

BERNARD DUPUY
CIRAD-Forêt

JEAN-GUY BERTAULT
CIRAD-Forêt

FAKO DOUMBIA
IDEFOR/DFO

AIMÉ DIAHUISSIÉ
IDEFOR/DFO

RENAUD BREVET
O.N.F.

KOKORÉ MIEZAN
SODEFOR

RÉGÉNÉRATION NATURELLE EN FORÊT DENSE IVOIRIENNE DE PRODUCTION

Les espèces commerciales font l'objet d'une exploitation systématique intensive depuis plusieurs décennies dans les forêts de production ivoiriennes. La connaissance de leur dynamique et de leur renouvellement est une priorité pour le maintien de la productivité des forêts. Cet article donne les résultats de dix ans de recherche.



Régénération naturelle en sous-bois de forêt dense semi-décidue.
Natural regeneration in undergrowth in semi-deciduous closed forest.

La forêt est une phytocénose en perpétuel renouvellement, mettant en jeu des processus de mortalité et de régénération. Ces derniers sont amplifiés par l'apparition de trouées dans le couvert forestier dont les origines sont diverses (chablis, vols, exploitation forestière, incendies, défrichements...). Le microclimat forestier est ainsi périodiquement modifié par ces accidents naturels ou provoqués par l'homme (HALL *et al.*, 1981 ; ALEXANDRE, 1982 ; CLARK, 1990 ; WHITMORE, 1991 ; BERTAULT, 1993 ; HAWTHORNE, 1994). La compréhension de la dynamique de la forêt naturelle engendrée par ces accidents passe par le suivi du peuplement adulte et de la régénération naturelle. En effet, les modifications des conditions microclimatiques (lumière, température, humidité...) consécutives à la disparition de certains arbres engendrent, d'une part, une réactivation de la croissance du peuplement sur pied et, d'autre part, l'apparition de nouveaux individus dans la régénération naturelle.

CADRE GÉNÉRAL DE L'ÉTUDE

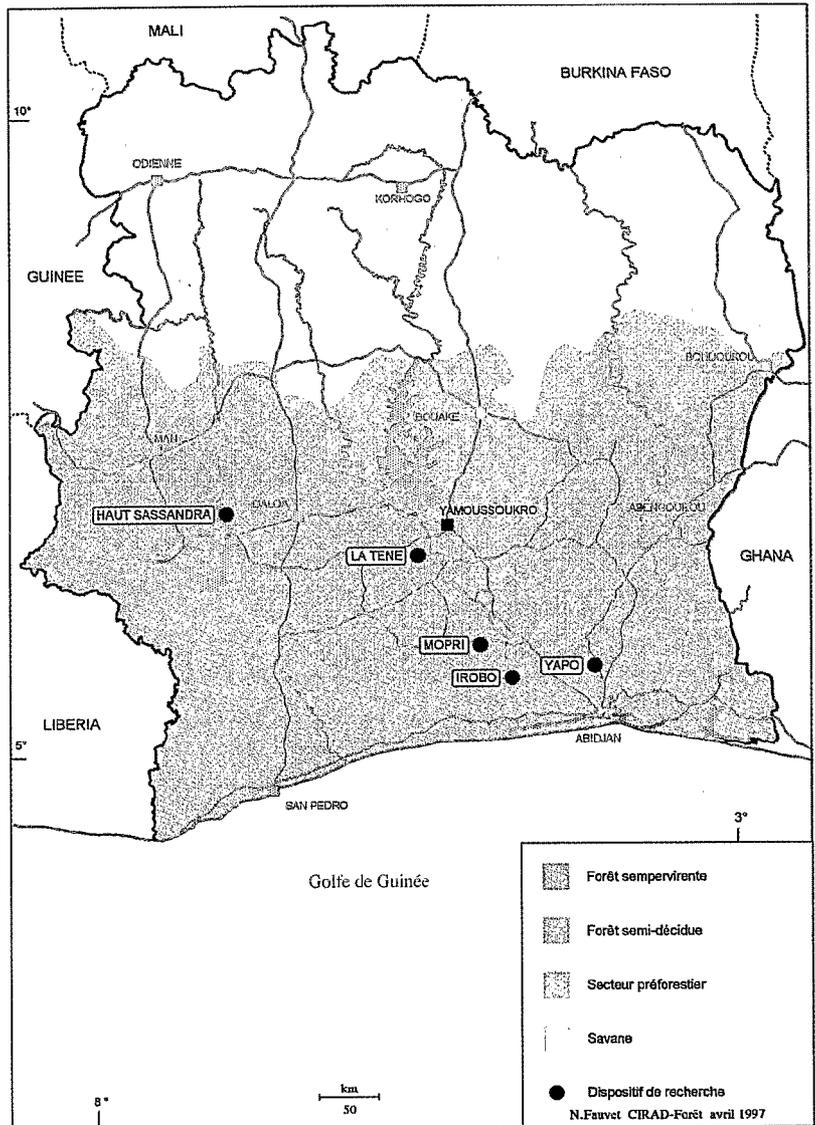
En forêt de production ivoirienne, pour des raisons sylvicoles, les arbres ont été regroupés en deux groupes en fonction de leur utilisation technologique :

- Les espèces commerciales ou principales (utilisées ou utilisables en bois d'œuvre).
- Les espèces secondaires.

