

MARC FUHR
Projet FORAFRI

ROBERT NASI
Projet FORAFRI

JEAN-MARIE MINKOUÉ
Direction des Inventaires
au Gabon

LES PEUPLEMENTS D'OKOUMÉS ÉCLAIRCIS AU GABON

Cet article permet d'apprécier les effets de l'éclaircie sur des peuplements purs d'Okoumés avec pour perspective un aménagement durable de la forêt.



Peuplement d'Okoumés éclairci (parcelle 2) ; l'éclaircie a été réalisée au profit de l'arbre désigné en rouge comme arbre d'avenir.

A thinned stand of Okoumé (plot 2) ; the thinning has been carried out to encourage the growth of the tree marked in red as a future tree.

Les caractéristiques biologiques de l'Okoumé, *Aucoumea klaineana*, typiques d'une espèce pionnière longévive : caractère héliophile, longue durée de vie de l'arbre, graines anémochores (BRUNCK *et al.*, 1990) lui permettent de former des peuplements équiennes très denses lors de la recolonisation des espaces forestiers ouverts (cultures abandonnées ou savanes). Il existe ainsi des peuplements presque purs d'Okoumés dispersés sur l'ensemble de son aire de répartition.

Pour amener ces peuplements à la densité optimale et abaisser leur âge d'exploitabilité, l'intérêt d'une éclaircie a été soulevé par les forestiers du Gabon dès le début des années 30 (BIRAUD, 1959 ; LEROY DEVAL, 1976 ; BRUNCK *et al.*, 1990). De 1950 à 1957, 75 000 ha de forêt riches en peuplements purs d'Okoumés ont ainsi été classés en « réserves provisoires » dites d'amélioration (cf. carte). Différentes interventions ont été réalisées selon le diamètre moyen à 1,30 m des individus du peuplement : du dégagement de recrû, accompagné d'un dépressage dans les jeunes peuplements denses de moins de 10 cm de diamètre moyen, à l'éclaircie sélective par le haut pour les peuplements de 20 à 40 cm de diamètre moyen. Au-delà, l'intervention était considérée comme délicate, la simple observation montrant qu'à partir de 40 cm de diamètre, les Okoumés appartiennent à l'étage dominant et ont presque leur forme définitive. L'éclaircie risquait alors d'entraîner une perte importante de volume commercialisable. Jusqu'à 60 cm de diamètre moyen, elle se réduisait à une annélation sur pied des Okoumés sans avenir, de mauvaise forme ou tarés, ou des espèces diverses de l'étage dominant sans valeur commerciale. Au-delà, les Okoumés exploitables étaient simplement coupés et déliés.

Faute de recherches préalables, on espérait un effet bénéfique de l'opé-

ration sur la dynamique et la productivité du peuplement.

Ces travaux d'amélioration des peuplements naturels d'Okoumés ont été abandonnés à la fin des années cinquante, au profit de plantations. Les forestiers ont considéré qu'au lieu d'éparpiller leurs efforts sur l'amélioration des peuplements dont ils ne pouvaient justifier ni le bien-fondé ni les résultats, il était préférable de concentrer les efforts sur des sites de reboisement proches des voies d'accès et de vidange.

Les réserves d'amélioration ont aujourd'hui été exploitées et l'évaluation objective de la pertinence des interventions réalisées n'est pas disponible (comparaison de la croissance et de la production entre peuplements améliorés et peuplements témoins). En 1970, les réserves améliorées du lac Gome (14 000 ha) et de la Bigoignan (5 000 ha) ont été inventoriées (C.T.F.T., 1970) : les volumes à l'hectare ont été jugés encourageants par les auteurs, sans référence toutefois à des peuplements comparables non améliorés.

L'effet des éclaircies sur la dynamique des plantations d'Okoumés est mieux connu (CATINOT, 1969 ; LEROY DEVAL, 1976 ; DUPUY, 1983). Il est bénéfique :

- pour une éclaircie brutale de très jeunes peuplements de 2-3 ans (mise à distance définitive du peuplement),
- pour une éclaircie forte, en deux interventions par annélation circulaire : la première lorsque le peuplement est très jeune (3 à 5 ans), la seconde vers 15 ans lorsque le diamètre moyen est de l'ordre de 30 cm.

Entre 1957 et 1981, 27 000 ha d'Okoumés ont été plantés au Gabon. Techniquement réussies, ces plantations ont cependant été abandonnées au début des années quatre-vingt, le coût de la plantation

proprement dite, puis de son entretien s'avérant trop élevé.

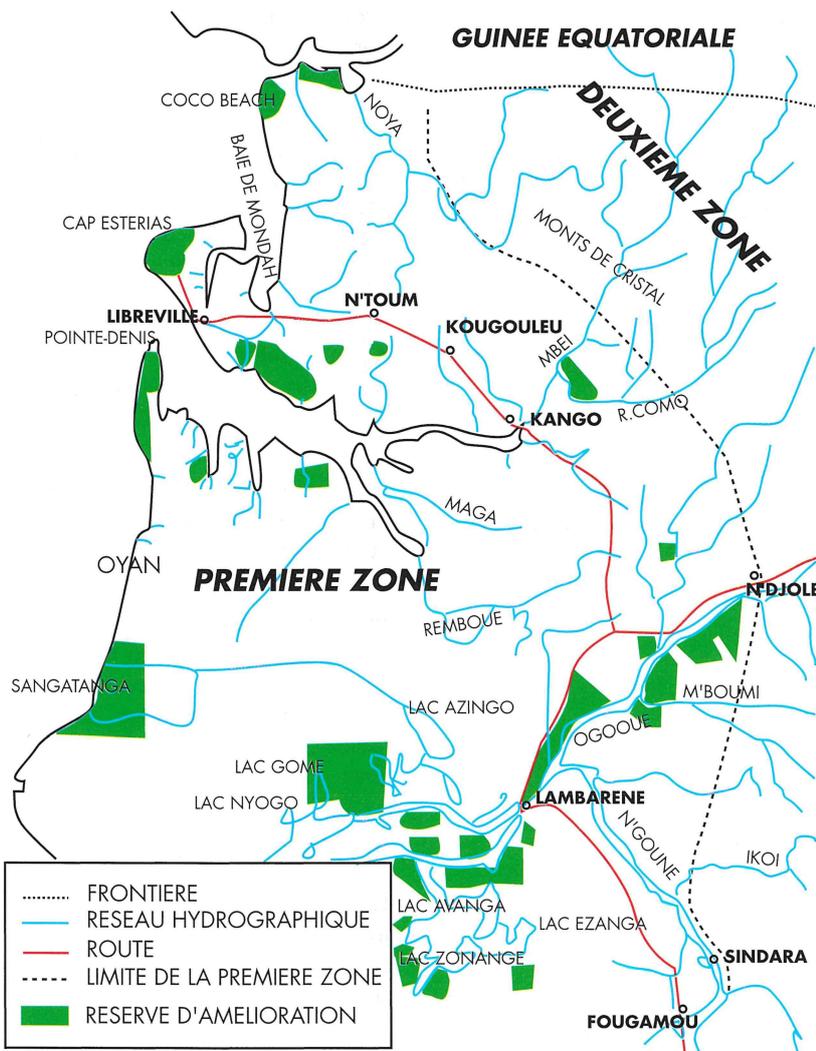
L'intérêt s'est alors de nouveau porté sur les peuplements naturels. Compte tenu de l'importante superficie qu'ils représentent en première zone (CLÉMENT, GUÉRIN, NOUVELLET, 1979), la Direction Générale des Eaux et Forêts, avec l'aide de la Coopération Française et du CIRAD-Forêt, a mis en place en 1987 le projet « Aménagement Forestier en Zone de Savanes Côtées du Gabon ». Le dispositif d'étude des peuplements naturels, qui compare des peuplements témoins et éclaircis, devait permettre de quantifier les effets de l'opération sur la dynamique et la production de ces peuplements.

SITES D'ÉTUDE

Les bouquets équiennes d'Okoumés étudiés sont situés en forêt littorale, à proximité d'Oyan (ou Oyane), à 55 km de Libreville (cf. carte).

Le climat est de type équatorial austral à quatre saisons. La pluviosité annuelle moyenne au pluviomètre d'Oyan est de 1 750 mm par an sur la période 1990-1996. La grande saison sèche est très marquée (de juin à septembre) mais la présence d'un voile atmosphérique diurne, maintenant une humidité atmosphérique élevée et des températures basses, atténue les effets de l'absence de pluies. Ce voile est lié au refroidissement d'une masse d'air austral lors de son passage sur le courant de Benguélé (NICOLAS, 1977).

Le relief est plat ou légèrement ondulé, entaillé par des cirques (figures d'érosion régressives liées au substrat). Les sols (CLÉMENT, GUÉRIN, NOUVELLET, 1979 ; MOUTSINGA, 1991) sont sableux en surface et deviennent argilo-sableux en profondeur. Ce sont des sols pauvres, largement désaturés, plutôt acides. Ils semblent



Réserves d'amélioration et site expérimental d'Oyan.

Source : LEROY DEVAL, 1976.

Improvement reserves in Gabon's first forestry zone and at the Oyan experimental station.

être similaires sous savanes et sous forêts.

La région Sud-Estuaire du Gabon est couverte par une mosaïque de forêts et de savanes, décrite par AUBREVILLE (1948), ST-AUBIN (1961), NICOLAS (1977) et, autour d'Oyan, par CHRISTY *et al.* (1990). On y distingue principalement deux types de forêt :

□ La forêt « mature », sélectivement exploitée jusque dans les années soixante. C'est une forêt dite à

Okoumé (*Aucoumea klaineana*) et Ozouga (*Sacoglottis gabonensis*), de type II selon ST-AUBIN (1963). Elle est considérée (LETOUZEY, 1968 ; NICOLAS, 1977 ; CABALLÉ, 1978) comme une formation à affinités sud-américaines, avec une abondance de représentants de familles néotropicales (Humiriacées, Vochysiacees). Les espèces les plus représentées dans l'étage dominant sont l'Ozouga, l'Okoumé et l'Angoa (*Erismadelphus exsul*).

