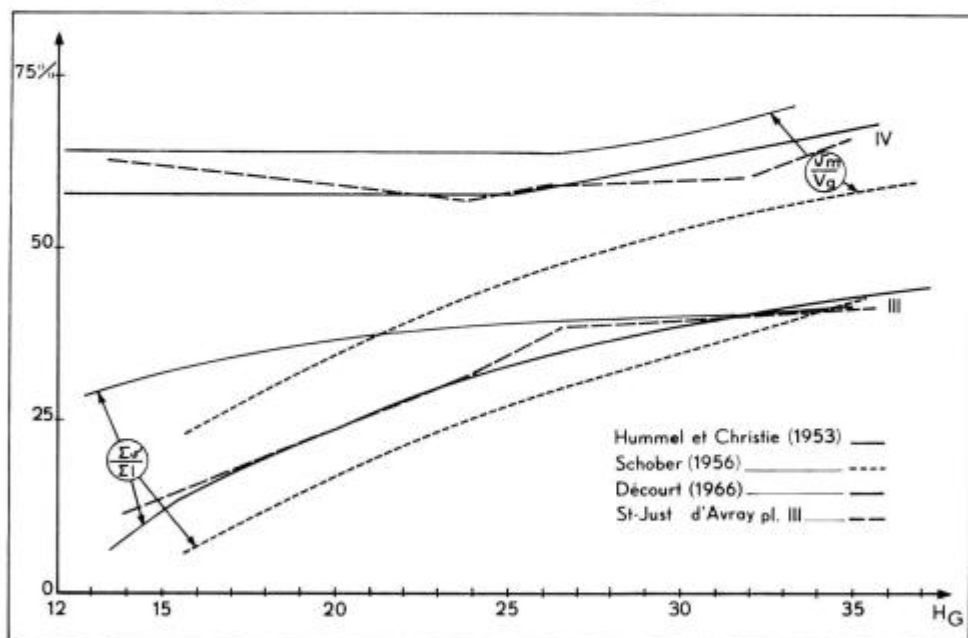


FIG. 6. — Choix du régime d'éclaircie

Variation des rapports $\frac{\Sigma V}{\Sigma I}$ et $\frac{V_m}{V_G}$ (en %) avec la hauteur moyenne

3.1.2 — Rotations et pratiques des éclaircies

La rotation des éclaircies a été fixée uniformément à 5 ans pour toutes les classes de fertilité et à tout âge. C'est trop long pour le jeune âge et pour les meilleurs peuplements, légèrement trop court à un âge plus avancé pour les moins bons peuplements. Chacun modifiera cette durée moyenne en fonction des conditions locales.

TABLEAU 6

Table intermédiaire

	H_G (m)	N	C_G (cm)	G (m ²)	V_G (dm ³)	V (m ³)	n	$\frac{v_{00}}{V_G}$	v_{00} (dm ³)	v (m ³)	g (m ²)	c_G (cm)	Σc (m ³)	ΣI (m ³)
AV	11,0	2 100	37,7	23,752		130,9	—	—	—	—	—	—	—	130,9
AP	12,0	2 100	40,2	27,006		161,7	—	—	—	—	—	—	—	161,7
AV	14,0	2 100	45,2	34,142	112,4	236,1	—	—	—	—	—	—	—	—
AP	14,1	1 800	46,6	31,105		216,9	300	0,57	64,1	19,2	3,037	35	19,2	236,1
AV	17,0	1 800	53,9	41,614	190,2	342,4	—	—	—	—	—	—	—	—
AP	17,3	1 400	57,0	36,197		299,0	400	0,57	108,4	43,4	5,417	41	62,6	361,6
AV	20,0	1 400	63,8	45,348	306,4	429,0	—	—	—	—	—	—	—	—
AP	20,3	1 100	67,4	39,765		376,6	300	0,57	174,7	52,4	5,583	48	115,0	491,6
AV	23,0	1 100	74,2	48,194	465,6	512,1	—	—	—	—	—	—	—	—
AP	23,3	840	79,1	41,824		443,1	260	0,57	265,4	69,0	6,370	55	184,0	627,1
AV	26,0	840	85,9	49,324	685,5	575,8	—	—	—	—	—	—	—	—
AP	26,1	650	91,3	43,117		500,3	190	0,58	397,6	75,5	6,207	64	259,5	759,8
AV	29,0	650	98,5	50,185	976,2	634,5	—	—	—	—	—	—	—	—
AP	28,9	520	104,0	44,757		557,1	130	0,61	595,5	77,4	5,428	72	336,9	894,0
AV	32,0	520	111,7	51,630	1 359,8	707,1	—	—	—	—	—	—	—	—
AP	31,9	430	117,4	47,162		628,8	90	0,64	870,3	78,3	4,468	79	415,2	1 044,0
AV	35,0	430	125,2	53,637	1 781,2	765,9	—	—	—	—	—	—	—	—
AP	34,6	360	130,9	49,088		682,4	70	0,67	1 193,4	83,5	4,549	90	498,7	1 181,1
AV	37,0	360	136,9	53,691	2 179,7	784,7	—	—	—	—	—	—	—	—
AP	36,6	320	141,0	50,626		724,5	40	0,69	1 504,0	60,2	3,065	98	558,9	1 283,4

Il faut, par contre, insister sur la nécessité d'intervenir assez fortement dans l'étage dominant dès le jeune âge, tout en éliminant quand même les sujets dominés qui, dans le cas du Douglas, n'ont absolument aucune chance de démarrer tardivement.

Introduit dans une région où l'essence traditionnelle est le sapin pectiné, le Douglas a été souvent traité de façon analogue au sapin alors que son tempérament est totalement différent. On doit permettre aux tiges d'avenir de Douglas de développer leurs cimes librement dès 18-20 ans sous peine de compromettre définitivement l'avenir du peuplement.