C'est donc essentiellement sur les premières qu'ont porté les premières études sylvicoles (MAÎTRE *et al.*, 1985). L'intérêt immédiat pour ces espèces commercialement recherchées ne doit toutefois pas occulter à terme l'importance des espèces dites « secondaires » ainsi que de nombreuses autres plantes à usages multiples, utilisées pour la médecine, l'alimentation, l'énergie, la construction, l'artisanat... (FALCONER,

1992). Il est aussi apparu à cet égard que les lianes jouaient un rôle sylvicole certain. Elles peuvent en particulier poser de difficiles problèmes pratiques quand il s'agit d'exploiter et de conduire rationnellement l'exploitation et la régénération des forêts de production (HALL *et al.*, 1981 ; ROLLET, 1983 ; HAWTHORNE, 1993). L'étude dendrométrique de la forêt dense humide a été effectuée à par-

tir de 1976 au sein de trois périmètres expérimentaux : Irobo, Mopri et Téné (MAÎTRE *et al.*, 1985). Ce premier réseau expérimental a été ensuite complété par des observations réalisées dans d'autres massifs de forêt sempervirente (Yapo) et de forêt semi-décidue (Haut-Sassandra). La composition globale en essences commerciales des dispositifs expérimentaux est variable comme en témoigne le tableau ci-contre.



Localisation des forêts étudiées.
Location of the forests studied.

TABLEAU I

EFFECTIFS (EN TIGES/HA) DES ESSENCES COMMERCIALES LES MIEUX REPRÉSENTÉES
DANS LES CINQ PRINCIPAUX DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX DE FORÊT DENSE HUMIDE EN CÔTE-D'IVOIRE

Type de forêt dense humide		Semi-décidue			Sempervirente	
Espèce et nom vernaculaire		Haut-Sassandra	Téné	Mopri	Irobo	Yapo
Diamètre minimal d'inventaire		40 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm
Guibourtia ehie	Amazakoué	1,4	3,1			
Mansonia altissima	Bété	1,7	4,6	+		
Morus mesozygia	Difou	+	4,0	+		
Terminalia superba	Fraké	2,0	2,3	+		
<i>Alstonia boonei</i>	Emien	0,7	1,1	+		
Triplochiton scleroxylon	Samba	5,7	16,6	2,4		
Nesogordonia papaverifera	Kotibé	1,4	21,2	7,3		
<i>Celtis zenkeri</i>	Asan	+	7,2	1,9		
<i>Sterculia rhinopetala</i>	Lotopha	3,3	24,6	13,9		
<i>Celtis adolphi-friderici</i>	Lohonfe	2,0	12,0	6,6		
Entandrophragma cylindricum	Aboudikro	+	2,8	1,1		
Gambeya africana	Akatio	1,0	12,0	11,1		
<i>Celtis mildbraedii</i>	Ba	0,6	60,8	68,4		
Ceiba pentandra	Fromager	1,2	1,9	1,1		
Khaya anthoteca	Acajou	+	2,1	5,0		
Aningeria robusta	Aniégré blanc	+	2,7	7,6		
Guarea cedrata	Bossé	+	2,0	9,6	+	
<i>Sterculia tragacantha</i>	Poré-Poré	+	+	1,4		
<i>Scottelia</i> spp.	Akossika	+	7,8	8,5	6,9	27,1
<i>Ricinodendron africanum</i>	Eho	+	5,5	+	+	+
<i>Eriobroma oblonga</i>	Bi	+	9,1	2,4	+	+
<i>Funtumia</i> sp.	Pouo	+	8,4	2,4	+	2,2
<i>Lanea welwitschii</i>	Loloti	2,0	9,6	+	+	
<i>Piptadeniastrum africanum</i>	Dabéma	+	+	3,8	+	2,8
Entandrophragma angolense	Tiama	+	+	2,7	+	+
Pycnanthus angolensis	Ilomba	+	+	2,2	+	+
<i>Dacryodes klaineana</i>	Adjouaba	+	+	3,7	31,9	81,9
<i>Amphimas pterocarpoides</i>	Lati	+	+	+	2,3	3,1
Daniellia thurifera	Faro	+	+	+	1,4	+
<i>Trichilia tessmanii</i>	Aribanda	+	+	1,2	+	+
<i>Berlinia</i> spp.	Melegba			2,8	+	
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	Abaié			2,7	2,2	
<i>Parinari</i> sp.	Sougué			+	1,8	+
Thieghemella heckelii	Makoré			+	1,4	+
Heritiera utilis	Niangon				33,2	5,1
<i>Uapaca</i> sp.	Rikio				15,9	1,3
<i>Parkia bicolor</i>	Lo				3,5	2,7
<i>Anopyxis klaineana</i>	Bodioa				1,1	+
<i>Gilbertiodendron preussii</i>	Vaa				1,0	
Hallea ciliata	Bohia				1,0	1,0
<i>Anthonotha fragrans</i>	Adomonteu				1,1	2,1
Rodognaphalon brevicuspe	Kondroti				1,4	2,4

Une croix (+) indique un effectif compris entre 0,1 et 1 tige/ha.

Les espèces « en gras » sont des essences de première catégorie, les plus recherchées par les exploitants forestiers.

Dans notre approche sylvicole, la structure d'un peuplement peut être schématisée de la manière suivante :

- Un étage dominant plus ou moins ouvert et botaniquement partagé entre essences secondaires et commerciales. Ces tiges sont de fortes dimensions, leur diamètre peut souvent excéder 1 m.
- Les étages intermédiaires, composés de tiges de dimensions moyennes (10 cm < diamètre < 50 cm) et dans lequel, à l'inverse de l'étage dominant, il y a une plus grande proportion d'essences secondaires.
- Les étages inférieurs, composés de tiges de petites dimensions (diamètre < 10 cm), contiennent en particulier la régénération naturelle.