□ La forêt secondaire est largement constituée de peuplements paucispécifiques dominés par l'Okoumé, objets de l'étude. L'Okoumé représente par endroits plus de 80 % des individus présents et près de 95 % de l'étage dominant. La superficie couverte par ce type de peuplements est comprise entre 200 000 et 300 000 ha (CLÉMENT, GUÉRIN, NOUVELLET, 1979).

MÉTHODOLOGIE

PARCELLES D'ÉTUDE

Le dispositif d'étude des peuplements naturels équiennes est constitué de 34 parcelles permanentes, de superficies comprises entre 0,38 et 1,5 ha, installées entre 1987 et 1990. Elles sont divisées en plateaux carrés de 25 m de côté, appelés carrés par la suite. L'âge des peuplements, déterminé par analyse de cernes (RIVIERE, 1992), s'échelonne régulièrement de leur phase de constitution à une phase dite d'exploitabilité, aux environs de soixante ans. L'ensemble du dispositif représente 22 ha où sont suivis environ 14 000 individus dont près de 10 000 Okoumés.

Dans les peuplements jeunes (moins de 15 ans), tous les individus dont la hauteur est supérieure à 1 m sont identifiés botaniquement, numérotés et mesurés en hauteur (jusqu'à 10 m) et/ou en circonférence (à partir de 10 cm). Dans les peuplements plus âgés (plus de 15 ans), tous les arbres de $C_{1,30} \geq 30$ cm sont identifiés botaniquement, numérotés et positionnés en coordonnées cartésiennes au sein des carrés. Chaque année, ils sont mesurés en circonférence, affectés à une strate (dominants, codominants, dominés) et notés selon leur forme. Seuls ces peuplements de plus de 15 ans seront considérés dans cet article.

OPÉRATION D'ÉCLAIRCIE

En 1989, après deux années d'observation de la croissance en circonférence, 13 parcelles, réparties selon leur âge estimé (de 17 à 45 ans) ont été éclaircies (photo, p. 5). L'intervention choisie est une éclaircie sélective par le haut, au profit d'Okoumés dominants désignés comme arbres d'avenir. Les individus désignés (environ 80 tiges/ha) constituent la majeure partie du peuplement dominant après éclaircie. Compte tenu de la forme généralement médiocre des Okoumés dominants, cette désignation a retenu un nombre important d'individus d'avenir mal conformés.

L'opération a été menée, dans l'étage dominant, par élimination des Okoumés en surnombre et de quelques individus d'essences secondaires.

Le choix des arbres à éliminer s'est fait à partir des plans des parcelles, une fois les arbres d'avenir repérés et désignés (fig. 1). Il a ensuite été validé sur le terrain à l'intérieur de chaque parcelle, en fonction de la forme et de la position des houppiers.

Les Okoumés ont été dévitalisés par une annélation circulaire simple, avec attaque d'une légère épaisseur de l'aubier, sur environ 40 cm de haut.

Les autres essences ont été dévitalisées par la technique dite des entailles malaises. Après annélation, des entailles de 4 à 5 cm de profondeur sont réalisées dans l'aubier ; on y injecte un arboricide, ici le Triclopyr (Garlon 4E), en solution aqueuse à 40 %. Cette technique n'a pas été employée pour les Okoumés, pour ne pas augmenter les coûts de l'intervention et de crainte d'une contamination des autres Okoumés par le biais des anastomoses racinaires (LEROY DEVAL, 1973).

L'éclaircie a été réalisée à l'intérieur de la parcelle ainsi que sur une bande périmétrale de 25 m de large.

Fin 1990, l'efficacité des annélations s'étant avérée trop faible, surtout pour les gros arbres, des annélations plus profondes ont été réalisées sur tous les individus résistants.

L'éclaircie était totalement réalisée en 1992. Tous les arbres dévitalisés en 1989 (et éventuellement en 1990) étaient morts, mis à part trois Angoas et un Okoumé de diamètres importants sur les parcelles 1 et 2 (45 ans) du dispositif.

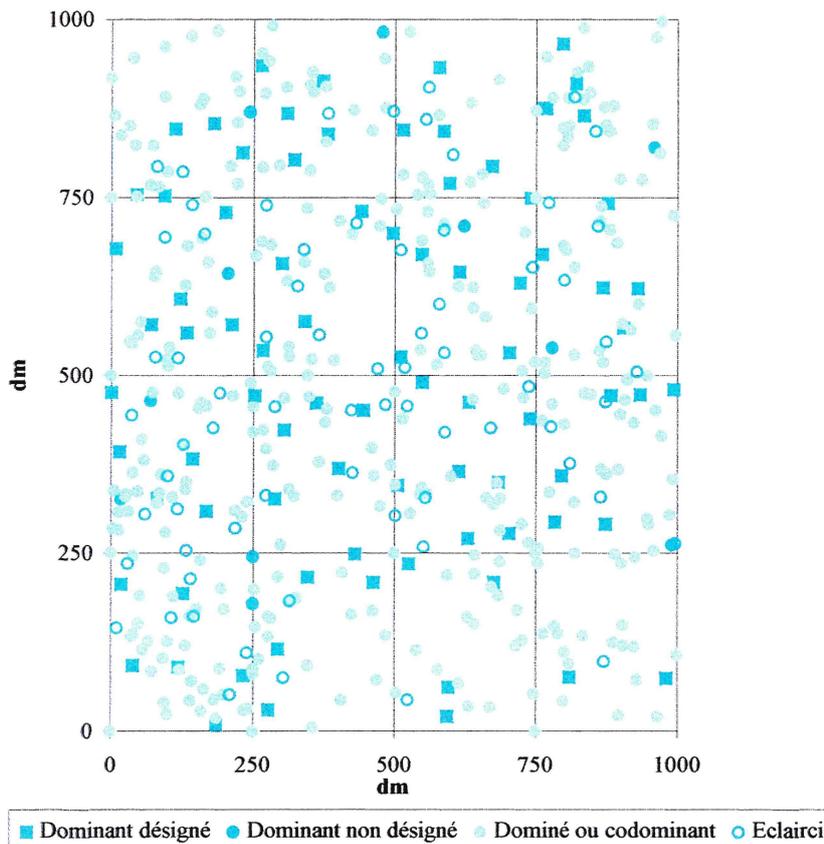


Figure 1. Plan de la parcelle n° 2 en 1990 (1 ha).
Plan of plot n° 2 in 1990 (1 ha).

ANALYSE DES RÉSULTATS DE MESURES

□ Choix de groupes de carrés comparables

A l'échelle de la parcelle (tâche homogène repérée sur photographie aérienne), les conditions de milieu et les caractéristiques structurales du peuplement peuvent s'avérer assez hétérogènes. Cette hétérogénéité s'observe surtout dans les parcelles jeunes du fait :

- De la présence de gros arbres préexistants, qui ne font pas partie du peuplement équienne suivi. Ces arbres ont été épargnés pour des raisons diverses lors des défrichements pour les cultures.

- Du type de colonisation forestière observé dans certaines savanes incluses de petites dimensions ; d'après BIRAUD (1959) : « il arrive parfois que des savanes de faibles dimensions aient été entièrement colonisées et se soient totalement refermées. Les peuplements d'Okoumé ainsi constitués (...) présentent un aspect très particulier qui se caractérise par une variation continue dans la hauteur, le diamètre et la densité des Okoumés. En allant du centre du peuplement à la périphérie, on passe progressivement des jeunes Okoumés du centre, où ils sont à la plus forte densité, aux Okoumés les plus âgés qui se disséminent vers la périphérie dans la forêt secondaire ». Nous observons une telle colonisation dans certaines petites savanes incluses autour d'Oyan.

- De la présence, dans les parcelles de grande taille, de zones très ouvertes avec des Okoumés isolés en conditions de croissance fort différentes de celles des taches denses.

Dans les peuplements âgés, une certaine hétérogénéité du peuplement s'observe dans les parcelles incluant des zones de bas-fonds humides ou inondables.

Les peuplements ont été caractérisés à une échelle plus fine (au niveau des carrés) pour former des groupes de carrés homogènes dans lesquels les caractéristiques initiales des futurs carrés éclaircis et témoins seront similaires.

La première étape a consisté en une recherche des carrés « atypiques ». La présence de préexistants dans certains carrés a été mise en évidence par l'étude de la structure diamétrique. Les carrés très ouverts ont été identifiés par l'étude de la distribution des surfaces terrières totales en 1989. Après une vérification *de visu* sur le terrain, tous ces carrés ont été éliminés pour la constitution des groupes.

Les carrés ont ensuite été groupés selon l'âge estimé des parcelles auxquelles ils appartiennent. Compte tenu des incertitudes sur l'estimation de l'âge des Okoumés (MARIAUX, 1970), nous avons choisi les deux classes d'âge suivantes définissant les groupes :

- carrés jeunes : ils appartiennent aux parcelles de 15 à 30 ans,
- carrés âgés : ils appartiennent aux parcelles de 37 à 52 ans.

Ces deux classes correspondent à un changement dans la composition floristique des peuplements. Il a été noté qu'un groupe d'espèces sciaphiles, caractéristiques de la forêt « mature » environnante, apparaît vers 30 ans (NASI, 1997).