Sur le plan de notre norme d'éclaircie, cela se traduit par la constance du rapport $\frac{V_m}{V_G}$ pendant une grande partie de la vie du peuplement. Les tables de production de HUMMEL et CHRISTIE (1953) respectent la même règle. Les nouvelles Management Tables (1965) préconisent même une augmentation de ce rapport dans le jeune âge, c'est-à-dire une intervention encore plus précoce dans l'étage dominant.

Finalement, les normes choisies, en fonction toujours, de la hauteur des peuplements et de l'âge, apparaissent comme intermédiaire entre celles de HUMMEL et CHRISTIE (1953) et celles de SCHOBBER (1956) (fig. 5, fig. 6 et tableau 6).

Le facteur d'espacement (cf. BECKING, 1951 ; PARDÉ, 1961) ; correspondant à notre régime d'éclaircie se maintient autour de 15-16 %. Ces valeurs sont comparables à celles de la table de CANTIANI, 1965, mais sensiblement inférieures à celles des tables britanniques : 18-19 % pour HUMMEL et CHRISTIE, 1953, 22-24 % pour les Management Tables, 1966*.

3.2 — Calcul de la table de production

Nous n'avons pas calculé de tables dites « de base » (DECOURT, 1965) donnant V_G , V_G , C_G et G en fonction de H_G , N_T ; en raison de la simplicité des formules proposées qui permettent à chacun d'effectuer ces calculs.

La table intermédiaire (tableau 6) n'appelle pas de remarque particulière. Les tables de production sont reportées en annexe (annexe 1).

D'autres tables correspondant à d'autres modèles d'éclaircie peuvent bien sûr être établies à partir des données de base. Nous n'avons pour ces tables provisoires présenté qu'un seul modèle, mais nous pouvons, à la demande, en construire d'autres, à condition bien sûr, de rester dans le domaine de validité de nos équations, c'est-à-dire de demeurer dans l'éventail des conditions réellement observées sur le terrain.

3.3 — Tables annexes — Pourcentage d'écorce

Les pourcentages d'écorce E % (volume d'écorce, rapporté au volume bois-fort tige sur écorce) ont été étudiés sur 31 peuplements d'âge et de fertilité divers, ainsi que dans nos placettes permanentes.

* Le calcul ne peut être fait pour la table de SCHOBBER, 1956, qui ne donne pas de hauteur dominante.

3.3.1 — Dans les placettes permanentes

On a constaté que, pour un peuplement donné, ce pourcentage ne dépend significativement, ni de la hauteur, ni de la grosseur des tiges..

On a constaté également que le pourcentage en surface terrière mesuré à la moitié de la hauteur bois fort donnait une évaluation correcte du pourcentage réel en volume, pour l'ensemble d'un lot d'une vingtaine de tiges. Ce résultat a été utilisé dans les placettes semi-permanentes, pour évaluer le pourcentage d'écorce du peuplement à partir de sondages effectués sur les arbres de l'échantillon cubé sur pied.

3.3.2 — Variation du pourcentage d'écorce avec l'âge, la hauteur moyenne et la circonférence moyenne

Pour les 31 peuplements étudiés, on obtient les R^2 suivants :

$$R^2_{E/A} = 0,031$$

$$R^2_{E/CG} = 0,043$$

$$R^2_{E/HG} = 0,004$$

Ces valeurs non significativement différentes de 0, montrent que le pourcentage d'écorce n'est lié ni à l'âge, ni à la circonférence moyenne, ni à la hauteur moyenne du peuplement.

Le pourcentage moyen, soit 12,7 %, peut donc être retenu avec pourtant l'importante remarque suivante : ce pourcentage est très différent selon la race (coefficient de variation : 18,6 %). En conséquence, pour un peuplement donné, il est recommandé de le déterminer directement sur quelques tiges échantillons.

Le pourcentage moyen de 12,7 % est comparable à celui indiqué par HAUSSER et BOLSINGER (1956), soit 12,50 % avec une dispersion des données de 9,8 - 17,3 également comparable à la nôtre, mais légèrement supérieur aux valeurs avancées par PARDÉ (1961a), de 10 à 11 %.

3.4 — Tables annexes — Cubage des peuplements sur pied

Pour effectuer un cubage rapide des peuplements sur pied, on fera l'inventaire du peuplement en circonférence (ou diamètre), d'où on déduira la surface terrière G et la circonférence moyenne C_G . Le tableau de l'annexe 2 permet une évaluation rapide de F en fonction de C_G . La mesure des hauteurs totales de 5 à 6 arbres de circonférence moyenne permet d'évaluer la hauteur moyenne H_G (par simple moyenne arithmétique de ces quelques mesures).

Le volume du peuplement calculé alors par la formule :

$$V = F \cdot G \cdot H_G$$

$$(m^3) \quad (m^2) \quad (m)$$

est connu avec une erreur-type relative de l'ordre de $\pm 5,2$ %.

3.5 — Tables annexes — Assortiment

La commercialisation des bois de Douglas sera de plus en plus comparable, à qualité égale, à celle des essences indigènes Epicéa commun ou Sapin pectiné. Le Douglas n'est inférieur à ces essences que pour les produits destinés à la râperie où, semble-t-il, les seuls débouchés pendant quelque temps encore seront les pâtes Kraft (LEBRUN, 1963).

Il est donc intéressant de pouvoir évaluer le pourcentage de volume destiné :

- au bois de feu ou à la râperie,
- au bois de mine et d'industrie,
- à des usages plus rémunérateurs (sciage, charpente, etc.).

Les études effectuées dans nos places permanentes nous ont conduit à répartir soigneusement les produits exploités en éclaircie, comme d'ailleurs le volume des échantillons sur pied, entre les catégories décrites dans l'annexe 3, à savoir :

- bois de feu — Sciage de qualité IV
- rondin — Sciage de qualité III
- bois de mine — Sciage de qualité II
- poteaux

Ces catégories s'inspirent de très près de celles exposées par VENET (1951).