Que ce soit pour une exploitation ou une éclaircie, l'intervention sylvicole est réalisée principalement dans l'étage dominant. Elle se traduit par une ouverture du couvert accompagnée de modifications importantes dans les strates inférieures.

LA RÉGÉNÉRATION NATURELLE

Les ouvertures du couvert, naturelles ou artificielles, ont une influence notable sur la dynamique de croissance des jeunes tiges (ALEXANDRE, 1982 ; ROLLET, 1983 ; BERTAULT, 1986 ; OKALI *et al.*, 1987 ; CLARK, 1990 ; RIVIÈRE, 1992). En particulier, on a observé que les éclaircies réalisées au détriment des espèces secondaires dominantes induisent souvent un accroissement de la densité des tiges des espèces commerciales > 10 cm de diamètre à partir de la régénération naturelle installée (JONES, 1950 ; MORELLET, 1958 ; MAÎTRE *et al.*, 1985). A partir de ce constat, des études de la régénération naturelle ont été initiées à Irobo (BERTAULT, 1986). Ces études ont ensuite été soit reprises, soit étendues aux différents sites

expérimentaux de recherche (BERTAULT, 1993 ; BREVET *et al.*, 1993 ; MIEZAN, 1993 ; DUPUY *et al.*, 1994 ; DOUMBIA *et al.*, 1994). Les peuplements étudiés dans les différents dispositifs expérimentaux avaient connu des traitements différents (protection, exploitation, éclaircie, incendie...). Ils représentent des cas de figure différenciés qui se complètent.

Ces études sur la régénération naturelle répondent plus précisément à deux objectifs : elles ont d'abord pour vocation de mieux connaître la réalité de la régénération naturelle des essences commerciales par rapport aux autres espèces (secondaires, lianes, adventices) ; ensuite, l'influence de différentes interventions sylvicoles (exploitation, éclaircie) ou accidentelles (incendie) sur cette régénération naturelle des espèces commerciales est évaluée.

Dans notre étude, seule la régénération naturelle installée (diamètre compris entre 1 cm et 10 cm) est prise en compte (fig. 1 et 2).

IMPACT DES ÉCLAIRCIES

Les forêts étudiées, Irobo en forêt sempervirente et Mopri en forêt semi-décidue, ont déjà fait l'objet d'une ouverture du couvert consécutive à une éclaircie systématique dans les espèces secondaires en 1977-1978 (MAÎTRE *et al.*, 1985). Ainsi à Irobo, il a été possible d'étudier la régénération 6 ans et 14 ans après l'éclaircie (BERTAULT, 1986 ; BREVET *et al.*, 1993). A Mopri, une première étude de la régénération naturelle a été réalisée 14 ans après éclaircie (DOUMBIA, 1994). Les périmètres expérimentaux d'Irobo et de Mopri correspondent à des massifs peu dégradés par l'exploitation forestière (DUPUY *et al.*, 1997).

LE CAS D'IROBO

Dans cette forêt, deux intensités d'éclaircie ont été testées en 1978 et comparées à un traitement-témoin : l'éclaircie forte qui prélève de 28 %

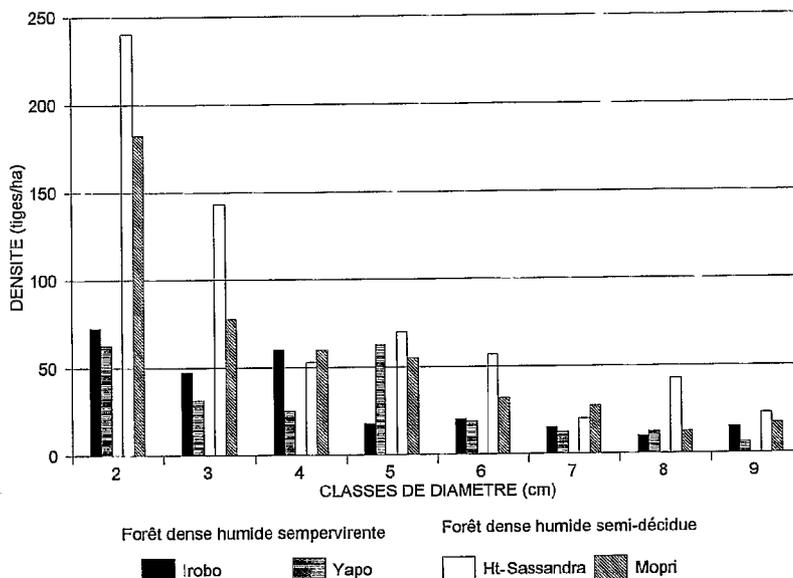


Figure 1. Régénération naturelle des essences principales en forêt dense humide. Natural regeneration of the principal species in rain forest.

