

**PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL
POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU CONGO**

(I. N. É. A. C.)

**PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DE L'INSTITUT BELGE
POUR L'ENCOURAGEMENT DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE OUTRE-MER
(I.B.E.R.S.O.M.)**

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DE L'EUCALYPTUS
AU RWANDA ET AU BURUNDI**

PAR

M. REYNDERS

Ingénieur des Eaux et Forêts Gd
Ancien Chef du Groupe Forestier de la
Station de l'I.N.É.A.C. à Rubona

**SÉRIE TECHNIQUE N° 69
1963**

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DE L'EUCALYPTUS
AU RWANDA ET AU BURUNDI

**PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL
POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU CONGO
(I. N. É. A. C.)**

**PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DE L'INSTITUT BELGE
POUR L'ENCOURAGEMENT DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE OUTRE-MER
(I.B.E.R.S.O.M.)**

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DE L'EUCALYPTUS
AU RWANDA ET AU BURUNDI**

PAR

M. REYNDERS

Ingénieur des Eaux et Forêts Gd
Ancien Chef du Groupe Forestier de la
Station de l'I.N.É.A.C. à Rubona

SÉRIE TECHNIQUE N° 69
1963

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
AVANT-PROPOS	9
PREMIERS RÉSULTATS DES ESSAIS COMPÉRATIFS D'EUCALYPTUS .	13
Introduction	15
I. Objet de l'essai	17
II. Localisation des essais	20
III. Organisation du travail	22
IV. Données analytiques des interventions	26
Conclusions	51
Summary	56
Sumario	57
ÉTUDE DE L'AMÉNAGEMENT DES BOISEMENTS D'EUCALYPTUS . .	59
Introduction	61
I. Les boisements d'Eucalyptus au Rwanda et au Burundi	64
II. Localisation de l'essai	65
III. Organisation du travail	66
IV. Données analytiques des interventions	77
V. Courbes de fréquences cumulées des circonférences	84
Conclusions	90
Summary	92
Sumario	95
BIBLIOGRAPHIE	98
PHOTOGRAPHIES	<i>in fine</i>

AVANT-PROPOS

Le déboisement et la pénurie en matière ligneuse de nombreuses contrées de l'Afrique centrale attirent l'attention sur l'importance de la Question Forestière et plus spécialement le reboisement.

Les conditions écologiques particulières de ces régions dégradées écartent les essences autochtones des forêts denses et nécessitent l'introduction d'espèces exotiques souvent plus rustiques.

Les résultats obtenus avec les essences introduites sont variables, mais dans l'ensemble ces espèces se caractérisent par un développement rapide, principalement au cours de la jeunesse.

Parmi les groupes intéressants, il faut signaler le genre *Eucalyptus* dont les nombreuses espèces peuvent être utilisées dans les diverses conditions écologiques de la zone tropicale.

La rationalisation de la productivité nécessite un choix parmi les meilleures espèces et une comparaison des traitements applicables.

Les centres des essais analysés dans la présente étude se situent dans le territoire botanique du Rwanda-Burundi central, qui s'intègre comme suit dans le système chorologique de LEBRUN [1956] pour cette région (voir figure 4, p. 21) :

Région Soudano-zambézienne,
Domaine Oriental,
Secteur des lacs Édouard et Kivu,
District du Rwanda-Burundi central.

L'ensemble de cette région est caractérisée par l'absence de forêts et la présence de savanes herbeuses de remplacement appartenant à la savane à *Themeda triandra* avec ses variantes.

La région appartient au sous-climat rwandien ou type ougandien, caractérisant la zone du Rwanda située à une altitude moyenne supérieure à 1.500 m. L'indice pluviométrique est compris entre 850 et 1.300 mm; la répartition comprend sept mois pluvieux et une saison sèche accusée de trois mois.

D'après la classification de KÖPPEN, la région appartient au type Aw₃, c'est-à-dire une température moyenne mensuelle toujours supérieure à 18° C et une saison sèche de trois mois correspondant à la période fraîche.

D'après le système de SWAIN, le climat est 3.7.b. se caractérisant par deux à quatre mois de saison sèche correspondant à la période froide, la température moyenne du mois le plus chaud étant inférieure à 24° C.

Les principaux éléments du climat sont illustrés par les données de la Station de Rubona (figure 1).

Les précipitations : Le régime des pluies au Rwanda et au Burundi est très irrégulier. Habituellement, on peut distinguer les saisons suivantes :

- une petite saison humide : de mi-septembre à début janvier,
- une petite saison sèche : de début janvier à fin janvier,
- une grande saison humide : de fin janvier à mi-mai,
- une grande saison sèche : de mi-mai à mi-septembre.

Cette division saisonnière n'est que théorique. Les pluies ne commencent parfois qu'en octobre-novembre et la petite saison sèche est souvent peu marquée. Le graphique de la figure 1 a été établi pour la période 1930-1959. La précipitation annuelle moyenne est de 1139 mm.

Le déficit de saturation : Les moyennes mensuelles du déficit de saturation à 15 heures, pour une période de trois ans (1955-1957) figurent au bas du graphique. La moyenne annuelle est de 12,0 mb. Les valeurs maximales de déficit de saturation ont un retard d'un mois sur les valeurs minimales de précipitation.

L'insolation : Les données de l'insolation mensuelle relative en pour cent (pourcentage de l'insolation mensuelle effective à l'insolation mensuelle astronomiquement possible), pour la période de cinq ans (1955-1959), sont également notées au bas du graphique. La moyenne annuelle est 51,5 %. L'insolation mensuelle relative est peu variable au cours de l'année, cependant on remarque des valeurs plus grandes durant la grande saison sèche.

La température : Les moyennes mensuelles pour la période 1950-1959 sont reprises à la figure 1. Les valeurs maximales de la température maximale journalière surviennent aux mois d'août et septembre en décalage d'un mois et de deux mois par rapport au minimum des précipitations (juillet.)

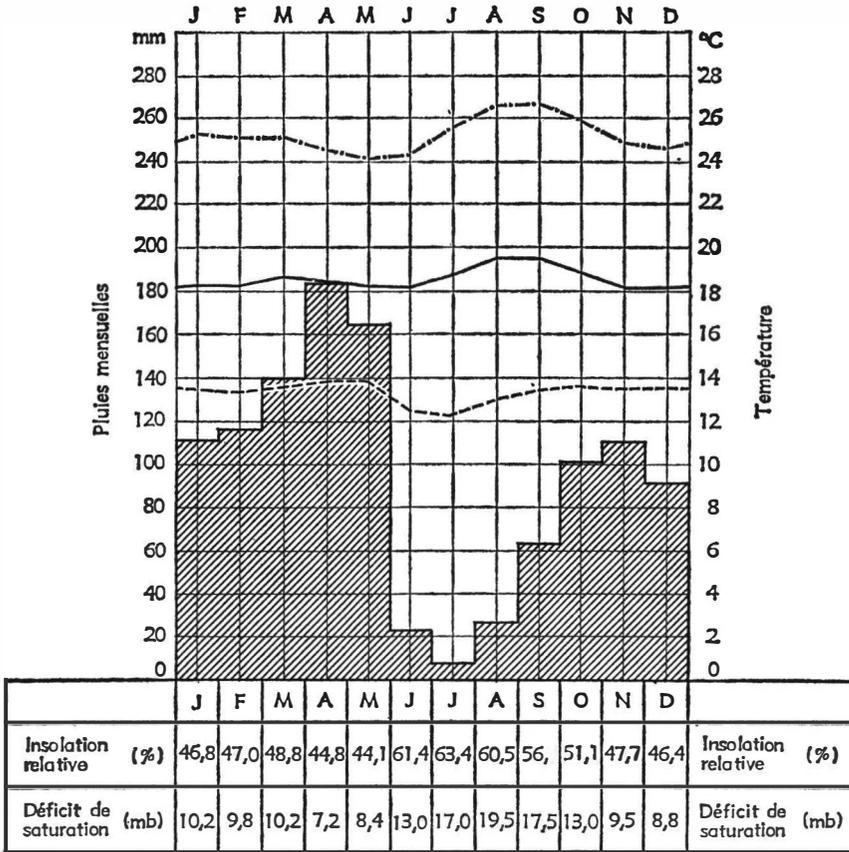


Fig. 1.

- · — · — Moyenne mensuelle de la t° maximale journalière.
- Moyenne mensuelle de la t° moyenne journalière.
- Moyenne mensuelle de la t° minimale journalière.

En ce qui concerne les sols, ils sont grandement sous la dépendance du relief et présentent de ce fait une gamme de variations étendue.

Les deux présentes études sont des applications du nouveau test d'amplitudes multiples de DUNCAN en vue de familiariser les expérimentateurs avec une méthode objective de dépouillement de données portant sur le choix des espèces ou des modes de traitement à appliquer.

PREMIERS RÉSULTATS
DES ESSAIS COMPARATIFS D'EUCALYPTUS

INTRODUCTION

Les possibilités d'adaptation des *Eucalyptus* sont telles que leur développement dans les stations d'introduction est fréquemment notablement supérieur que dans leur pays d'origine.

L'exubérance de la croissance de certaines espèces nécessite l'établissement d'essais comparatifs dont les résultats doivent être dépouillés d'après des méthodes permettant une interprétation statistique.

Les Groupes Forestiers des Stations de Recherches agronomiques de Rubona, au Rwanda, et de Mulungu, au Congo, ont entrepris des essais en vue de déceler les espèces les plus productrices pour les diverses conditions de milieu de ces régions. Les essais dont il est question dans la présente étude ont été établis par le Groupe Forestier de la Station de Rubona en collaboration avec le Service Forestier.

Le choix des espèces intéressantes est un problème fondamental pour les pays nouveaux et c'est dans ce but que les premières données obtenues et la méthode de dépouillement de celles-ci sont publiées afin de servir de modèle.

Les premiers boisements d'*Eucalyptus*, établis au Rwanda et au Burundi, sont issus de semences originaires du Tanganyika, de la Rhodésie et de l'Afrique du Sud et comportaient principalement *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus rudis* et *Eucalyptus citriodora*.

L'Arboretum de Ruhande (Astrida) fut créé, en 1934, les buts majeurs étant : l'étude du comportement des essences forestières introduites, la recherche des meilleures méthodes sylvicoles à leur appliquer, la détermination de leur productivité ou de leur valeur économique et la diffusion des meilleures espèces par la livraison de semences contrôlées.

Il fut repris en janvier 1954 par l'I.N.É.A.C. et attaché au Groupe Forestier de la Station de Recherches agronomiques de Rubona. L'Arboretum, d'une superficie de 226 hectares, est un arboretum forestier constitué de parcelles de 25 ares, les plants sont issus de graines provenant d'une origine unique. Actuellement, la collection comporte cent septante-cinq essences forestières com-

prenant septante espèces d'*Eucalyptus*, neuf espèces de *Cupressus*, neuf espèces de *Pinus*, sept espèces de *Casuarina*, cinq espèces de *Callitris*, cinq espèces de *Widdringtonia*, septante espèces diverses dont dix-neuf essences locales.

Les observations et mensurations des parcelles permettent d'orienter le choix des espèces intéressantes. Les relevés sont standardisés et les données traitées statistiquement.

Pour l'Afrique centrale, l'Arboretum de Ruhunde est le plus important producteur et fournisseur de semences forestières exotiques. En plus des importantes livraisons locales en vue de satisfaire le programme de reboisement, des lots appréciables sont expédiés au Congo et à d'autres pays africains.

I. Objet de l'essai.

Le but de l'essai est de comparer le développement de seize espèces d'*Eucalyptus*, reprises ci-après, plantées dans différents milieux écologiques du Rwanda et du Burundi.

Numéro dans l'expérience	Espèces	Provenance des graines
1	<i>Eucalyptus botryoides</i> SM.	Ruhande
2	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> DEHN.	Mulungu
3	<i>Eucalyptus citriodora</i> HOOK.	Ruhande
4	<i>Eucalyptus grandis</i> HILL.	Mulungu
5	<i>Eucalyptus longifolia</i> LINK.	Ruhande
6	<i>Eucalyptus maculata</i> HOOK.	Ruhande
7	<i>Eucalyptus microcorys</i> F.v.M.	Mulungu
8	<i>Eucalyptus paniculata</i> SM.	Mulungu
9	<i>Eucalyptus pilularis</i> SM.	Mulungu
10	<i>Eucalyptus punctata</i> DC.	Ruhande
11	<i>Eucalyptus resinifera</i> SM.	Mulungu
12	<i>Eucalyptus robusta</i> SM.	Ruhande
13	<i>Eucalyptus saligna</i> SM.	Mulungu
14	<i>Eucalyptus macarthuri</i> DEANE et MAIDEN	Ruhande
15	<i>Eucalyptus tereticornis</i> SM.	Ruhande
16	<i>Eucalyptus gigantea</i> HOOK.	Ruhande

Le dispositif expérimental est la méthode des blocs randomisés (« Randomized Blocks Design »), à seize traitements et cinq répétitions. Le protocole d'installation de l'essai a été établi par M. R. PIERLOT, Chef du Groupe Forestier de la Station de Recherches agronomiques de Mulungu.

L'essai occupe dans chaque station une superficie de 5,0448 hectares, dont 3,0788 hectares pour l'essai proprement dit et 1,9660 hectares occupés par les bandes de séparation et les pare-feux.

Les blocs sont séparés par des chemins de 3 m de largeur, qui serviront dans la suite de chemins de vidange. Entre les parcelles d'un même bloc, la séparation n'est qu'une piste de la largeur d'un interligne (1,50 m).

Le schéma de l'essai comparatif est donné à la figure 2, la figure 3 donne le détail du dispositif d'installation de la partie A-A'.

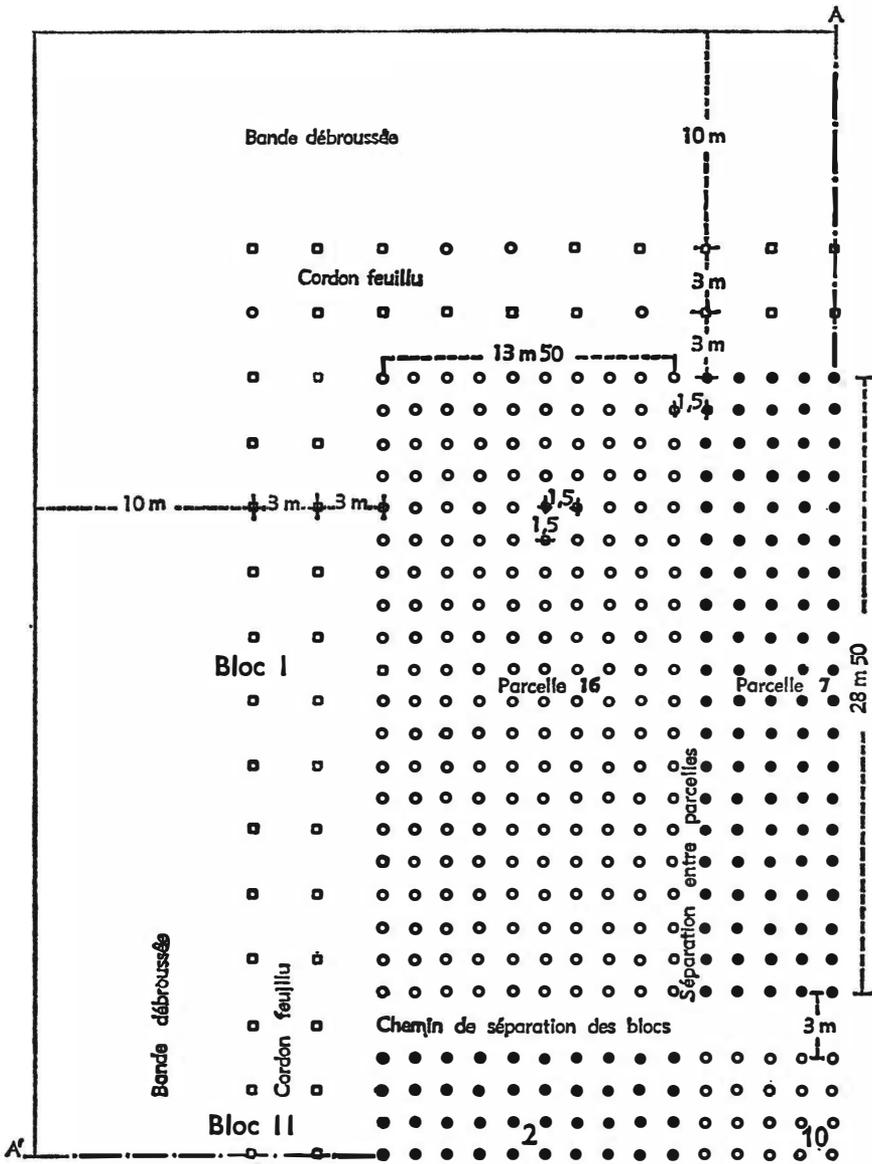


Fig. 3.

L'installation des blocs demande des conditions écologiques uniformes quant à l'exposition, la pente, la végétation et un sol aussi homogène que possible. Dans les terrains en pente, le dispositif est installé de telle façon que le grand côté des parcelles soit perpendiculairement aux courbes de niveau. Si l'homogénéité du bloc est une condition essentielle, il n'y a cependant pas d'inconvénient à ce que la fertilité varie d'un bloc à l'autre, ce qui se présente généralement quand le terrain est en pente, les parties basses étant habituellement plus fertiles.

Les parcelles comportent dix lignes de vingt plants soit deux cents plants, disposés à l'écartement de 1,50 m en carré. En raison de cinq répétitions, le nombre de plants par espèce est donc de mille. Dans le présent essai à seize espèces, seize mille plants furent nécessaires.

II. *Localisation des essais.*

Les essais furent répétés dans six stations différentes. La plantation fut effectuée par les Services Forestiers du Rwanda et du Burundi, d'après les instructions du Groupe Forestier de la Station de Rubona, à l'exception de l'essai de Rubona qui a été réalisé entièrement par le Groupe Forestier.

Les emplacements des essais sont renseignés ci-après et indiqués à la figure 4.

L'entretien des plantations a été assuré par le Service Forestier. Les observations et les mensurations ont été effectuées par le Groupe Forestier de Rubona.

Les quatre premiers essais, vu la date de plantation, pouvaient être comparés à l'exception de celui de Honga, qui n'a pas été retenu en raison du faible développement dû aux conditions stationnelles à 2.000-2.200 m sur la crête de partage près du lac Tanganyika.

Les données concernant les trois stations figurent ci-après :

Station	Territoire	Pays	Date de plantation
Rubona	Astrida	Rwanda	Fin 1954
Momba	Kitega	Burundi	Fin 1954
Jari	Kigali	Rwanda	Fin 1954
Honga	Bururi	Burundi	Fin 1954
Kanembwe	Kisenyi	Rwanda	Fin 1955
Musha	Kigali	Rwanda	Fin 1955

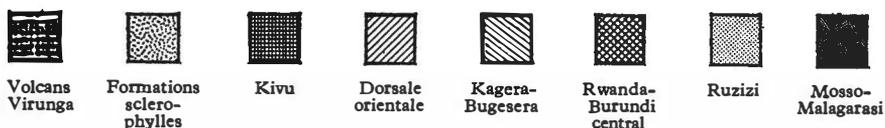
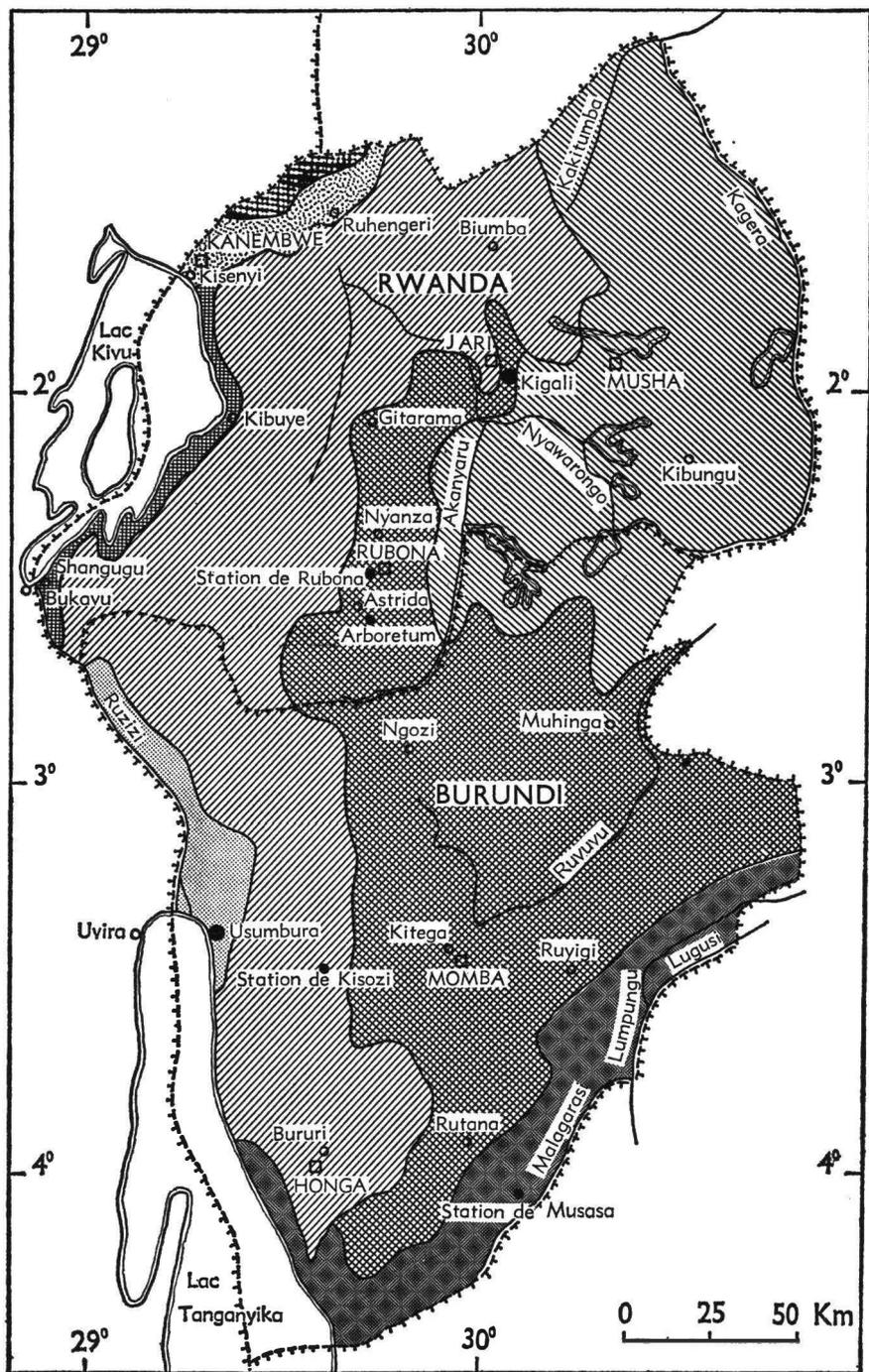


Fig. 4. — Les Territoires phytogéographiques du Rwanda et du Burundi.

Données de la station	Rubona	Momba	Jari
Localisation	Chefferie Busanza Sud à 16 km d'Astrida	Chefferie Bweyerezi à 6 km de Kitega	Chefferie Buliza à 12 km de Kigali
Altitude (m)	1.800	1.500	2.050
Pente (%)	25	15	28
Exposition	Ouest-Sud- Ouest	Sud-Est	Est-Nord-Est
Précipitations annuelles (mm)	1.139	946	999,5 (Kigali)
Indice climatique de KÖPPEN	Aw ₃	Aw ₄	Aw ₃
Sol	Pierreux, quartzitique, graveleux en surface, peu profond.	Ferralsol humifère, sablonno- argileux, graveleux.	Pierreux, quartzitique, peu profond.
Age au moment de l'éclaircie	4 ans 9 mois	4 ans 11 mois	5 ans 5 mois

III. *Organisation du travail.*

1. **Technique d'implantation.**

L'ensemble des travaux, du semis en pépinière jusqu'aux soins d'entretien après la plantation, a été décrit en suffisance [METRO, *in* F.A.O., 1955] pour en recommencer l'exposé.

Les travaux cultureux doivent viser à l'uniformisation afin de limiter la variable aux différences spécifiques.

Le semis en pépinière de graines provenant des Stations de Rubona et de Mulungu a été effectué d'après les normes classiques.