La documentation ainsi rassemblée porte sur des placettes peu nombreuses, mais de qualités diverses, d'âges variés et soumises à des éclaircies très différentes.

L'exploitation de ces données a été conduite de la façon suivante :

— Recherche d'un critère permettant de répartir les produits en catégories commerciales, qu'il s'agisse d'un volume sur pied, ou d'un lot d'arbres exploités en éclaircie. Contrairement à ABADIE (1956), qui étudiait des m³, nous avons choisi d'étudier des pourcentages de volume bois-fort tige. La circonférence moyenne C_G s'avère par ailleurs être un excellent critère ayant le double mérite de s'appliquer aussi bien à des peuplements sur pied qu'à des produits d'éclaircie et d'autre part de figurer dans les tables de production.

— La variation de pourcentage en volume d'un produit déterminé est par ailleurs assez complexe. Si C_G s'accroît, le pourcentage d'une catégorie, le bois de mine par exemple commence par croître au détriment de la catégorie inférieure. Par la suite, C_G s'accroissant encore, ce pourcentage pourra décroître, une part de plus en plus importante des produits étant classée au contraire dans la catégorie supérieure. ABADIE (1956) avait essayé d'ajuster ces variations à une courbe dite bi-droite, formée de deux segments de droite.

Il nous a semblé préférable de regrouper les produits par *catégories cumulées*, à partir des catégories inférieures, car alors les pourcentages cumulés décroissent constamment lorsque C_G croît. De plus, nous avons dû grouper les produits pouvant

donner lieu à un classement ambigu, tel que Bois de mine et Poteaux par exemple. Les catégories cumulées regroupent finalement :

- Bois de feu et rondins, soit Y_a ,
- Bois de mine, poteaux, bois de feu et rondins, soit Y_b ,
- Choix IV, Bois de mine, poteaux, bois de feu et rondins, soit Y_c .

Il est clair que le pourcentage de choix IV par exemple s'obtient facilement par la différence $Y_c - Y_b$, dès lors qu'on connaît les variations de Y_c et Y_b en fonction de C_G .

Le choix III et au-dessus, s'obtient de même par la différence $100 - Y_c$ puisqu'il s'agit de pourcentages.

Les liaisons entre Y_a , Y_b , Y_c et C_G sont remarquablement simples et relativement étroites, on obtient :

$$Y_a = -5,77 + 1 \frac{280}{C_G} \quad R^2 = 0,56 ; s = 5,3 \%$$

$$Y_b = -63,56 + 8 \frac{092}{C_G} \quad R^2 = 0,95 ; s = 4,0 \%$$

$$Y_c = -55,34 + 9 \frac{330}{C_G} \quad R^2 = 0,74 ; s = 9,6 \%$$

La figure 7 donne les courbes correspondantes. Le tableau de l'annexe 4 donne la répartition du volume par catégorie de produits. Cette répartition peut être appliquée aux volumes figurant dans la table de production en fonction des circonférences moyennes.

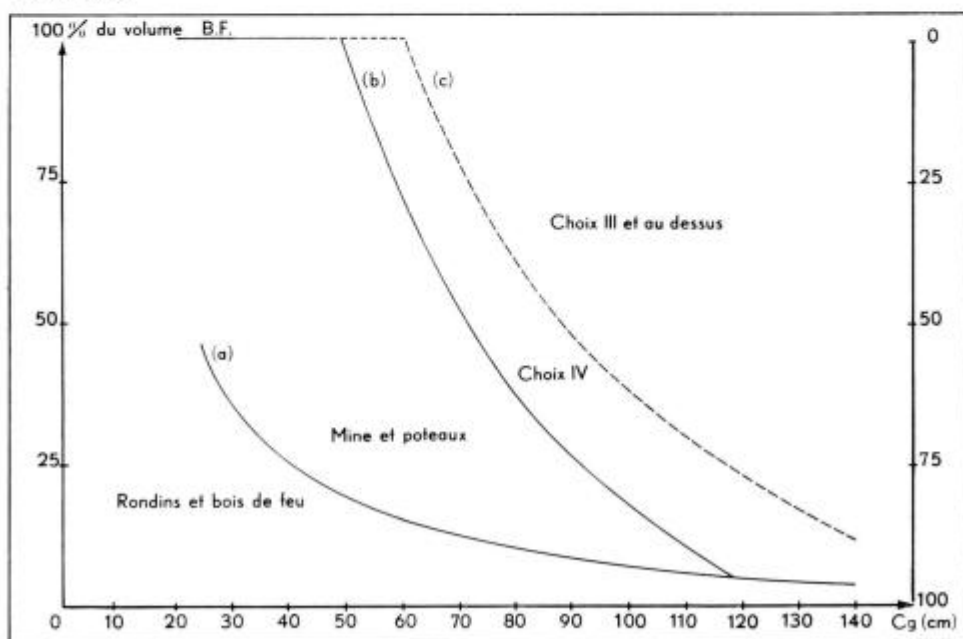


FIG. 7. — Pourcentage de différentes catégories technologiques, en fonction de la circonférence moyenne du lot

IV. — COMPARAISON AVEC D'AUTRES TABLES

Nous limiterons nos comparaisons aux tables britanniques (HUMMEL et CHRISTIE, 1953) et (MANAGEMENT TABLES, 1966) allemandes (SCHÖBER, 1956) et italiennes, (CANTIANI, 1965), les plus récentes, ainsi qu'à l'étude de J. PARDÉ (1956).