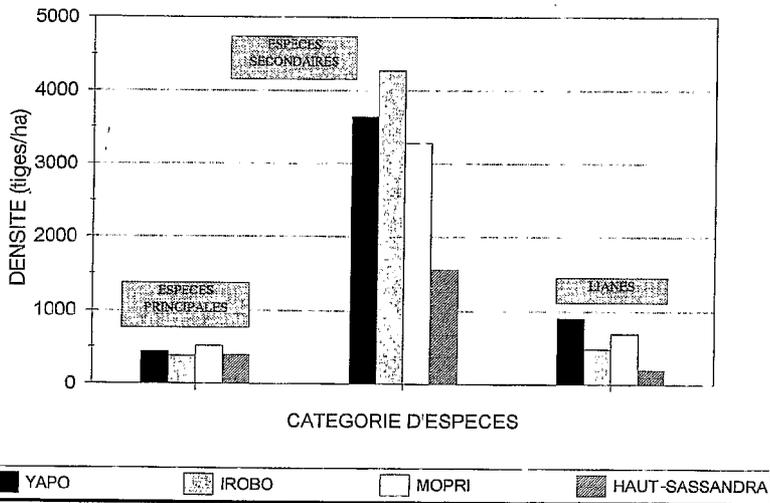
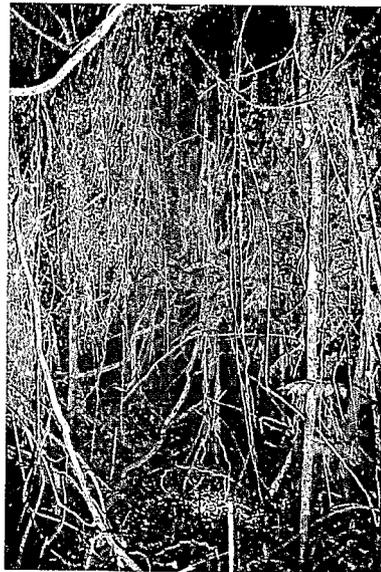


Figure 2. Principaux types d'espèces dans la régénération naturelle acquise.
Principal types of species in acquired natural regeneration.

à 42 % de la surface terrière initiale et l'éclaircie moyenne qui en prélève de 14 % à 27 %. Les éclaircies concernent en priorité les grosses tiges dominantes des essences se-

condaires. Pour les fortes éclaircies, les tiges de moyennes et petites dimensions sont successivement supprimées si nécessaire. Nous donnons ici les résultats de deux campagnes d'observations réalisées 6 ans et 14 ans après éclaircie.



Développement de lianes en forêt dense éclaircie.
Development of creepers in thinned closed forest.

□ Six ans après éclaircie

Dans cette forêt, la densité totale des tiges de la régénération naturelle acquise est comprise entre 3 000 tiges/ha et 4 500 tiges/ha. Les essences commerciales occu-

pent dans la régénération naturelle une place très limitée, oscillant entre 7 % et 9 % des effectifs. Les observations révèlent surtout la présence d'une espèce arbustive envahissante, le *Scaphopetalum amoenum* (Aroro), qui représente à Irobo le tiers des effectifs totaux de la régénération naturelle installée.

Six ans après éclaircie, un accroissement du nombre de tiges de la régénération naturelle a été mis en évidence dans les parcelles éclaircies. Cet accroissement de la densité de la régénération naturelle apparaît principalement pour les essences secondaires avec toutefois un léger gain, environ 15 %, pour les essences commerciales (BERTAULT, 1986). L'étude des relations topographie/régénération à l'aide de transects montre que les effectifs de la régénération naturelle augmentent légèrement dans les stations de mi-pente et de bas de pente. Sur les stations de haut de pente, avec des sols très graveleux et peu profonds, ou les stations de bas de pente souvent caractérisées par des sols hydromorphes, la densité des espèces commerciales diminue.

□ Quatorze ans après éclaircie

Les études menées 14 ans après l'éclaircie confirment et précisent les résultats obtenus 8 ans auparavant (BREVET *et al.*, 1993).

Traitement sylvicole	Densité (tiges/ha)					
	Espèces principales	Espèces secondaires Autres	Espèces secondaires Aroro	Total		
				Total	Lianes	
Témoin	252,4	2 235,0	712,5	2 947,5	3 200,0	430,0
Eclaircie moyenne	145,0	2 745,0	740,0	3 485,0	3 630,0	497,5
Eclaircie forte	382,5	3 047,5	1 225,0	4 272,5	4 655,0	757,5

Un effet stimulant des fortes éclaircies sur la régénération naturelle est constaté. Par rapport au témoin, la densité des lianes dans les peuplements fortement éclaircis est presque deux fois plus élevée (fig. 3).

Par contre, les éclaircies d'intensité moyenne n'ont qu'une faible influence sur le développement des lianes. Le développement du *Scaphopetalum amoenum*, espèce indésirable du point de vue sylvicole (BERTAULT, 1986 ; HALL *et al.*, 1981), est aussi stimulé par les éclaircies fortes. Un effet positif de l'éclaircie forte apparaît également sur la régénération des espèces commerciales.

L'étude comparative, réalisée 6 ans et 14 ans après éclaircie sur les trois mêmes parcelles en forêt d'Irobo, confirme l'impact des éclaircies fortes sur la dynamique de la régénération naturelle des espèces commerciales.

Pendant cet intervalle de 8 ans, les fortes éclaircies ont donc aussi stimulé le recrutement de nouvelles

Traitement	Gain régénération 1 cm < Diam. < 10 cm	Passage à la futaie Diamètre > 10 cm
Témoin	+ 6,8	+ 0,8
Eclaircie moyenne	- 0,6	+ 0,8
Eclaircie forte	+ 29,7	+ 2,6

tiges d'espèces commerciales à partir de la régénération naturelle installée.