Le repiquage fut entrepris deux mois après le semis en pépinière. Les sachets en polyéthylène n'étant pas encore d'un emploi courant en 1954, les plants furent repiqués en paniers de feuilles de bananiers, matériau plus hétérogène.

La préparation du terrain a consisté en l'ouverture de trous et un labour en bandes.

Le transport des plants repiqués et la plantation eurent lieu trois à quatre mois après le repiquage. La mise en place, dans le but de respecter le schéma de l'expérimentation, a nécessité une surveillance constante.

Un premier regarnissage eut lieu une quinzaine de jours après la plantation, suivi d'un second environ deux mois plus tard.

L'entretien, comportant le dégagement de l'assiette ou des bandes, le sarclage des bandes de séparation ou des pare-feux, se fit d'après les nécessités.

2. Observations et mensurations.

Les premières mesures dendrométriques ne furent effectuées que vers l'âge de trois ans.

Avant cette date, les observations se limitaient aux comptages et à l'allure des parcelles.

Au moment des regarnissages, le nombre de plants remplacés est noté.

A la fin de la première et de la deuxième année, les observations comportent : le comptage des sujets manquants, la description du couvert et de l'état de massif, la description de la couverture herbacée, l'état sanitaire (attaques d'insectes, gommose, etc.).

A l'âge de trois ans, en vue de faciliter la standardisation du travail sur le terrain, un formulaire (figure 5) comportant les renseignements d'ordre général, les observations et les mensurations faites sur le terrain est utilisé.

Les renseignements généraux portent sur la localisation de l'essai (localité, territoire, pays), la date de plantation, la date de la mensuration et l'âge, l'indicatif du bloc et de la parcelle, le nom de l'espèce.

Les observations relatives au couvert, à l'élagage naturel, à la couverture herbacée et l'état sanitaire y sont annotées.

Les mensurations sont inscrites sur le plan de la parcelle qui comporte deux cents cases correspondant au nombre de plants

Essai comparatif EucalyptusStation : *Momba* Territoire : *Kitega* Pays : *Burundi*Date de plantation : *Novembre 1954* Date de mensuration : *09.05.58* Age : *3 ans 6 mois*Bloc : *III* Parcelle N° : *1* Espèce : *Eucalyptus botryoides* Sm.PLAN DE LA PARCELLE
Mensuration des circonférences à 1,50 m

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	39	31	26	29	25		31	6	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
13	5	33	19		R	4	37	11	10
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	25	5	25	12	28	26	26	10	9
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	28	30	16		23	12	8	11	26
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
23	17	14	26	14	23	23	16	21	22
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
13	P	22	30	25	33		14	21	13
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
P	17	29	21	20	23	29	14	17	16
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
	32	28	11	15	24	7		15	13
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
12		19	20	45	25	17	21	23	22
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
34	13	4	10	P		15	23	13	28
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
12	27	27	11	16	14	18	13	20	15
111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
	5	17	11	29	15	30		9	18
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
20	28	41	P	34	20	25	12	7	P
131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
14	28	9	9	20	26	5	27	3	17
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
18	12	10	28			36	6	P	22
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
3	27	R	9	R	3	19	26	17	25
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170
20	18	4	39	27	10	14	17	8	14
171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
31	P	24	20		25	24	37	21	9
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190
26	15	29	3	34	21	29	21	37	45
191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
P	25		12	19	12		19	35	8

OBSERVATIONS**1. État du couvert :***Fermé, couvert dense***2. Élagage naturel :***Commence, bon***3. État de la couverture herbacée :***Enherbement sur environ 40 % de la parcelle, hauteur 20 cm, dépérit.***4. État sanitaire :***1 arbre gommé (N° 176)*MENSURATION DES HAUTEURS

(échantillon des 10 arbres)

Arbre (N°)	Hauteur (m)	Arbre (N°)	Hauteur (m)
85	12,00	75	9,00
86	10,50	76	—
95	2,70	135	—
96	—	136	—
105	8,00	145	—
106	8,00	146	—
115	11,00	65	—
116	8,20	66	—
125	11,00	55	—
126	8,50	56	—

Hauteur moyenne :

$$\frac{88,90 \text{ m}}{10} = 8,89 \text{ m}$$

Les calculs sont faits sur les arbres de la surface intérieure, délimitée par les coins N° 12-19-189-182.

Occupation : **33 %** [tiges (> 3 cm) : **126**; petits - P (< 3 cm) : **5**; rejets - R : **3**].Densité : **3389** tiges/hectare.Circonférence moyenne à 1,50 m : $19,64 \pm 1,60$ cm.

Accroissements annuels moyens :

- de circonférence : **5.61** cm.- de hauteur : **2.54** m.- de surface terrière à l'hectare : **3,41** m².

initialement mis en place. Le numéro inscrit dans le coin supérieur gauche de la case donne l'emplacement de l'arbre. Dans le coin inférieur droit sont inscrits les renseignements se rapportant à la mensuration. Cette dernière indication peut être un nombre (correspondant à la circonférence de la tige en centimètres à 1,50 m du sol pour autant qu'elle soit supérieure à 3 cm), soit une lettre (P pour les sujets inférieurs à 3 cm de circonférence ou R indiquant les rejets de souche).

L'occupation, la densité, la circonférence moyenne et les accroissements annuels moyens sont établis en ne tenant compte que des cent quarante-quatre arbres de la surface intérieure de la parcelle isolée par une ligne périphérique. La hauteur moyenne est calculée d'après la mensuration de dix arbres situés au milieu de la parcelle dans l'ordre indiqué sur le formulaire. La mensuration de la circonférence permet l'établissement de courbes de fréquences cumulées qui donnent l'homogénéité de la parcelle.

Lors des interventions, les mêmes observations qu'à l'âge de trois ans sont répétées et annotées sur des formulaires identiques.

Les interventions permettent de dresser les documents suivants, qui permettent dans la suite de faire l'historique de la parcelle :

1. Plan de la parcelle avant éclaircie;
2. Répartition des circonférences avant éclaircie;
3. Calcul des caractéristiques statistiques avant éclaircie;
4. Plan de la parcelle après éclaircie;
5. Répartition des circonférences après éclaircie;
6. Calcul des caractéristiques statistiques après éclaircie;
7. Courbes de fréquences cumulées des circonférences avant et après éclaircie;
8. Cubage des arbres abattus, par catégorie de circonférences de 5 cm d'intervalle;
9. Tableau de corrélation de volume et de surface terrière;
10. Calcul de la droite de régression;
11. Graphique de la droite de régression;
12. Synthèse des mensurations et cubages avant et après éclaircie.

IV. *Données analytiques des interventions.*

Les données obtenues à la suite des mensurations, avant et après éclaircie, effectuées vers l'âge de cinq ans pour les stations de Rubona, Momba et Jari ont été rassemblées sous forme de tableaux (tableaux I, II et III).

Ces tableaux renseignent : (1) la densité ou le nombre de tiges par hectare, (2) la circonférence moyenne en centimètres et (3) la surface terrière à l'hectare en centimètres carrés.

Les observations des stations de Rubona et de Jari portent sur les seize espèces de l'essai, pour la station de Momba, l'*Eucalyptus paniculata* (n° 8) et l'*Eucalyptus pilularis* (n° 9) manquent. Lors du premier semis en pépinière, la germination de ces deux espèces avait été fort réduite, et d'un second semis effectué la deuxième année, le nombre de plants obtenus n'a permis que de planter deux répétitions des cinq prévues. En raison de ce retard, ces espèces furent exclues pour l'analyse des résultats de la station de Momba.

Les courbes de fréquences cumulées des circonférences prises à 1,50 m du sol ou courbes de répartition des grosseurs relatives de JEDLINSKY, ont été établies pour les relevés à l'âge de cinq ans, avant et après éclaircie. L'allure de ces courbes et leur déplacement permettent de suivre l'évolution du peuplement étudié. Les figures 6, 7 et 8 se rapportent aux espèces de la station de Rubona (en abscisse les circonférences à 1,50 m du sol en cm, en ordonnée les déciles).

— La courbe 1 indique la répartition des grosseurs relatives à l'âge de trois ans deux mois relevées en janvier 1958. Le nombre de tiges à ce moment est parfois inférieur au nombre de tiges à l'hectare avant l'éclaircie à l'âge de quatre ans neuf mois (*Eucalyptus citriodora*, par exemple), ceci est dû au fait que seuls les sujets ayant une circonférence supérieure à 3 cm lors du premier passage ont été pris en considération.

— La courbe 2 indique la répartition des grosseurs relatives à l'âge de quatre ans neuf mois, au moment des mensurations faites en août-septembre 1959.

— La courbe 3 est établie après l'éclaircie d'août-septembre 1959.

Le déplacement du stade 1 au stade 2 résulte du développement des circonférences au cours de la période janvier 1958 - août 1959, l'évolution de la courbe est d'*origine biologique*.

TABLEAU I. — Essai comparatif de Rubona — Première éclaircie à l'âge de 4 ans 9 mois.

Blocs	Données	Numéros et noms des espèces															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	Avant éclaircie	3.611	4.136	2.191	3.858	2.592	2.994	4.105	3.765	2.623	4.259	3.735	2.778	3.981	3.302	3.796	3.858
	Après éclaircie	511	555	667	555	489	533	555	555	555	533	511	511	467	444	511	511
	Avant éclaircie	23,42	19,96	9,93	23,72	15,53	10,57	19,74	15,32	18,06	19,71	15,78	14,28	21,28	17,38	19,59	22,36
	Après éclaircie	32,82	27,40	12,17	33,00	29,91	16,25	26,40	22,80	30,40	25,62	22,39	20,65	30,47	23,50	27,82	31,30
II	Avant éclaircie	15,76	13,11	1,72	17,28	4,97	2,66	12,73	7,03	6,81	13,17	7,40	4,50	14,35	7,93	11,59	15,35
	Après éclaircie	4,58	3,51	0,78	4,81	2,61	1,12	3,08	2,29	4,08	2,18	2,04	1,73	3,45	1,95	3,15	3,56
	Avant éclaircie	3.920	4.136	1.913	4.043	2.870	2.469	4.105	3.241	2.593	4.074	3.735	3.333	3.858	2.099	3.889	3.981
	Après éclaircie	511	533	578	489	467	632	533	511	555	533	489	511	578	511	533	489
III	Avant éclaircie	20,47	19,29	11,45	21,49	16,29	13,37	16,65	12,71	16,90	20,42	20,96	19,17	20,96	19,70	19,25	21,32
	Après éclaircie	29,13	24,58	14,81	34,54	27,85	18,92	24,58	20,22	26,60	27,92	26,82	28,91	30,77	25,87	25,83	29,54
	Avant éclaircie	13,07	12,25	1,99	14,86	6,06	3,51	9,06	4,16	5,89	13,52	12,64	9,75	13,49	6,48	11,47	14,40
	Après éclaircie	3,45	2,56	1,01	4,64	2,88	1,77	3,06	1,66	3,12	3,50	2,80	3,40	4,55	2,72	2,83	3,59
IV	Avant éclaircie	3.951	3.858	3.735	4.074	2.562	3.981	4.136	3.611	1.543	4.012	3.611	3.920	3.920	2.685	3.796	3.981
	Après éclaircie	511	533	622	444	555	600	555	622	422	578	444	489	467	511	511	511
	Avant éclaircie	22,42	20,00	17,73	22,57	18,37	11,78	19,40	17,22	14,70	20,50	23,16	22,16	21,97	20,57	20,93	20,31
	Après éclaircie	32,39	28,23	25,00	32,75	30,40	17,59	26,20	24,64	20,53	27,69	30,25	31,14	33,09	26,52	25,65	29,35
V	Avant éclaircie	15,80	12,28	9,34	16,52	6,88	4,40	13,39	8,52	2,65	13,42	15,41	13,32	15,06	9,04	13,23	13,07
	Après éclaircie	4,26	3,40	3,09	3,79	4,08	1,47	3,03	3,00	1,41	3,52	3,23	3,77	4,07	2,86	2,67	3,50
	Avant éclaircie	4.136	3.889	3.704	4.228	3.086	3.426	4.352	3.858	2.284	4.167	3.765	3.889	3.549	2.469	3.827	4.012
	Après éclaircie	533	533	622	578	511	555	533	533	600	489	533	467	511	444	533	511
V	Avant éclaircie	21,68	19,56	16,33	22,23	15,75	14,23	19,47	19,60	13,11	20,92	23,29	21,31	23,39	21,12	21,45	20,19
	Après éclaircie	31,25	26,87	21,25	30,19	26,52	19,20	25,83	26,46	17,78	29,09	29,58	31,67	29,35	33,75	26,54	30,87
	Avant éclaircie	15,47	11,84	7,86	16,62	6,09	5,52	13,13	11,79	3,12	14,51	16,11	14,05	15,45	8,76	14,01	13,02
	Après éclaircie	4,14	3,06	2,23	4,19	2,86	1,62	2,83	2,97	1,51	3,29	3,71	3,72	3,50	4,02	3,45	3,87
V	Avant éclaircie	3.951	3.920	3.920	3.950	3.210	3.858	4.105	3.148	3.086	4.012	3.364	3.673	3.704	2.685	3.765	3.858
	Après éclaircie	511	511	578	533	533	533	511	600	489	533	489	511	489	533	511	511
	Avant éclaircie	21,83	20,00	17,56	24,26	17,84	13,34	18,34	15,83	16,85	22,46	22,25	22,68	22,21	18,73	19,88	20,68
	Après éclaircie	29,13	25,65	24,61	31,87	25,62	23,12	24,35	23,51	22,95	28,12	28,86	30,00	29,32	27,27	27,08	30,21
V	Avant éclaircie	14,98	12,48	9,62	18,50	7,95	9,82	10,99	6,28	6,97	16,10	13,25	15,03	14,54	7,49	11,84	13,13
	Après éclaircie	3,45	2,67	2,78	4,31	2,78	2,26	2,41	2,64	2,05	3,55	3,24	3,66	3,54	2,89	2,88	3,71

TABLEAU II. — Essai comparatif de Momba — Première éclaircie à l'âge de 4 ans 11 mois.

Blocs	Données	Numéros et noms des espèces														
		1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	15	16	
I	Nombre de tiges à l'ha	3,271	3,271	3,333	3,148	2,654	3,271	3,950	3,395	3,642	3,086	3,148	3,704	3,241	3,611	
	Après éclaircie	489	571	622	467	511	600	622	555	555	533	511	555	511	600	
	Circonférence moyenne (cm)	27,17	23,39	15,04	19,41	16,10	18,16	16,99	24,82	19,32	22,84	19,26	22,83	19,00	22,83	
	Après éclaircie	38,41	34,35	22,85	32,62	27,61	26,29	26,92	30,41	32,00	33,75	31,30	29,00	30,41	27,04	
	Surface terrière à l'ha (m²)	19,22	14,24	5,99	9,41	5,47	8,58	9,07	10,08	15,12	10,83	9,29	15,36	13,32	9,65	
II	Nombre de tiges à l'ha	2,870	3,117	2,963	3,179	2,994	3,210	3,796	3,704	3,272	3,241	3,364	3,734	3,457	3,179	
	Après éclaircie	533	511	600	555	511	622	600	511	533	578	533	600	511	533	
	Circonférence moyenne (cm)	19,35	16,39	20,00	16,84	17,88	18,12	17,03	17,45	20,89	23,00	18,94	19,00	22,45	19,32	
	Après éclaircie	31,67	27,39	27,96	27,00	30,65	25,35	23,70	27,82	34,37	35,76	28,75	25,55	29,56	28,75	
	Surface terrière à l'ha (m²)	8,55	6,66	9,43	7,17	7,61	8,85	8,76	8,97	11,36	13,64	9,60	10,72	13,86	11,86	
III	Nombre de tiges à l'ha	3,797	3,087	3,056	3,889	2,222	2,099	4,074	3,364	3,426	3,333	3,302	3,333	3,271	3,364	
	Après éclaircie	600	578	533	533	444	598	622	511	533	533	533	467	511	511	
	Circonférence moyenne (cm)	25,08	24,55	15,60	19,00	16,90	17,86	17,46	18,45	18,07	19,77	25,13	15,43	15,28	17,88	
	Après éclaircie	34,07	38,04	21,73	28,95	35,25	18,65	24,28	33,04	31,87	37,91	31,04	25,47	25,00	27,04	
	Surface terrière à l'ha (m²)	19,01	14,80	5,92	11,17	5,05	5,33	9,88	8,74	10,65	16,75	8,94	12,18	7,63	8,55	
IV	Nombre de tiges à l'ha	3,550	3,364	2,994	3,272	2,778	3,395	4,074	3,117	3,086	3,673	3,240	2,994	3,457	3,333	
	Après éclaircie	489	533	555	533	400	667	600	489	555	489	555	533	533	511	
	Circonférence moyenne (cm)	21,78	18,44	12,78	17,35	16,50	15,22	15,26	20,79	19,60	21,80	14,14	17,68	19,91	19,07	
	Après éclaircie	33,40	28,75	22,20	25,47	31,94	21,00	28,86	29,20	35,00	22,00	23,54	23,54	34,34	34,34	
	Surface terrière à l'ha (m²)	13,40	9,10	3,89	7,84	6,02	6,25	7,55	10,72	9,43	14,00	5,15	7,45	10,90	9,64	
V	Nombre de tiges à l'ha	3,549	3,086	2,901	3,210	2,994	3,673	3,457	3,086	3,086	3,426	3,240	3,457	3,364	3,611	
	Après éclaircie	533	422	667	489	578	555	977	489	622	600	489	533	533	533	
	Circonférence moyenne (cm)	25,04	19,75	16,70	21,39	15,67	19,07	12,45	17,40	19,75	21,80	19,90	19,77	17,56	21,19	
	Après éclaircie	35,62	33,42	21,33	33,40	29,23	33,20	24,31	24,31	25,17	31,29	31,13	25,20	27,70	36,87	
	Surface terrière à l'ha (m²)	17,71	9,58	6,44	11,69	5,85	10,63	4,26	5,57	9,57	12,95	10,21	10,75	8,25	12,90	
Après éclaircie	5,38	3,75	2,41	4,34	3,93	2,37	1,80	2,30	3,13	4,67	3,77	2,69	3,25	5,76		

TABLEAU III. — Essai comparatif de Jari — Première éclaircie à l'âge de 5 ans 5 mois.

Blocs	Données	Numéros et noms des espèces															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	Avant éclaircie	3.235	3.039	2.418	2.059	1.993	2.353	3.954	3.660	2.190	4.248	3.562	3.333	3.791	3.791	3.562	3.889
	Après éclaircie	374	304	351	281	398	398	398	351	374	398	398	374	304	351	374	374
	Avant éclaircie	26,71	24,83	11,62	28,09	15,57	11,04	19,95	22,19	22,89	20,17	20,25	22,89	20,17	20,25	22,06	24,74
	Après éclaircie	32,50	36,15	16,33	36,47	23,83	15,00	22,52	22,33	30,62	27,64	29,41	31,25	28,07	27,00	30,00	34,41
	Avant éclaircie	18,56	14,91	2,59	12,93	3,84	2,28	12,52	10,04	8,49	16,64	15,27	13,89	12,27	12,37	13,79	18,94
Après éclaircie	3,14	3,16	0,74	4,21	1,49	0,71	2,57	1,59	2,79	2,42	2,73	2,90	1,90	2,03	2,67	3,73	
II	Avant éclaircie	3.431	3.399	2.810	3.170	2.353	2.516	4.085	3.758	1.536	4.052	3.693	3.693	3.856	3.954	3.856	3.497
	Après éclaircie	374	398	398	351	351	398	398	351	374	374	374	374	351	374	351	351
	Avant éclaircie	25,42	25,09	19,53	24,74	20,97	15,25	22,40	19,43	17,97	22,70	26,59	23,89	21,65	24,91	24,70	25,56
	Après éclaircie	34,06	34,70	27,05	39,00	35,00	18,82	28,82	23,33	26,07	30,62	32,81	31,87	31,00	29,28	33,33	34,66
	Avant éclaircie	17,64	17,02	8,53	15,44	8,23	4,65	16,31	11,29	3,94	16,61	20,78	16,77	14,38	19,52	18,72	18,18
Après éclaircie	3,45	3,81	2,51	4,24	3,42	1,12	2,63	1,79	1,76	2,79	3,20	3,02	2,68	2,23	3,10	3,56	
III	Avant éclaircie	3.660	3.497	2.712	2.712	2.255	3.725	4.118	3.333	1.438	3.987	3.856	2.843	3.954	3.824	3.137	3.529
	Après éclaircie	374	374	398	374	327	351	374	351	374	398	398	374	374	351	374	374
	Avant éclaircie	27,00	25,00	17,77	20,84	20,43	16,57	20,31	19,50	14,77	21,76	25,42	22,93	21,48	23,63	23,59	25,09
	Après éclaircie	35,31	31,87	22,64	30,31	36,78	23,00	26,56	27,00	21,42	28,52	31,56	29,06	31,42	32,81	31,87	31,87
	Avant éclaircie	21,23	17,39	6,81	9,37	7,49	8,13	13,51	10,08	2,49	13,02	19,83	11,89	14,51	16,99	13,89	17,68
Après éclaircie	3,71	3,02	1,62	2,73	3,52	1,47	2,10	2,03	1,19	2,57	2,96	2,51	2,56	2,68	3,20	3,02	
IV	Avant éclaircie	3.301	3.693	2.680	3.399	2.255	3.007	4.085	2.974	1.863	3.954	3.758	3.431	3.431	3.562	3.529	3.758
	Après éclaircie	374	351	351	398	304	398	351	398	351	398	398	398	398	351	398	351
	Avant éclaircie	25,19	24,29	17,43	24,51	20,00	16,57	18,40	18,95	21,05	22,72	23,43	23,14	24,00	22,06	21,20	25,13
	Après éclaircie	33,75	28,66	22,66	30,00	31,92	26,33	26,33	26,47	26,07	26,47	28,82	31,17	31,17	28,33	25,00	32,00
	Avant éclaircie	16,67	17,34	6,48	16,25	7,17	6,57	11,24	8,29	6,57	16,24	16,41	14,62	15,72	13,79	12,62	18,88
Après éclaircie	3,59	2,29	1,43	2,85	2,46	2,19	1,93	2,21	1,89	2,21	2,63	3,07	3,07	2,24	1,98	2,86	
V	Avant éclaircie	3.170	3.235	3.105	2.647	2.386	3.431	3.791	3.431	2.222	4.216	3.627	3.725	3.693	3.725	3.464	3.595
	Après éclaircie	374	398	374	304	421	398	374	398	398	351	398	398	351	374	351	351
	Avant éclaircie	24,38	26,76	21,89	23,14	21,30	20,00	19,35	20,14	17,94	22,63	25,67	22,06	23,80	21,84	25,33	24,77
	Après éclaircie	32,38	34,11	33,12	33,12	33,30	22,77	25,93	25,29	30,71	29,33	31,47	33,52	30,66	29,66	32,22	35,00
	Avant éclaircie	14,99	18,43	11,88	11,28	8,61	10,92	14,19	11,07	5,69	17,18	19,02	14,42	16,64	14,14	17,69	17,55
Après éclaircie	3,08	3,68	3,26	3,26	2,52	1,73	2,00	2,02	2,98	2,40	3,13	3,55	2,62	2,45	3,47	3,42	

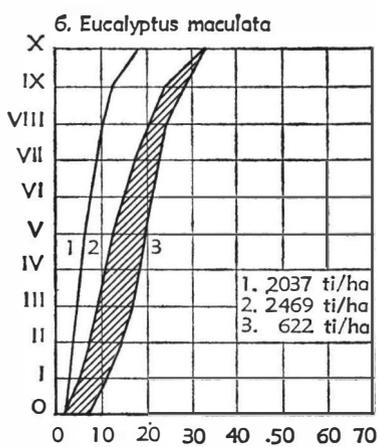
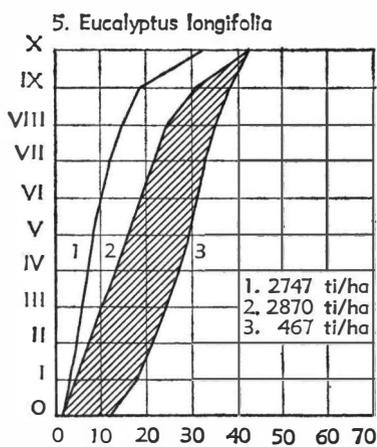
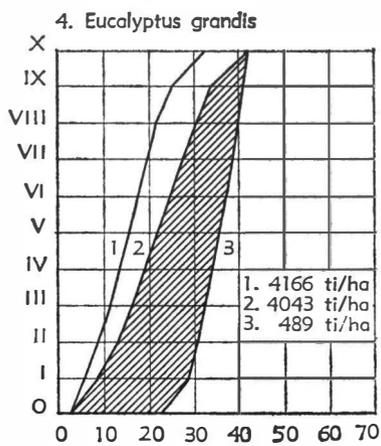
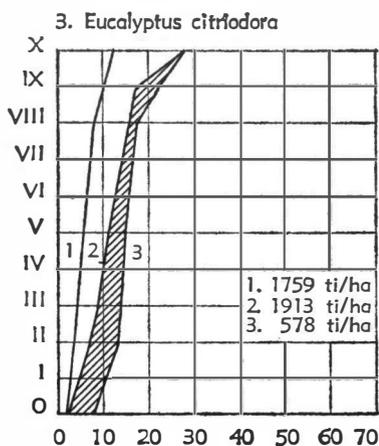
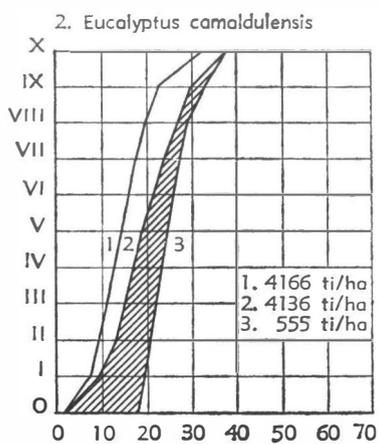
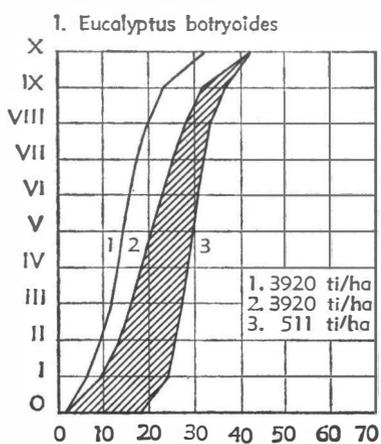


Fig. 6.