Les deux groupes ainsi formés ont ensuite été validés à l'aide des descripteurs suivants :

- au niveau du carré :
 - valeurs moyennes et distribution des densités et surfaces terrières totales en 1988,
 - sur l'ensemble des individus du groupe :
 - valeurs moyennes et distribution des diamètres en 1988 des Okoumés dominants et dominés,
 - valeurs moyennes et distribution des accroissements courants moyens individuels sur le diamètre entre 1988 et 1990 des Okoumés dominants et dominés. Seuls les arbres vivants en 1990 ont été pris en compte.

L'adjonction d'un de ces descripteurs ne permet pas d'obtenir des sous-groupes homogènes à l'intérieur des groupes, ce qui avait déjà été constaté à l'échelle de la parcelle (PAGET, LOFFEIER, 1994).

□ Intensité et réussite de l'éclaircie

L'intensité et la réussite de l'éclaircie ont été évaluées dans chaque groupe

en fonction, d'une part du nombre d'individus annelés, déclarés morts pendant les campagnes de mesure suivant l'intervention et, d'autre part, de leur surface terrière en 1989.

□ Effet de l'éclaircie

Trois périodes ont été distinguées :

- La période avant éclaircie, 1988-1990, intégrant les campagnes de mesures 1988, 1989 et 1990.
- La période de transition, 1990-1992, intégrant les campagnes de mesures 1990, 1991 et 1992.
- La période après éclaircie, 1992-1995, intégrant les campagnes de mesures 1992, 1993, 1994 et 1995.

Puis, dans chaque groupe, nous avons comparé les populations témoins et éclaircies pour apprécier :

- **L'effet de l'éclaircie sur la stabilité du peuplement** : suivi de l'évolution annuelle de la mortalité naturelle.
- **L'effet de l'éclaircie sur l'accroissement courant moyen individuel en diamètre des Okoumés, par strates, toutes classes de diamètre confondues dans un premier temps, puis par classes de diamètre.** Seuls les arbres vivants sur toute la période 1988-1995 ont été utilisés pour le calcul.

- **L'effet de l'éclaircie sur l'accroissement moyen individuel en surface terrière des Okoumés dominants, par classes de diamètre.** Nous avons pour cela utilisé la méthode du remplacement (PAGET, LOFFEIER, 1994) qui permet de s'affranchir pour partie des différences structurales entre peuplements, schématisée page suivante.

MÉTHODE DU REMPLACEMENT (PAGET, LOFFEIER, 1994)				
Classes de diamètre	d1	d2	d3...	dn
Accroissements moyens par arbre observé sur la période, en surface terrière, pour le peuplement témoin	acg1	acg2	acg3...	acgn
Surface terrière observée du peuplement éclairci en fin de période	G_{obs}1	G_{obs}2	G_{obs}3...	G_{obs}n
Surface terrière du peuplement éclairci en début de période	G1 +	G2 +	G3... +	Gn +
Effectifs du peuplement éclairci	N1*(acg1) =	N2*(acg2) =	N3*(acg3)... =	Nn*(acgn) =
Surface terrière simulée du peuplement éclairci en fin de période	G_{sim}1	G_{sim}2	G_{sim}3...	G_{sim}n

Lorsqu'on dispose d'un nombre élevé d'individus, les accroissements moyens par arbre en surface terrière sont calculés par classes de diamètre pour le peuplement témoin, puis appliqués au peuplement traité en éclaircie par classes de diamètre. Le rapport (surface terrière observée - surface terrière simu-

lée) / (surface terrière simulée) permet de calculer un gain représentant l'effet du traitement.

- **L'effet de l'éclaircie sur l'évolution annuelle de la surface terrière et du volume bois fort de l'ensemble des Okoumés dominants du groupe.** Pour calculer le volume bois fort,

nous avons utilisé le tarif de cubage proposé par RIVIERE (1992) :

$$V = 1,4294 C^2 - 0,1937$$

avec : V, volume bois fort en m³ ; C, circonférence à 1,30 m dbh en mètre (domaine d'application : de 10 à 70 cm de diamètre à 1,30 m).

RÉSULTATS

VALIDATION DES GROUPES

Le tableau I donne, pour les peuplements témoins et éclaircis, les caractéristiques des groupes avant l'intervention. Au sein de chaque groupe, les valeurs moyennes de ces caractéristiques sont très proches entre peuplement témoin et peuplement éclairci. Les seules différences significatives (tests de Tukey et Scheffe, $\alpha = 0,05$) s'observent :

- dans le groupe des carrés jeunes, pour l'accroissement courant moyen individuel en diamètre des Okoumés dominants sur la période 1988-1990, légèrement supérieur dans le peuplement qui sera éclairci ;

TABLEAU I CARACTÉRISTIQUES DES GROUPES AVANT L'INTERVENTION								
Groupes	Peuplements	Nombre de carrés	N 88	G 88 (m ²)	D 88 dominants (m)	D 88 dominés (m)	ACm88-90 dominants (cm/an)	ACm88-90 dominés (cm/an)
Jeunes	témoins	33	36,5 (± 4,5)	1,32 (± 0,15)	25,7 (± 0,6)	14,4 (± 0,4)	1,05 (± 0,04)	0,22 (± 0,02)
	éclaircis	53	36,5 (± 2,9)	1,31 (± 0,11)	25,5 (± 0,5)	14,0 (± 0,3)	1,17 (± 0,04)	0,23 (± 0,02)
Agés	témoins	54	29 (± 1,9)	2,72 (± 0,18)	51,6 (± 1,2)	21,2 (± 0,7)	0,79 (± 0,04)	0,15 (± 0,02)
	éclaircis	43	28 (± 2,0)	2,72 (± 0,21)	52,6 (± 1,4)	23,5 (± 0,8)	0,74 (± 0,05)	0,12 (± 0,02)

Les chiffres entre parenthèses indiquent les intervalles de confiance à 95 % sur les moyennes. N 88 : densité moyenne par carré en 1988 ; G 88 : surface terrière moyenne par carré en 1988 ; D 88 : diamètre moyen de l'ensemble des individus du groupe en 1988 ; ACm88-90 : accroissement courant moyen en diamètre sur la période 1988-1990 de l'ensemble des individus du groupe.

- dans le groupe des carrés âgés, pour le diamètre moyen des Okoumés dominés en 1988, légèrement supérieur dans le peuplement qui sera éclairci.

Dans chaque groupe, l'homogénéité des distributions des descripteurs entre peuplement témoin et éclairci a été vérifiée par un test non paramétrique, le test des rangs de Wilcoxon.

Le test n'a pas fait apparaître de différences significatives entre les distributions sauf pour :

- La distribution des accroissements courants moyens individuels en diamètre des Okoumés dominants, sur la période 1988-1990, du groupe des carrés jeunes (différence révélée sur les valeurs moyennes).
- La distribution des diamètres moyens et des accroissements courants moyens individuels en diamètre, sur la période 1988-1990, des Okoumés dominés du groupe des carrés âgés.

RÉUSSITE ET INTENSITÉ DE L'ÉCLAIRCIE

L'évolution sur la période dite de transition (1990-1992) de la surface terrière cumulée des arbres déclarés morts en éclaircie par rapport à celle des arbres dévitalisés (fig. 2) permet de montrer le temps effectivement nécessaire à l'accomplissement de l'opération. L'éclaircie est réussie dès 1991 pour les carrés jeunes, à partir de 1992 pour les carrés âgés.

Les jeunes parcelles ont en général été éclaircies beaucoup plus vigoureusement que les parcelles âgées (tableau II). Ceci se retrouve bien entendu au niveau du groupe : 36 % de la surface terrière ôtée en moyenne dans le groupe des carrés jeunes, 21 % dans le groupe des carrés âgés. Les Okoumés représentent 79 % des tiges et 83 % de la surface terrière enlevées dans les

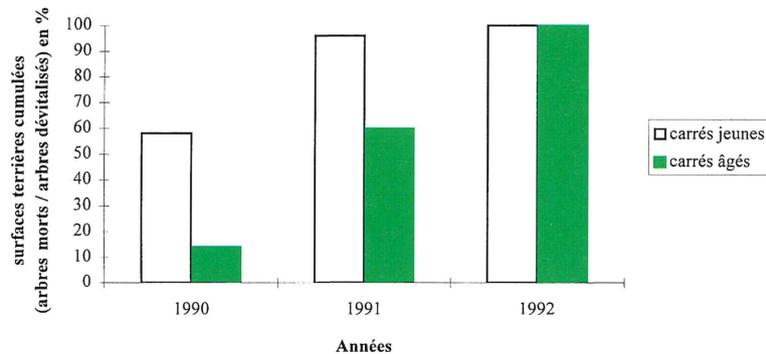


Figure 2. Réussite de l'éclaircie.
Successful thinning.

TABLEAU II
INTENSITÉ DE L'ÉCLAIRCIE

Groupes	Parcelles	Nombre de carrés retenus	Age estimé en 1989 (ans)	Part de la surface terrière prélevée par l'éclaircie (en %)
Jeunes carrés	7	6	17	44
	8	6	18	40
	14	6	20	34
	6	6	22	36
	4	4	23	34
	5	11	24	29
	11	3	24	37
	12	7	24	33
	13	4	24	33
				moyenne : 36
Carrés âgés	9	6	42	25
	1	12	45	17
	2	14	45	23
	3	11	45	18
				moyenne : 21

carrés jeunes, 93 % des tiges et 94 % de la surface terrière enlevées dans les carrés âgés.

Cette éclaircie a enlevé, en moyenne, un volume bois fort de 110 m³/ha (dont 91 m³/ha d'Okoumé) dans les carrés jeunes et de 153 m³/ha (dont 145 m³/ha d'Okoumé) dans les carrés âgés.