LE CAS DE MOPRI

Dans ce massif, deux intensités d'éclaircie ont aussi été testées en 1977-1978 et comparées à un traitement-témoin : l'éclaircie forte qui prélève de 35 % à 50 % de la sur-

face terrière initiale et l'éclaircie moyenne qui en prélève de 25 % à 35 %. Comme à Irobo, les éclaircies ont porté prioritairement sur les grosses tiges dominantes des essences secondaires. Pour les fortes éclaircies, les tiges de moyennes et petites dimensions ont été successivement supprimées si nécessaire (MAÎTRE *et al.*, 1985).

Des inventaires de la régénération naturelle ont été effectués sur six parcelles représentatives des traitements sylvicoles. Les mesures ont été réalisées 14 ans après éclaircie (DOUMBIA, 1993). La densité de la régénération naturelle acquise est de l'ordre de 3 000 à 5 000 tiges/ha, les essences commerciales représentent de 12 % à 15 % des effectifs.

Quatorze ans après éclaircie, cette intervention sylvicole semble induire un gain dans la régénération des essences commerciales. Toutefois, les éclaircies stimulent aussi la régénération naturelle des espèces secondaires ainsi que celle des lianes.

À l'image des peuplements de futaie étudiés, la richesse de la régénération naturelle en espèces commerciales est plus importante à Mopri qu'à Irobo (DUPUY *et al.*, 1997). Dans les deux cas, des éclaircies

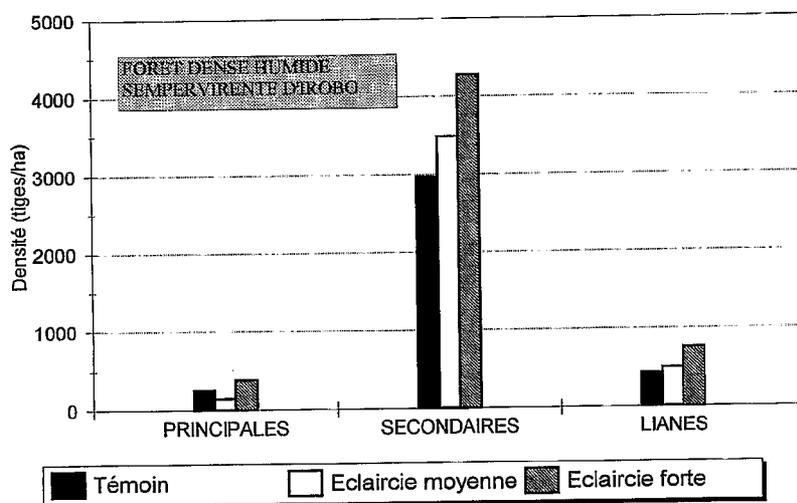


Figure 3. Influence des éclaircies sur la régénération naturelle.
The influence of thinning operations on natural regeneration.

TABLEAU IV

EFFECTIFS (EN TIGES/HA/AN) DE LA RÉGÉNÉRATION NATURELLE
INSTALLÉE (1 CM < DIAMÈTRE < 10 CM)
POUR UNE FORÊT DENSE SEMI-DÉCIDUE ÉCLAIRCIE.
RÉSULTATS 14 ANS APRÈS ÉCLAIRCIE À MOPRI

Catégorie d'espèces	Principales	Secondaires	Total	Lianes
Sans éclaircie	465	2 872	3 387	482
Eclaircie moyenne	513	3 280	3 793	690
Eclaircie forte	579	3 315	3 894	783

conservant une surface terrière après éclaircie comprise entre 15 et 20 m²/ha (éclaircie forte à Irobo et éclaircie moyenne à Mopri) sont nécessaires pour stimuler la régénération naturelle des espèces commerciales. Les éclaircies, si elles induisent une évolution positive de la densité de la régénération naturelle, révèlent une dynamique relativement lente de celle-ci. Le passage à la futaie de nouvelles tiges d'espèces commerciales atteignant 10 cm de diamètre est compris entre 1 et 5 tiges/ha/an.

IMPACT DE L'INCENDIE

Le périmètre de la Téné, situé en forêt dense humide semi-décidue, a été parcouru par un incendie il y a maintenant une quinzaine d'années (1981-1982). Cet accident a induit une forte mortalité dans le peuplement adulte. En terme d'effectif, le taux de mortalité deux ans après le passage du feu est de 23 % pour les parcelles-témoins et de 53 % pour les parcelles éclaircies en 1977-1978 (MAÏTRE *et al.*, 1985). Dans ce cas précis, les arbres éclaircis, abandonnés sur le parterre de la coupe, ont servi de combustible, amplifiant ainsi l'effet du feu sur le peuplement sur pied.

L'effet du feu sur la régénération naturelle a été évalué 6 ans après, en 1987 (BERTAULT, 1992). Une deuxième série d'observations complémentaires a ensuite été réalisée 12 ans après incendie, en 1993 (MIEZAN, 1993). L'impact du feu est sensible dans toutes les strates du peuplement. Dans le peuplement de futaie, l'évolution de la forêt est différente selon le degré d'ouverture du couvert, la croissance la plus forte a été enregistrée dans les peu-



Forêt dense incendiée en voie de régénération.
Burnt closed forest in the process of regeneration.

plements les moins ouverts. Immédiatement après l'incendie, le parterre de la forêt a été rapidement envahi par des adventices indésirables :

- **Lianes** (*Parquetina sp.*, *Adenia sp.*, *Ampelocissus sp.*, *Combretum sp.*).
- **Maranthacées** (*Thaumatococcus sp.*, *Maranta sp.*, *Trachypodium sp.*).
- **Solanacées** (*Solanum verbascifolium*).
- **Zingibéracées** (*Costus sp.*, *Aframomum sp.*).
- **Astéracées** (*Chromolaena odorata*) (BERTAULT, 1992 ; HAWTHORNE, 1994).