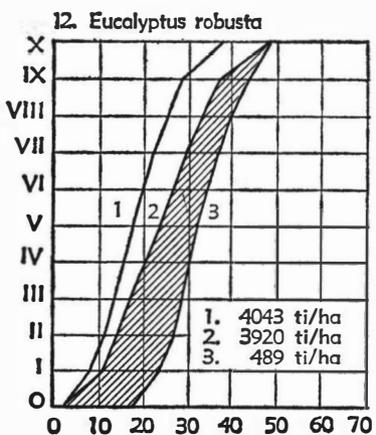
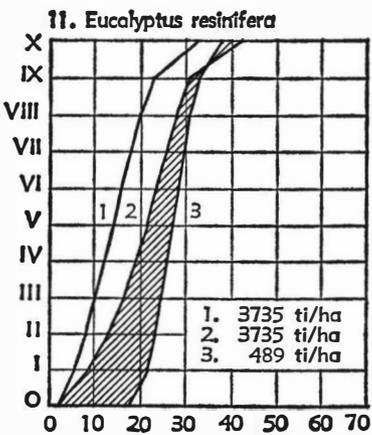
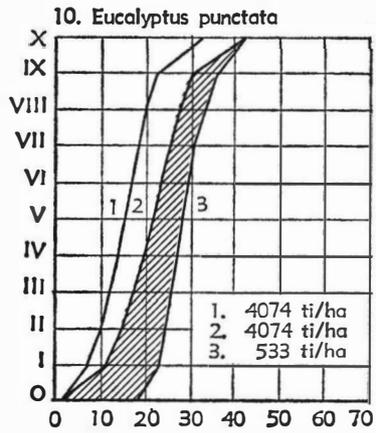
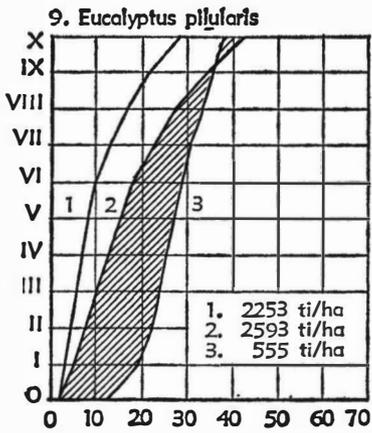
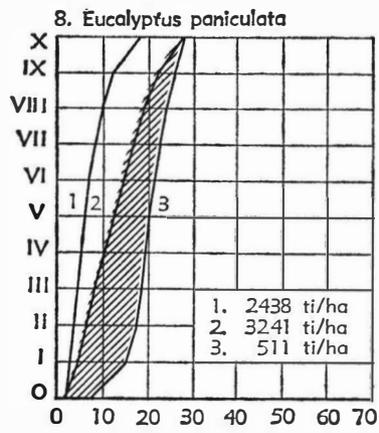
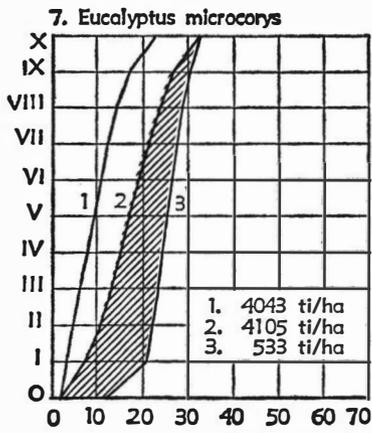


Fig. 7.

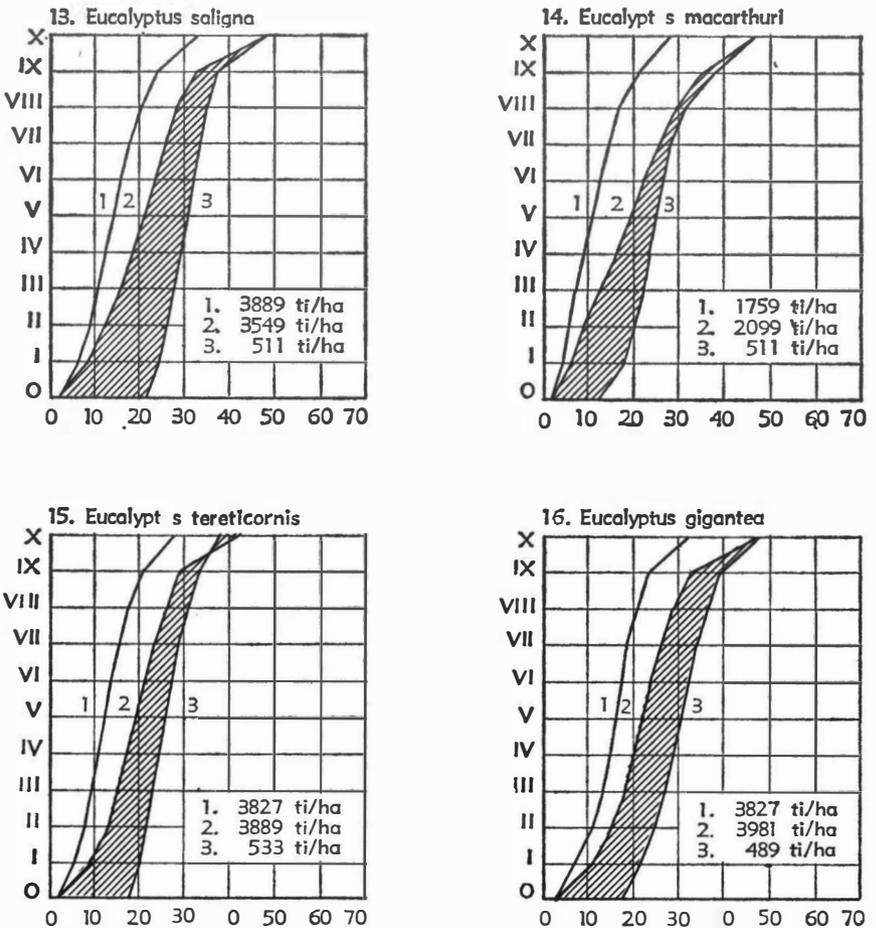
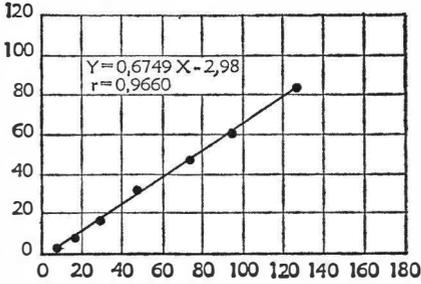


Fig. 8.

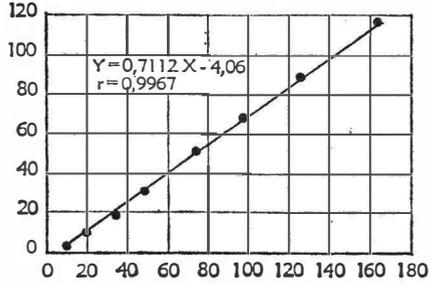
L'éclaircie de août - septembre 1959 modifie la courbe et lui donne l'allure du stade 3; ce déplacement, représenté en hachuré, est dû à une *origine technique*.

La détermination des volumes pour les différentes espèces d'*Eucalyptus* est basée sur la régression du volume, en décimètres cubes, en surface terrière à 1,50 m du sol, en centimètres carrés, par cubage mètre par mètre de tiges abattues dans les parcelles. Pour chaque catégorie de circonférence à l'intervalle de 5 cm, dix sujets sont cubés jusqu'à la recoupe de 10 cm de circonférence. Les figures 9 et 10 donnent les droites de régression établies pour chacune des seize espèces expérimentées à la station de Rubona.

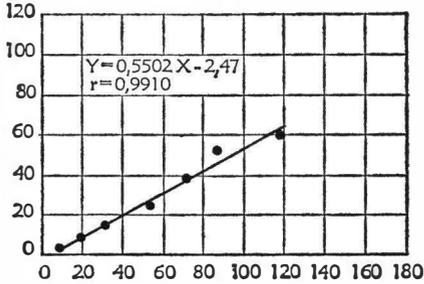
1. *Eucalyptus botryoïdes*



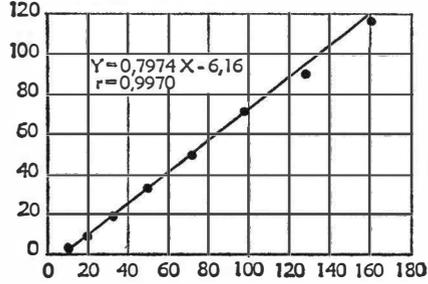
2. *Eucalyptus camaldulensis*



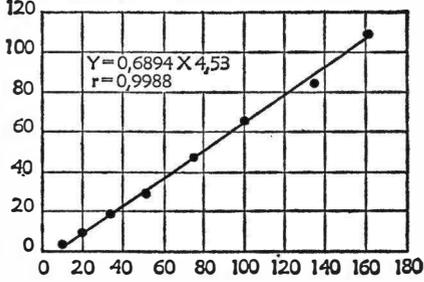
3. *Eucalyptus citriodora*



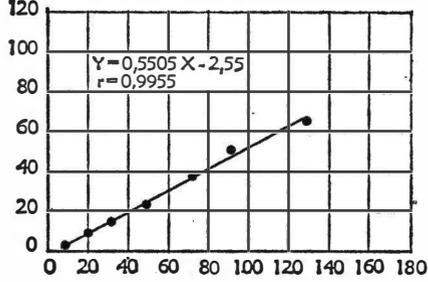
4. *Eucalyptus grandis*



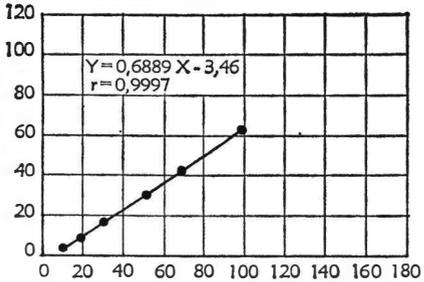
5. *Eucalyptus longifolia*



6. *Eucalyptus maculata*



7. *Eucalyptus microcorys*



8. *Eucalyptus paniculata*

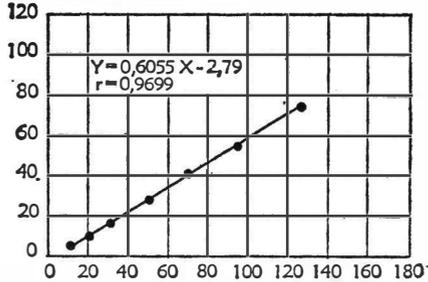


Fig. 9.

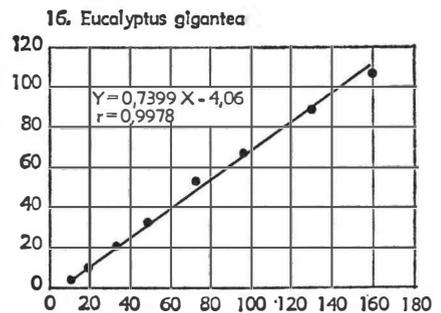
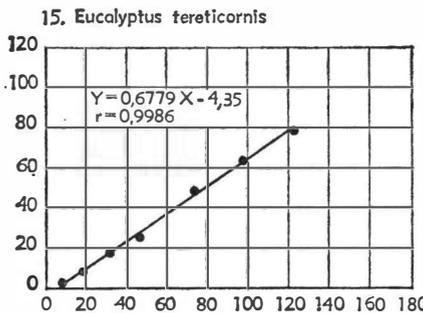
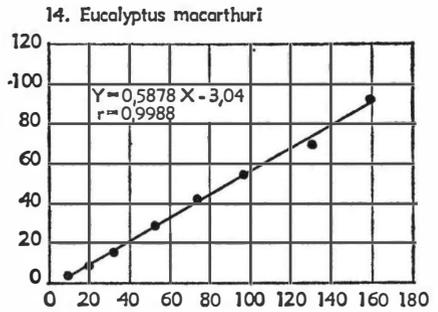
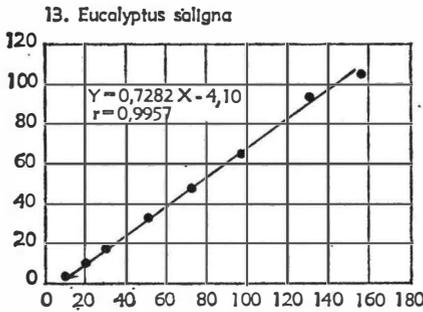
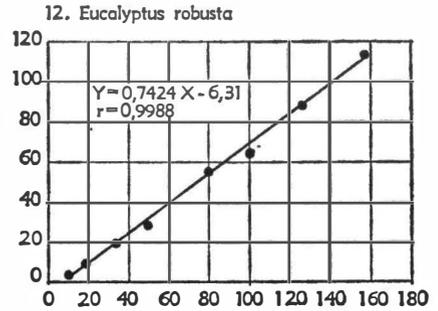
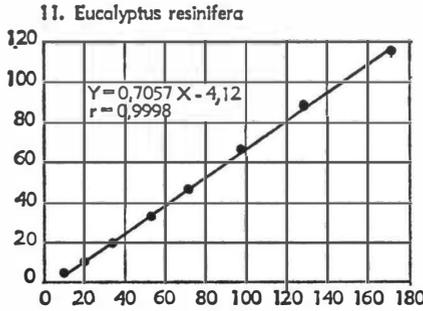
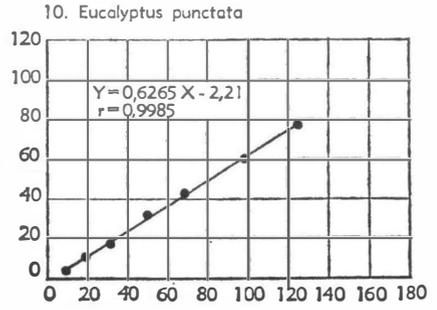
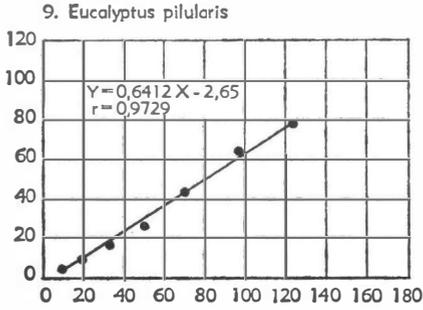


Fig. 10.

Les analyses se rapportent au rendement bois total, c'est-à-dire au volume sur pied avant l'éclaircie.

La méthode suivie est l'analyse de la variance suivie du test de comparaison des moyennes.

1. Analyse des résultats de Rubona.

A titre d'exemple, l'essai comparatif de Rubona a été développé en détail.

a. Analyse de la variance.

La parcelle d'*Eucalyptus robusta* (traitement n° 12) du bloc I ayant été partiellement détruite par des maraudeurs, est considérée comme une donnée manquante.

Dans une expérimentation par la méthode des blocs randomisés, la valeur d'une donnée manquante ou d'une donnée faussée par l'action d'agents extérieurs (par exemple, le bétail, le feu, etc.) peut être calculée par la formule suivante [STEEL et TORRIE, 1960] :

$$\hat{X}_{ij} = \frac{t X_{i.} + r X_{.j} - X_{..}}{(t - 1)(r - 1)}$$

\hat{X}_{ij} = i-ième traitement de la j-ième répétition

$X_{i.}$ = le total des traitements i dans les (r - 1) répétitions dans lesquelles la valeur est normale

$X_{.j}$ = le total des (t - 1) traitements dans la j-ième répétition

$X_{..}$ = le total des (rt - 1) observations

t = le nombre de traitements

r = le nombre de répétitions

Pour le traitement 12 du bloc I, cela donne :

$$\hat{X}_{12,1} = \frac{16 (308) + 5 (859) - 4.873}{15 \times 4}$$

$$\hat{X}_{12,1} = \frac{4.928 + 4.295 - 4.873}{60} = \frac{4.350}{60} = 72$$

Le nombre de degrés de liberté de l'expérience doit être diminué du nombre de valeurs manquantes calculées, ce qui correspond dans notre cas à la perte d'un degré de liberté de l'erreur.

Pour un cas général avec t traitements et r répétitions, l'analyse de la variance de blocs complets randomisés se fait d'après le schéma suivant :

Source de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés
Entre répétitions (blocs)	$r - 1$	$\sum_j X_{.j}^2 / t - X_{..}^2 / rt$ (1)
Entre traitements (espèces)	$t - 1$	$\sum_i X_{i.}^2 / r - X_{..}^2 / rt$ (2)
Erreur résiduelle	$(r - 1)(t - 1)$	$\sum_{i,j} X_{ij}^2 - \sum_i X_{i.}^2 / r - \sum_j X_{.j}^2 / t + X_{..}^2 / rt$ (3) — [(1) + (2)]
Total	$rt - 1$	$\sum_{i,j} X_{ij}^2 - C$ (3)
Terme correctif .	1	$C = X_{..}^2 / rt$

$X_{i.}$ = le total du i -ième traitement

$X_{.j}$ = le total de la j -ième répétition

$X_{..}$ = le total de rt unités expérimentales

X_{ij} = valeur de l'unité expérimentale du i -ième traitement dans la j -ième répétition

$i = 1, 2, \dots, t$ t = nombre de traitements (espèces)

$j = 1, 2, \dots, r$ r = nombre de répétitions (blocs)

Le point dans $X_{i.}$ indique que toutes les observations du i -ième traitement ont été sommées par rapport à j .

Le développement mathématique se fait de la manière suivante:

1. Les données (volume sur pied en mètres cubes avant éclaircie) sont disposées comme dans le tableau IV, de façon à définir :

TABLEAU IV

Éléments de l'essai établi à Rubona (âge: 4 ans 9 mois).

Traitements (espèces)	Répétitions (blocs)					Totaux des traitements			Moyennes \bar{X}_i
	I	II	III	IV	V	X_i	$\sum X_{ij}^2$	X_i^2	
1	96	77	95	92	89	449	40.555	201.601	89,8
2	76	70	72	68	73	359	25.813	128.881	71,8
3	4	6	42	34	43	129	4.821	16.641	25,8
4	114	93	107	106	123	543	59.459	294.849	108,6
5	22	28	35	28	40	153	4.877	23.409	30,6
6	7	13	14	22	44	100	2.834	10.000	20,0
7	73	48	71	75	61	328	22.020	107.584	65,6
8	32	16	41	61	29	179	7.523	32.041	35,8
9	37	31	13	14	36	131	3.991	17.161	26,2
10	73	76	75	82	92	398	31.918	158.404	79,6
11	37	74	94	98	80	383	31.685	146.689	76,6
12	72	51	89	80	88	380	29.850	144.400	76,0
13	91	98	93	82	88	452	41.002	204.304	90,4
14	37	32	45	44	36	194	7.650	37.636	38,8
15	62	61	73	78	64	338	23.074	114.244	67,6
16	98	90	80	80	81	429	37.065	184.041	85,8
Totaux des blocs	X_j	931	864	1.039	1.044	1.067	$X_{..} = 4.945$		
	$\sum X_{ij}^2$	71.239	60.290	80.519	80.162	81.927		374.137	
	X_j^2	866.761	746.496	1.079.521	1.089.936	1.138.489		$\sum X_{ij}^2$	$\sum X_j^2$
								$1.821.885$	
								$\sum X_i^2$	

- les totaux des traitements X_i ,
- les totaux des blocs X_j ,
- et le grand total $X..$.

Pour chaque traitement et chaque bloc, ΣX est calculée, c'est-à-dire ΣX_{ij}^2 pour chaque i et ΣX_{ij}^2 pour chaque j . Le grand total $\Sigma X_{i,j}^2$ s'obtient en sommant les totaux des traitements.

On calcule les carrés des totaux des traitements (X_i^2) et les carrés des totaux des blocs (X_j^2), les sommes sont respectivement ΣX_i^2 et ΣX_j^2 .

2. Le calcul des sommes des carrés s'effectue de la manière suivante :

$$\text{terme correctif} = C = \frac{X_{..}^2}{rt} = \frac{(4.945)^2}{5(16)} = 305.662$$

somme des carrés totale =

$$\Sigma X_{ij}^2 - C = 374.137 - 305.662 = 68.475 \quad (3)$$

somme des carrés pour les blocs =

$$\Sigma X_j^2/t - C = \frac{4.921.203}{16} - 305.662 = 1.913 \quad (1)$$

somme des carrés pour les espèces =

$$\Sigma X_i^2/r - C = \frac{1.821.885}{5} - 305.662 = 58.715 \quad (2)$$

somme des carrés de l'erreur = somme des carrés totale — (somme des carrés pour les blocs + somme des carrés pour les espèces).

Somme des carrés de l'erreur égale à (3) — [(1) + (2)], soit $68.475 - (1.913 + 58.715) = 7.847$.

3. Les carrés moyens s'obtiennent en divisant les valeurs des sommes des carrés par les degrés de liberté correspondants.

Ces calculs sont présentés ci-après :

Source de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Test F
Entre blocs .	5 — 1 = 4	1.913	$\frac{1.913}{4} = 478$	
Entre espèces ...	16 — 1 = 15	58.715	$\frac{58.715}{15} = 3.914$	$\frac{3.914}{135} = 28,99 > 1,84$
Erreur résiduelle .	60 — 1 = 59	7.847	$\frac{7.847}{59} = 135$	C.V. = $\frac{\sqrt{135}}{4.945} = \frac{11,62}{61,8}$ = 0,19 = 19 %
Total	80 — 2 = 78	68.475		
Terme correctif .		305.662		

La valeur de F pour le test de l'hypothèse nulle (selon laquelle il n'y a pas de différence entre espèces) est égale au rapport

$$\frac{\text{carré moyen entre espèces}}{\text{carré moyen de l'erreur}} = \frac{3.914}{135} = 28,99.$$

La valeur de F ainsi calculée est comparée à la valeur de F obtenue dans les tables, pour 15 et 59 degrés de liberté, qui est 1,84 au seuil de $\alpha = 0,05$.

La valeur de F calculée étant supérieure à la valeur de F donnée dans les tables, on peut conclure à une différence réelle entre espèces. Il y a donc lieu, à l'issue de cette analyse de variance, de procéder au test de comparaison des espèces.

b. *Test de comparaison des espèces.*

L'application de « DUNCAN's New Multiple Range Test » [STEEL et TORRIE, 1960] pour l'essai de Rubona entraîne le développement suivant :

r = nombre de répétitions : 5

p = nombre de rendements moyens (en mètre cube à l'ha) qui interviennent dans la comparaison. Ce nombre varie de 2 à 16.