EFFET DE L'ÉCLAIRCIE

□ Sur la stabilité du peuplement

L'évolution annuelle de la mortalité naturelle de 1990 à 1995 est présentée par les figures 3 (carrés jeunes) et 4 (carrés âgés), p. 12.

Les principales conclusions pour les peuplements témoins ont déjà été

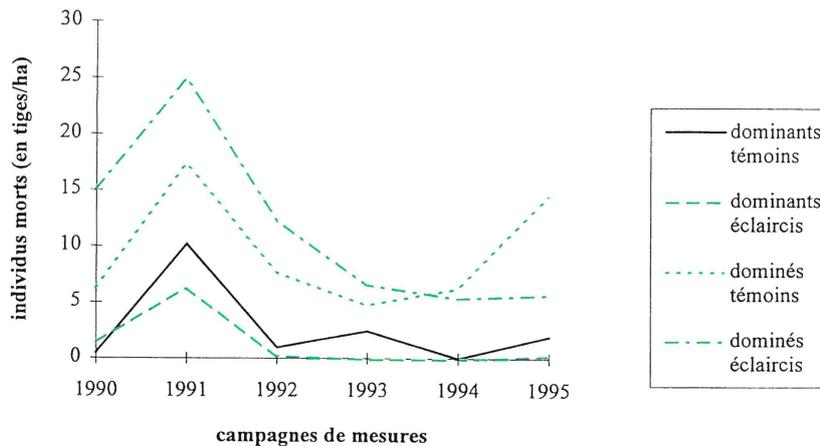


Figure 3. Evolution de la mortalité naturelle (carrés jeunes).
Development of natural dieback (young squares).

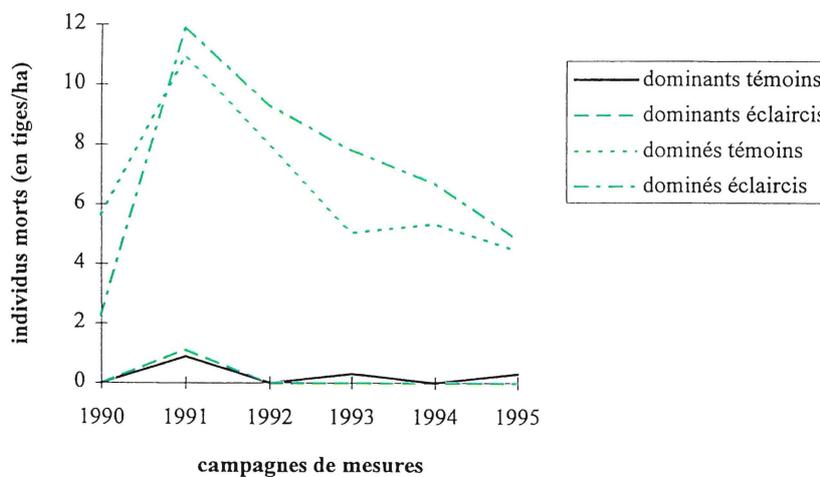


Figure 4. Evolution de la mortalité naturelle (carrés âgés).
Development of natural dieback (old squares).

présentées par NASI (1997) et se retrouvent ici :

- La mortalité annuelle, au-delà de 15 ans, est relativement stable autour de 5 à 15 tiges par hectare. Elle est surtout le fait des individus dominés, la mort des dominants est plus rare.
- La variabilité interannuelle de la mortalité est très importante. La mortalité très élevée en 1991 s'explique par une tornade survenue au mois

d'avril (RIVIÈRE, 1992). Il n'y a pas d'explications connues pour la mortalité importante des dominés dans les jeunes carrés témoins en 1995.

L'effet de l'éclaircie sur la mortalité n'est sensible que pour les dominés du groupe des carrés jeunes. La fragilisation du peuplement éclairci s'observe dès l'année suivant l'intervention (+ 8 arbres morts/ha) ; elle est encore sensible les trois années suivantes.

L'effet de l'éclaircie sur la mortalité naturelle n'est pas sensible dans le groupe des carrés âgés. Sauf en cas de phénomène exceptionnel, l'éclaircie n'a donc pas provoqué de déstabilisation importante dans le peuplement dominant des parcelles d'étude.

□ Sur l'accroissement courant moyen individuel en diamètre des Okoumés

• Carrés jeunes

L'accroissement courant moyen individuel en diamètre (ACm) des Okoumés dominants du peuplement témoin reste stable sur les trois périodes, de 1,03 à 1,06 cm/an (fig. 5).

Avant éclaircie, l'ACm des Okoumés dominants du peuplement éclairci est légèrement supérieur à celui des Okoumés dominants du peuplement témoin (+ 0,10 cm/an). Cette différence significative (tests de Tukey et Scheffe, $\alpha = 0,05$) s'accroît au profit du peuplement éclairci (fig. 5) dès la période de transition (+ 0,24 cm/an) pour continuer à s'accroître sur la période 1992-1995 (+ 0,35 cm/an). Les arbres du peuplement dominant désignés comme arbres d'avenir ne montrent pas de réaction à l'éclaircie significativement différente de celle de l'ensemble du peuplement dominant.

L'effet bénéfique de l'éclaircie s'observe de la même manière pour les Okoumés dominés (fig. 5). La différence d'ACm, négligeable avant éclaircie, augmente dès la période de transition pour se stabiliser rapidement autour de 0,25 cm/an.

Le gain (tableau III) sur l'ACm des Okoumés du peuplement éclairci, par rapport à sa valeur avant l'intervention, atteint 24 % pour les dominants et dépasse 100 % pour les dominés.

En ce qui concerne le gain par classe de diamètre (tableau IV), on

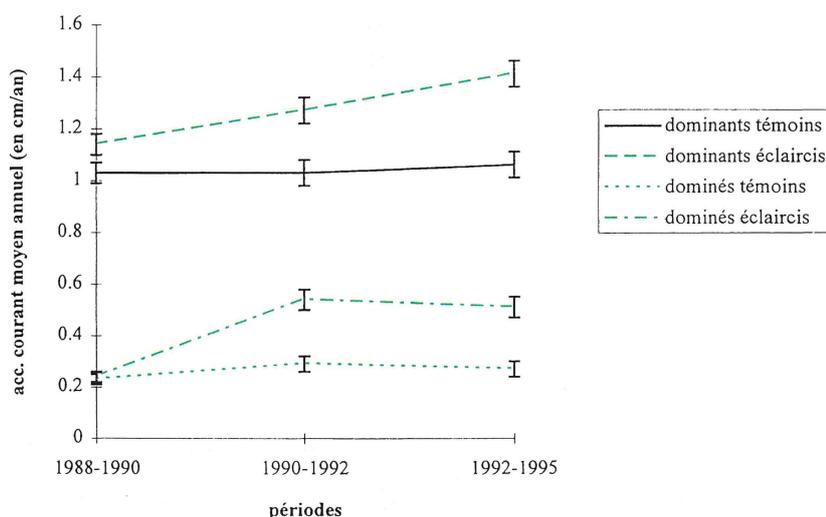


Figure 5. Evolution de l'accroissement courant moyen annuel en diamètre des Okoumés (carrés jeunes). Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95 %.

Development of current average annual growth in diameter of Okoumé (young squares). The error bars represent confidence intervals at 95 %.

TABLEAU III

GAIN SUR L'ACCROISSEMENT COURANT MOYEN ANNUEL EN DIAMÈTRE DES OKOUMÉS Jeunes carrés, toutes classes de diamètre confondues

Okoumés	Période de transition (90-92)	Après éclaircie (92-95)
Dominants	12 % (0)	24 % (3 %)
Dominés	130 % (23 %)	114 % (17 %)

Le gain est calculé par rapport à la valeur de l'ACm avant l'intervention. Les chiffres entre parenthèses précisent les valeurs du gain pour le peuplement témoin.

TABLEAU IV

GAIN SUR L'ACCROISSEMENT COURANT MOYEN ANNUEL EN DIAMÈTRE DES OKOUMÉS DOMINANTS PAR CLASSES DE DIAMÈTRE (CARRÉS JEUNES)

Classes de diamètre	Période de transition (90-92)	Après éclaircie (92-95)
10-20 cm (98/118)	28 % (4 %)	32 % (-7 %)
20-30 cm (217/255)	11 % (4 %)	25 % (9 %)
30-40 cm (138/132)	6 % (-4 %)	20 % (3 %)

Le gain est calculé par rapport à la valeur de l'ACm avant l'intervention. Les chiffres entre parenthèses précisent : dans la colonne classes de diamètre, le nombre d'individus utilisés pour les calculs dans les peuplements éclaircis/témoins ; dans les autres colonnes, les valeurs du gain pour le peuplement témoin.

constate que l'effet de l'éclaircie est d'autant plus important et plus rapide que la classe de diamètre est petite. Cependant, entre 30 et 40 cm de diamètre, même si la réaction est plus modeste et plus lente, les Okoumés dominants réagissent encore favorablement à l'éclaircie.

• Carrés âgés

Avant éclaircie, l'ACm des Okoumés dominants du peuplement témoin est légèrement supérieur à celui des Okoumés dominants du peuplement éclairci (+ 0,09 cm/an). Cette différence est significative (tests de Tukey et Scheffe, $\alpha = 0,05$) ; le peuplement témoin s'accroît plus vite que le peuplement qui sera éclairci. Après intervention, l'ACm du peuplement éclairci rejoint celui du peuplement témoin et les différences ne sont plus significatives (fig. 6, p. 14). Il semble donc que l'éclaircie ait permis de « rattraper » le différentiel de croissance initial entre les deux peuplements.