En 1993, 12 ans après l'incendie, les études montrent que la densité de la régénération naturelle (1 cm < diamètre < 10 cm) d'espèces commerciales au sein de la souille atteint 200 à 400 tiges/ha dont 150 à 250 tiges/ha d'espèces commerciales de première catégorie. La densité des essences secondaires varie entre 650 et 1 200 tiges/ha (fig. 4, p. 32). La forêt protégée des incendies se reconstitue donc lentement. Toutefois, le développement de l'ensemble des tiges d'espèces commerciales est le plus souvent bloqué par les adventices qui les surciment et les étouffent. L'existence de cette régénération naturelle d'espèces commerciales est un indice rassurant d'évolution progressive de ces formations forestières fortement dégradées. Il faudrait cependant envisager des opérations sylvicoles de dégagement pour accélérer le processus de reconstitution de la forêt.

IMPACT DE L'EXPLOITATION FORESTIÈRE

Le contrôle de l'exploitation forestière est un des facteurs décisifs de la régénération naturelle et de la reconstitution qualitative et quantitati-

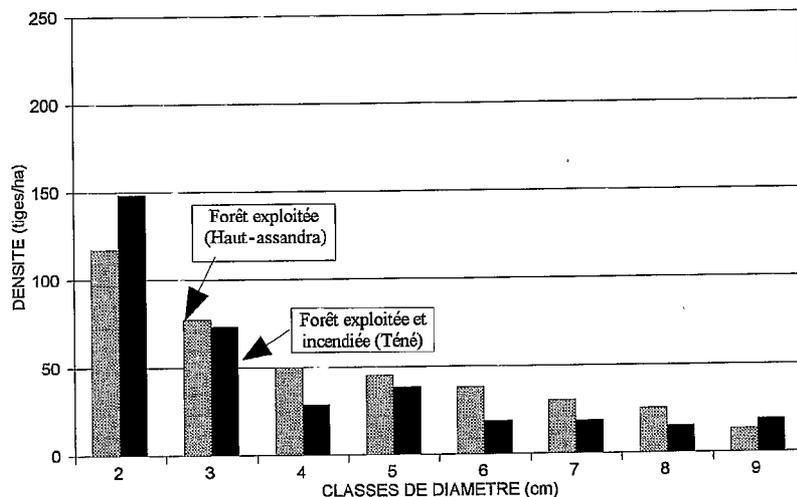


Figure 4. Régénération naturelle des essences principales en forêt semi-décidue exploitée et incendiée.
Natural regeneration of the principal species in semi-deciduous forests which have been logged and burnt.

lèvement moyen de 7 % de la surface terrière totale (35 m²/ha), les dégâts occasionnés aux peuplements sont importants notamment dans les strates intermédiaires et la régénération. C'est ainsi que dans les strates intermédiaires (arbres de diamètre compris entre 20 et 40 cm), environ 25 % des tiges d'essences commerciales sont détruites et 20 % endommagées. Les dégâts cumulés de l'abattage et du débardage concernent alors 40 à 50 % de la surface au sol. L'impact de l'exploitation sur la régénération naturelle installée a aussi été évalué immédiatement après le débardage.

Dans ce cas précis, l'impact réel de l'exploitation est très important sur la régénération naturelle installée, dont environ 25 % des brins sont détruits ou endommagés par l'exploitation. 70 % à 75 % des brins endommagés sont cassés à moins de 3 m du sol.

ve du peuplement adulte. Des études ont été menées en forêt de Yapo et du Haut-Sassandra concernant l'exploitation forestière en forêt de production. Les études réalisées en forêt de Yapo (DUPUY *et al.*, 1994) ont ainsi permis de mieux cerner les conséquences de l'exploitation au niveau de la parcelle (quelques dizaines d'hectares). Celles réalisées en forêt de Haut-Sassandra (DOUMBIA *et al.*, 1994) ont permis de préciser l'impact de l'exploitation forestière au niveau du permis d'exploitation (quelques milliers d'hectares).

À L'ÉCHELLE DE LA PARCELLE

La forêt de Yapo, en zone sempervirente, est exploitée régulièrement depuis 1930. Les études sur l'impact de l'exploitation forestière ont montré en particulier que les arbres de petites dimensions sont très sensibles aux dégâts d'abattage. Pour un pré-

TABLEAU V
DÉGÂTS D'EXPLOITATION SUR LA RÉGÉNÉRATION NATURELLE
INSTALLÉE À YAPO

Densité en tiges/hectare (1 cm < Diamètre < 10 cm)			
Essences	Mortes	Endommagées	Intactes
Principales	0 à 5	80 à 130	250 à 300
Secondaires	50 à 65	850 à 900	2 500 à 3 000

TABLEAU VI
NOMBRE DE REJETS DANS LA RÉGÉNÉRATION
APRÈS EXPLOITATION À YAPO

Essences	Principales	Secondaires	Total
Densité (tiges/ha)	76	479	555

Toutefois, certaines espèces de la régénération naturelle installée rejettent de souche et participent ainsi à la régénération après exploitation.