4.1 — Classes de productivité et croissance en hauteur

Les hauteurs utilisées comme critères de productivité sont souvent différentes selon les tables. Certaines ne donnent pas de hauteur dominante [SCHÖBER], d'autre n'indiquent même plus la hauteur moyenne [CANTIANI, MANAGEMENT TABLES].

Cela oblige à comparer tantôt les courbes de croissance en hauteur moyenne, tantôt les mêmes courbes en hauteur dominante (fig. 8).

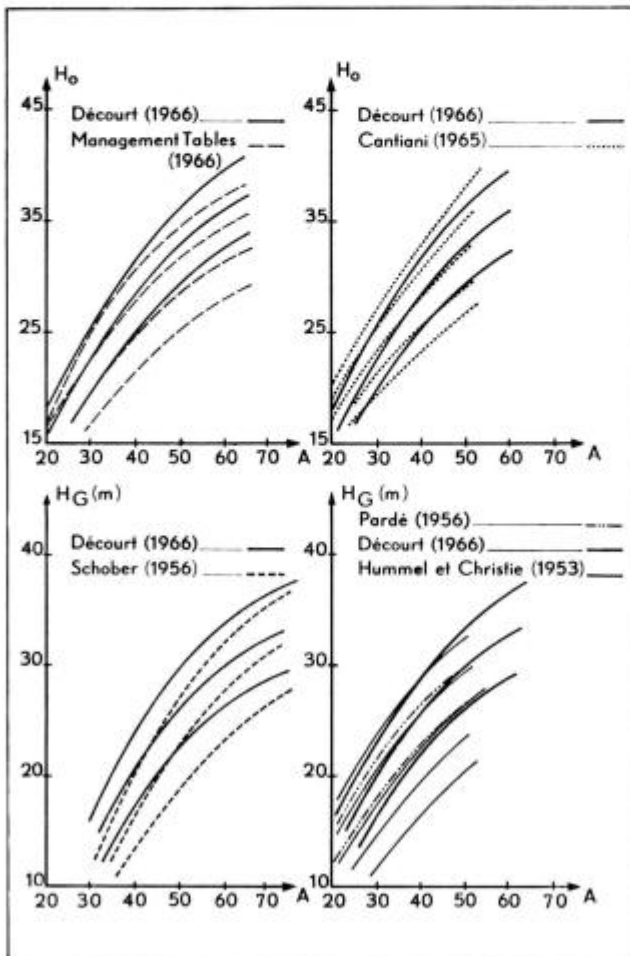


FIG. 8. — Croissances en hauteur d'après différentes tables de production

On peut par contre, pour ces comparaisons, qui portent surtout sur l'allure de la croissance, négliger les différences de définition entre hauteurs moyennes ou hauteurs dominantes selon les pays.

On constate sur la figure 8 que la croissance en hauteur moyenne est plutôt moins rapide dans le Nord-Est du Massif-Central qu'en Allemagne et qu'elle s'apparente plus à celle indiquée par la table de HUMMEL et CHRISTIE, avec cependant une certaine tendance à se maintenir plus longtemps. On voit que l'hypothèse adoptée par J. PARDÉ en 1956 était des plus plausibles.

L'étude des MANAGEMENT TABLES, plus récentes, confirme d'ailleurs cette tendance, pour l'évolution de la hauteur dominante avec l'âge.

La croissance en hauteur est également plus rapide chez nous qu'en Toscane.

Si pour les allures de croissance nos courbes sont intermédiaires entre les courbes allemandes et britanniques d'une part, allemandes et italiennes d'autre part, l'étalement en classe de fertilité est évidemment assez différent. Notre meilleure classe est nettement supérieure à celle de SCHOBER, sensiblement inférieure à celle de CANTIANI et comparable à la britannique.

Au contraire, notre classe inférieure reste supérieure aux moins bonnes des pays voisins.

4.2 — Production totale et hauteur

Ne revenons pas sur l'excellente concordance constatée entre nos deux méthodes d'établissement de la courbe donnant la production totale en fonction de la hauteur moyenne (fig. 4).

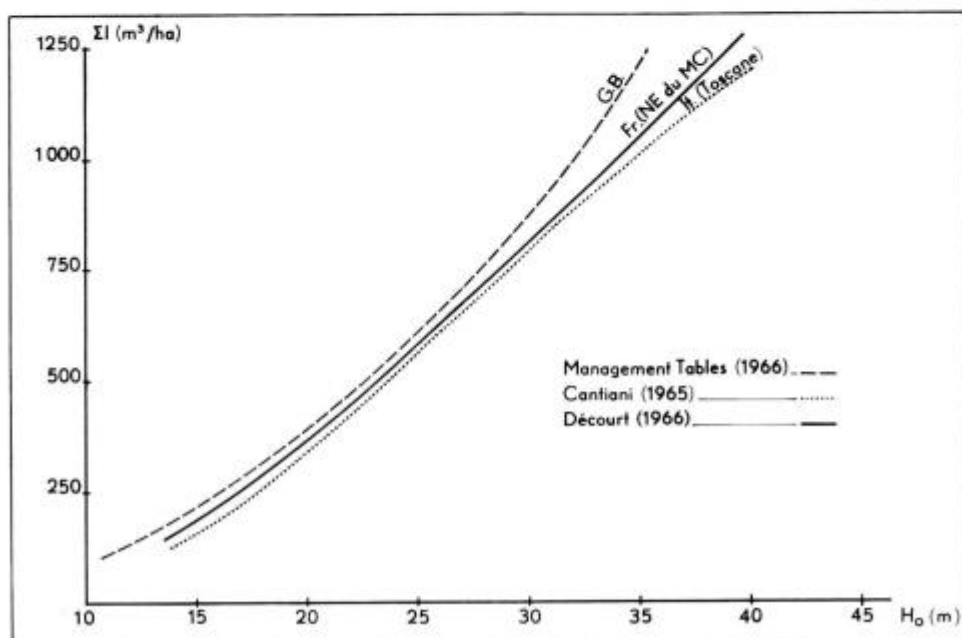


FIG. 9. — Production totale en fonction de la hauteur dominante

On constate sur la figure que comme pour les hauteurs, notre « courbe de Eichhorn » est intermédiaire entre la courbe allemande et la britannique, tout en restant plus proche de cette dernière.