Comme pour les carrés jeunes, les dominants désignés comme arbres d'avenir ne montrent pas de réaction à l'éclaircie significativement différente de celle de l'ensemble des dominants.

Pour les Okoumés dominés, l'effet de l'éclaircie est encore ici sensible dès la période de transition.

Le gain (tableau V, p. 14) sur l'ACm des Okoumés du peuplement éclairci est important, du même ordre que celui obtenu pour le groupe des carrés jeunes (28 % pour les dominants et plus de 100 % pour les dominés).

Comme pour les carrés jeunes, l'effet de l'éclaircie est sensible sur toutes les classes de diamètre (tableau VI, p. 14), d'autant plus important et rapide que la classe de diamètre est plus petite.

La chute de l'ACm pour les gros individus pendant la période de transition s'observe aussi pour le peuplement témoin (mais pour toutes les

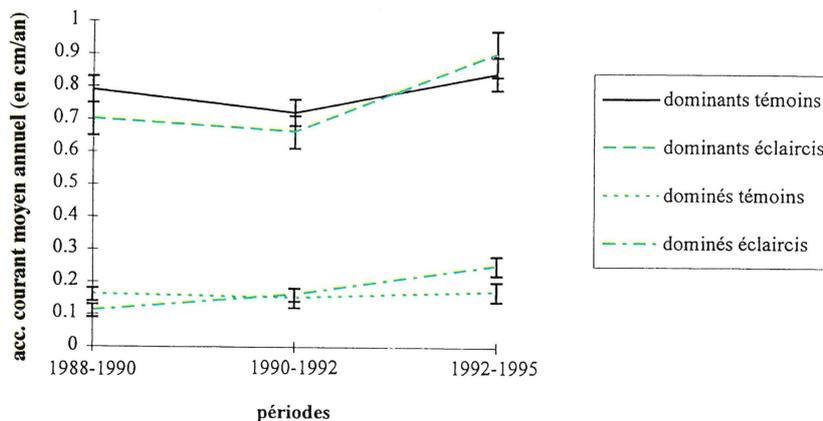


Figure 6. Evolution de l'accroissement courant moyen annuel en diamètre des Okoumés (carrés âgés). Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95 %.

Development of current average annual growth in diameter of Okoumé (old squares). The error bars represent confidence intervals at 95 %.

TABLEAU V

GAIN SUR L'ACCROISSEMENT COURANT MOYEN ANNUEL EN DIAMÈTRE DES OKOUMÉS DOMINANTS Carrés âgés, toutes classes de diamètre confondues

Okoumés	Période de transition (90-92)	Après éclaircie (92-95)
Dominants	- 6 % (- 9 %)	28 % (6 %)
Dominés	44 % (- 7 %)	121 % (3 %)

Le gain est calculé par rapport à la valeur de l'ACm avant l'intervention. Les chiffres entre parenthèses précisent les valeurs du gain pour le peuplement témoin.

TABLEAU VI

GAIN SUR L'ACCROISSEMENT COURANT MOYEN ANNUEL EN DIAMÈTRE DES OKOUMÉS DOMINANTS PAR CLASSES DE DIAMÈTRE (CARRÉS ÂGÉS)

Classes de diamètre	Période de transition (90-92)	Après éclaircie (92-95)
30-40 cm (31/78)	26 % (- 12 %)	63 % (- 3 %)
40-50 cm (57/149)	3 % (- 2 %)	35 % (9 %)
50-60 cm (69/110)	- 8 % (- 2 %)	30 % (11 %)
60-70 cm (54/69)	- 14 % (- 12 %)	20 % (7 %)

Le gain est calculé par rapport à la valeur de l'ACm avant l'intervention. Les chiffres entre parenthèses précisent : dans la colonne classes de diamètre, le nombre d'individus utilisés pour les calculs dans les peuplements éclaircis/témoins ; dans les autres colonnes, les valeurs du gain pour le peuplement témoin.

classes de diamètre) et n'est donc pas a priori liée à l'intervention.

BILAN

L'éclaircie est bénéfique, pour les deux groupes, à l'ACm des individus. Pour le peuplement dominant, le gain d'ACm est d'autant plus sensible et rapide que les individus sont plus petits mais il reste important et significatif pour les gros arbres. Un Okoumé de 60 cm de diamètre, ou plus, est encore susceptible de réagir à une éclaircie, ce qui confirme les conclusions de BEDEL (1969), qui observe un redémarrage brutal de la croissance d'un individu de 140 ans, après mise en lumière.

Sur l'accroissement moyen individuel des Okoumés dominants en surface terrière

Les résultats obtenus (tableau VII) corroborent ceux obtenus sur l'accroissement courant moyen individuel en diamètre : l'effet de l'éclaircie est d'autant plus sensible et d'autant plus rapide que les individus sont plus petits.

Cependant, à partir de 20 cm de diamètre, le gain obtenu sur l'accroissement courant moyen individuel en diamètre des Okoumés dominants n'entraîne qu'un faible gain sur l'accroissement moyen individuel en surface terrière.

Sur l'évolution de la surface terrière et du volume bois fort des peuplements

L'allure des courbes d'évolution de la surface terrière et du volume bois fort (fig. 7 et 8) est très similaire pour les deux groupes. Avant éclaircie, les points représentant peuplements témoins et peuplements éclaircis sont confondus. Pendant la période de transition (1990-1992), les courbes s'éloignent. A partir de 1992, les courbes restent éloignées et sensiblement parallèles : l'accroissement moyen annuel de la surface terrière (ou du volume bois fort)

TABLEAU VII

GAINS SUR L'ACCROISSEMENT MOYEN INDIVIDUEL DES OKOUMÉS DOMINANTS
EN SURFACE TERRIÈRE PAR CLASSES DE DIAMÈTRE

Groupe	Période	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm	50-60 cm	60-70 cm
Carrés jeunes	transition	5,2 % (98)	1,2 % (217)	1,3 % (138)	-	-	-
	après éclaircie	13,1 % (98)	3,8 % (217)	2,5 % (138)	-	-	-
Carrés âgés	transition	-	-	1,9 % (31)	0,3 % (57)	-0,4 % (69)	0 % (54)
	après éclaircie	-	-	4,8 % (31)	0,7 % (57)	0,3 % (69)	0,6 % (54)

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'arbres utilisés pour le calcul.

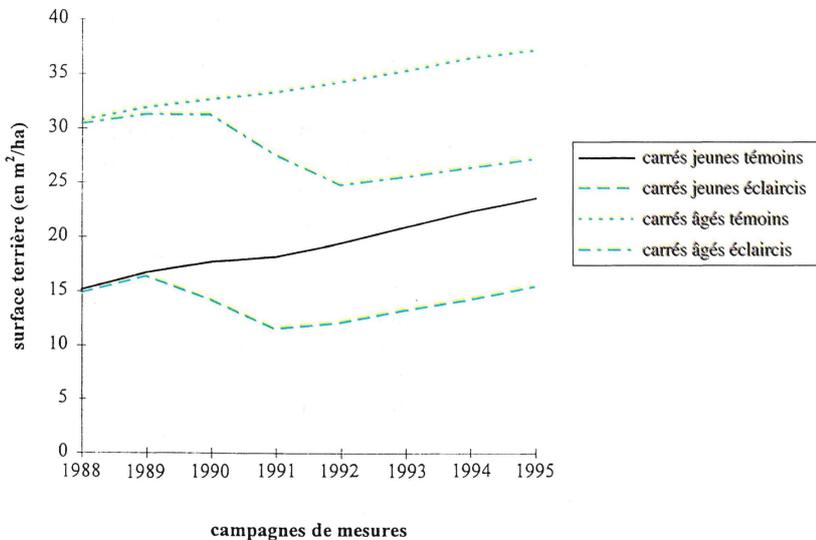


Figure 7. Evolution de la surface terrière totale des Okoumés dominants.
Development of the total basal area of dominant Okoumé.

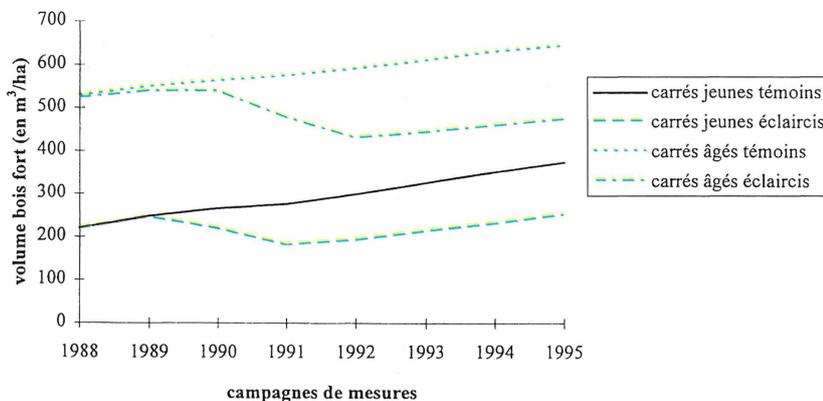


Figure 8. Evolution du volume bois fort des Okoumés dominants.
Development of the volume of dominant Okoumé at 7 cm dbh.

du peuplement éclairci est comparable à celui du peuplement témoin. Les peuplements éclaircis ne montrent pas de réaction favorable à l'intervention : **la croissance plus forte des arbres restants permet de maintenir le niveau de croissance du peuplement mais ne permet pas de rattraper le déficit de surface terrière (ou de volume bois fort) lié à l'intervention.**

DISCUSSION

Six ans après l'éclaircie, les peuplements jeunes comme les peuplements âgés ont réagi favorablement. Après une période de transition, plus longue pour les peuplements âgés parce que la mort des arbres dévitalisés est plus lente, le gain sur l'accroissement courant moyen individuel en diamètre est de l'ordre de 0,2 à 0,3 cm par an.