$s_{\bar{x}}$ = écart-type de la moyenne (« sample standard deviation »).

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\text{carré moyen de l'erreur}}{r}} = \sqrt{\frac{135}{5}} = \sqrt{27} = 5,2$$

La table « Significant Studentized Ranges for 5 % and 1 % level New Multiple Range Test », donne au seuil de 5 % et avec 59 degrés de liberté pour l'erreur, les valeurs suivantes :

SSR = amplitudes significatives d'après STUDENT.

LSR = amplitudes significatives minimales, soit $SSR \times s_{\bar{x}}$.

p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SSR	2,83	2,98	3,08	3,14	3,20	3,24	3,28	3,31	3,33	3,35	3,37	3,39	3,40	3,41	3,43
LSR	14,7	15,5	16,0	16,3	16,6	16,8	17,1	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	17,7	17,8

Le test des différences s'opère dans l'ordre suivant :

1. De la plus grande moyenne (N° 4) se soustrait la valeur du LSR pour $p = 16$; soit : $108,6 - 17,8 = 90,8$. Cette valeur est supérieure aux rendements des traitements N°s 6, 3, 9, 5, 8, 14, 7, 15, 2, 12, 11, 10, 16, 1 et 13; ceci permet de conclure que le traitement N° 4 est significativement différent des traitements N°s 6, 3, 9, 5, 8, 14, 7, 15, 2, 12, 11, 10, 16, 1 et 13.

2. De la deuxième plus grande moyenne (N° 13) se soustrait la valeur du LSR pour $p = 15$; soit : $90,4 - 17,7 = 72,7$. Cette valeur est supérieure aux rendements des traitements N°s 6, 3, 9, 5, 8, 14, 7, 15 et 2; ceci permet de conclure que le traitement N° 13 est significativement différent des traitements N°s 6, 3, 9, 5, 8, 14, 7, 15 et 2.

Classement des rendements moyens
(m³/ha)

Rendements moyens	Espèces
20,0	<i>Eucalyptus maculata</i> (N° 6)
25,8	<i>Eucalyptus citriodora</i> (N° 3)
26,2	<i>Eucalyptus pilularis</i> (N° 9)
30,6	<i>Eucalyptus longifolia</i> (N° 5)
35,8	<i>Eucalyptus paniculata</i> (N° 8)
38,8	<i>Eucalyptus macarthurii</i> (N° 14)
65,6	<i>Eucalyptus microcorys</i> (N° 7)
67,6	<i>Eucalyptus tereticornis</i> (N° 15)
71,8	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (N° 2)
76,0	<i>Eucalyptus robusta</i> (N° 12)
76,6	<i>Eucalyptus resinifera</i> (N° 11)
79,6	<i>Eucalyptus punctata</i> (N° 10)
85,8	<i>Eucalyptus gigantea</i> (N° 16)
89,8	<i>Eucalyptus botryoides</i> (N° 1)
90,4	<i>Eucalyptus saligna</i> (N° 13)
108,6	<i>Eucalyptus grandis</i> (N° 4)

Le contrôle des traitements N^{os} 13 et 12 se base sur la différence de leurs rendements : $90,4 - 76,0 = 14,4$. Cette valeur est plus petite que la valeur du LSR (16,6) pour $p = 6$ (comparaison de six traitements), $14,4 < 16,6$ donc : le traitement N° 13 n'est pas significativement différent du traitement N° 12 et à fortiori non plus des traitements N^{os} 11, 10, 16 et 1.

3. De la troisième plus grande moyenne (N° 1) se soustrait la valeur du LSR pour $p = 14$, soit : $89,8 - 17,7 = 72,1$. Cette valeur est supérieure aux rendements des N^{os} 6, 3, 9, 5, 8, 14, 7, 15 et 2, donc le N° 1 en est significativement différent.

Le contrôle des N^{os} 1 et 12 : $89,8 - 76,0 = 13,8$ et $13,8 < 16,3$ (16,3 étant la valeur du LSR pour $p = 5$), donc le N^o 1 n'est pas significativement différent des N^{os} 12, 11, 10 et 16.

4. De la quatrième plus grande moyenne (N^o 16) se soustrait la valeur du LSR pour $p = 13$, soit $85,8 - 17,6 = 68,2$ qui est supérieur aux rendements des N^{os} 6, 3, 9, 5, 8, 14, 7 et 15, donc le N^o 16 en est significativement différent.

Le contrôle des N^{os} 16 et 2, se base sur la différence des rendements $85,8 - 71,8 = 14,0$, et $14,0 < 16,3$ (la valeur du LSR pour $p = 5$), donc le N^o 16 n'est pas significativement différent du N^o 2.

5. (N^o 10) — (LSR $p = 12$) = $79,6 - 17,5 = 62,1$. N^o 10 est significativement différent des N^{os} 6, 3, 9, 5, 8 et 14.

Contrôle : N^o 10 — N^o 7 = $79,6 - 65,6 = 14,0$ qui est $< 16,6$ (LSR pour $p = 6$) donc N^o 10 n'est pas significativement différent du N^o 7.

6. (N^o 11) — (LSR $p = 11$) = $76,6 - 17,4 = 59,2$; N^o 11 est significativement différent des N^{os} 6, 3, 9, 5, 8 et 14.

7. (N^o 12) — (LSR $p = 10$) = $76,0 - 17,3 = 58,7$; N^o 12 est significativement différent des N^{os} 6, 3, 9, 5, 8 et 14.

8. (N^o 2) — (LSR $p = 9$) = $71,8 - 17,2 = 54,6$; N^o 2 est significativement différent des N^{os} 6, 3, 9, 5, 8 et 14.

9. (N^o 15) — (LSR $p = 8$) = $67,6 - 17,1 = 50,5$; N^o 15 est significativement différent des N^{os} 6, 3, 9, 5, 8 et 14.

10. (N^o 7) — (LSR $p = 7$) = $65,6 - 16,8 = 48,8$; N^o 7 est significativement différent des N^{os} 6, 3, 9, 5, 8 et 14.

11. (N^o 14) — (LSR $p = 6$) = $38,8 - 16,6 = 22,2$; N^o 14 est significativement différent du N^o 6.

Contrôle : (N^o 14) — (N^o 3) = $38,8 - 25,8 = 13,0$ qui est $< 16,3$ (LSR $p = 5$) donc N^o 14 n'est pas significativement différent du N^o 3

12. (N^o 8) — (LSR $p = 5$) = $35,8 - 16,3 = 19,5$. Contrôle : (N^o 8) — (N^o 6) = $35,8 - 20,0 = 15,8$ qui est $< 16,3$ (LSR $p = 5$) donc N^o 8 n'est pas significativement différent du N^o 6.

Le résultat du nouveau test de DUNCAN établit un classement proportionnel des rendements moyens (figure 11). Les rendements moyens qui ne sont pas soulignés par la même ligne sont significativement différents (au seuil de 5 %); les rendements moyens soulignés par la même ligne ne sont pas significativement différents (au seuil de 5 %).

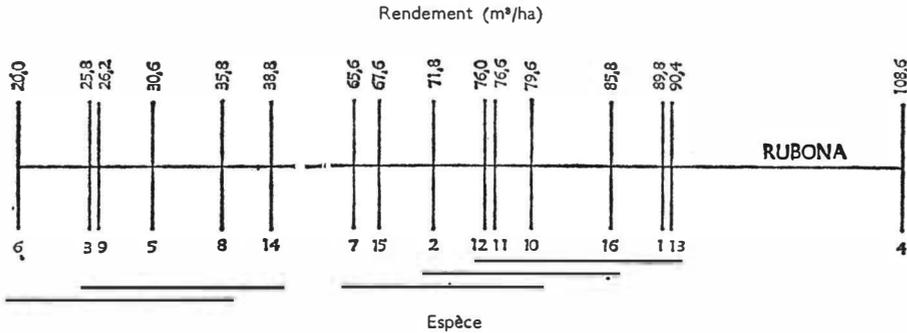


Fig. 11.

2. Analyse des résultats de Momba.

Les calculs ne sont pas développés dans la présente analyse.

Le tableau V renseigne les éléments de l'essai à l'âge de quatre ans onze mois, les données représentent le volume sur pied en mètres cubes avant éclaircie.

a. Analyse de la variance.

Eucalyptus paniculata (N° 8) et *Eucalyptus pilularis* (N° 9) ne sont pas compris dans l'analyse.

La production de la parcelle d'*Eucalyptus botryoides* (N° 1) du bloc II a été calculée par la méthode décrite en page 34, donnée manquante : $\hat{X}_{ij} = \hat{X}_{1,2} = 111 \text{ m}^3/\text{hectare}$.

TABLEAU V

Éléments de l'essai établi à Momba, âge: 4 ans 11 mois

Traitements (espèces)	Répétitions (blocs)					Totaux des traitements			Moyennes \bar{x}_i
	I	II	III	IV	V	$X_{i.}$	$\sum X_{ij}^2$	$X_{i.}^2$	
1	124	111	120	81	112	548	61.222	300.304	109,8
2	84	33	88	49	53	307	21.099	94.249	61,4
3	20	39	21	11	24	115	3.059	13.325	23,0
4	46	28	53	33	62	222	10.642	49.284	44,4
5	28	41	26	31	30	156	5.002	24.336	31,2
6	33	35	20	20	43	151	4.963	22.801	30,2
7	41	40	46	32	15	174	6.646	30.276	34,8
10	50	41	41	55	25	212	9.512	44.944	42,4
11	87	62	56	49	50	304	19.450	92.416	60,8
12	64	83	103	84	78	412	34.734	169.744	82,4
13	50	51	47	24	55	227	10.911	51.529	45,4
14	81	53	63	35	54	286	17.480	81.796	57,2
15	65	74	33	54	37	263	15.075	69.169	52,6
16	53	69	46	53	74	295	17.971	87.025	59,0
								$1.131.198$	
								$\sum X_{i.}^2$	
Totaux des blocs	$X_{.j}$	826	760	763	611	712	$X_{..} = 3.672$		
	$\sum X_{ij}^2$	58.762	48.282	53.395	32.585	44.742		237.766	
								$\sum X_{ij}^2$	
	$X_{.j}^2$	682.276	577.600	582.169	373.321	506.944	$2.722.310 =$	$\sum X_{.j}^2$	

Source de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Test F
Entre blocs	4	1.828	$\frac{1.828}{4} = 457$	$\frac{2.586}{190} = 13,61 > 1,93$ C.V. = 26 %
Entre espèces	13	33.617	$\frac{33.617}{13} = 2.586$	
Erreur résiduelle .	52 — 1 = 51	9.698	$\frac{9.698}{51} = 190$	
Total	68	45.143		
Terme correctif ..		192.623		

La valeur de F pour le test de l'hypothèse nulle est égale au rapport $2586/190 = 13,61$. La valeur de F ainsi calculée est comparée à la valeur de F obtenue dans les tables, pour 13 et 51 degrés de liberté, qui est de 1,93 au seuil de $\alpha = 0,05$.

La valeur de F calculée étant supérieure à la valeur de F donnée dans les tables, on peut conclure à une différence réelle entre espèces. Il y a donc lieu, à l'issue de cette analyse de variance, de procéder au test de comparaison des espèces.

b. *Test de comparaison des espèces.*

L'application du nouveau test de DUNCAN entraîna le développement suivant :

r = nombre de répétitions : 5

p = nombre de rendements moyens qui interviennent dans la comparaison; ce nombre varie de 2 à 14

$$s_{\frac{x}{x}} = \text{écart-type de la moyenne} = \sqrt{\frac{190}{5}} = \sqrt{38} = 6,16$$

La table A.7 donne au seuil de 5 % et avec 51 degrés de liberté pour l'erreur, les valeurs suivantes :

p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SSR	2,84	2,99	3,09	3,15	3,21	3,25	3,29	3,32	3,34	3,36	3,38	3,39	3,41
LSR	17,5	18,4	19,0	19,4	19,8	20,0	20,3	20,4	20,6	20,7	20,8	20,9	21,0

*Classement des rendements moyens
(m³/ha)*

Rendements moyens	Espèces
23,0	<i>Eucalyptus citriodora</i> (N° 3)
30,2	<i>Eucalyptus maculata</i> (N° 6)
31,2	<i>Eucalyptus longifolia</i> (N° 5)
34,8	<i>Eucalyptus microcorys</i> (N° 7)
42,4	<i>Eucalyptus punctata</i> (N° 10)
44,4	<i>Eucalyptus grandis</i> (N° 4)
45,4	<i>Eucalyptus saligna</i> (N° 13)
52,6	<i>Eucalyptus tereticornis</i> (N° 15)
57,2	<i>Eucalyptus macarthuri</i> (N° 14)
59,0	<i>Eucalyptus gigantea</i> (N° 16)
60,8	<i>Eucalyptus resinifera</i> (N° 11)
61,4	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (N° 2)
82,4	<i>Eucalyptus robusta</i> (N° 12)
109,6	<i>Eucalyptus botryoides</i> (N° 1)

Le résultat du test des différences est illustré par la figure 12.

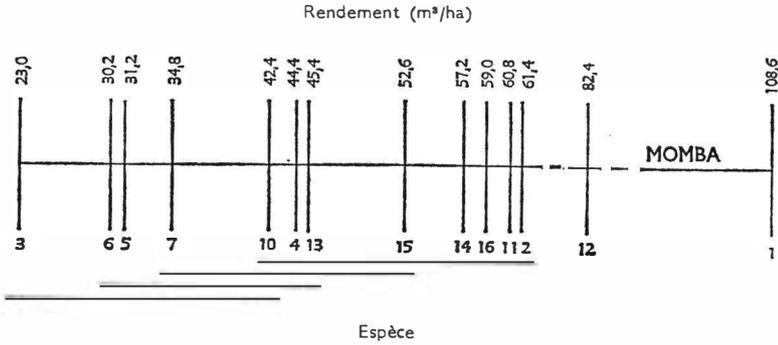


Fig. 12.

3. Analyse des résultats de Jari.

Les calculs ne sont pas développés dans la présente analyse.

a. Analyse de la variance.

Le tableau VI renseigne les éléments de l'essai à l'âge de cinq ans et cinq mois, les données représentent le volume sur pied en mètres cubes avant éclaircie.

Source de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Test F
Entre blocs .	4	1.772	$\frac{1.772}{4} = 443$	
Entre espèces	15	58.923	$\frac{58.923}{15} = 3.928$	$\frac{3.928}{127} = 30,92 > 1,84$
Erreur résiduelle .	60	7.639	$\frac{7.639}{60} = 127$	C.V. = 17 %
Total	79	68.334		
Terme correctif ..		359.388		

TABLEAU VI
Éléments de l'essai établi à Jari, âge : 5 ans 5 mois.

Traitements (espèces)	Répétitions (blocs)					Totaux des traitements			Moyennes $\bar{X}_{.i}$
	I	II	III	IV	V	$X_{.i}$	$\sum X_{ij}^2$	$X_{.i}^2$	
1	112	107	129	101	90	539	58.935	290.521	107,8
2	80	92	94	92	102	460	42.568	211.600	92,0
3	3	32	24	22	48	129	4.397	16.641	25,8
4	79	91	51	95	64	380	30.244	144.400	76,0
5	14	38	34	32	40	158	5.420	24.964	31,6
6	6	17	31	25	45	124	3.936	15.376	24,8
7	55	78	61	45	66	305	19.211	93.025	61,0
8	46	53	47	39	53	238	11.464	56.644	47,6
9	40	16	8	30	24	118	3.396	13.924	23,6
10	77	78	69	76	80	380	28.950	144.400	76,0
11	76	110	103	82	100	471	45.209	221.841	94,2
12	72	89	62	77	74	374	28.354	139.876	74,8
13	66	78	78	84	89	395	31.501	156.025	79,0
14	59	95	82	66	68	370	28.210	136.900	74,0
15	79	105	79	73	99	435	38.637	189.225	87,0
16	100	98	94	101	93	486	47.290	236.196	97,2
								$2.091.558$	
								$\sum_i X_{.i}^2$	
Totaux	$X_{.j}$	1.177	1.046	1.040	1.135	$X_{..} = 5.362$			
des	$\sum_i X_{ij}^2$	101.943	83.864	79.640	89.141		427.722		
blocs	$X_{.j}^2$	1.385.329	1.094.116	1.081.600	1.288.225		$\sum_{i,j} X_{ij}^2$		
							$= \sum_j X_{.j}^2$		

La valeur de F pour le test de l'hypothèse nulle est égale à 30,92. La valeur de F ainsi calculée est comparée à la valeur de F obtenue dans les tables, pour 15 et 60 degrés de liberté, qui est de 1,84 au seuil de $\alpha = 0,05$.

La valeur de F calculée étant supérieure à la valeur de F donnée dans les tables, on peut conclure à une différence réelle entre espèces. Il y a donc lieu, à l'issue de cette analyse de variance, de procéder au test de comparaison des espèces.

b. *Test de comparaison des espèces.*

L'application du nouveau test de DUNCAN pour l'essai de Momba entraîne le développement suivant :

r = nombre de répétitions : 5

p = nombre de rendements qui interviennent dans la comparaison.

Ce nombre varie de 2 à 16.

$$s_{\frac{x}{r}} = \text{écart-type de la moyenne} = \sqrt{\frac{127}{5}} = \sqrt{25,40} = 5,04$$

La table donne, avec 60 degrés de liberté pour l'erreur, les valeurs suivantes :

p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SSR	2,83	2,98	3,08	3,14	3,20	3,24	3,28	3,31	3,33	3,35	3,37	3,39	3,40	3,41	3,43
LSR	14,3	15,0	15,5	15,8	16,1	16,3	16,5	16,7	16,8	16,9	17,0	17,1	17,1	17,2	17,3

Classement des rendements moyens
(m³/ha)

Rendements moyens	Espèces
23,6	<i>Eucalyptus pilularis</i> (N° 9)
24,8	<i>Eucalyptus maculata</i> (N° 6)
25,8	<i>Eucalyptus citriodora</i> (N° 3)
31,6	<i>Eucalyptus longifolia</i> (N° 5)
47,6	<i>Eucalyptus paniculata</i> (N° 8)
61,0	<i>Eucalyptus microcorys</i> (N° 7)
74,0	<i>Eucalyptus macarthuri</i> (N° 14)
74,8	<i>Eucalyptus robusta</i> (N° 12)
76,0	<i>Eucalyptus punctata</i> (N° 10)
76,0	<i>Eucalyptus grandis</i> (N° 4)
79,0	<i>Eucalyptus saligna</i> (N° 13)
87,0	<i>Eucalyptus tereticornis</i> (N° 15)
92,0	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (N° 2)
94,2	<i>Eucalyptus resinifera</i> (N° 11)
97,2	<i>Eucalyptus gigantea</i> (N° 16)
107,8	<i>Eucalyptus botryoides</i> (N° 1)

Le résultat du test des différences est illustré par la figure 13.

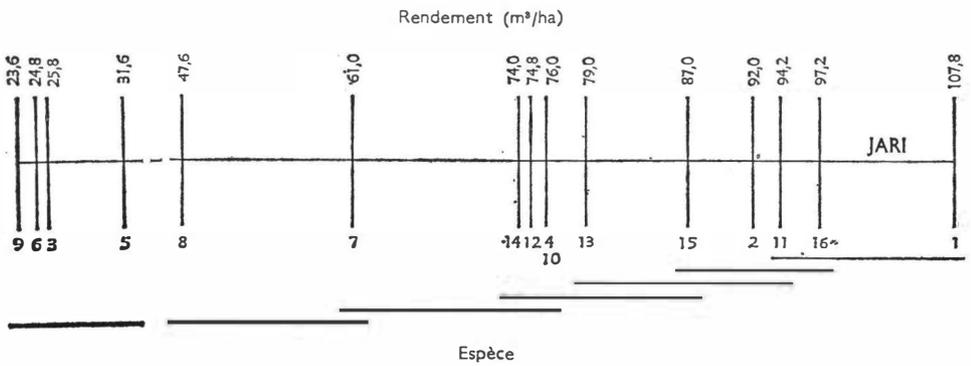


Fig. 13.

CONCLUSIONS

La comparaison des productions en mètres cubes, à l'issue de l'application du nouveau test de DUNCAN pour les trois stations, donne l'aperçu représenté par la figure 14.

Essai comparatif de Rubona.

Les mensurations effectuées à l'âge de quatre ans neuf mois, avant l'éclaircie, font ressortir :

- une supériorité manifeste d'*Eucalyptus grandis* (N^o 4),
- un groupe contenant : N^o 13 : *Eucalyptus saligna*,
N^o 1 : *Eucalyptus botryoïdes*,
N^o 16 : *Eucalyptus gigantea*,
N^o 10 : *Eucalyptus punctata*,
N^o 11 : *Eucalyptus resinifera*,
N^o 12 : *Eucalyptus robusta*,
N^o 2 : *Eucalyptus camaldulensis*,
N^o 15 : *Eucalyptus tereticornis*,
N^o 7 : *Eucalyptus microcorys*.

Dans ce groupe, les N^{os} 13 et 1 sont supérieurs aux espèces N^{os} 2, 15 et 7, et l'espèce N^o 16 est supérieure aux N^{os} 15 et 7.

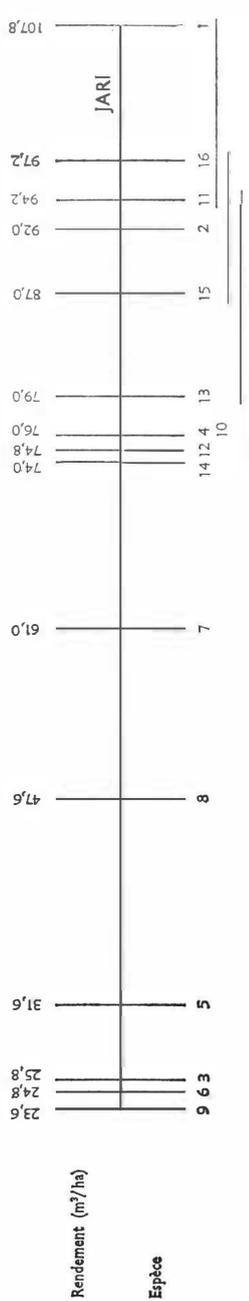
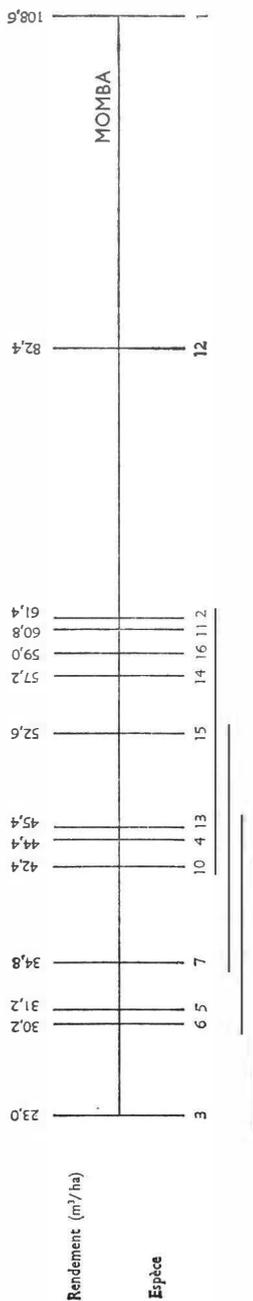
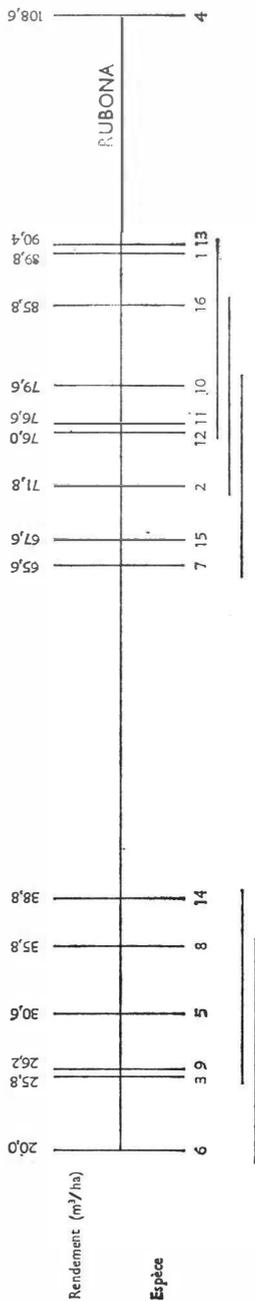
- un groupe où sont classés :

- N^o 14 : *Eucalyptus macarthuri*,
- N^o 8 : *Eucalyptus paniculata*,
- N^o 5 : *Eucalyptus longifolia*,
- N^o 9 : *Eucalyptus pilularis*,
- N^o 3 : *Eucalyptus citriodora*,
- N^o 6 : *Eucalyptus maculata*.