La même constatation peut être faite pour la courbe de la production totale en fonction de la hauteur dominante (fig. 9). Nous nous situons entre les britanniques et les italiens.

Ces résultats sont finalement conformes à la position géographique et au climat de la région qui nous occupe dont la continentalité est intermédiaire entre celle de l'Europe centrale et des Iles britanniques et qui subit pourtant des influences méridionales non négligeables. Dans l'ouest de notre pays, voire même du Massif-Central, les résultats seraient peut-être assez différents.

4.3 — Production moyenne

Les productions moyennes résultent en définitive des deux données précédentes. Les meilleurs peuplements italiens ou britanniques culminent vers 23 m³/ha/an, c'est-à-dire légèrement au-dessus des nôtres. Par contre, la classe I de SCHÖBER correspond à peu près à notre classe II.

L'âge auquel on atteint la production moyenne maximum se situe chez nous, comme chez nos voisins, entre 45 et 55 ans. Le maximum est d'autant plus tardif que la qualité des peuplements est moins bonne (fig. 3 et 4) ; mais les différences sont finalement moins grandes chez le Douglas que chez d'autres essences comme le Pin sylvestre, l'Epicéa commun ou, mieux encore, les chênes ou le Hêtre.

Nous arrêtons là ces quelques remarques, les différents régimes d'éclaircie ayant été comparés plus haut [Ch. III, § 1].

* * *

V. — CONCLUSION

Comme pour les tables solognotes et pour des raisons analogues, ces tables de production provisoires ne constituent qu'une première approche du problème.

Elles font partie d'une « première génération » de tables de production françaises en cours d'établissement pour les principales essences utilisées dans notre pays.

Elles seront bien sûr améliorées dans les années à venir à partir d'observations renouvelées dans le même réseau de placettes semi-permanentes simplifiées. Les résultats fournis provisoirement ont cependant le mérite d'être établis à partir d'un nombre déjà important de mesures et par des méthodes « objectives » fondées sur l'analyse statistique.

Le régime d'éclaircie proposé n'a pas non plus la prétention de convenir à tous les cas particuliers, mais il correspond à l'observation de faits réels et à une sylviculture réellement pratiquée. Il peut donc servir de guide aux forestiers privés ou d'Etat, pour la gestion de leurs peuplements de Douglas.

Reçu pour publication en janvier 1967

REMERCIEMENTS

Que soient remerciés ici :

- les propriétaires qui nous ont autorisé à installer chez eux nos placettes, ainsi que l'Office national des Forêts (Direction Régionale de Lyon) pour l'aide que nous ont apportée ses agents.
- M. PARDÉ, Directeur de Recherches, Chef de la Station de Sylviculture et Production, pour ses bons et nombreux conseils.
- Les membres de la station de Biométrie et notamment M. TOMASSONE.
- Tous ceux qui ont collaboré avec nous, techniciens, calculateurs, dessinateurs et secrétaires.

SUMMARY

DOUGLAS FIR IN THE NORTHEAST OF THE FRENCH « MASSIF CENTRAL »
PROVISIONAL YIELD-TABLES

This yield-table concerns even-aged pure stands. It has been almost entirely computed from temporary plots.

The method is based on the computation of relationships, by the multiple regression method, using the following variables : Age, mean-height, dominant height, number of stems per hectare, mean circumference, dominant circumference and stand volume.

These equations enable the computation of fundamental relations giving the growth of the height, the mean circumference and the volume.

From these relations and after the choice of a thinning regime, it is possible to calculate usual yield-tables.

These tables are completed with subsidiary tables permitting a fast calculation of stand volumes owing to a form-coefficient and also the repartition of the volumes between different classes of technological products.

These tables are not definitive. During the next years, they will be improved on the ground of new measures made in network of temporary subplots.

ZUSAMMENFASSUNG

DIE DOUGLASIE IN NORDOSTEN DES FRANZOZISCHEN « MASSIF CENTRAL »
VORLAUFIGE ERTRAGSTAFELN

Die vorliegende Ertragstafel wurde für Douglasienreinbestände nahezu ausschliesslich mit einmalig erhobenen Versuchsflächen aufgestellt.

Das angewandte Verfahren beruht auf der Berechnung von Mehrfachregressionsgleichungen unter Einbeziehung von Alter, Mittelhöhe, Oberhöhe, Stammzahl pro Hektar, mittlerer Umfang, Umfang des Kreisflächenmittelstammes der 100 stärksten Stämme pro Hektar und Vorratsmasse.

Diese Gleichungen erlauben die Berechnung von Grundbeziehungen, die dem Höhenzuwachs, dem Umfangzuwachs und dem Massenzuwachs Rechnung tragen.

Ausgehend von diesen Grundbeziehungen und nach Wahl der Durchforstung werden die Tafeln in der bisher üblichen Art berechnet.

Die Ertragstafeln werden durch eine Sortentafel und eine Formzahltafel ergänzt ; letztere erlaubt eine rasche Bestandesmassenschätzung.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AYRAL P., ABADIE J. 1956. Méthode de calcul du volume des peuplements sur pied dans les places d'essai de sylviculture. *Ann. Ec. nation. Eaux Forêts*. 15, (1), 1-134.
- BECKING J.M., 1953. Einige Gesichtspunkte für die Durchführung von vergleichenden Durchforstungsversuchen in gleichältrigen Beständen. *Rapport du 11^e Congrès de l'I.U.F.R.O.* Rome, 580-582.
- BRADLEY R.T., CHRISTIE J., JOHNSTON D.R., 1966. Forest management tables. *Forestry Comm. Booklet* 16, 218.
- BRUCE O., SCHUMACHER F., 1950. *Forest Mensuration*. 3^e édition 483. McGraw-Hill Book Company. New York.