Rapporté à l'accroissement initial avant intervention, le gain obtenu est considérable pour les Okoumés dominés (plus de 100 %) et pour les petites classes de diamètre du peuplement dominant (10-20 cm pour les jeunes, 30-40 cm pour les plus âgés). Il est cependant beaucoup plus modeste (+ 25 %) pour les dominants auxquels l'éclaircie devait profiter en priorité et n'entraîne pour ces derniers qu'un faible gain sur l'accroissement individuel en surface terrière.

Différentes caractéristiques des peuplements peuvent expliquer cette réaction timide :

□ RIVIÈRE (1992) signale que la hiérarchisation verticale entre dominants et dominés intervient tôt dans la vie des peuplements étudiés, entre 10 et 20 ans, et ne change guère par la suite. L'éclaircie réalisée était peut-être trop tardive pour bénéficier substantiellement aux Okoumés qui avaient déjà fait leur place au soleil.

□ Les gros individus du peuplement dominant sont parfois très proches les uns des autres. Nous l'observons fréquemment sur les parcelles âgées du dispositif. CATINOT (1969) écrit à propos de la parcelle des conservateurs (peuplement naturel d'âge estimé à 100 ans, forêt de la Mondah) : « il n'est pas rare d'observer dans la forêt naturelle des bouquets de trois ou quatre Okoumés de 60-70 cm de diamètre situés à 5-6 m les uns des autres, ce qui est très déroutant lorsqu'on veut déterminer une équidistance moyenne ». L'état serré ne semble pas avoir empêché une croissance vigoureuse. Le feuillage de l'Okoumé est très léger et peut autoriser une pénétration de la lumière assez profonde à l'intérieur du couvert ; CATINOT (1969) note à propos du houppier que « si l'état serré persiste, il peut parfaitement s'aplatir dans un plan comme une sorte de lame mais il semble qu'alors il existe une compensation sous forme de l'extension en hauteur du houppier qui peut atteindre facilement 25 m entre le sommet et la première branche ».

□ On connaît mal l'importance du caractère social de l'Okoumé dans un milieu édaphique pauvre. LEROY DEVAL (1973) montre l'existence de cellules biologiques, constituées d'un dominant et de quelques codominants ou dominés, dans lesquelles le dominant bénéficierait de la rhizosphère des dominés ou codominants par le biais d'anastomoses racinaires. Au niveau d'une telle cellule, la suppression du dominant

pourrait « inverser » ce bénéfice au profit des dominés. La réaction très favorable de ces derniers s'expliquerait alors par la mise en lumière et la disponibilité du système racinaire du dominant prélevé en éclaircie. Cette hypothèse n'est cependant pas vérifiable à l'heure actuelle ; le repérage des cellules biologiques nécessite une observation directe des systèmes racinaires qui n'est pas envisageable à l'échelle du dispositif.

Les essais d'éclaircie en forêt tropicale naturelle hétérogène ont souvent amené à des conclusions similaires : stimulation de la croissance individuelle, pas de déstabilisation notable du peuplement (MAITRE, 1986 ; BERTAULT *et al.*, 1995 ; WÖLL *in* : PARREN et DE GRAAF, 1995). Il convient de garder à l'esprit que, dans la plupart des expériences, l'éclaircie s'est faite au détriment des essences secondaires : les essences principales n'ont pas été ôtées. Le gain sur l'accroissement individuel en diamètre de ces dernières s'est alors traduit, au niveau du peuplement commercialisable, par un gain important sur le volume.

Dans le cas présent, l'éclaircie s'est faite au détriment de la principale essence commerciale (près de 150 m³/ha ôtées dans les carrés âgés). A l'échelle du peuplement, la réaction des individus restants est trop timide pour compenser cette perte en volume. L'éclaircie leur permet certes d'atteindre plus rapidement le diamètre d'exploitabilité mais cette intervention, dans l'étage dominant, diminue très fortement le nombre d'arbres susceptibles d'atteindre ce diamètre. De plus, les produits de l'éclaircie n'étant pas valorisables à l'heure actuelle, l'intérêt économique de l'opération semble contestable.

Les arbres enlevés étaient certes de mauvaise forme. Cependant, l'observation de la qualité médiocre des grumes sorties par les exploitants fo-

restiers de la zone côtière montre que les faibles coûts d'exploitation auraient certainement autorisé l'exploitation d'une partie de ces arbres. Ceci semble confirmé par les résultats (DELEGUE, FUHR, 1995) obtenus suite à l'exploitation expérimentale, en 1995, de deux parcelles d'un hectare, de même âge (55 ans). Avant éclaircie, les peuplements dominants de ces deux parcelles étaient très similaires (DUFOULON, RIVIÈRE, 1993) : 100 à 110 individus dominants à l'hectare. Cependant, 22 Okoumés ont été exploités sur la parcelle non éclaircie contre 14 sur la parcelle éclaircie.

Si l'on applique au volume bois fort (145 m³/ha), ôté lors de l'éclaircie dans le groupe des carrés âgés, le rapport (volume commercial sous écorce/volume bois fort) obtenu lors de l'exploitation expérimentale (36 %), il indique que l'opération entraîne une perte de volume commercial de l'ordre de 52 m³/ha. Cette valeur est remarquablement proche de la différence de production obtenue entre les parcelles 3 et 23 : 51,5 m³ à l'avantage de la parcelle non éclaircie.

Cependant la forêt secondaire dominée par l'Okoumé présente différents faciès :

□ Les peuplements purs d'Okoumés âgés, où celui-ci représente plus de 80 % de la surface terrière du peuplement et où le diamètre moyen des Okoumés dominants est supérieur à 40 cm, s'observent souvent en conditions particulières (sols pauvres, pentes lessivées). BIRAUD (1959) les qualifie à ce titre d'anormaux. Leur installation en forêt littorale du Gabon est facilitée par la rareté du parasolier, *Musanga cecropioides*, sur sols sableux. A l'intérieur de ces peuplements, l'éclaircie sélective par le haut ne peut se faire qu'en supprimant une partie des Okoumés d'avenir : elle n'est donc pas recommandable.

□ La forêt dominée par l'Okoumé, où celui-ci représente de 35 à 80 % de la surface terrière du peuplement (MELLINGER, 1993 ; WHITE *et al.*, 1995 ; DOUCET *et al.*, 1996). Dans de tels peuplements, l'éclaircie est envisageable sans toucher aux Okoumés dominants lors de l'intervention (MELLINGER, 1993) ; l'opération se rapproche beaucoup plus des interventions en peuplements mélangés et son effet bénéfique sur l'accroissement en diamètre devrait permettre une augmentation significative du volume commercialisable.



L'éclaircie des peuplements purs d'Okoumés âgés de plus de 35 ans ne paraît pas recommandable pour accroître leur production. Même si l'Okoumé réagit favorablement, le gain obtenu sur la croissance des individus ne semble pas permettre de rattraper la perte de stock liée à l'in-

tervention avant que le peuplement ne parvienne à exploitabilité.

Il convient d'être plus prudent pour apprécier l'opportunité de l'opération dans les peuplements plus jeunes, de 15 à 30 ans. Même si, là aussi, le gain obtenu sur la croissance des individus restants n'a pas permis pour l'instant de rattraper la perte, il reste encore au moins 20 ans avant que le peuplement ne parvienne à son âge d'exploitabilité. Pendant ces 20 ans, compte tenu du ralentissement de la croissance observé dans les peuplements témoins à partir de 30-40 ans (NASI, 1997), il est fort possible que l'effet de la stimulation de la croissance des peuplements éclaircis s'intensifie et que le sacrifice d'exploitabilité soit compensé avant l'exploitation. Pour confirmer cette hypothèse, il est donc nécessaire de poursuivre le suivi du dispositif pendant plusieurs années.

Il convient aussi pour compléter les résultats obtenus :

- d'identifier et d'éclaircir des peuplements purs plus jeunes (10 ans), puis de quantifier leur réaction ;
- d'analyser les résultats obtenus par l'éclaircie dans des peuplements d'Okoumés moins denses, où l'éclaircie n'est pas réalisée par élimination d'espèces commercialisables ;
- d'approfondir les recherches sur les cellules biologiques (Comment les repérer ? Comment fonctionnent-elles ?), puis d'intégrer les connaissances dans l'analyse des résultats de l'éclaircie. □

► Marc FUHR
Robert NASI
Projet FORAFRI
CIRAD-Forêt/CIFOR
B.P. 643
LIBREVILLE
Gabon

► Jean-Marie MINKOUÉ
Direction des Inventaires
B.P. 152
LIBREVILLE
Gabon

Sous l'égide de FORAFRI, un Atelier international se tiendra sur :
La gestion durable des forêts denses humides africaines aujourd'hui
à Libreville, Gabon, du 12 au 16 octobre 1998

Cet Atelier s'adresse à tous les forestiers intéressés par les enjeux politiques, économiques et sociaux que suscite, actuellement, la mise en valeur des ressources forestières pour le développement des outils qui leur permettront d'optimiser leur action.

PROGRAMME

- **Politique, Economie et Gestion forestières**
- Politique forestière : comment favoriser le développement durable ?
 - Marchés et bois d'œuvre africains : impact sur la gestion des forêts.
 - Populations et forêts : comment concilier besoins locaux, régionaux et nationaux ?
 - Les nouveaux plans d'aménagement.

□ **Connaissance des écosystèmes forestiers**

- Méthodologie de caractérisation des espaces forestiers : des techniques en évolution constante.
- Dispositifs expérimentaux de suivi à long terme des écosystèmes forestiers : résultats et utilité pour la gestion durable.