Ce groupe est nettement détaché et inférieur aux autres espèces. A l'intérieur de ce groupe, le N^o 14 est légèrement supérieur au N^o 6.

Essai comparatif de Momba.

L'essai fut mesuré avant l'éclaircie, à l'âge de quatre ans onze mois. Les données montrent :



- une supériorité nette d'*Eucalyptus botryoides* (N^o 1),
- *Eucalyptus robusta* (N^o 12) est significativement différent de *Eucalyptus botryoides* et supérieur aux autres espèces,
- le classement dans l'ordre des autres espèces :

- N^o 2 : *Eucalyptus camaldulensis*,
- N^o 11 : *Eucalyptus resinifera*,
- N^o 16 : *Eucalyptus gigantea*,
- N^o 14 : *Eucalyptus macarthuri*,
- N^o 15 : *Eucalyptus tereticornis*,
- N^o 13 : *Eucalyptus saligna*,
- N^o 4 : *Eucalyptus grandis*,
- N^o 10 : *Eucalyptus punctata*,
- N^o 7 : *Eucalyptus microcorys*,
- N^o 5 : *Eucalyptus longifolia*,
- N^o 6 : *Eucalyptus maculata*,
- N^o 3 : *Eucalyptus citriodora*.

Les espèces N^{os} 2, 11, 16 et 14 sont supérieures aux N^{os} 7, 5, 6 et 3, l'espèce N^o 15 est supérieure aux N^{os} 5, 6 et 3; les espèces N^{os} 13 et 4 sont supérieures au N^o 3.

Essai comparatif de fari.

La comparaison des productions à l'âge de cinq ans cinq mois, avant l'éclaircie, fait ressortir :

- une suite d'espèces classées dans l'ordre des espèces suivantes :

- N^o 1 : *Eucalyptus botryoides*,
- N^o 16 : *Eucalyptus gigantea*,
- N^o 11 : *Eucalyptus resinifera*,
- N^o 2 : *Eucalyptus camaldulensis*,
- N^o 15 : *Eucalyptus tereticornis*,
- N^o 13 : *Eucalyptus saligna*,
- N^o 10 : *Eucalyptus punctata*,
- N^o 4 : *Eucalyptus grandis*,
- N^o 12 : *Eucalyptus robusta*,
- N^o 14 : *Eucalyptus macarthuri*,
- N^o 7 : *Eucalyptus microcorys*,
- N^o 8 : *Eucalyptus paniculata*.

dans ce groupe, l'espèce N° 1 est supérieure aux espèces N°s 2, 15, 13, 10, 4, 12, 14, 7 et 8.

Les espèces N°s 16 et 11 sont supérieures aux espèces N°s 13, 10, 4, 12, 14, 7 et 8.

L'espèce N° 2 est supérieure aux N°s 10, 4, 12, 14, 7 et 8.

Les espèces N°s 15 et 13 sont supérieures aux espèces N°s 7 et 8.

Les espèces N°s 10, 4, 12 et 14 sont supérieures à l'espèce N° 8.

— un deuxième groupe où sont classés :

N° 5 : *Eucalyptus longifolia*

N° 3 : *Eucalyptus citriodora*

N° 6 : *Eucalyptus pilularis*

Les espèces de ce groupe sont nettement inférieures aux autres espèces mais ne présentent pas de différence significative entre-elles.

La comparaison des résumés graphiques (figure 14) des essais entrepris fait ressortir qu'à l'âge de quatre ans neuf mois à cinq ans cinq mois *Eucalyptus botryoides* se comporte très bien au milieu d'un groupe d'espèces intéressantes.

Rubona :	1. <i>Eucalyptus grandis</i>	N° 4	108,6 m ³ /ha
	2. <i>Eucalyptus saligna</i>	N° 13	90,4 m ³ /ha
	3. <i>Eucalyptus botryoides</i>	N° 1	89,9 m ³ /ha
	4. <i>Eucalyptus gigantea</i>	N° 16	85,8 m ³ /ha
Momba :	1. <i>Eucalyptus botryoides</i>	N° 1	108,6 m ³ /ha
	2. <i>Eucalyptus robusta</i>	N° 12	82,4 m ³ /ha
	3. <i>Eucalyptus resinifera</i>	N° 11	61,4 m ³ /ha
	4. <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	N° 2	60,8 m ³ /ha
Jari :	1. <i>Eucalyptus botryoides</i>	N° 1	107,8 m ³ /ha
	2. <i>Eucalyptus gigantea</i>	N° 16	97,2 m ³ /ha
	3. <i>Eucalyptus resinifera</i>	N° 11	94,2 m ³ /ha
	4. <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	N° 2	92,0 m ³ /ha

Par contre, la production d'*Eucalyptus citriodora* (N° 3) *Eucalyptus longifolia* (N° 5), *Eucalyptus maculata* (N° 6) et *Eucalyptus pilularis* (N° 9) est nettement inférieure aux autres espèces mises en compétition.

L'installation d'essais, comme décrits dans la présente étude, est souvent rendue difficile en raison de la superficie occupée; il n'est pas aisé dans des régions montagneuses, comme le Rwanda et le Burundi, de délimiter une surface homogène de 270×186 mètres.

La superficie actuelle des parcelles individuelles étant considérée comme un minimum, il n'est possible de restreindre l'étendue totale d'un essai qu'en réduisant le nombre d'espèces mises en compétition. Cette réduction entraînerait un gain considérable lors des travaux d'installation, de mensuration et de calcul, tout en rassemblant les traitements en blocs plus compacts pour s'assurer une plus forte chance de ne pas empiéter hors des limites d'un sol uniforme.

Pour réduire le nombre d'espèces mises en compétition, il faut pouvoir s'appuyer sur des résultats antérieurs. Le choix pour les essais du Rwanda et du Burundi a été basé principalement sur le comportement des espèces à l'Arboretum de Ruhande.

L'introduction et le choix d'espèces devrait se faire par étapes successives dans un pays neuf et comporterait :

1° Un triage préliminaire effectué dans un grand nombre d'espèces provenant de stations à écologie semblable à la station d'introduction. Ce triage pourrait se faire avec un petit nombre de plants de chaque espèce et un nombre de répétitions limitées; il permettrait d'isoler un groupe de bonnes essences en peu de temps et à peu de frais. A titre d'exemple, un essai de triage à soixante espèces et trois répétitions et des parcelles de vingt-cinq plants à écartement de 1,50 m, nécessiterait seulement une surface d'environ un hectare.

2° Un essai comparatif, d'après la méthode des blocs randomisés décrite dans les pages précédentes, avec une dizaine parmi les meilleures espèces de l'essai de triage préliminaire.

SUMMARY

The versatility of certain *Eucalyptus* species is such that their development in the country of adoption can be greater than in their original environment. Hence the necessity for trials before making a choice of species.

The first results of three *Eucalypt* trials in Rwanda and Burundi are given. These trials were laid out by the Forestry Group of the I.N.E.A.C. Station of Rubona in collaboration with the Government Forest Service.

The object of the trials is to compare sixteen *Eucalyptus* species in different ecological sites. The experimental design used is the complete randomized-block with sixteen treatments (species) and five replicates. Each individual plot holds 200 trees.

The observation period included the first thinning at the age of five years.

For each plot the cumulative frequency distributions of circumferences show the evolution and homogeneity of the species.

The volumes have been computed by cubing samples and establishing the regression of volume (dm^3) on basal area (cm^2) 1.50 m above ground level. Regression lines have been drawn for each species.

An analysis of variance of complete randomized blocks was carried out on the volumes obtained before thinning. DUNCAN'S New Multiple Range Test was used for the comparison of the treatment means (species). A graphical summary of this test for each station is given.

The following conclusions may be drawn :

— the good behaviour of *Eucalyptus botryoides* (N° 1) is evident,
— *Eucalyptus citriodora* (N° 3), *Eucalyptus longifolia* (N° 5), *Eucalyptus maculata* (N° 6) and *Eucalyptus pilularis* (N° 9) are evidently inferior to the other species.

The first five years provided precious information about possibilities of applying the experimental method used.

The principal disadvantage lays in the size of the area required. This area can only be reduced by reducing the number of species involved, which in turn can only be achieved when previous experience is available.

For a choice of species project in a country where no information is available, one should proceed by the following steps :

— first a preliminary sorting out with a large number of species. This sorting out should be carried out with a small number of plants for each species and few replications, leading to the isolation of a group of acceptable species.

— secondly, about ten of the best species of the preliminary sorting trial should be put in the experiment with the randomized blocks design, to provide full information on their possibilities.

SUMARIO

La versatilidad de algunos Eucaliptos es tal que el desarrollo en las regiones de adopción puede ser notablemente superior al desarrollo en su patria de origen.

La institución de ensayos comparativos es indispensable antes de fijar un escogimiento. Los primeros resultados de tres ensayos comparativos de Eucaliptos constituye el objeto de esta nota. Estos ensayos fueron establecidos por el Grupo Forestal de la Estación de Rubona del Instituto Nacional de Estudios Agronomicos en el Congo (I.N.E.A.C.), en colaboración con el Servicio Forestal del Rwanda y Burundi.

El fin de los ensayos es medir el crecimiento de 16 especies de Eucaliptos en competición en diferentes lugares ecológicos.

El dispositivo experimental es el método de « los bloques casualidades » (randomized blocks), a 16 tratamientos (o especies) y 5 repeticiones. Las parcelas individuales contienen 200 árboles.

Los resultados de tres ensayos son dados después de la primera aclaración que tuvo lugar hacia los 5 años. Las medidas y observaciones se hicieron en tiempo de las plantaciones y cada año, la aclaración incluida.

Para cada parcela las distribuciones de frecuencias acumuladas de las circunferencias indican la homogeneidad de las especies.

Los volúmenes fueron determinados por la cubicación de muestras y la institución de la regresión de volumen (dm^3) en la superficie basal a 1 m 50 del nivel del suelo (cm^2). Unas derechas de regresión fueron establecidas para cada especie.

La análisis de la variante fué hecha sobre los volúmenes de unos 5 años. La comparación de las especies se hizo por el Nuevo Test de Amplitudes Múltiples de DUNCAN. El resumen gráfico de este test es representado.

De este conjunto resultan las conclusiones siguientes :

1. Aunque se trata únicamente de clasificación en tiempo de la primera aclaración, el buen comportamiento del *Eucalyptus botryoïdes* (Nº 1) es incontestable.

2. Las especies *Eucalyptus citriodora* (Nº 3), *Eucalyptus longifolia* (Nº 5), *Eucalyptus maculata* (Nº 6) y el *Eucalyptus pilularis* (Nº 9), tienen producciones claramente inferiores que las demas especies.

Los primeros 5 años han dado informes preciosos sobre la posibilidad de aplicación del método experimental desarrollado. El inconveniente principal consiste en la superficie necesaria para hacer el ensayo.

No es posible restringir la superficie total de un ensayo que reduciendo el número de especies en competición. Para esto es necesario apoyarse sobre los resultados anteriores.

Para un proyecto de introducción y de escogimiento de especies en un país donde se poseen pocos informes o ningunos informes, convendría proceder por etapas sucesivas :

— primero, una selección preliminar con un gran número de especies. Esta selección puede realizarse con un pequeño número de árboles por especies y con pocas repeticiones y permitiría el aislamiento de un grupo de buenas especies en poco tiempo y con gastos mínimos.

— segundo, luego una decena de las mejores especies del ensayo de la selección preliminar serían puestas en competición según el método de los bloques casualidades descrito en las páginas anteriores.

ÉTUDE DE L'AMÉNAGEMENT
DES BOISEMENTS D'EUCALYPTUS

ESSAIS D'ÉCLAIRCIES
A DIFFÉRENTES DENSITÉS DE RÉSERVE

INTRODUCTION

Taillis simple versus taillis composé.

En foresterie classique, la pratique des éclaircies est au centre des discussions sylvicoles et occupe une place de premier plan dans le cycle des opérations.

La conduite des plantations d'Eucalyptus est surtout axée sur une production de quantité plutôt que de qualité de bois. Aussi, n'est-il pas surprenant que l'on se soit peu intéressé à la question des éclaircies et que le *taillis simple* soit le régime le plus communément employé.

Dans beaucoup de pays, la matière ligneuse est encore le seul combustible couramment utilisé tant pour l'industrie que pour les foyers domestiques. Les besoins en bois de chauffage étant supérieurs aux besoins en bois d'œuvre, le régime du taillis, dans lequel la rapidité de croissance des rejets permet des exploitations rapprochées, est celui qui convient le mieux pour satisfaire cet objectif.

Mis à part l'avantage que le taillis simple n'exige aucune connaissance technique et que généralement on ne se préoccupe pas de donner des soins au peuplement entre deux coupes, il présente, au point de vue cultural, les inconvénients inhérents à chaque coupe à blanc étoc : perte de la litière, destruction de l'humus, durcissement du sol et envahissement par les plantes herbacées et principalement les graminées.

La conduite des boisements d'Eucalyptus en régime de *taillis composé* ou *taillis sous futaie* est rejetée par les forestiers de beaucoup de pays. Il résulte de la publication de la F.A.O. [1955], que dans plusieurs pays (Espagne, Brésil, Maroc, Afrique du Sud), le traitement en taillis sous futaie ne donne pas satisfaction, tant en ce qui concerne l'uniformité des produits que l'obtention du rendement global maximal. Chaque réserve nuit à la croissance du taillis dans un rayon plus ou moins étendu et il en résulte pour ce taillis un manque d'homogénéité et, finalement, une baisse de production non compensée par celle des réserves.

Le régime de taillis sous futaie se justifie pourtant si l'on considère que l'évolution de la population des pays neufs se fait à un rythme rapide et qu'il faut dès à présent prévoir une production de bois d'œuvre. Ainsi, en Uganda, au Kenya et au Rwanda, un programme d'électrification permet d'envisager l'emploi de poteaux d'Eucalyptus comme supports de lignes aériennes de haute tension. Le recours à un matériau de provenance locale permet d'abaisser sensiblement le coût unitaire des lignes et de ce fait de desservir des localités rurales dont l'alimentation par des lignes du type classique ne pouvait être envisagée économiquement.

En taillis sous futaie classique, le nombre des classes d'âge de la futaie, et les différences d'âge de celles-ci, sont très variables, et dépendent généralement de la durée de la révolution adoptée pour le taillis et de l'âge auquel sont exploitées les réserves. Lors du passage des coupes, on réalise les arbres devenus exploitables; en même temps, on choisit, pour les conserver, un certain nombre de brins de l'âge du taillis, qui viennent renforcer la réserve de façon à entretenir sa composition et sa production. Ainsi, les arbres de la futaie, qui sont en général des semenceaux, vivent pendant une révolution au sein du taillis, confondus parmi les rejets qui le constituent.

Au point de vue économique, l'intérêt du taillis sous futaie réside essentiellement dans la variété de ses produits et dans le fait que les réserves, avec leurs cimes larges et bien éclairées, ont une végétation fort active et assurent la production de gros bois d'œuvre dans un minimum de temps. Une autre caractéristique, à la fois culturale et économique, est son extrême souplesse d'application, qui permet de faire varier dans des limites étendues l'importance de la réserve.

Le taillis sous futaie constitue un ensemble de deux éléments entre lesquels sévit en permanence un antagonisme marqué :

- Les réserves éliminent ou au moins dépriment le taillis, mais il est parfois admis que leurs cimes ont un volume sensiblement égal à celui du taillis disparu et qu'ainsi le volume des fûts vient en quelque sorte s'ajouter à celui d'un taillis simple qui occuperait toute la surface.
- Le taillis, par sa rapidité d'élongation dès la première année, étouffe aisément les semis que les réserves peuvent donner.

La culture de l'Eucalyptus au Rwanda et au Burundi, ainsi que dans d'autres pays insuffisamment boisés, doit tenir compte des impératifs suivants :

— Les produits nécessaires actuellement et dans le futur immédiat sont le bois de chauffage et le petit bois de construction. Ces produits sont fournis par le taillis;

— En tenant compte de l'évolution rapide de la population et de l'industrialisation naissante, il est nécessaire de constituer une réserve de bois d'œuvre;

— Le système adopté doit être simple de conception et d'application, afin d'en permettre l'exécution par un personnel peu qualifié.

La futaie sur taillis de conception classique ne peut être considéré vu l'importance accordée à la futaie et que l'application de ce système suppose une main-d'œuvre qualifiée.

Peu de données ont été publiées en ce qui concerne la conduite des boisements d'Eucalyptus. Cependant, en ce qui concerne les techniques sylvicoles, on ne peut nier que la pratique de l'éclaircie dans les plantations d'Eucalyptus mérite d'être étudiée.

Toutes ces considérations ont été à la base de l'établissement de notre essai d'aménagement comportant différentes densités de réserve.

Dans cet essai, la réserve est constituée à l'occasion de la première intervention, consistant en une mise à blanc avec maintien de réserves.

La deuxième intervention consiste en l'exploitation par coupe rase du taillis, et une éclaircie de la futaie. Cette éclaircie a pour but la sélection des élites et la réduction du couvert afin de permettre un rapport soutenu du taillis.

Les passages ultérieurs seront de la même nature que la seconde intervention, c'est-à-dire coupe rase du taillis et éclaircies successives de la futaie. Lors de ces passages, on ne procède pas au recrutement de sujets pour la futaie dans le taillis, la futaie est constituée à la première coupe et éclaircie progressivement à chaque passage, de façon à obtenir finalement une cinquantaine d'arbres de réserve, qui seront maintenus jusqu'à maturité.

I. *Les boisements d'Eucalyptus au Rwanda et au Burundi.*

Les premiers boisements communaux d'Eucalyptus datent de 1931. De 1931 jusqu'en 1948, date de la création du Service Forestier, les collectivités locales étaient tenues à procéder chaque année à l'établissement, à leur profit exclusif, de boisements communaux à raison d'un hectare par trois cents contribuables. A partir de 1948, le personnel du Service Forestier participait à la réalisation des boisements communaux. Jusqu'en 1952, les travaux de reboisement se faisaient sous la forme d'impositions. A partir de 1952, en vue de répartir plus équitablement l'imposition, on décida le rachat de la prestation.

La surface boisée en boisements communaux en fin 1960 était d'environ 43.000 hectares. La cadence d'extension des dernières années était de 2.000 hectares par an pour l'ensemble des deux pays. Des boisements dits « économiques » ont été créés à proximité des principaux centres administratifs et des centres miniers les plus importants, afin de résoudre le problème de leur ravitaillement en bois et d'empêcher l'exploitation des boisements communaux au profit des besoins publics et industriels. Conformément au Plan décennal, environ un millier d'hectares de ces boisements ont été réalisés près des grands centres (Astrida, Shangugu, Kigali, etc.).

En ce qui concerne l'aménagement des boisements d'Eucalyptus, il faut faire une distinction entre boisements anciens et jeunes boisements.

Les boisements anciens : Ceux-ci comprennent les boisements communaux établis de 1931 à 1948. L'exploitation de ces boisements consistait jadis en la coupe des plus beaux sujets. Les coupes se pratiquaient en fonction des besoins immédiats. Il en résultait des boisements malmenés avec un taillis fureté et généralement une futaie trop dense et d'allure minable.

Le seul traitement applicable à ces boisements est le régime du taillis avec, éventuellement, le marquage de quelques rares beaux sujets. La conversion de ces boisements a pratiquement été réalisée partout.

Les jeunes boisements : Ce sont les boisements établis depuis la création du Service Forestier. Jusqu'au début 1957, ces boisements ont été traités par coupes progressives de faible intensité.

D'après les instructions du Service Forestier en vigueur avant 1957, il fallait laisser en réserve, à la première intervention, la moitié des arbres initialement plantés. Le marquage se faisait en délivrance.

A la suite des premières observations de notre essai d'éclaircies avec différentes densités de réserve, et en attendant des résultats définitifs de l'essai, les directives suivantes ont été adoptées provisoirement lors de la réunion du Service Forestier du Rwanda et du Burundi - I.N.É.A.C., Rubona, en avril 1957 :

— Les boisements communaux seront traités soit en taillis simple, soit en taillis sous futaie avec marquage en réserve de 100 tiges à l'hectare lors de la première intervention;

— Les boisements économiques et éventuellement certains boisements communaux situés à proximité de postes administratifs ou près de mines seront aménagés en taillis sous futaie avec conservation de 250 à 400 tiges à l'hectare lors de la première intervention.

II. Localisation de l'essai.

L'essai d'éclaircies a été établi dans un boisement du Service Forestier à Rwasave, dans la circonscription d'Astrida vers 1.750 m d'altitude. Les parcelles d'*Eucalyptus maideni* sont situées en flanc de colline à pente de 15 à 20 %, et les parcelles d'*Eucalyptus saligna* en bas de colline à pente de 5 à 10 %. Le bloc expérimental est exposé du Sud-Est.

Les sols du chantier forestier de Rwasave se sont développés à partir d'un complexe de roches cristallophylliennes représentées principalement par des gneiss et des micaschistes, qui forment le soubassement de la région d'Astrida. Les produits d'altération de ces roches ont donné naissance à divers matériaux originels, d'après le transport auquel ils ont été soumis. On peut ainsi distinguer les colluvions, situées sur les pentes, et les alluvions bien drainées ayant colmaté le fond de la vallée.

Dans tous les cas, les sols sont profonds et bien aérés sur plus de un mètre de profondeur, leur composition texturale est peu variable et correspond *grosso-modo* à une argile sableuse.

Les profils des parcelles d'*Eucalyptus maideni*, situés sur le flanc de la colline à pente faible, sont très uniformes et sont constitués d'un horizon humifère épais (A₁) de 20 cm, finement

grumeleux et brun foncé (10 YR 3/2) reposant sur un horizon d'infiltration (A₃). Ce dernier surmonte à 65 cm un horizon sombre en profondeur, friable (B_{2h}). A 130 cm, on remarque la roche altérée en place, rouge et traversée d'infiltrations noirâtres. L'ensemble de ces parcelles appartient aux ferralsols humifères à horizon sombre, correspondant aux sols ferralitiques de la classification française [Sys *et al.*, 1961].

L'horizon sombre est absent dans les parcelles d'*Eucalyptus saligna* sises sur matériaux alluvionnaires. Ici, le groupe de profils est très homogène; à 105 cm de profondeur, on aperçoit quelques taches d'oxydo-réduction, marquant l'influence d'une nappe phréatique temporaire. Les *Eucalyptus saligna* occupent ainsi des sols appartenant aux ferrisols, étant minéralogiquement plus riches que les ferralsols. La classification française les range parmi les sols ferralitiques récents d'altitude.

III. Organisation du travail.

L'essai a été installé dans un boisement économique établi par le Service Forestier du Rwanda en octobre 1950. En décembre 1955, une première éclaircie a été effectuée par le Service Forestier d'après les instructions en vigueur à cette époque, stipulant le maintien d'une réserve d'environ deux mille tiges à l'hectare.

Ce boisement a été mis à la disposition du Groupe Forestier de Rubona en janvier 1956. Certaines parcelles étaient partiellement éclaircies. Les densités de réserve de ces parcelles figurent dans la colonne 1 du tableau I. Ces densités n'ont pas grande importance, le point de départ pour la comparaison des traitements étant constitué par l'état des parcelles après l'intervention de janvier 1956 (voir les colonnes 6 à 11 inclus du tableau I, p. 69).

Les traitements ont été appliqués sur des parcelles de 25 ares. Autour de chaque parcelle, une bande d'isolement, traitée de façon identique, a été délimitée afin d'éliminer l'effet de bordure.

Nous avons sept parcelles d'*Eucalyptus saligna* et sept parcelles d'*Eucalyptus maideni*. Le but de l'essai est de comparer les traitements et non pas les deux espèces, les surfaces boisées mises à notre disposition ne nous permettant pas de répétitions avec une seule espèce. Les traitements suivants ont été appliqués :

1. Coupe rase : *taillis simple*;
2. Coupe avec maintien d'une réserve de 100 tiges à l'hectare : *taillis sous futaie*;
3. Coupe avec maintien d'une réserve de 150 tiges à l'hectare : *taillis sous futaie*;
4. Coupe avec maintien d'une réserve de 200 tiges à l'hectare : *taillis sous futaie*;
5. Coupe avec maintien d'une réserve de 250 tiges à l'hectare : *taillis sous futaie*;
6. Coupe avec maintien d'une réserve de 350 à 500 tiges à l'hectare. Le marquage est un marquage en réserve des beaux sujets de la strate dominante et codominante. La préférence est donnée à la futaie en vue d'une sélection poussée, le taillis étant d'importance secondaire. Cette forme doit néanmoins être considérée comme un *taillis sous futaie*.