- CANTIANI M., BERNETTI G., 1962. *Tavola alsometrica delle Abetine Coetanee della Toscana*, 42. Università di Firenze.
- CANTIANI M., 1965. *Tavola alsometrica della Pseudotsuga Douglasii in Toscana. Ricerche sperimentali di dendrometria et di auxometria. Università di Firenze*, 4, 32-73.
- DEBAZAC E.F., 1964. *Manuel des Conifères* 172. Editions de l'E.N.E.F.
- DECOURT N., 1965. Le Pin sylvestre et le Pin Laricio de Corse en Sologne. Tables de production provisoires et méthodes utilisées pour les construire. *Ann. Sci. forest.* 22 (2), 259-318.
- ESTIENNE P., 1956. *Recherches sur le climat du Massif-Central français*. Paris, 242.
- ETTER M., 1949. Über die Ertragsfähigkeit verschiedener Standortstypen. *Mitteilanger des Schweizerischen Anstalt.* 26, 91-152.
- FOURCHY P., 1954. Etudes sur le développement et la production de quelques peuplements de Douglas. *Ann. Ec. nation. Eaux Forêts*, 14 (1), 87-151.
- GIRAUD A., 1952. Rendement du Douglas. *Rev. forest. fr.* janvier, 55-56.
- HAUSSER K., BOLSINGER E., 1956 *Inhalt und Schaftform der grünen Douglasie Engen ulmer*. Stuttgart, 55.
- HUMMEL F.C., CHRISTIE J., 1953. Revised Yield Tables for Conifers in Great Britain. *Forest Record*, 24, 1-24.
- KANSOW H., 1937. Die Douglasie. Aufstellung einer Ertragstafeln auf der Ergebnisse der Preussischen Probeflächen und Auswertung von Provenienzversuchen. *Z. Forst- u Jagdewesen*, 65-93, 113-139 et 214-271.
- KRAMER H., 1963. Der Einfluss von Grossklima und Standort auf die Entwicklung von Waldbeständen am Beispiel langfristig beobachteter versuchflächen von Douglasie, Fichte, Buche und Eiche. *Schriftenreihe der Fakultät Göttingen.* 21-22, 140.
- LACAZE J.F., 1964. Note sur la résistance au froid du Douglas suivant l'origine des graines *Rev. forest. fr.* mars, 225-227.
- LANIER L., 1966. Les maladies cryptogamiques du Douglas en France. *Rev. forest. fr.* avril, 247-265.
- LEBRUN R., 1963. Aperçu sur les débouchés actuels du bois de Douglas. *Rev. forest. fr.* octobre, 785-790.
- LIES E., 1965. Etude sur les principales essences résineuses de l'Ouest Américain. *Rapport de stage, Nancy*, 114.
- MACARDLE et AL., 1959. The Yield of Douglas Fir in the Pacific Northwest. *U.S. Agric. Min.* Washington, 74.
- MARTIN G., 1965. Analyse de régressions multiples. *Thèse fac. Nancy*.
- MOOSMAYER H.U., 1957. Zur ertragskundlichen Auswertung der Standortgliederung im Ostteil der Schwäbischen Alb., 1-41.
- PARDÉ J., 1956. Douglas et tables de production. *Ann. Ec. nation. Eaux Forêts.* 15 (1), 139-169.
- PARDÉ J., 1961a. *Dendrométrie* 350. Imp. Louis Jean-Gap.
- PARDÉ J., 1961 b. Comment préciser l'intensité d'une éclaircie. *Rev. forest. fr.* août-sept., 551-557.
- PARDÉ J., 1962. Aperçu sur la productivité des Reboisements du Haut-Beaujolais. *Rev. forest. fr.* avril, 299-312.
- POURTET J., 1951. *Les repeuplements artificiels.* 242. Éditions E.N.E.F.
- PRODAN M., 1965. *Holzmesslehre.* 644. J.O. Sauerländer's Verlag. Frankfurt am Main.
- SCHOBER R., 1955. Die Ertragsleistung der Nadelhölzer in Grossbritannien und Deutschland. *Forstwiss. Centralblatt.* 1-2, 36-59.
- SCHOBER R., WIEDEMANN E., 1956. *Ertragstafeln wichtiger Holzarten.* 179, Verlag M. u H. Schaper Hanover.
- SCHOBER R., 1963. Erfahrung mit der Douglasie in Europa. *Allgemeine Forstzeitschrift. Munich*, 3, 30, 31, 34, 473-474, 487-489, 515-519.
- TOMASSONE R., 1963. Méthode graphique de calcul de la moyenne et de l'écart-type d'une distribution normale. Test de normalité. *Rev. forest. fr.* octobre, 791-797.
- TOMASSONE R., 1966. Analyse de régression progressive. *programme ALGOL AG 65-007 St. Biométrie Centre nat. Rec. forest.* 11.
- VENET J., 1951. Découpes et classement. *Rev. forest. fr.* avril, 241-267.