□ **Produits de la forêt**

- Les nouvelles technologies de « bois transformé » : développement et impact sur la gestion des forêts.
- Produits forestiers non ligneux : gestion durable de ces ressources.
- Faune sauvage et gibier : comment concilier exploitation et conservation ?

□ **Outils de gestion des massifs forestiers**

- Sylviculture : quelle sylviculture pour les forêts denses humides d'Afrique ?
- Exploitation du bois et gestion durable.
- Evaluation de la gestion durable : les critères et indicateurs.

Rappelons que le projet FORAFRI (cf. BFT 249, p. 74), démarré en 1995, regroupe le CIRAD-Forêt, le CIFOR*, ainsi que plusieurs pays africains. Financé par le FAC, il se terminera en 1999.

* Centre de recherche forestière internationale.

Pour en savoir plus :

Projet FORAFRI
BP 643 - LIBREVILLE - Gabon
Tél. : 241 73 31 45
Télécopie : 241 73 31 45/65 76
Email : Forafri@compuserve.com

R E F E R E N C E S B I B L I O G R A P H I Q U E S

- AUBRÉVILLE A., 1948.
Etude sur les forêts de l'Afrique Equatoriale Française et du Cameroun. Ministère de la France d'Outre-mer, Direction de l'Agriculture et de l'Elevage. Bulletin scientifique 2, 131 p.
- BEDEL J., 1969.
Estimation de la croissance de l'Okoumé en forêt naturelle. Résultats des lectures de cernes effectuées en 1969. Nogent-sur-Marne, France, Centre Technique Forestier Tropical, 12 p.
- BERTAULT J.-G., DUPUY B., MAÎTRE H. F., 1995.
La sylviculture pour l'aménagement durable de la forêt tropicale humide. Unasylva, vol. 46, n° 181 : 3-9.
- BIRAUD J., 1959.
Reconstitution naturelle et amélioration des peuplements d'Okoumé au Gabon. Bois et Forêts des Tropiques 66 : 3-28.
- BRUNCK F., GRISON F., MAÎTRE H.-F., 1990.
L'Okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre), Monographie. Nogent-sur-Marne, France, Centre Technique Forestier Tropical, 102 p.
- CABALLÉ G., 1978.
Essai sur la géographie forestière du Gabon. Adansonia, série 2, vol. 17, n° 4 : 425-440.
- CATINOT R., 1969.
Les éclaircies dans les peuplements artificiels de forêt dense africaine. Principes de base et application aux peuplements artificiels d'Okoumé. Bois et Forêts des Tropiques 126 : 15-38.
- CHRISTY P., MOUNGAZI A., WILKS C., 1991.
Etude environnementale de la zone d'Oyan pour Sun Gabon Oil Company. Rapport Africa Forest, 45 p. + annexes.
- CLÉMENT J., GUÉRIN J.-L., NOUVELLET Y., 1979.
Projet de Développement Forestier du Gabon (P.D.F.G.), 3^e phase. Aménagement du Sud-Estuaire. GERDAT-C.T.F.T., rapport technique n° 2, 255 p. + annexes.
- C.T.F.T., 1970.
Inventaire forestier dans la région de Lambaréné. Nogent-sur-Marne, France, Centre Technique Forestier Tropical, 49 p. + annexes.
- DELÈGUE M.-A., FUHR M., 1995.
Exploitation préalable à l'étude de la régénération d'un peuplement naturel d'Okoumé. Premier bilan. Projet d'aménagement forestier en zone de savanes côtières du Gabon, 20 p. + annexes.
- DOUCET J.-L., MOUNGAZI A., ISSEMBE Y., 1996.
Etude de la végétation dans le lot 32 (Gabon). C.N.R.S. (France), Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (Belgique), IRET (Gabon), CENAREST (Gabon), 74 p. + annexes.
- DUFOULON G., RIVIÈRE L., 1993.
Projet d'aménagement forestier en zone de savanes côtières du Gabon, Rapport d'activité de l'année 1992, 17 p. + annexes.
- DUPUY B., 1984.
Bilan en 1983 de la croissance des plantations d'Okoumé de la réserve forestière de la Kienke-Sud (Kribi - Cameroun). Station de recherches forestières d'Edéa, Cameroun, 60 p. + annexes.
- LEROY DEVAL J., 1973.
Les liaisons et anastomoses racinaires chez l'Okoumé. Bois et Forêts des Tropiques 152 : 37-49.
- LEROY DEVAL J., 1976.
Biologie et sylviculture de l'Okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre). Tome 1 : la sylviculture de l'Okoumé. Nogent-sur-Marne, France, Centre Technique Forestier Tropical, 355 p.
- LETOUZEY R., 1968.
Etude phytogéographique du Cameroun. Paris, France, Editions Lechevalier, 511 p. + annexes.
- MAÎTRE H.-F., 1986.
Dynamique et production des peuplements naturels de forêt dense humide en Afrique. Bois et Forêts des Tropiques 213 : 3-12.
- MARIAUX A., 1970.
La périodicité de la formation des cernes dans le bois de l'Okoumé. Bois et Forêts des Tropiques 131 : 37-50.
- MELLINGER A., 1993.
Contribution à l'étude des tâches naturelles d'Okoumé au Sud-Congo. Centre Pilote d'Afforestation en Limba, Congo, 44 p. + annexes.
- MOUTSINGA J.-B., 1991.
Etude de quelques sols d'Oyan (Sud-Estuaire). Libreville, Gabon, IRAF, 73 p.
- NASI R., 1997.
Les peuplements d'Okoumé au Gabon. Leur dynamique et croissance en zone côtière. Bois et Forêts des Tropiques 251(1) : 5-27.
- NICOLAS P., 1977.
Contribution à l'étude phytogéographique de la forêt du Gabon. Thèse de 3^e cycle, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales. Paris, France, C.N.R.S., 260 p. + annexes.
- PAGET D., LOFFEIER E., 1995.
Projet d'aménagement forestier en zone de savanes côtières du Gabon. Rapport de synthèse 1994. Nogent-sur-Marne, France, CIRAD-Forêt, 62 p.
- PARREN M. P. E., DE GRAAF N. R., 1995.
The quest for natural forest management in Ghana, Côte-d'Ivoire and Liberia. Tropenbos series 13, 178 p. + annexes.
- RIVIÈRE L., 1992.
Etude de l'évolution des peuplements naturels d'Okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre) dans le sud-estuaire du Gabon. Construction de tables de production provisoires. Thèse de doctorat, Université Paris VI, 163 p. + annexes.
- SAINT-AUBIN (de) G., 1961.
Aperçu sur la forêt du Gabon. Bois et Forêts des Tropiques 78 : 5-27.
- SAINT-AUBIN (de) G., 1963.
La forêt du Gabon. Nogent-sur-Marne, France, Centre Technique Forestier Tropical, 208 p.
- WHITE L. J. T., 1995.
Etude de la végétation, rapport final. Projet ECOFAC Composante Gabon. AGRECO-C.T.F.T., 132 p. + annexes.

R É S U M É

LES PEUPELEMENTS D'OKOUMÉS AU GABON

Effets de l'éclaircie sur la croissance et la production des peuplements purs de la zone côtière

Le suivi, entre 1988 et 1995, de l'évolution et de la croissance de peuplements purs d'Okoumés, éclaircis ou non en zone côtière du Gabon, permet d'apprécier l'opportunité d'une telle intervention dans une perspective d'aménagement durable.

Les peuplements, quasi équiennes, sont regroupés selon l'âge. L'homogénéité des caractéristiques entre le peuplement témoin et le peuplement qui sera éclairci est vérifiée.

L'éclaircie, réalisée en 1989, est une éclaircie sélective par le haut. Elle prélève en moyenne 36 % de la surface terrière dans les peuplements jeunes (15 à 30 ans) et 21 % dans les peuplements plus âgés (37 à 50 ans). Plus de 80 % du prélèvement provient d'Okoumés dominants en surnombre, ce qui représente 145 m³/ha de volume bois fort dans les peuplements âgés.

Six ans après l'éclaircie, les peuplements jeunes comme les peuplements âgés ont réagi favorablement. Le peuplement dominant n'apparaît pas fragilisé. Le gain sur l'accroissement courant moyen annuel en diamètre des Okoumés se stabilise autour de 0,2 à 0,3 cm/an. Rapporté à l'accroissement avant éclaircie, ce gain est considérable pour les Okoumés dominés et les petits Okoumés dominants. Il est beaucoup plus modeste pour les gros Okoumés dominants auxquels l'éclaircie devait en priorité profiter. A l'échelle du peuplement, la stimulation de la production des individus restants ne permet pas de compenser la perte de stock lors de l'intervention.

Dans les peuplements où l'Okoumé représente plus de 80 % de la surface terrière, l'éclaircie n'est pas recommandable au-delà de 35 ans, le sacrifice d'exploitabilité étant trop important. Compte tenu des résultats obtenus sur les essences principales en forêt mélangée, l'opportunité d'une éclaircie dans des peuplements moins riches en Okoumés (30 à 80 % de la surface terrière) est discutée.

Mots-clés : Aucoumea. Silviculture. Eclaircie. Croissance. Production forestière. Aménagement forestier.

A B S T R A C T

OKOUMÉ STANDS IN GABON

The effects of thinning on the growth and production of pure stands in the coastal area

The continuous monitoring from 1988 to 1995 of thinned and control Okoumé stands in the coastal forest of Gabon helps to evaluate the relevance of silvicultural treatment with regard to sustainable management.

The stands, almost even-aged, are grouped according to their ages. The homogeneity of structural features between future thinned and control stands is verified.