Environ une tige sur deux, endommagée lors de l'exploitation, rejette donc naturellement de souche. La qualité de ce phénomène pourrait être favorisée par une opération simple comme le recépage des tiges endommagées. Ce recépage contribuera utilement à limiter l'impact des dégâts d'exploitation.

À L'ÉCHELLE DU PERMIS D'EXPLOITATION

Pour le massif forestier du Haut-Sassandra (d'une superficie de 110 000 ha) situé en zone de forêt semi-décidue, il a été possible de comparer l'évolution de la composition en essences commerciales à 14 ans d'intervalle et d'évaluer ainsi l'impact de l'exploitation forestière sur les peuplements.

Entre 1973 et 1987, pour un prélèvement moyen estimé à 2 m³/ha/an, les effectifs du peuplement commercial (arbres de diamètre > 60 cm) ont fortement diminué (0,5 tiges/ha/an). Pour l'ensemble des espèces commerciales de diamètre > 60 cm, la densité est passée de 10,6 tiges/ha à 3,8 tiges/ha en 14 ans.

Cet exemple quantifie l'appauvrissement progressif mais rapide des forêts de production exploitées en tiges d'essences commerciales.

Comme suite à ce constat, des comptages de régénération, comparant des zones exploitées à des zones-témoins (non exploitées), ont été réalisés une dizaine d'années après la dernière exploitation (DOUMBIA *et al.*, 1994).

Ces observations confirment que l'exploitation forestière a aussi induit une nette diminution de la densité des espèces commerciales dans

la régénération naturelle (tiges de diamètre compris entre 1 cm et 10 cm). Dix ans après exploitation, le capital d'espèces commerciales ne s'est pas encore totalement reconstitué dans les zones exploitées.

L'exploitation forestière provoque inévitablement des dégâts dans les peuplements conservés sur pied et plus particulièrement dans la régénération naturelle. Des mesures simples de contrôle de l'abattage et du débardage peuvent toutefois limiter fortement ces dégâts. On peut aussi y adjoindre des opérations sylvicoles élémentaires comme le recépage des brins d'espèces commerciales de la régénération endommagées par l'exploitation.

QUELQUES CONCLUSIONS

L'ouverture du couvert par les éclaircies favorise en premier lieu le développement de la régénération préexistante dans le sous-bois. Sa richesse en essences commerciales est variable en fonction des types de forêts. Concernant donc la régénération naturelle acquise (tiges de diamètre compris entre 1 cm et 10 cm) des espèces commerciales, quelques conclusions sylvicoles ont été mises en évidence dans les forêts étudiées :

□ La densité de tiges commerciales dans la régénération naturelle est comprise entre 150 et 400 tiges/ha ; elle peut atteindre exceptionnellement 600 à 1 000 tiges/ha. Les tiges d'espèces commerciales représentent entre 5 % et 10 % du total des tiges de la régénération naturelle installée dans les forêts sempervirentes étudiées. Pour les forêts semi-décidues observées, la densité des essences commerciales peut atteindre jusqu'à 20 % de la densité totale des tiges de la régénération naturelle installée.

TABLEAU VII
ÉVOLUTION DES EFFECTIFS (EN TIGES/HA)
DES ESSENCES COMMERCIALES EN 1973 ET EN 1987
AU SUD DE LA FORÊT CLASSÉE DU HAUT-SASSANDRA
(DIAMÈTRE > 60 CM)

Effectifs (Diamètre > 60 cm)	Inventaire 1973	Inventaire 1987
Essences de première catégorie	7,43 tiges/ha	1,09 tige
Total essences commerciales	10,62 tiges/ha	3,83 tiges/ha

TABLEAU VIII
DENSITÉ DE LA RÉGÉNÉRATION NATURELLE
ACQUISE PAR CATÉGORIE D'ESSENCES
DANS DES ZONES DE FORÊT EXPLOITÉES ET NON EXPLOITÉES.
FORÊT SEMI-DÉCIDUE DU HAUT-SASSANDRA

Type de zone	Espèces principales	Espèces secondaires	Total	Lianes
Zone exploitée	395	1 563	1 958	200
Zone non exploitée	647	1 674	2 321	167

□ L'exploitation forestière provoque des dégâts dans la régénération naturelle. Il faut limiter au maximum ces dégâts d'exploitation en améliorant, surtout, la mise en œuvre des techniques d'abattage et de débardage. Après exploitation, les brins de la régénération endommagés par l'exploitation doivent être recépés.

□ Dans les peuplements denses, des éclaircies conservant une surface terrière sur pied comprise entre 15 et 20 m²/ha stimulent le recrutement de nouvelles tiges dans la régénération naturelle installée des essences commerciales. Ces éclaircies favorisent aussi la régénération naturelle des espèces secondaires ainsi que celle des lianes. De fait, il faut doser l'ouverture du couvert pour concilier une croissance optimale du peuplement adulte et de la régénération naturelle en essences commerciales. A terme, comme dans les peuplements adultes, il faudra envisager d'intervenir au niveau de la composition de la régénération naturelle acquise pour augmenter sa richesse en espèces commerciales.

□ La forêt naturelle réagit lentement à l'ouverture du couvert. Le recrutement de nouvelles tiges commerciales mesuré dans les

massifs étudiés atteint au maximum 5 tiges/ha/an. Il faudra en tenir compte dans la fixation de la rotation d'exploitation. Des délais de plusieurs décennies entre deux exploitations semblent s'imposer aussi bien pour les peuplements adultes que pour la régénération naturelle.