Age	PEUPELEMENT PRINCIPAL							
	Hauteur dominante	Hauteur moyenne	Nombre de tiges	Circonférence moyenne	Circonférence dominante	Volume arbre moyen	Surface terrière	Volum
<i>A</i> (ans)	<i>H₀</i> (m)	<i>H_G</i> (m)	<i>N</i>	<i>C_G</i> (cm)	<i>C₀</i> (cm)	<i>V_G</i> (dm ³)	<i>G</i> (m ²)	<i>V</i> (m ³)
CLASSE I								
15	14,0	12,0	2 100	40	60	77	26,7	162
20	17,9	15,8	1 590	52	75	164	34,2	260
25	21,7	19,6	1 170	65	91	307	39,3	359
30	25,2	23,1	860	78	106	505	41,6	434
35	28,5	26,3	640	92	120	788	43,1	504
40	31,4	29,1	514	105	134	1 093	45,1	562
45	34,1	31,6	440	116	146	1 414	47,1	622
50	36,3	33,6	386	126	157	1 715	48,8	662
55	38,0	35,1	350	133	166	1 980	49,3	693
60	39,5	36,3	326	139	173	2 206	50,1	719
65	40,8	37,3	307	145	181	2 410	51,4	740
CLASSE II								
19	15,0	12,0	2 100	40	63	77	26,7	162
25	19,0	16,6	1 490	55	81	189	35,9	281
30	22,4	19,9	1 140	66	95	322	39,5	367
35	25,5	23,0	865	78	109	504	41,9	436
40	28,4	25,7	684	90	122	719	44,1	492
45	30,9	28,1	558	100	133	967	44,4	540
50	33,0	29,9	490	108	143	1 186	45,5	581
55	34,6	31,3	448	115	152	1 373	47,1	615
60	35,9	32,3	420	119	158	1 517	47,3	637
CLASSE III								
23	14,8	12,0	2 100	40	65	77	26,7	162
25	16,3	13,6	1 870	45	71	109	30,1	204
30	19,5	16,8	1 465	55	84	195	35,3	286
35	22,6	19,7	1 160	65	97	311	39,0	361
40	25,4	22,4	920	75	109	460	41,2	423
45	27,8	24,6	752	85	121	624	43,2	469
50	29,6	26,2	646	92	129	777	43,5	502
55	31,2	27,5	586	97	136	901	43,9	528
60	32,3	28,3	549	101	143	991	44,6	544

Production

ECLAIRCIES						Production totale	Accroisse- ment courant	Accroisse- ment moyen
Nom- bre de tiges	Circon- férence moyenne	Volume arbre moyen	Volume	Volumes cumulés	Pourcen- tage enlevé en éclaircie			
<i>n</i>	<i>C_g</i> (cm)	<i>v_m</i> (dm ³)	<i>v</i> (m ³)	Σv (m ³)	$\Sigma v/\Sigma I$ (%)	ΣI (m ³)	<i>I_c</i> (m ³ /an)	<i>I_m</i> (m ³ /an)
—	—	—	—	—	—	162	27,6	10,8
510	38	84	43	43	14,2	303	30,0	15,2
420	46	143	60	103	22,3	462	32,4	18,5
310	55	290	90	193	30,8	627	30,7	20,9
220	65	327	72	265	34,5	769	27,7	22,0
126	72	611	77	342	37,8	904	25,9	22,6
74	78	865	64	406	39,5	1 028	22,6	22,8
54	86	1 148	62	468	41,4	1 130	17,9	22,6
36	92	1 278	46	514	42,6	1 207	13,8	22,0
24	97	1 458	35	549	43,3	1 268	11,1	21,1
19	101	1 526	29	578	43,9	1 318	8,9	20,3
—	—	—	—	—	—	162	—	8,5
610	40	89	54	54	16,1	335	28,4	13,4
350	66	154	54	108	22,7	475	27,8	15,8
275	54	251	69	177	28,9	613	26,6	17,5
181	63	398	72	249	33,6	741	24,2	18,5
126	70	524	66	315	36,9	855	20,3	19,0
68	74	706	48	363	38,5	944	15,8	18,9
42	78	833	35	398	39,3	1 013	12,0	18,4
28	80	1 036	29	427	40,1	1 064	8,4	17,7
—	—	—	—	—	—	162	—	7,0
230	34	61	14	14	6,4	218	26,4	8,7
405	40	104	42	56	16,4	342	24,8	11,4
305	46	161	49	105	22,5	466	24,4	13,3
240	53	242	58	163	27,8	586	22,3	14,7
168	59	339	57	220	31,9	689	17,8	15,3
106	64	396	42	262	34,3	764	13,8	15,3
60	68	617	37	299	36,2	827	10,2	15,0
37	70	622	23	322	37,2	866	6,6	14,4

ANNEXE 2

Coefficient de forme des peuplements et circonférence moyenne

C_G	F	C_G	F
35	0,504	90	0,445
40	0,499	95	0,440
45	0,493	100	0,435
50	0,488	105	0,429
55	0,483	110	0,424
60	0,477	115	0,419
65	0,472	120	0,413
70	0,466	125	0,408
75	0,461	130	0,403
80	0,456	135	0,397
85	0,450	140	0,392

$$F = 0,5399 - 0,001053 C_G \text{ (cm)}$$

ET # $\pm 5,2 \%$

ANNEXE 3

*Classification grumes résineuses**Choix I et II : Menuiserie (toutes essences)*

Circonférence au milieu de la bille ≥ 120 cm (S.T. 114).
 Nœuds ≤ 15 mm de diamètre en nombre limité.
 Longueur de la bille : 2 m.
 Fil droit.

Choix III : Charpente (toutes essences)

Circonférence fin bout : 60 cm (S.T. 28)
 Pas de nœuds > 50 mm de diamètre.
 Longueur minimum : 2 m.
 Accroissements ≤ 5 mm.

Choix IV : Caisserie - Coffrage

Circonférence fin bout 60 cm (S.T. 28).
 Nœuds de > 50 mm de diamètre tolérés.
 Longueur minimum 2 m.
 Accroissements > 5 mm tolérés.

Poteau : Bois très droits, sans défaut ni altération.

Longueur de 6,5 m à 15 m.
 Circonférence gros bout 85 cm (S.T. 57), fin bout 30 à 35 cm (S.T. 9).
 Accroissements ≤ 5 mm.

Mine : Bois sains et droits.