7. Dans ces parcelles, nous ne sommes pas intervenus en janvier 1956, les parcelles ont donc été laissées dans l'état où elles se trouvaient après l'intervention du Service Forestier de décembre 1955. Cette éclaircie était faite d'après les anciennes instructions, qui prescrivaient qu'il fallait laisser en réserve, à la première intervention, la moitié du nombre d'arbres initialement plantés, donc théoriquement 2.222 tiges à l'hectare puisque la plantation se faisait à l'écartement de $1,50 \times 1,50$ m. Nous avons considéré ce traitement comme un témoin des instructions d'éclaircie au moment de l'installation de l'essai. Bien que ce traitement soit constitué de deux étages, taillis et futaie, la densité de la futaie est telle que nous considérons ce régime comme une forme de *futaie*.

A chaque intervention, diverses opérations sont exécutées et notamment :

- Mensuration des circonférences sur écorce à 1,50 m du sol avant éclaircie avec établissement des courbes de fréquences cumulées des circonférences (ou courbes de répartition des grosseurs relatives) et calculs des caractéristiques statistiques;
- Établissement du plan de la parcelle avant éclaircie avec marquage des numéros des arbres et leurs circonférences respectives;
- Marquage en réserve ou en délivrance;
- Cubage de dix arbres par catégorie de circonférence, à intervalle de 5 cm, jusqu'à la recoupe de 10 cm de circonférence;
- Mensuration des circonférence sur écorce à 1,50 m du sol après éclaircie avec établissement des courbes de fréquences cumulées des circonférences et calculs des caractéristiques statistiques;

— Plan de la parcelle après éclaircie.

Ces renseignements permettent d'établir les documents suivants:

1. Plan de la parcelle avant éclaircie,
2. Répartition des circonférences avant éclaircie,
3. Calcul des caractéristiques statistiques avant éclaircie,
4. Plan de la parcelle après éclaircie,
5. Répartition des circonférences après éclaircie,
6. Calcul des caractéristiques statistiques après éclaircie,
7. Courbes de fréquences cumulées des circonférences avant et après éclaircie,
8. Cubage des arbres abattus,
9. Tableau de corrélation de volume et de surface terrière,
10. Calcul de la droite de régression,
11. Graphique de la droite de régression,
12. Synthèse des mensurations et cubages avant et après éclaircie.

Dans tous les traitements, il a été procédé *annuellement* à la mensuration de la circonférence des arbres réservés afin de suivre leur accroissement (voir tableaux II et IV).

Le cubage de janvier 1956 a été fait séparément pour chaque parcelle (voir tableau I) et le cubage d'octobre 1960, vu la différence de forme des arbres, a été fait séparément en trois groupes (voir tableau II) :

Groupe 1 : parcelles 2, 3, 4 et 5 : taillis sous futaie à réserve faible;

Groupe 2 : parcelle 6 : taillis sous futaie à réserve forte;

Groupe 3 : parcelle 7 : futaie;

soit au total six cubages pour les deux répétitions.

Le cubage du taillis en octobre 1960 a été par mensuration des rejets abattus avant l'empilage. Les renseignements concernant le taillis sont synthétisés au tableau V.

A titre de documentation, nous avons ajouté les graphiques des droites de régression à l'âge de cinq ans trois mois (fig. 1 et 2) et à l'âge de dix ans (fig. 3 et 4) pour les deux espèces. On y trouve les formules des droites de régression de volume (dm^3) en surface terrière (cm^2).

TABLEAU I
Éclaircie de janvier 1956 à l'âge de 5 ans 3 mois

Parcelle	N ^{os} des colonnes	Avant éclaircie					Après éclaircie					Hauteur totale des dominants (m)	
		1	2	3	4	5	6	Arbre moyen		Surface terre/ha (m ²)	Volume/ha (m ³)		
		Espèces et traitements	Nombre de tiges/ha	Arbre moyen		Surface terre/ha (m ²)	Volume/ha (m ³)	Nombre de tiges/ha	Arbre moyen		Surface terre/ha (m ²)	Volume/ha (m ³)	
				Circonf. (cm)	Volume (dm ³)				Circonf. (cm)	Volume (dm ³)			
		<i>Eucalyptus saligna</i>											
1		Taillis simple	2.012	26,90	36,38	11,59	73,2	0	—	—	—	—	16
2		Taillis sous futaie	1.760	31,32	58,25	13,74	102,5	100	46,80	135,04	1,74	13,5	18
3		Taillis sous futaie	1.080	40,98	105,31	14,43	113,7	152	49,74	158,55	2,99	24,1	18
4		Taillis sous futaie	1.420	34,91	78,03	13,77	110,8	200	44,60	132,90	3,16	26,5	18
5		Taillis sous futaie	2.188	28,11	41,38	13,76	90,5	248	40,56	90,10	3,24	22,3	16
6		Taillis sous futaie	1.536	29,64	47,34	10,74	72,7	376	41,32	95,55	5,10	35,9	17
7		Futaie	—	—	—	—	—	1.648	24,08	29,96	7,60	49,4	17
		<i>Eucalyptus maidem</i>											
1		Taillis simple	2.356	25,11	35,60	11,82	83,8	0	—	—	—	—	17
2		Taillis sous futaie	1.564	25,94	34,30	8,37	53,6	100	41,80	101,57	1,39	10,1	16
3		Taillis sous futaie	1.552	22,37	22,51	6,18	34,9	152	35,52	63,46	1,52	9,7	15
4		Taillis sous futaie	1.480	27,52	41,66	8,92	61,6	196	37,95	83,59	2,24	16,3	15
5		Taillis sous futaie	1.512	24,20	28,52	7,04	43,1	248	34,43	62,93	2,34	15,6	15
6		Taillis sous futaie	1.716	24,50	31,64	8,19	54,3	472	34,87	70,31	4,56	33,1	16
7		Futaie	—	—	—	—	—	2.480	22,01	24,37	9,56	60,4	16

TABEAU II

Éclaircie d'octobre 1960 à l'âge de 10 ans (Résultats des mensurations des réserves)

Numéros des colonnes		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Par- celle	Espèces et traitements	Avant éclaircie					Après éclaircie					Produc- tion de la coupe (m ³)	Accrois- sment de volume à l'hectare (m ³)	Hauteur totale des domi- nants (m)
		Nombre de tiges/ha	Arbre moyen		Surface terrière/ ha (m ²)	Volume/ ha (m ³)	Nombre de tiges/ha	Arbre moyen		Surface terrière/ ha (m ²)	Volume/ ha (m ³)			
			Circonf. (cm)	Volume (dm ³)			Circonf. (cm)	Volume (dm ³)						
<i>Eucalyptus saligna</i>														
2	Taillis sous futaie	100	99,60	899,15	7,89	89,9	102,50	955,56	6,69	76,4	76,4	13,5	76,4	28
3	Taillis sous futaie	152	108,02	1.067,43	14,11	162,2	112,20	1.155,98	10,02	115,5	115,5	46,7	138,1	28
4	Taillis sous futaie	200	92,30	764,29	13,56	152,8	95,45	821,22	9,57	108,4	108,4	44,4	126,3	28
5	Taillis sous futaie	248	83,54	616,00	13,77	160,2	88,22	693,38	7,68	85,9	85,9	74,3	137,9	27
6	Taillis sous futaie	368	80,32	626,77	18,89	230,6	86,70	737,10	9,81	120,8	120,8	109,8	194,7	27
7	Futaie	1.432	43,25	151,68	21,32	217,2	70,08	447,40	9,07	103,8	103,8	113,4	167,8	24
<i>Eucalyptus maideni</i>														
2	Taillis sous futaie	100	87,60	621,63	6,11	62,1	90,78	669,13	4,98	50,8	50,8	11,3	52,0	23
3	Taillis sous futaie	152	72,76	422,35	6,40	64,1	73,40	430,17	4,28	43,0	43,0	21,1	54,4	24
4	Taillis sous futaie	196	72,65	421,01	8,23	82,5	72,85	423,44	4,73	47,4	47,4	35,1	66,2	24
5	Taillis sous futaie	248	65,48	338,07	8,46	83,8	69,26	380,72	5,19	51,7	51,7	32,1	68,2	24
6	Taillis sous futaie	464	60,60	322,12	13,56	149,4	64,28	366,33	7,36	82,0	82,0	67,4	116,3	26
7	Futaie	2.408	34,01	88,17	22,17	212,3	53,35	265,38	7,16	83,8	83,8	126,5	151,9	26

TABLEAU III

Évolution des surfaces terrières durant la deuxième révolution.

Parcelle	Numéros des colonnes										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Espèces et traitements	Nombre de tiges à l'hectare		Mensurations annuelles Surface terrière de l'arbre moyen (cm ²)							Accroissement de la surface terrière de l'arbre moyen (cm ²)	
	Jan- vier 1956	Octo- bre 1960	Jan- vier 1956	Jan- vier 1957	Décem- bre 1957	Jan- vier 1959	Jan- vier 1960	Octo- bre 1960	Accroissement total pour la période janvier 1956- octobre 1960	Accroissement annuel moyen pour la période janvier 1956- octobre 1960	
2	100	100	1,74	3,00	3,96	5,56	7,30	7,89	6,15	1,29	
3	152	152	2,99	5,53	7,34	9,97	12,55	14,12	11,13	2,34	
4	200	200	3,16	5,73	7,27	9,76	12,33	13,56	10,40	2,19	
5	248	248	3,24	5,76	7,66	10,28	12,99	13,77	10,53	2,21	
6	376	368	5,10	8,86	11,48	14,70	18,04	18,90	13,80	2,90	
7	1.648	1.432	7,60	11,30	13,81	16,95	21,01	21,32	13,72	2,89	
2	100	100	1,39	2,58	3,34	4,55	5,43	6,11	4,72	0,99	
3	152	152	1,52	2,78	3,63	4,86	5,81	6,40	4,88	1,03	
4	196	196	2,24	4,01	4,91	6,40	7,55	8,23	5,99	1,26	
5	248	248	2,34	4,08	5,20	6,82	8,01	8,46	6,12	1,29	
6	472	464	4,56	7,47	9,12	11,31	12,85	13,56	9,00	1,89	
7	2.480	2.416	9,56	13,86	15,97	18,70	20,89	22,17	12,61	2,65	

TABLEAU V
 Mensuration et cubage du taillis à l'occasion de l'intervention d'octobre 1960.

Par-celle	Espèces et traitements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Nombre de tiges à l'hectare	Production des rejets			Coefficient d'empilage	Hauteur totale des rejets dominants (m)	Volume sur pied avant l'éclaircie à l'âge de 10 ans			
Par souche (m ³)	A l'hectare (m ³)		Accroissement annuel moyen pour la période janvier 1956-octobre 1960 (m ³)	stères	Réserve (m ³)			Taillis (m ³)	Total (m ³)		
1	<i>Eucalyptus saligna</i>	0	0,13	340	70	98	0,72	18	0	340	340
2	Taillis simple	100	0,13	216	44	62	0,71	18	90	216	306
3	Taillis sous futaie	152	0,12	198	41	57	0,71	17	162	198	360
4	Taillis sous futaie	200	0,09	173	35	50	0,70	17	153	173	326
5	Taillis sous futaie	248	0,08	150	31	44	0,70	16	160	150	310
6	Taillis sous futaie	368	0,04	103	21	30	0,70	13	231	103	334
7	Futaie	1.432	0,01	17	3	4	0,70	8	217	17	234
1	<i>Eucalyptus maidenii</i>	0	0,10	298	61	84	0,73	19	0	298	298
2	Taillis simple	100	0,10	222	46	63	0,72	17	62	222	284
3	Taillis sous futaie	152	0,09	179	37	52	0,71	16	64	179	243
4	Taillis sous futaie	196	0,08	156	32	45	0,71	14	82	156	238
5	Taillis sous futaie	248	0,05	100	20	30	0,69	14	84	100	184
6	Taillis sous futaie	464	0,04	78	16	23	0,69	13	149	78	227
7	Futaie	2.408	0,01	13	2	3	0,69	10	212	13	225

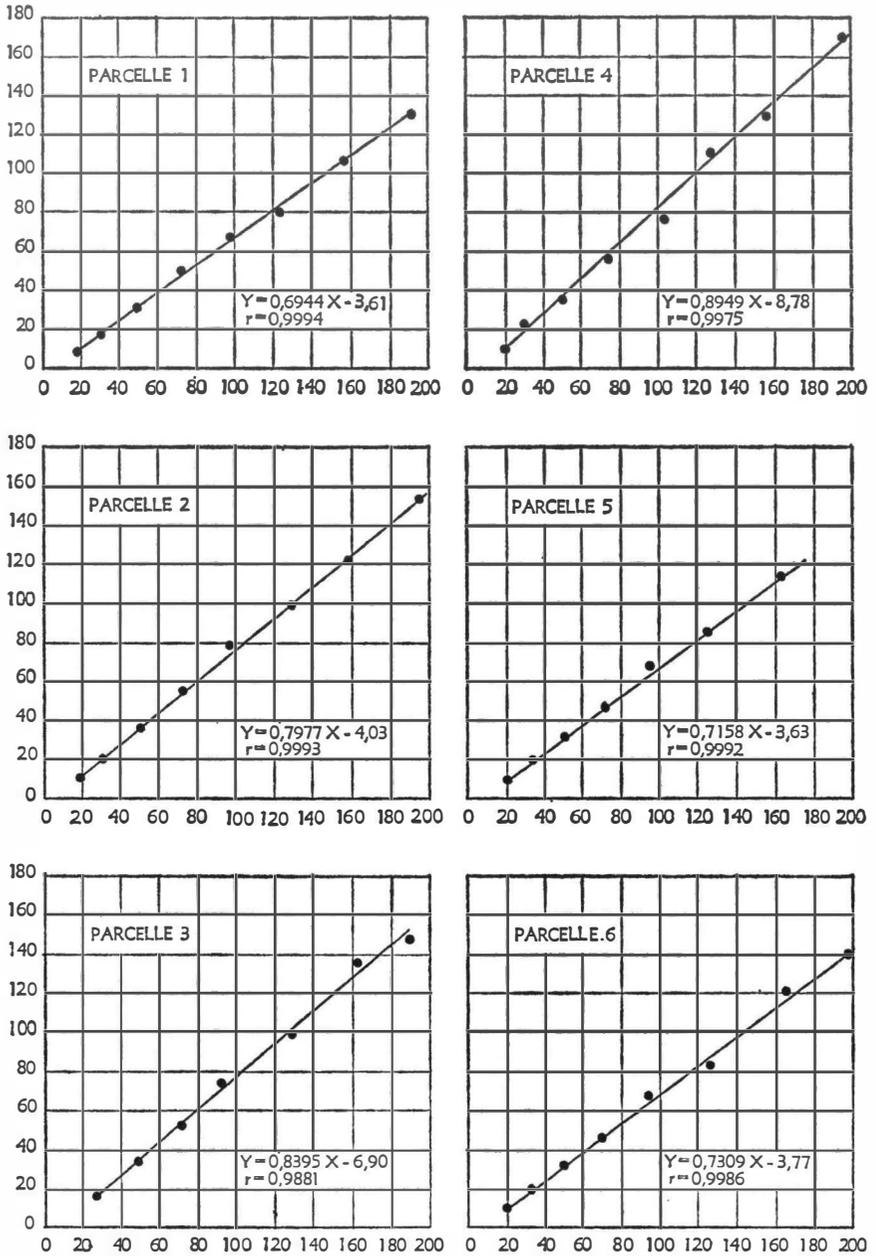


Fig. 1. — *Eucalyptus saligna*: Droites de régression à l'âge de 5 ans 3 mois; [en abscisse : surface terrière à 1,50 m du sol (cm²), en ordonnée : volume (dm³)].

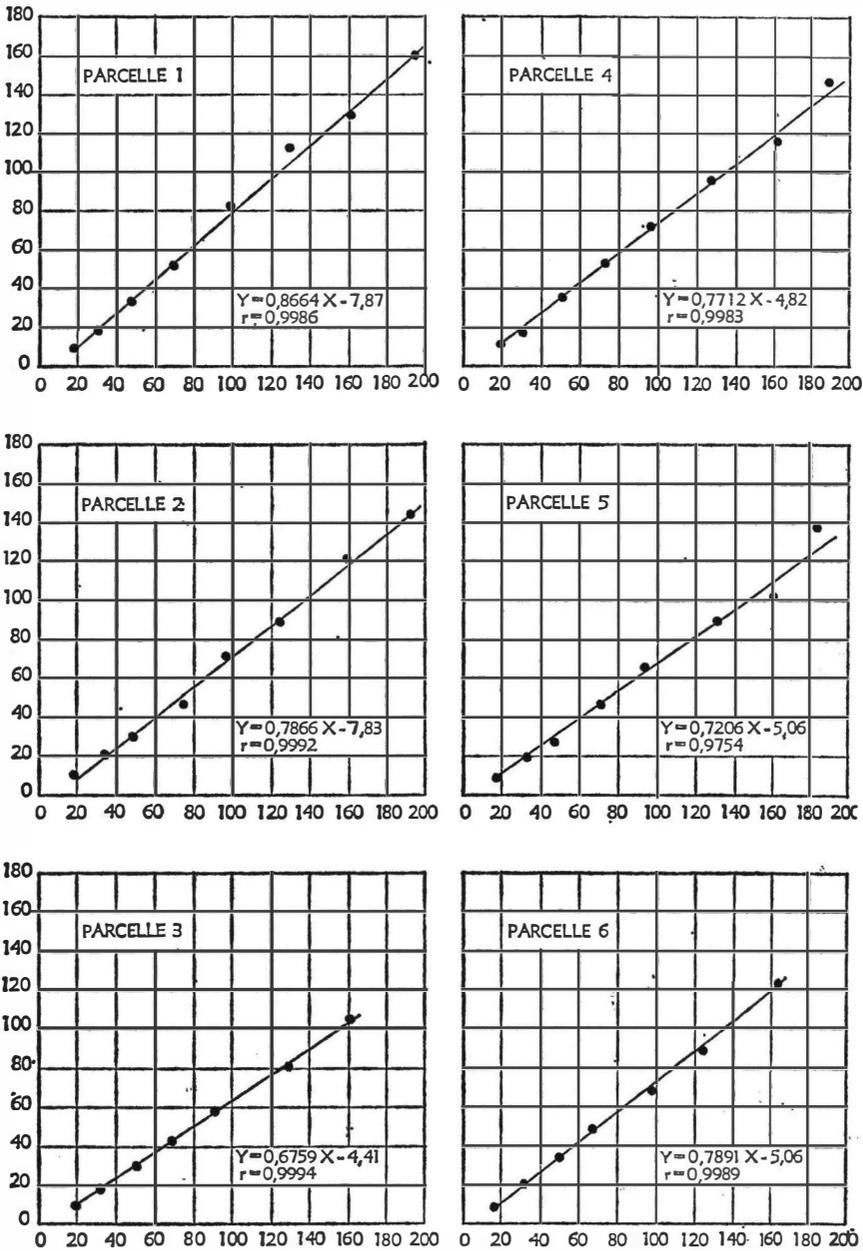


Fig. 2. — *Eucalyptus maideni* : Droites de régression à l'âge de 5 ans 3 mois ; [en abscisse : surface terrière à 1,50 m du sol (cm²), en ordonnée : volume (dm³)].

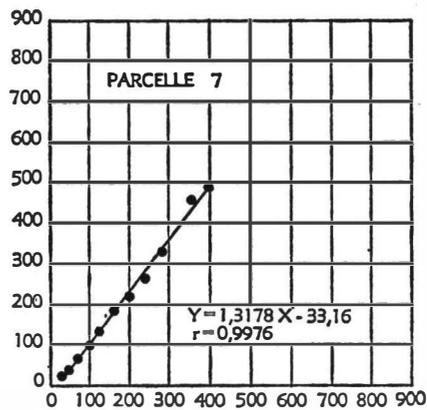
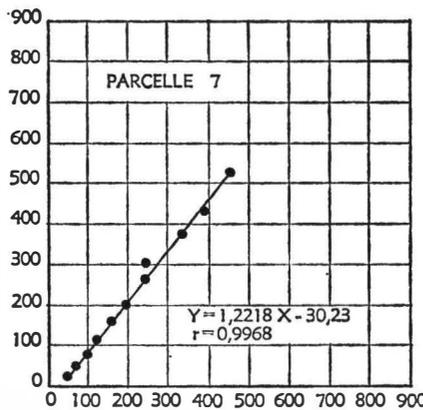
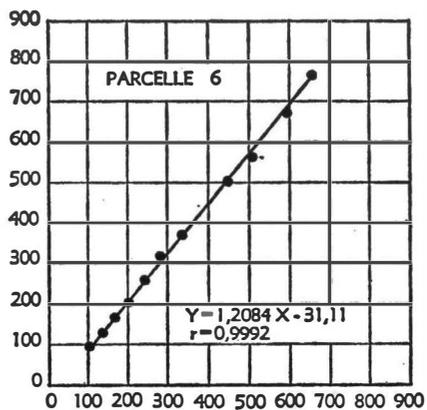
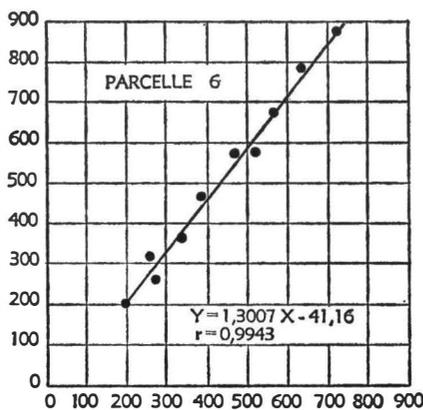
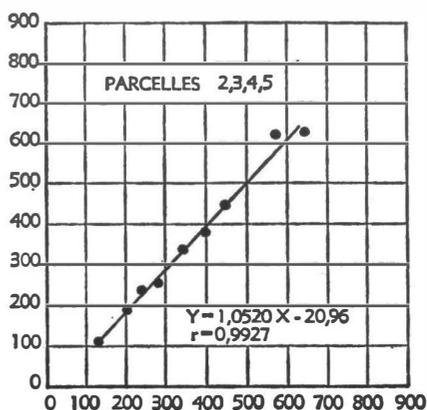
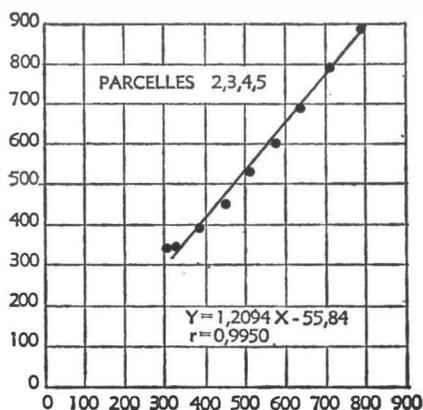


Fig. 3. — *Eucalyptus saligna* :
Droites de régression à l'âge de 10 ans.
[en abscisse : surface terrière à 1,50 m du sol (cm²), en ordonnée : volume (dm³)].

Fig. 4. — *Eucalyptus maideni* :
Droites de régression à l'âge de 10 ans.
[en abscisse : surface terrière à 1,50 m du sol (cm²), en ordonnée : volume (dm³)].

IV. *Données analytiques des interventions.*

La méthode d'analyse des résultats appliquée est l'analyse de la variance suivi du test de comparaison des moyennes (« DUNCAN's New Multiple range test »).

Les données suivantes ont été analysées : (1) la production du taillis de chaque traitement, (2) la production de la réserve de chaque traitement et (3) la production totale de chaque traitement.

Les calculs sont faits au seuil de 5 pour cent.

1. **La production du taillis de chaque traitement.**

Les calculs sont basés sur la production du taillis en mètres cubes à l'hectare avant l'éclaircie d'octobre 1960 (voir colonne 9 du tableau V).

a. *Analyse de la variance.*

Source de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Test F
Répétitions .	1	1.629	1.629	
Traitements	6	112.597	18.766	$\frac{18.766}{319} = 53,81 > 5,99$
Erreur résiduelle .	6	1.919	319	C.V. = 11 %
Total		116.145		
Terme correctif . .		359.360		

Le rapport carré moyen des traitements/carré moyen de l'erreur = $18.766/319 = 53,81$. Cette valeur de F est comparée à la valeur de F obtenue dans les tables, pour 6 et 6 degrés de liberté, qui est 5,99 au seuil de $\alpha = 0,05$.