The thinning, carried out in 1989, is a selective thinning in the upper storey. The average removal of basal area is 36 % in young stands (15 to 30 years old) and 21 % in older ones (37 to 50 years old). More than 80 % comes from supernumerary dominant Okoumé trees (average volume at 7 cm diameter removed in older stands : 145 m³/ha).

Six years after thinning, young and old stands have reacted favourably. The dominant population is not significantly weakened. The gain on average current diameter annual increment of Okoumé trees stabilized around 0,2 to 0,3 cm/yr. Related to the increment before thinning, this gain is substantial for dominated and small dominant trees but minor for big dominant trees. At stand level, the better growth of remaining trees does not offset the loss of basal area due to thinning.

In stands where the Okoumé accounts for more than 80 % of total basal area, the removal of large usable trees is too sizeable for thinning after 35 years to be relevant. This may not be the case in more mixed forests where the Okoumé represents only 30-80 % of total basal area, and the relevance of thinning in such stands is arguable.

Key words : Aucoumea. Silviculture. Thinning. Growth. Forest production. Forest management.

R E S U M E N

POBLACIONES DE OKUMÉ EN GABÓN

Efectos de las cortas de aclareo respecto al crecimiento y la producción de las poblaciones puras en zona costera

Entre los años 1988 y 1995 el seguimiento de la evolución y del crecimiento de poblaciones de Okumé sometidos a cortas de aclareo o no en zona costera del Gabón, ha permitido apreciar la oportunidad de semejante intervención situándose en una perspectiva de manejo sostenible.

Las poblaciones, casi equianas, se han reunido según su edad. Se ha procedido a una verificación de la homogeneidad de las características entre la población testigo y la población que habrá de ser sometida a las cortas de aclareo.

Las cortas de aclareo, llevadas a cabo en 1989, corresponden a un aclareo por la parte superior. Por término medio, se toma un 36 % de la superficie terrena en las poblaciones jóvenes (15 a 30 años) y un 21 % en las poblaciones de mayor edad (37 a 50 años). Más de un 80 % de la corta procede de los Okumés dominantes en demasía, lo cual representa 145 m³ por hectárea de volumen de madera fuerte en las poblaciones de mayor edad.

Seis años después de las cortas de aclareo, tanto las poblaciones jóvenes como las poblaciones de mayor edad han reaccionado favorablemente. La población dominante no parece haberse visto fragilizada. La ganancia sobre el incremento corriente medio anual en diámetro de los Okumés se estabiliza en torno de 0,2 a 0,3 cm por año. Por comparación con el incremento antes de las cortas de aclareo, esta ganancia es considerable para los Okumés dominados y los pequeños Okumés dominantes. En cambio, es mucho más modesta para los grandes Okumés dominantes para los cuales la corta de aclareo debía ser provechosa, en prioridad. A escala de la población, la estimulación de la producción de los individuos restantes no permite compensar la pérdida de reservas en el momento de la intervención.

En las poblaciones en que el Okumé representa más de un 80 % de la superficie terrena, las cortas de aclareo no parece recomendable más allá de los 35 años, puesto que el sacrificio de la explotabilidad llega a ser demasiado importante. Habida cuenta de los resultados conseguidos en las especies principales en bosque mixto típico, se pone en tela de juicio la oportunidad de una corta de aclareo en las poblaciones en que menos abunda el Okumé (30 a 80 % de la superficie terrena).

Palabras clave : Aucoumea. Silvicultura. Aclareo. Crecimiento. Producción. Manejo sostenible.

SYNOPSIS

OKOUMÉ STANDS IN GABON

The effects of thinning on the growth and production of pure stands in the coastal area

MARC FUHR, ROBERT NASI, JEAN-MARIE MINKOUÉ

In 1989, after two years of measurements, 13 Permanent Sample Plots (PSP) installed in natural pure stands of Okoumé tree (*Aucoumea klaineana*) in the coastal forest of Gabon were selectively thinned. Six years later, in 1995, it was possible to evaluate the effects of thinning by comparing dynamics and growth between thinned and control plots.

MATERIALS AND METHODS

Permanent Sample Plots

The Okoumé stands studied are located near Oyan, 55 km south of Libreville (map, p. 7). The climate is equatorial with four seasons, an average annual rainfall of 1,750 mm/yr and a very pronounced dry season. The landscape is gently undulating, punctuated by erosion cirques. Soils are very poor, unsaturated and sandy.

The region is covered with a forest-savanna patchwork. The mature forest, logged-over during the past, has a canopy dominated by *Aucoumea klaineana* (Okoumé), *Sacoglottis gabonensis* (Ozouga) and *Erismadelphus exsul* (Angoa). Secondary forests are mainly pure Okoumé stands developed on savannas or areas open to cultivation. In places, Okoumé represents more than 80 % of the trees and nearly 95 % of the upper storey.

The experimental plan consists of 34 PSP (from 0.38 to 1.5 ha) established between 1987 and 1990 in even-aged pure Okoumé stands, ranging regularly from the establishment stage (5-10 years old) to the workable stage (60 years). Plots are divided into 25 × 25 m squares (1/16 ha). In stands more than 15 years old, all trees of gbh ≥ 30 cm are identified, numbered and located within the squares. Once a year, they are measured in girth and receive a status (dominant, codominant, dominated) and a form note.

Thinning treatment

The silvicultural treatment applied to the 13 plots in 1989 is a single selective thinning to encourage dominant Okoumé designed as promising trees (near 80 stems/ha). It is carried out in the upper storey by devitalizing supernumerary dominant Okoumé and a few trees of secondary species. A 25 m wide buffer zone is also thinned all around the plot.

Data analysis

Environmental conditions and structural features of the stands are sometimes quite heterogeneous at the plot level (identified with aerial pho-

tos). This heterogeneity originates from pre-existing trees, wet areas or large gaps with isolated trees in the largest plots.

We preferred to characterize stands at the square level. After eliminating atypical ones, we formed homogeneous groups of squares as for starting features of future thinned and control plots.

Two groups of squares were formed according to the age of the plots: young squares (15 to 30 years old) and old squares (37 to 52 years old). Groups were then validated (table 1, p. 10) at the square level with mean values and distributions of densities and total basal areas in 1988. We verified in each group the homogeneity of mean values and distributions of diameters in 1988 and average current diameter annual increment of dominant and dominated Okoumé before treatment (1988-1990) between thinned and control populations.

The intensity and the success of the thinning were assessed. A transitional period (1990-1992) was distinguished from the "post-thinning" period. Impact of thinning on stand stability, average current diameter, annual increment of individual dominant and dominated Okoumé and average current basal area increment of individual dominant Okoumé were characterized. Annual evolution of total basal area and total volume at 7 cm dbh (Vbf, calculated according to Riviere's formula) of dominant Okoumé stands were lastly monitored in each group.

RESULTS

Intensity and success of thinning

Thinning was effectively achieved in 1991 for young squares and in 1992 for old squares (fig. 2, p. 11). Young squares had generally been more vigorously thinned than older ones (table 2, p. 11). Okoumé accounted respectively for 83 % and 94 % of removed basal area in young and old squares (equivalent to 91 and 145 m³/ha Vbf).

Impact of thinning

• On stand stability

The effect of thinning on annual mortality is only noticeable for the dominated Okoumé in the young squares (fig. 3 and 4, p. 12). The stand had been weakened for the first four years after treatment (+ 8 dead stems/ha the first year).

Except for special events (like thunderstorms), the stability of the dominant stand is not significantly affected by thinning.

• On average current diameter annual increment (ACm) of individual Okoumé

Thinning is favourable to the ACm of individual trees within the two groups (fig. 5 and 6, pp. 13-14). During the "post-thinning" period, the gain on ACm (compared with its value before treatment) is about 20 to 30 % for dominant trees and more than 100 % for dominated trees (tables 3 and 5, pp. 13-14).

In the two groups, the benefit is higher and quicker for the small diameter classes (tables 4 and 6, pp. 13-14). Larger trees (from 30 to 40 cm diameter in the young squares, 60 to 70 cm in the old ones) react but more slowly.

• On average current basal area increment of individual dominant Okoumé

Results (table 7, p. 15) corroborate those obtained on ACm. Above 20 cm dbh, the gain on average current basal area increment resulting from the gain on ACm is very small.

• On annual evolution of total basal area and total Vbf of dominant Okoumé stands

Graphs representing annual evolution of total basal area and total Vbf of dominant Okoumé stands in the two groups (fig. 7 and 8, p. 15) show that the benefit of thinning for individual trees does not induce a benefit at stand level. Stimulated trees allow the stand to keep its level of growth but not to recover the loss of basal area or Vbf due to treatment.

DISCUSSION

The thinning removed about 150 m³/ha Vbf of Okoumé in old stands. Dominant trees react insufficiently to make up for this loss: logging diameter is more quickly achieved by remaining trees but the removal of dominant Okoumé in the upper storey strongly reduces the number of trees likely to achieve this diameter.

The impact of thinning on younger stands (15 to 30 years old) has to be carefully assessed. There are still at least 20 years before the stand reach maturity. During these years, considering the slowing of growth observed in reference stands after 30-40 years, the stimulation of growth in thinned stands may intensify and the loss of workable trees might be recuperated. It is necessary to monitor the PSP for several years to confirm this supposition.

Nevertheless, secondary forest dominated by Okoumé shows various faces. In some stands where the species accounts for 35 to 80 % of the total basal area (e.g. in Congo), it should be possible to thin in the upper storey without removing dominant Okoumé. The treatment looks more like classical thinning in mixed stands and the benefit on diameter increment should induce a significant increase in marketable volume. □