Découpe gros bout 65 cm de circonférence (S.T. 33). Petit bout 20 cm (S.T. 3).
 Pas de nœuds disposés en couronne, accroissements ≤ 5 mm.
 Longueur minimum 0,80 m.

Rondins pour Râperie :

Bois sains et droits
 Pas de nœuds > 50 mm.
 Nœuds de 20 à 50 mm en quantité limitée, 6 par mètre courant.
 Nœuds ≤ 20 mm en nombre illimité.
 Circonférence gros bout 78 cm (S.T. 48). Petit bout 0,20 m (S.T. 3).
 Longueur 1 m.

Chauffage : Quartier minimum 0,45 m de tour (S.T. 16) — Découpe (bois fort).
 Rondin minimum 0,20 m de tour (bois fort) — (S.T. 3).

ANNEXE 4

Table d'assortiment

(% du volume Bois fort de diverses catégories technologiques)

Circonférence de surface terrière moyenne C_G (cm)	Choix (I) III (%)	Choix IV (%)	Totaux sciages (%)	Mine et poteaux (%)	Rondins et bois de feu (%)
25	—	—	—	54,6	45,4
30	—	—	—	63,1	36,9
35	—	—	—	69,2	30,8
40	—	—	—	73,8	26,2
45	—	—	—	77,3	22,7
50	—	1,7	1,7	78,5	19,8
55	—	16,4	16,4	66,1	17,5
60	—	28,7	28,7	55,7	15,6
65	11,8	27,3	39,1	47,0	13,9
70	22,1	25,9	48,0	39,5	12,5
75	31,0	24,7	55,7	33,0	11,3
80	38,7	23,7	62,4	27,4	10,2
85	45,6	22,8	68,4	22,4	9,2
90	51,7	21,9	73,6	17,9	8,5
95	57,1	21,3	78,4	13,9	7,7
100	62,0	20,6	82,6	10,3	7,1
105	66,5	20,0	86,5	7,1	6,4
110	70,5	19,5	90,0	4,1	5,9
115	74,2	19,0	93,2	1,4	5,4
120	77,6	17,5	95,1	—	4,9
125	80,7	14,8	95,5	—	4,5
130	83,6	12,3	95,9	—	4,1
135	86,2	10,1	96,3	—	3,7
140	88,9	7,7	96,6	—	3,4

(1) pour $C_G > 100$, une fraction de ce pourcentage peut éventuellement donner du Sciage de qualité II.

ANNEXE 5 — DÉFINITIONS —

Symbol Symbol Symbol	Définition	Begriff	Definition
<i>A</i>	Age (Années)	Alter (Jahre)	Age (years)
<i>N</i>	Nombre de tiges à l'hectare	Stammzahl pro ha	Number of stems per ha
<i>C_G</i>	Circonférence à 1,30 m de l'arbre de surface terrière moyenne (cm)	Umfang in 1,3 m Höhe des Grundflächenmittelstammes (cm)	Circumference at 1,3 m corresponding to mean basal area of stand (cm)
<i>H_G</i>	Hauteur de l'arbre de surface terrière moyenne (m)	Höhe des Grundflächenmittelstammes (m)	Height corresponding to mean basal area (m)
<i>V_G</i>	Volume de l'arbre de surface terrière moyenne (dm ³)	Derbholzmasse des Grundflächenmittelstammes (dm ³)	Volume of tree corresponding to mean basal area (dm ³)
<i>H₀</i>	Hauteur de l'arbre de surface terrière moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare (m)	Höhe des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Bäume/ha (m)	Height corresponding to mean basal area of the 100 largest trees/ha (m)
<i>G</i>	Surface terrière (m ² /ha) du peuplement	Grundfläche (m ² /ha) des Bestandes	Basal area of stand (m ² /ha)
<i>V</i>	Volume du peuplement (m ³ /ha)	Derbholzmasse des Bestandes (m ³ /ha)	Stand volume (m ³ /ha)
<i>C_g</i>	Circonférence de l'arbre de surface terrière moyenne des produits d'éclaircie (cm)	Umfang des Grundflächenmittelstammes des ausscheidenden Bestandes (cm)	Circumference corresponding to mean basal area of thinning products (cm)
<i>v_m</i>	Volume moyen des produits d'éclaircie (dm ³)	Derbholzmasse des Mittelstammes des ausscheidenden Bestandes (dm ³)	Mean volume of thinning products (dm ³)
<i>v</i>	Volume de l'éclaircie (m ³ /ha)	Derbholzmasse des ausscheidenden Bestandes (m ³ /ha)	Volume of the thinning (m ³ /ha)
<i>g</i>	Surface terrière de l'éclaircie (m ² /ha)	Kreisfläche des ausscheidenden Bestandes (m ² /ha)	Basal area of the thinning (m ² /ha)
<i>n</i>	Nombre de tiges enlevées en éclaircie	Anzahl der Stämme des ausscheidenden Bestandes	Number of stems of the thinning per ha
<i>Σv</i>	Somme cumulée des volumes enlevés en éclaircie (m ³ /ha)	Summe der Vorerträge an Derbholz (m ³ /ha)	Total volume of the thinning products (m ³ /ha)
<i>ΣI</i>	Volume total produit depuis l'origine (m ³ /ha)	Gesamtleistung an Derbholzmasse (m ³ /ha)	Total crop Yield to date (m ³ /ha)
<i>I_c</i>	Accroissement courant annuel en volume (m ³ /ha/an)	Laufender jährlicher Zuwachs (m ³ /ha/Jahre)	Current annual volume increment (m ³ /ha/year)
<i>I_m</i>	Accroissement moyen annuel en volume depuis l'origine (m ³ /ha/an)	Alters-Durchschnittszuwachs (m ³ /ha/Jahre)	Mean annual volume increment (m ³ /ha/year)