La valeur de F calculée étant supérieure à la valeur de F donnée dans les tables, on peut conclure à une différence réelle entre traitements. Il y a donc lieu, à l'issue de cette analyse de variance, de procéder au test de comparaison des traitements.

b. *Test de comparaison des traitements.*

L'application du nouveau test de DUNCAN entraîne le développement suivant :

r = nombre de répétitions : 2,

p = nombre de rendements moyens qui interviennent dans la comparaison; ce nombre varie de 2 à 7,

$$s_{\bar{x}} = \text{écart-type de la moyenne} = \sqrt{\frac{319}{2}} = \sqrt{159} = 12,61.$$

La table « Significant Studentized Ranges for 5 % and 1 % level New Multiple Range Test », donne au seuil de 5 % avec 6 degrés de liberté pour l'erreur, les valeurs suivantes :

p	2	3	4	5	6	7
SSR	3,46	3,58	3,64	3,68	3,68	3,68
LSR	43,6	45,1	45,9	46,4	46,4	46,4

Le classement des rendements moyens est donné ci-après :

Rendements (m ³)	15	90	125	164	187	219	319
Traitements ..	7	6	5	4	3	2	1
	Futaie	Taillis sous futaie ± 400 ti/ha	Taillis sous futaie 250 ti/ha	Taillis sous futaie 200 ti/ha	Taillis sous futaie 150 ti/ha	Taillis sous futaie 100 ti/ha	Taillis simple

Le test des différences se développe dans l'ordre suivant :

1. De la plus grande moyenne (traitement 1), se soustrait la valeur du LSR pour $p = 7$, soit : $319 - 46,4 = 272,6$. Cette valeur est supérieure aux rendements des traitements 7, 6, 5, 4, 3 et 2, ceci permet de conclure que le traitement 1 est significativement différent des traitements 7, 6, 5, 4, 3 et 2.

2. Ensuite, se soustrait de la deuxième plus grande moyenne la valeur du LSR pour $p = 6$, soit : $219 - 46,4 = 172,6$. Cette valeur est supérieure aux rendements des traitements 7, 6, 5 et 4, ceci permet de conclure que le traitement 2 est significativement différent des traitements 7, 6, 5 et 4. Le contrôle des traitements 2 et 3 se base sur la différence de leurs rendements : $219 - 187 = 32$. Cette valeur est plus petite que la valeur du LSR (43,6) pour $p = 2$ (comparaison de deux traitements), $32 < 43,6$. Il en résulte que le traitement 2 n'est pas significativement différent du traitement 3.

La continuation des opérations donne finalement le résultat du nouveau test de DUNCAN représenté par la figure 5.

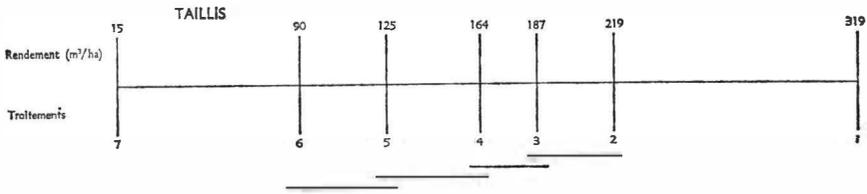


Fig. 5.

La comparaison des productions du taillis des différents traitements par le nouveau test de DUNCAN amène les constatations suivantes :

- La production du taillis simple (traitement 1) est nettement différente et supérieure aux productions des taillis des autres traitements.
- La production du taillis de la futaie (traitement 7) est nettement différente et inférieure à la production des taillis des autres traitements.
- Dans les traitements taillis sous futaie, les productions des taillis des objets à densité de réserve de 100 tiges à l'hectare (traitement 2) et à densité de réserve de 150 tiges à l'hectare (traitement 3), sont nettement différentes des productions des taillis des objets à densité

de réserve de 250 tiges à l'hectare (traitement 5) et à densité de réserve de 400 tiges à l'hectare.

— La production du taillis des objets traités sous futaie à densité de réserve de 200 tiges à l'hectare (traitement 4) est intermédiaire et ne diffère pas significativement des traitements 5 et 3.

Ce sont les seules conclusions permises parce que l'erreur expérimentale a peut-être été sous-estimée étant donné que toutes les conditions de validité de l'expérimentation ne sont pas réunies (absence de randomisation dans une des répétitions).

2. La production de la réserve de chaque traitement.

Les calculs sont basés sur l'accroissement du volume à l'hectare durant la période janvier 1956 - octobre 1960 (voir tableau II, colonne 12).

a. Analyse de la variance.

Source de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Test F
Répétitions .	1	9.240	9.240	$\frac{2.836}{415} = 6,83 > 6,61$ C.V. = 18 %
Traitements	5	14.184	2.836	
Erreur résiduelle .	5	2.075	415	
Total		25.499		
Terme correctif ..		151.650		

Le rapport carré moyen des traitements/carré moyen de l'erreur = 6,83. Cette valeur de F est comparée à la valeur de F obtenue dans les tables, pour 5 et 5 degrés de liberté, qui est 6,61 au seuil de $\alpha = 0,05$.

La valeur de F calculée étant supérieure à la valeur de F donnée dans les tables, on peut conclure à une différence réelle entre traitements. Il y a donc lieu, à l'issue de cette analyse de variance, de procéder au test de comparaison des traitements.

b. *Test de comparaison des traitements.*

Pour le présent cas, seuls les résultats sont donnés :

$r = 2$; $p = 2 \text{ à } 6$; $s_{\bar{x}} = 14,4$; 5 degrés de liberté.

p	2	3	4	5	6
SSR	3,64	3,74	3,79	3,83	3,83
LSR	52,4	53,9	54,6	55,1	55,1

Le classement des rendements moyens est donné ci-après :

Rendements (m ³)	64	96	96	103	155	160
Traitements	2	3	4	5	6	7
	Taillis sous futaie 100 ti/ha	Taillis sous futaie 150 ti/ha	Taillis sous futaie 200 ti/ha	Taillis sous futaie 250 ti/ha	Taillis sous futaie ± 400 ti/ha	Futaie

Le classement proportionnel des rendements s'établit de la façon suivante représentée par la figure 6 :

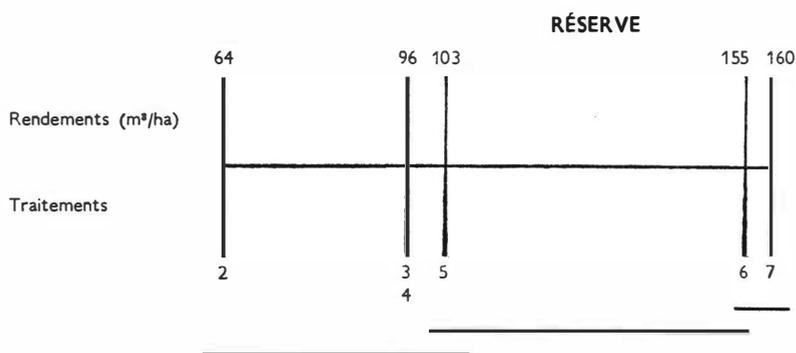


Fig. 6.

La comparaison des productions (= accroissements) des réserves pour les différentes densités permet de constater :

— Pour les traitements de taillis sous futaie à faibles densités de réserve (de 100 tiges à l'hectare à 250 tiges à l'hectare - traitements 2, 3, 4 et 5), il n'y a pas de différence significative entre les accroissements de la réserve.

— Il n'y a pas de différence significative entre l'accroissement de la réserve de l'objet taillis sous futaie à densité de réserve de ± 400 tiges à l'hectare (traitement 6) et l'accroissement de la réserve du traitement futaie (traitement 7).

— Il y a une supériorité de l'accroissement de la réserve des traitements 400 tiges à l'hectare (traitement 6) et futaie (traitement 7) par rapport aux accroissements de la réserve des traitements de taillis sous futaie à réserves de 100, 150 et 200 tiges à l'hectare.

Comme pour la production du taillis, ce sont les seules conclusions permises.

3. La production totale de chaque traitement.

Cette production totale comprend : le volume sur pied des réserves avant l'éclaircie d'octobre 1960 (voir colonne 8 du tableau V) et le volume du taillis avant l'éclaircie d'octobre 1960 (voir colonne 9 du tableau V).

a. Analyse de la variance.

Source de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Test F
Répétitions .	1	18.578	18.578	$\frac{1.938}{1.140} = 1,70 < 5,99$ C.V. = 12 %
Traitements	6	11.631	1.938	
Erreur résiduelle .	6	6.840	1.140	
Total		37.049		
Terme correctif ..		1.092.007		

Le rapport carré moyen des traitements/carré moyen de l'erreur = 1,70. Cette valeur de F est comparée à la valeur de F obtenue dans les tables, pour 6 et 6 degrés de liberté, qui est 1,70 au seuil de $\alpha = 0,05$.

La valeur de F calculée étant inférieure à la valeur de F donnée dans les tables, on ne peut pas conclure à une différence réelle entre traitements. Le test de DUNCAN sera quand même appliqué, car d'après cet auteur, il n'est pas nécessaire de calculer une valeur de F et de procéder uniquement au test quand cette valeur est significative. Le test de DUNCAN peut être employé sans considération de la valeur de F.

b. *Test de comparaison des traitements.*

L'exposé se limite aux résultats :

$r = 2$; $p = 2$ à 7 ; $s_{\bar{x}} = 23,8$; 6 degrés de liberté pour l'erreur.

p	2	3	4	5	6	7
SSR	3,46	3,58	3,64	3,68	3,68	3,68
LSR	82,6	85,5	86,9	87,8	87,8	87,8

Le classement des rendements moyens est donné ci-après :

Rendements (m ³)	229	247	280	282	295	301	319
Traitements ..	7	5	6	4	2	3	1
	Futaie	Taillis sous futaie 250 ti/ha	Taillis sous futaie \pm 400 ti/ha	Taillis sous futaie 200 ti/ha	Taillis sous futaie 100 ti/ha	Taillis sous futaie 150 ti/ha	Taillis simple

Le classement proportionnel des rendements s'établit comme l'indique la figure 7 :

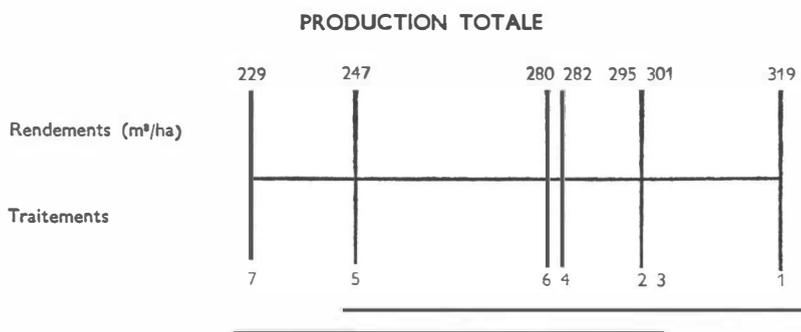


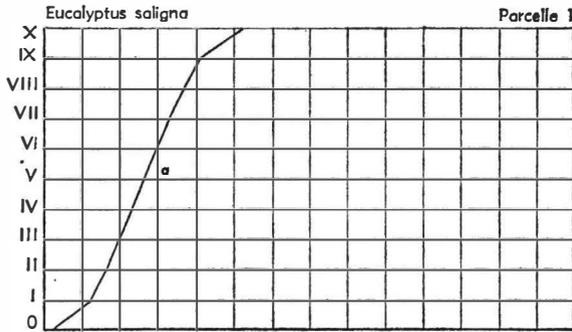
Fig. 7.

Le test montre le peu de variance entre les productions totales et le rendement inférieur du traitement futaie.

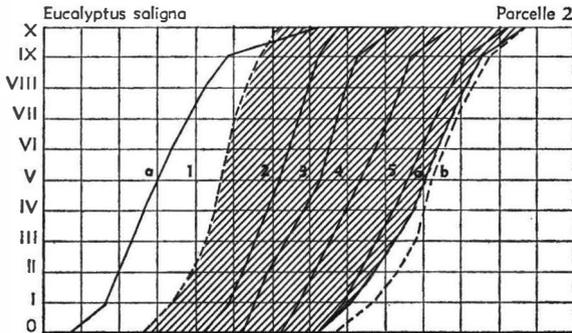
V. Courbes de fréquences cumulées des circonférences.

A l'occasion des interventions et des mensurations annuelles, les courbes de fréquences cumulées des circonférences, ou courbes de répartition des grosseurs relatives, ont été établies. L'allure des courbes et leur déplacement permettent de suivre l'évolution du peuplement étudié :

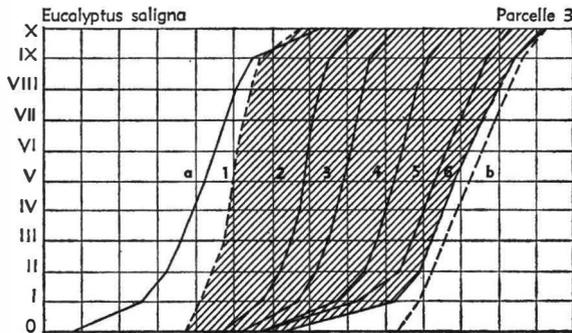
- a. - Courbe de répartition avant l'éclaircie de janvier 1956, à l'âge de 5 ans 3 mois;
 1. - Courbe de répartition après l'éclaircie de janvier 1956, à l'âge de 5 ans 3 mois;
 2. - Courbe de répartition de janvier 1957, à l'âge de 6 ans 3 mois, soit 1 an après l'éclaircie;
 3. - Courbe de répartition de décembre 1957, à l'âge de 7 ans 2 mois, soit environ 2 ans après l'éclaircie;
 4. - Courbe de répartition de janvier 1959, à l'âge de 8 ans 3 mois, soit 3 ans après l'éclaircie;
 5. - Courbe de répartition de janvier 1960, à l'âge de 9 ans 3 mois, soit 4 ans après l'éclaircie;
 6. - Courbe de répartition d'octobre 1960, à l'âge de 10 ans, soit 4 ans 9 mois après l'éclaircie;
- b. - Courbe de répartition après l'éclaircie d'octobre 1960, à l'âge de 10 ans.



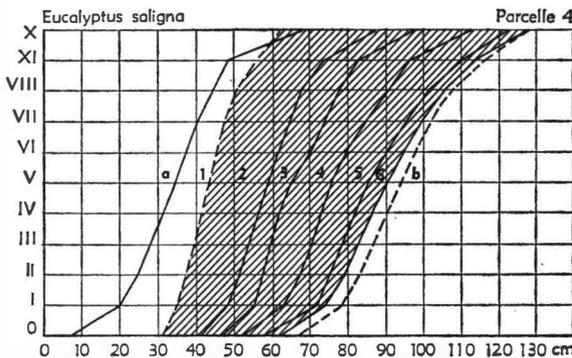
Taillis simple
Répartition des grosseurs
avant la coupe rase de
janvier 1956.
a. 2.012 tiges à l'hectare



Taillis sous futaie
Densité de la réserve :
a. 1.760 tiges à l'hectare
1. 100 tiges à l'hectare
2. 100 tiges à l'hectare
3. 100 tiges à l'hectare
4. 100 tiges à l'hectare
5. 100 tiges à l'hectare
6. 100 tiges à l'hectare
b. 80 tiges à l'hectare

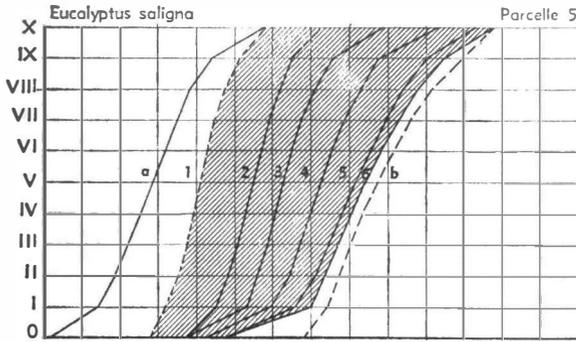


Taillis sous futaie
Densité de la réserve :
a. 1.080 tiges à l'hectare
1. 152 tiges à l'hectare
2. 152 tiges à l'hectare
3. 152 tiges à l'hectare
4. 152 tiges à l'hectare
5. 152 tiges à l'hectare
6. 152 tiges à l'hectare
b. 100 tiges à l'hectare



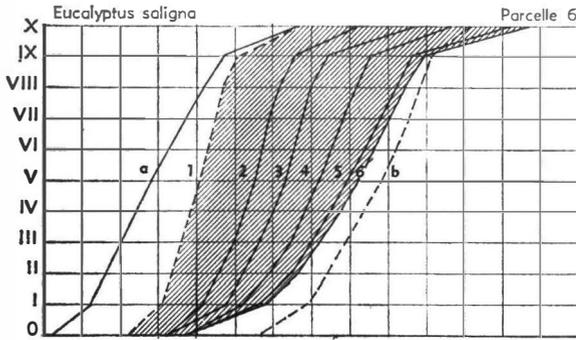
Taillis sous futaie
Densité de la réserve :
a. 1.420 tiges à l'hectare
1. 200 tiges à l'hectare
2. 200 tiges à l'hectare
3. 200 tiges à l'hectare
4. 200 tiges à l'hectare
5. 200 tiges à l'hectare
6. 200 tiges à l'hectare
b. 132 tiges à l'hectare

Fig. 8. — Courbes des fréquences cumulées des circonférences
des parcelles d'*Eucalyptus saligna* de Rwasave.
(en abscisse : la circonférence en cm à 1,50 du sol, en ordonnée : les déciles).



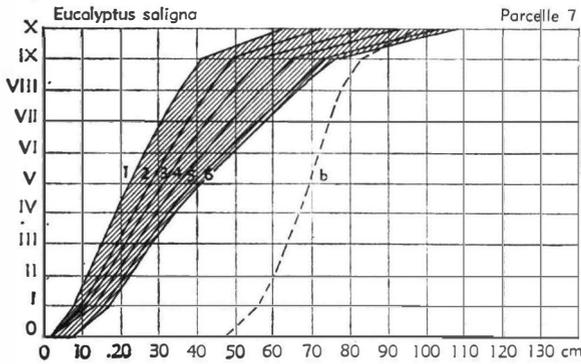
Taillis sous futaie
Densité de la réserve :

- a. 2.188 tiges à l'hectare
- 1. 248 tiges à l'hectare
- 2. 248 tiges à l'hectare
- 3. 248 tiges à l'hectare
- 4. 248 tiges à l'hectare
- 5. 248 tiges à l'hectare
- 6. 248 tiges à l'hectare
- b. 124 tiges à l'hectare



Taillis sous futaie
Densité de la réserve :

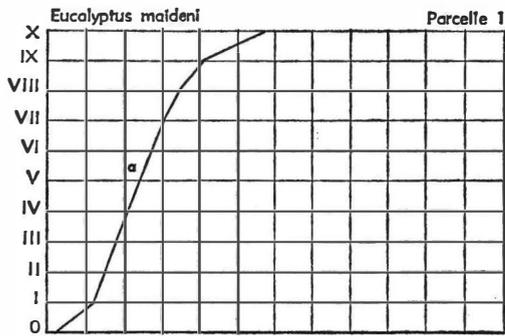
- a. 1.536 tiges à l'hectare
- 1. 376 tiges à l'hectare
- 2. 376 tiges à l'hectare
- 3. 376 tiges à l'hectare
- 4. 368 tiges à l'hectare
- 5. 368 tiges à l'hectare
- 6. 368 tiges à l'hectare
- b. 164 tiges à l'hectare



Futaie
Densité de la réserve :

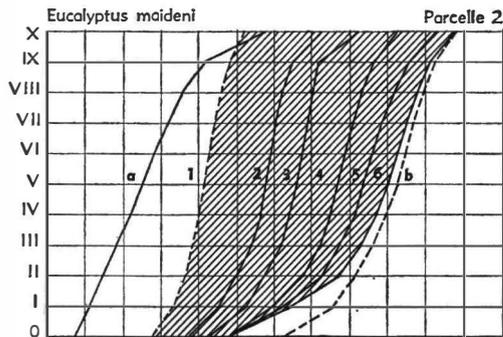
- 1. 1.648 tiges à l'hectare
- 2. 1.608 tiges à l'hectare
- 3. 1.576 tiges à l'hectare
- 4. 1.488 tiges à l'hectare
- 5. 1.448 tiges à l'hectare
- 6. 1.432 tiges à l'hectare
- b. 232 tiges à l'hectare

Fig. 9. — Courbes des fréquences cumulées des circonférences des parcelles d'*Eucalyptus saligna* de Rwasave. (en abscisse : la circonférence, en cm, à 1,50 m du sol, en ordonnée : les déciles).



Taillis simple

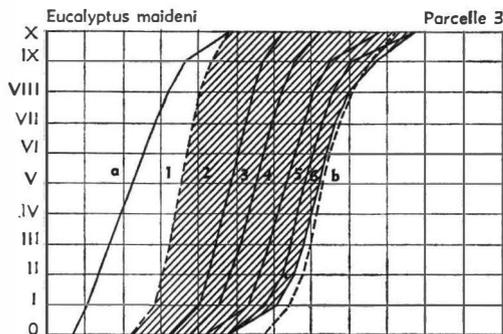
Répartition des gros-seurs avant la coupe rase de janvier 1956.
a. 2.356 tiges à l'hectare



Taillis sous futaie

Densité de la réserve :

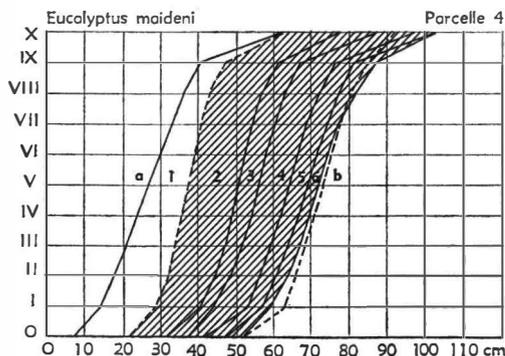
- a. 1.564 tiges à l'hectare
1. 100 tiges à l'hectare
2. 100 tiges à l'hectare
3. 100 tiges à l'hectare
4. 100 tiges à l'hectare
5. 100 tiges à l'hectare
6. 100 tiges à l'hectare
b. 76 tiges à l'hectare



Taillis sous futaie

Densité de la réserve :

- a. 1.552 tiges à l'hectare
1. 152 tiges à l'hectare
2. 152 tiges à l'hectare
3. 152 tiges à l'hectare
4. 152 tiges à l'hectare
5. 152 tiges à l'hectare
6. 152 tiges à l'hectare
b. 100 tiges à l'hectare



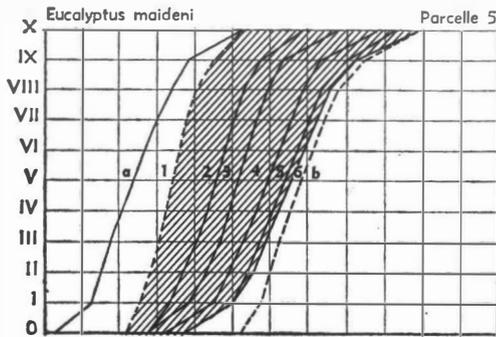
Taillis sous futaie

Densité de la réserve :

- a. 1.480 tiges à l'hectare
1. 196 tiges à l'hectare
2. 196 tiges à l'hectare
3. 196 tiges à l'hectare
4. 196 tiges à l'hectare
5. 196 tiges à l'hectare
6. 196 tiges à l'hectare
b. 112 tiges à l'hectare

Fig. 10. — Courbes des fréquences cumulées des circonférences des parcelles d'*Eucalyptus maideni* de Rwasave.

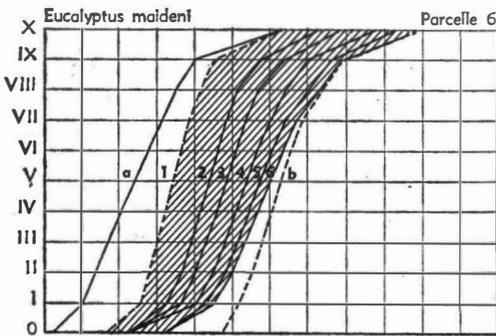
(en abscisse : la circonférence en cm à 1,50 m du sol, en ordonnée : les déciles).



Taillis sous futaie

Densité de la réserve :

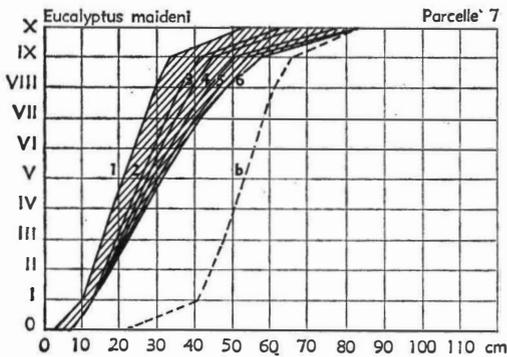
- a. 1.512 tiges à l'hectare
- 1. 248 tiges à l'hectare
- 2. 248 tiges à l'hectare
- 3. 248 tiges à l'hectare
- 4. 248 tiges à l'hectare
- 5. 248 tiges à l'hectare
- 6. 248 tiges à l'hectare
- b. 136 tiges à l'hectare



Taillis sous futaie

Densité de la réserve :

- a. 1.716 tiges à l'hectare
- 1. 472 tiges à l'hectare
- 2. 472 tiges à l'hectare
- 3. 472 tiges à l'hectare
- 4. 472 tiges à l'hectare
- 5. 464 tiges à l'hectare
- 6. 464 tiges à l'hectare
- b. 224 tiges à l'hectare



Futaie

Densité de la réserve :

- 1. 2.480 tiges à l'hectare
- 2. 2.464 tiges à l'hectare
- 3. 2.444 tiges à l'hectare
- 4. 2.444 tiges à l'hectare
- 5. 2.416 tiges à l'hectare
- 6. 2.408 tiges à l'hectare
- b. 316 tiges à l'hectare

Fig. 11. — Courbes des fréquences cumulées des circonférences des parcelles d'*Eucalyptus saligna* de Rwasave. (en abscisse : la circonférence, en cm, à 1,50 cm du sol, en ordonnée : les déciles).

Le déplacement de la courbe de (a) en (1) est le résultat de l'éclaircie de janvier 1956 et a une origine *technique*.

Le déplacement de (1) en (6) résulte de l'accroissement des circonférences durant la période janvier 1956 - octobre 1960; le déplacement de la courbe a une origine *biologique*. Dans les graphiques (figures 8, 9 10 et 11), la surface hachurée représente cette période.

Les courbes 2, 3, 4, 5 et 6 montrent la composition du peuplement respectivement 1 an, 2 ans, 3 ans, 4 ans et 4 ans 9 après la première éclaircie de janvier 1956, la courbe 1 donnant la composition du peuplement immédiatement après cette éclaircie.

Le déplacement de (6) en (b) est le résultat de la deuxième intervention; le déplacement de la courbe a de nouveau une origine *technique*.

Interprétation des graphiques.

Les parcelles 7, futaie, à grande densité de réserve, ne montrent qu'un très faible déplacement des courbes successives, surtout pour les déciles inférieures. La courbe devient de plus en plus inclinée. Dans ce peuplement, il n'y a que les arbres dominants qui présentent encore un accroissement, les codominants et dominés végètent.

Pour les parcelles 6, taillis sous futaie à densité de réserve d'environ 400 tiges à l'hectare, le déplacement de la courbe est assez régulier bien qu'une diminution d'accroissement se remarque pour les déciles inférieures à partir de la troisième année après l'éclaircie. Cette diminution d'accroissement correspond au moment de fermeture du couvert.

Les parcelles 2, 3, 4 et 5, taillis sous futaie, montrent des courbes annuelles presque parallèles, d'autant plus que leur densité de réserve est moins forte. Ce n'est que la dernière année de la révolution que les deux ou trois déciles inférieures ne suivent plus le mouvement général, autrement dit, que les plus petits arbres du peuplement commencent à souffrir de la concurrence des autres arbres.

En conclusion, on peut affirmer que les graphiques traduisent assez fidèlement l'état des parcelles et donnent au forestier un outil valable d'appréciation et de contrôle.

CONCLUSIONS

L'absence de différence significative entre traitements au point de vue de la production totale, laisse une grande liberté d'action au sylviculteur.

Le régime à adopter dépendra des possibilités de valorisation des produits de la coupe. Les traitements mixtes, taillis sous futaie, donnent à la seconde éclaircie une variété de produits de coupe satisfaisant plusieurs catégories de consommateurs. Cette variété de produits est d'autant plus grande que la réserve initiale est plus forte.

1. Le traitement de taillis simple. — Ce traitement simple, facile à appliquer avec une main-d'œuvre forestière peu qualifiée, répond aux exigences immédiates des populations rurales et des petits propriétaires. Néanmoins, il ne permet pas de tenir compte de l'évolution du marché, en ne fournissant que du bois de chauffage ou des rondins pour petites constructions rurales. Hormis les cas où une production homogène est souhaitée, par exemple la production de bois pour la fabrication de pâte à papier, le traitement de taillis simple ne devrait pas être appliqué.

2. Le traitement de futaie. — Ce traitement a donné des arbres filés et mal équilibrés, à cimes étriquées. Après l'éclaircie, les arbres plient sous l'action du vent et des gourmands apparaissent sur la tige. Cette forme de traitement n'est pas conseillée, d'autant plus que la production se trouve au bas de l'échelle et qu'à la première éclaircie la production était négligeable par rapport aux productions des autres traitements.

3. Les traitements de taillis sous futaie à densité de réserve faible. — La réserve faible comporte des densité de 100 à 250 tiges à l'hectare à l'occasion de la première coupe. Ces traitements permettent au taillis d'atteindre des dimensions d'exploitabilité durant la révolution tout en maintenant un accroissement élevé de la réserve. Le taillis atteint le niveau inférieur de la cime des arbres réservés et provoque ainsi leur élagage naturel.

En vue d'obtenir des arbres de qualité, il est préférable de choisir des densités de réserve d'au moins 200 tiges à l'hectare, afin de permettre une sélection progressive. La sélection de la

réserve est un point très important en vue de la production de bois d'œuvre de qualité.

Il a été constaté qu'il faut éventuellement tenir compte d'un certain pourcentage d'arbres gommosés qui ne présentent plus aucun intérêt comme bois d'œuvre ou poteaux destinés à l'imprégnation (supports pour lignes aériennes de haute tension et lignes téléphoniques). Ces arbres gommosés doivent obligatoirement être enlevés à la deuxième coupe et dans le cas d'une réserve de 100 tiges à l'hectare, le choix des élites est parfois limité au maintien des arbres sains. Le nombre d'arbres gommosés peut être très élevé dans des peuplements d'*Eucalyptus maideni*.

Ces considérations nous font préconiser les traitements de taillis sous futaie de 200 et 250 tiges à l'hectare comme étant les plus intéressants dans le but d'une production simultanée de bois de chauffage et de gros bois avec sélection possible.

4. Le traitement de taillis sous futaie à densité de réserve forte. — Dans ce traitement mixte avec une réserve d'environ 400 tiges à l'hectare, la préférence est donnée à la futaie, le taillis n'étant que d'importance secondaire, surtout dans la seconde rotation.

Ce système est la forme forestière la plus complète, comportant un étage dominant, codominant et dominé et une strate arbustive fournie par le taillis. L'élagage naturel est très bon.

La densité de la réserve doit être d'environ 400 tiges à l'hectare au départ de la deuxième révolution afin de permettre un accroissement et un élagage soutenus tout en gardant des dominants de forme équilibrée. La production du taillis est secondaire et ne fournit que de la charbonnette, la base de la production est fournie par l'éclaircie de la futaie qui donne une grande diversité de produits (poteaux téléphoniques, bois de mine, gros bois de chauffage pour la cuisson de briques, etc.).

La sélection de la futaie en vue de la production de bois d'œuvre peut être poussée et progressive.

SUMMARY

In classical forestry, the thinning practices are the main object of the cycle of silvicultural operations.

In various countries, Eucalypts have been introduced with the purpose of providing quantity rather than quality. Therefore coppice is the silvicultural system called for in most cases. Experiments in some Eucalypt growing countries have shown that the coppice with standards system is not satisfactory for a uniform production, nor for a maximum yield.

However the growing needs of lumber in the fast developing and industrializing new countries should be given their full importance.

The experiments of thinning procedures with different densities have taken into account the following facts :

- The production of firewood and poles for the short term needs of the rural populations.
- The build up of a reserve of timber trees to meet the long term requirements.
- The management system must be easy to carry out considering the lack of qualified personnel.

Thus, the object is a coppice with standards system, adapted to local conditions.

The reserve is created at the first thinning. This thinning corresponds to an almost clear cut whilst maintaining a small number of standards.

The second intervention consists in the clear felling of the coppice crop and a selective thinning of the standards in order to open the canopy for a new coppice growth.

The further thinnings are similar to the second aiming at a final reserve of about 50 mature standards.

The main difference between this system and the classical conception of the coppice with standards system lies in the fact that there is no recruitment whatever in the lower story to serve as a substitute for the felled standards.

The site of the experiment is Rwasave (Astrida) in Rwanda, altitude 1.750 m, annual rainfall 1.139 mm, dry season of three months (June, July and August), and a general mean temperature of 19°C.

The experiment has been set up in a Government plantation established in October 1950. The first intervention took place in January 1956 and the second in October 1960.

Each plot has a measured surface of 2.500 square meters and seven treatments are compared. There are two replications, one with *Eucalyptus saligna* and one with *Eucalyptus maideni*. The purpose of the experiment is not to compare those two species, but it was not possible to have the two replications with one species.

The following treatments have been compared (the numbers given count for the reserve after the first thinning of January 1956) :

1. Coppice : clear cut.
2. Coppice with standards : maintaining 100 trees per hectare.
3. Coppice with standards : maintaining 150 trees per hectare.
4. Coppice with standards : maintaining 200 trees per hectare.
5. Coppice with standards : maintaining 250 trees per hectare.
6. Coppice with standards : maintaining 350 to 500 trees per hectare. In this treatment, preference is given to the upper story, the coppice growth is of secondary importance.
7. These plots were thinned by the Government Forestry Service in January 1956 according to the prevailing instructions and the I.N.E.A.C. intervention was limited to observations and measurements. This treatment may be considered as a check on the Governments thinning instructions in force in 1956, which specified a reserve of 50 % of the number of planted trees at the first thinning.

The observations and measurements were carried out every year during the observation period, including the two thinnings.

For each plot, the cumulative frequency distributions of circumferences show the influence of stand density on growth.

The volumes of the reserve for each plot have been computed by cubing samples and establishing the regression of volume (dm^3) on basal area (cm^2) 1,50 m above ground level. Regression lines have been drawn for each density.

An analysis of variance of randomized blocks (seven treatments, two replications) was carried out on the figures obtained after ten years growth.

DUNCAN'S New Multiple Range Test was used for the comparison of treatment means.

Comparisons were made for :

1. The coppice production of each treatment.
2. The reserve production of each treatment.
3. The total production of each treatment.

A graphical summary of DUNCAN New Multiple Range Test for each comparison is given.

The absence of significant difference between the total production of treatments allows great freedom of action to the forester. The adopted treatments should depend on the valorization possibilities of the thinning products.

At the second thinning, the treatments of coppice with standards give a variety of products which may satisfy different categories of consumers. The selection of standards with the purpose of quality timber production is also of primary importance.

The coppice with standards with a reserve of 200 to 250 trees per hectare at first thinning appears to be the most promising system considering the local conditions. It supplies firewood, house-posts and other small material as well as larger timber. The system is suitable for communal forests and is generally practised in Rwanda-Burundi where conditions of soil and climate are unfavourable for the production of high forests of good quality. When timber production is the main object, a reserve of about 500 trees per hectare at first thinning should be adopted.

SUMARIO

En los cultivos forestales clásicos, la práctica de las aclaraciones es el primer punto en el ciclo de las operaciones en silvicultura.

En muchos países, el Eucalipto fué introducido con el fin de producción de cantidad más bien que por la calidad de la madera. Así, no sorprende de que el monte bajo o bosque bajo sea el régimen más empleado. Unas tentativas en algunos países demostraron que el tratamiento de monte medio no da satisfacción, desde el punto de vista de la uniformidad de los productos ni de la obtención del rendimiento global máximo.

El régimen del monte medio, se justifica sin embargo si se considera que la evolución de la población de los nuevos países se hace con un ritmo rápido y que se debe desde ahora, prever una producción de madera de obra.

El ensayo de aclaraciones con diferentes densidades de reserva tuvo en cuenta los imperativos siguientes;

- las necesidades actuales y en el futuro inmediato son, la leña y la pequeña madera de construcción,
- dadas la evolución rápida de la población y la industrialización creciente, es necesario que se constituya una reserva de madera de obra,
- el sistema adoptado debe ser sencillo de concepción y de aplicación a fin de permitir su ejecución por un personal poco calificado.

El único régimen que permita conciliar las necesidades inmediatas con las necesidades futuras es un sistema de monte medio modificado, adoptado a las condiciones especiales del cultivo del Eucalipto en los países nuevos.

La reserva se constituye a la primera aclaración. Esta primera intervención es en realidad un corte raso pero con mantenimiento de reservas.

La segunda intervención consiste en la explotación del monte bajo por el corte raso, y una aclaración del monte alto. Esta aclaración tiene por fin la selección de lo mejor y la reducción del cubierto para permitir una producción sostenida de montes bajos.

Los pasajes ulteriores serán de la misma natura que la segunda intervención, aclarar la reserva y de tal modo obtener finalmente unos 50 árboles de reserva que serán mantenidos hasta maduridad.

Este sistema híbrido es una forma de monte bajo compuesto que se diferencia de la concepción clásica del régimen, puesto que los árboles del monte alto tienen la misma edad y que los resalvos explotados no son reemplazados por nuevos resalvos en el piso inferior.

El lugar del ensayo es Rwasave (Astrida) en Rwanda, altitud de 1.750 m, lluvias anuales de 1.139 mm, estación seca de tres meses (junio, julio y agosto) y una temperatura media de 19°C.

El ensayo fué establecido en una plantación del Servicio forestal, plantado en octubre de 1950. La primera aclaración tuvo lugar en enero de 1956 y la segunda en octubre de 1960.

Cada parcela tiene una superficie medida de 2.500 m² y siete tratamientos fueron comparados. Hay dos repeticiones, una con *Eucalyptus saligna* y otra con *Eucalyptus maideni*. El fin del ensayo es comparar los tratamientos y no comparar las dos especies de Eucaliptos, pero las superficies arboladas no han permitido repeticiones con una sola especie.

Los tratamientos siguientes han sido comparados (las cifras dan la densidad de la reserva después de la aclaración de enero 1956) :

1. Monte bajo simple : corte raso.
2. Monte medio : mantenimiento de 100 resalvos por hectárea.
3. Monte medio : mantenimiento de 150 resalvos por hectárea.
4. Monte medio : mantenimiento de 200 resalvos por hectárea.
5. Monte medio : mantenimiento de 250 resalvos por hectárea.
6. Monte medio : mantenimiento de 350 a 500 resalvos por hectárea. La preferencia es dada al monte alto en previsión de una mejor selección, el monte bajo es de importancia secundaria.
7. Monte alto; estas parcelas fueron aclaradas en enero 1956 por el Servicio Forestal según las instrucciones en vigor en este momento, y la intervención del I.N.E.A.C. se limitaba a las observaciones y mensuraciones. Este tratamiento puede ser considerado como un testigo de las instrucciones de aclaración al momento de la instalación del ensayo que prescribían para la primera aclaración una reserva de 50 por ciento del número de árboles plantados inicialmente.

Unas observaciones y medidas fueron efectuadas anualmente durante el período de observación, incluidas las dos aclaraciones.

Para cada parcela, las distribuciones de frecuencias acumuladas de las circunferencias muestran la influencia de la densidad sobre la homogeneidad y el crecimiento.

Los volúmenes de los resalvos de cada parcela fueron determinados por cubicación de muestras y el establecimiento de la regresión de volumen (dm^3) en la superficie basal a 1,50 m del nivel del suelo (cm^2). Unas derechas de regresión han sido establecidas para cada densidad.

La análisis de la variante de bloques casualidades (siete tratamientos y dos repeticiones) fue hecha sobre los resultados obtenidos en octubre 1960. La comparación de los tratamientos fué hecha por el Nuevo Test de Amplitudes Múltiples de DUNCAN. El resumen gráfico de este Test va representado a la página 79.

Unas comparaciones fueron hechas (los cálculos a los 5 %) para :

1. La producción del monte bajo de cada tratamiento.
2. La producción de la reserva de cada tratamiento.
3. La producción total de cada tratamiento.

La ausencia de diferencia significativa entre los tratamientos desde el punto de vista de la producción total deja una gran libertad de acción al Forestero. El régimen adoptado dependerá de las posibilidades de valorización de los productos del corte. Los tratamientos mixtos, montes medios, dan a la segunda aclaración una variedad de productos de corte que dan satisfacción a varias categorías de consumidores. La selección en los resalvos es un punto muy importante en previsión de la producción de madera de obra de calidad.

En consideración de las condiciones locales, el tratamiento de monte medio con reserva de 200 a 250 pies por hectárea a la primera aclaración, parece ser el sistema más interesante. Este tratamiento abastece leña, madera pequeña para pequeñas construcciones rurales, permite la producción de madera gruesa de obra, y parece ser adoptado para arbolear los terrenos municipales.

Cuando la producción de madera de obra es el objeto principal, una reserva de unos 500 árboles por hectárea a la primera aclaración tendría que ser adoptado.

Bibliographie

1950. BRUCE et SCHUMACHER, Forest Mensuration, 3^e éd., MacGraw Hill Book Cy, New-York.
1955. FEDERER, W. T., Experimental Design, The MacMillan Cy, New-York.
1901. GAYER, K., Traité de Sylviculture, Bruges.
1955. JACOBS, M. R., Growth Habits of the Eucalypts, Forestry and Timber Bureau, Canberra.
1956. LEBRUN, J., La végétation et les Territoires Botaniques du Ruanda-Urundi. in *Le Ruanda-Urundi. Ses ressources naturelles, ses populations. Naturalistes belges*, Bruxelles.
1959. LEBACQ, L., VAN DEN BOSCH, P. et SMETS, W., Supports d'alignement en bois pour lignes aériennes de haute tension au Congo belge et au Ruanda-Urundi, *Bull. agric. Congo belge*, L, 5, p. 1337-74.
1949. METRO, A., L'Ecologie des Eucalyptus, son application au Maroc, Mém. Soc. Sci. nat. Maroc, N° XLIX.
1952. PERRIN, H., Sylviculture, École Nationale des Eaux et Forêts, Nancy.
1958. PIERLOT, R. et REYNDERS, M., Exemples de standardisation des mesures dans des peuplements équiennes, Deuxième Conférence Forestière Interafricaine de Pointe-Noire, Publication N° 43 du C.S.A./C.C.T.A., p. 504-14.
1958. REYNDERS, M., Note sur les plantations d'Eucalyptus au Ruanda-Urundi, Deuxième Conférence Forestière Interafricaine de Pointe-Noire, Publication N° 43 du C.S.A./C.C.T.A., p. 311-5.
1960. REYNDERS, M., Quelques modes de repiquage des essences forestières au Rwanda-Burundi, *Bull. Inf. INÉAC*, IX, 6, p. 361-78.
1960. STEEL, G. D. et TORRIE, J. H., Principles and Procedures of Statistics, MacGraw Hill Book Cy, New-York.
1961. SYS, C. *et al.*, La cartographie des sols au Congo, Publ. I.N.É.A.C., Série technique N° 66.
1955. F.A.O., Eucalypts for Planting, FAO Forestry and Forest Products Studies, N° 11, Rome.
1956. F.A.O., World Eucalyptus Conference, Rapport définitif, FAO/57/1/02, Rome.
- 1954-1960. I.N.É.A.C., Rapports annuels du Groupe Forestier de la Station de Recherches agronomiques de Rubona, Rwanda.

PHOTOGRAPHIES



Photo 1. — *Eucalyptus maideni* (Parcelle 1; Rwasave, Astrida, octobre 1960). Taillis simple. État du peuplement en octobre 1960, rejets âgés de 4 ans 9 mois. (coupe rase datant de janvier 1956), avant la deuxième coupe.

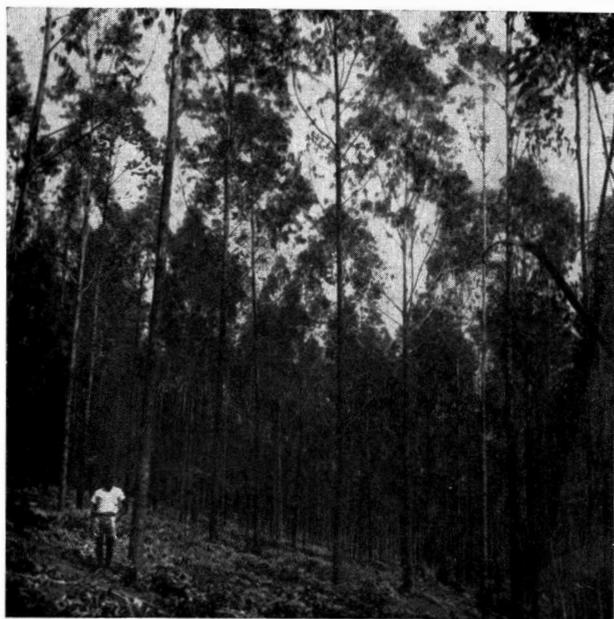


Photo 2. — *Eucalyptus maideni* (Parcelle 4; Rwasave, Astrida, octobre 1960). Taillis sous futaie à l'âge de 10 ans. État du peuplement avant la deuxième intervention, après enlèvement du taillis. Densité de la réserve de 196 tiges à l'hectare.

Photo 3. — *Eucalyptus maideni* (Parcelle 6; Rwasave, Astrida, octobre 1960). Taillis sous futaie à l'âge de 10 ans. État du peuplement avant la deuxième intervention, après enlèvement du taillis. Densité de la réserve de 464 tiges à l'hectare.



Photo 4. — *Eucalyptus maideni* (Parcelle 6; Rwasave, Astrida, octobre 1960). Taillis sous futaie à l'âge de 10 ans. État du couvert avant la deuxième intervention, après enlèvement du taillis. Densité de la réserve de 464 tiges à l'hectare.



Photo 5. — *Eucalyptus maideni* (Parcelle 7; Rwasave, Astrida, octobre 1960). Futaie après la deuxième intervention, à l'âge de 10 ans. État du peuplement comportant originellement 2.408 tiges à l'hectare, après éclaircie à 316 tiges à l'hectare et enlèvement du taillis.



Photo 6. — *Eucalyptus maideni* (Parcelle 7; Rwasave, Astrida, octobre 1960). Futaie après la deuxième intervention, à l'âge de 10 ans. État du couvert comportant originellement 2.408 tiges à l'hectare, après éclaircie à 316 tiges à l'hectare.

Photo 7. — *Eucalyptus saligna* (Parcelle 3; Rwasave, Astrida, octobre 1960). Taillis sous futaie à l'âge de 10 ans. État du peuplement avant la deuxième intervention, après enlèvement du taillis. Densité de 152 tiges à l'hectare.



Photo 8. — *Eucalyptus saligna* (Parcelle 4, Rwasave, Astrida, octobre 1960). Taillis sous futaie à l'âge de 10 ans. État du couvert avant la deuxième intervention, après enlèvement du taillis. Densité de la réserve de 200 tiges à l'hectare.



Photo 9. — *Eucalyptus saligna* (Parcelle 6; Rwasave, Astrida, octobre 1960). Taillis sous futaie à l'âge de 10 ans. État du peuplement avant la deuxième intervention, après enlèvement du taillis. Densité de la réserve de 368 tiges à l'hectare.



Photo 10. — *Eucalytus saligna* (Parcelle 6; Rwasave, Astrida, octobre 1960). Taillis sous futaie à l'âge de 10 ans. État du couvert avant la deuxième intervention, après enlèvement du taillis. Densité de la réserve de 368 tiges à l'hectare.

Photo 11. — *Eucalyptus saligna*. (Parcelle 7; Rwasave, Astrida, octobre 1960). Futaie comportant 1.432 tiges à l'hectare à l'âge de 10 ans, après enlèvement du taillis. État du peuplement avant la deuxième intervention.



Photo 12. — Essai comparatif Eucalyptus de Momba, Parcelle *Eucalyptus botryoides* après la première éclaircie, à l'âge de 4 ans 11 mois.

Prix : 125 F



289, chaussée de Mons
BRUXELLES 7