□ Les feux détruisent une grande partie de la régénération naturelle installée et du peuplement adulte. L'ouverture d'une partie du couvert provoque l'installation rapide d'adventices indésirables en sous-bois. Ces dernières bloquent ou ralentissent fortement le développement de la régénération naturelle en essences commerciales qui s'installent sous leur couvert. En l'absence d'intervention sylvicole, la dynamique de reconstitution du peuplement est très lente.

Ces quelques études menées en forêt dense humide ivoirienne confirment la complexité de la dynamique de la régénération naturelle des essences commerciales. Cette régénération naturelle a une dynamique relativement lente qu'il faut chercher à favoriser et à accélérer. Les études sur les traitements sylvicoles favorisant la régénération naturelle doivent être développées. En effet, il ne peut y avoir pérennisation de la forêt naturelle de production sans re-

nouvellement des tiges prélevées en exploitation. Ces problèmes doivent être en particulier abordés espèce par espèce à travers une approche multidisciplinaire (botanique, physiologie, biologie végétale, pédologie, dendrométrie, biométrie...). Les études doivent être progressivement étendues à l'ensemble des espèces des strates inférieures. Cette démarche lourde est toutefois incontournable dans le cadre de l'aménagement soutenu des forêts denses humides de production. Elle devra déboucher sur une sylviculture plus fine et plus souple capable de s'adapter à la diversité des situations écologiques rencontrées en forêt dense humide africaine. □

► Bernard DUPUY
Jean-Guy BERTAULT
CIRAD-Forêt/Baillarguet

► Fako DOUMBIA
Aimé DIAHUISSIE
IDEFOR/DFO
08 B.P. 33
ABIDJAN
Côte-d'Ivoire

► Renaud BREVET
O.N.F./France

► Kokoré MIEZAN
SODEFOR
01 B.P. 3770
ABIDJAN
Côte-d'Ivoire

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALEXANDRE D. Y., 1982.

Aspects de la régénération naturelle en forêt dense de Côte-d'Ivoire. *Candollea* 37 : 579-588.

BERTAULT J. G., 1986.

Etude de l'effet d'interventions sylvicoles sur la régénération naturelle au sein d'un périmètre expérimental d'aménagement en forêt dense humide de Côte-d'Ivoire. C.T.F.T., Diplôme d'études doctorales, Université de Nancy, France, 254 p.

BERTAULT J. G., 1992.

Etude de l'effet du feu en forêt semi-décidue de Côte-d'Ivoire au sein d'un dispositif d'expérimentation sylvicole. Thèse de doctorat, Université de Nancy, France, 260 p.

BREVET R., DIAHUISSIE A., 1993.

Caractéristiques de la régénération acquise en fonction des traitements en forêt dense sempervirente d'Irobo 14 années après intervention. Abidjan, Côte-d'Ivoire, IDEFOR/CIRAD, 25 p + annexes. [Document interne].

CLARK D. B., 1990.

The role of disturbance in the regeneration of neotropical moist forests. Reproductive ecology of tropical forest plants. *MAB* 7 : 291-305.

DOUMBIA F., 1993.

Caractéristiques de la régénération naturelle en forêt dense semi-décidue au sein du dispositif d'expérimentation sylvicole SODEFOR de Mopri 14 années après intervention.

Abidjan, Côte-d'Ivoire, IDEFOR, 29 p. (Document interne).

DOUMBIA F., DIAHUISSÉ A., 1994. Le potentiel de la régénération naturelle dans le sud de la forêt dense humide semi-décidue du Haut-Sassandra. Abidjan, Côte-d'Ivoire, IDEFOR/DFO, 17 p. (Document interne).

DUPUY B., BREVET R., 1994. Propositions de règles de sylviculture pour les forêts denses humides de production en Afrique tropicale. Abidjan, Côte-d'Ivoire, IDEFOR/CIRAD, 28 p. (Document interne).

DUPUY B., DOUMBIA F., DIAHUISSÉ A., BREVET R., 1997. Effets de deux types d'éclaircie en forêt ivoirienne. Bois et Forêts des Tropiques 253 : 5-19.

FALCONER J., 1992. Non-timber forest products in southern Ghana. London, U.K., O.D.A. Forestry series 2, 23 p.

HALL J. B., SWAINE M. D., 1981. Distribution and ecology of vascular plants in a tropical rain forest. Forest ve-

getation in Ghana. Ed. W. Junk, The Hague, 383 p.

HAWTHORNE W. D., 1993. Forest regeneration after logging. London, U.K., O.D.A., Forestry Series 3, 52 p.

HAWTHORNE W. D., 1994. Fire damage and forest regeneration in Ghana. London, U.K., Forestry Series 4, 53 p.

JONES E. W., 1950. Some aspects of natural regeneration in the Benin rain forest. London, England, Empire Forestry Review : 108-124.

MAÎTRE H. F., HERMELINE M., 1985. Dispositif d'étude de l'évolution de la forêt dense ivoirienne suivant différentes modalités d'intervention sylvicole. Nogent-sur-Marne, France, C.T.F.T., 83 p.

MIEZAN K. K. A., 1993. Etude de la régénération naturelle en forêt semi-décidue de Téné. Abidjan, Côte-d'Ivoire, IDEFOR/DFO-ENSA, 125 p. (Document interne).

MORELLET J., 1952. Une expérience sylvicole au Cameroun. Bois et Forêts des Tropiques 25 : 297-312.

OKALI D. U. U., OLA-ADAMS B. A., 1987. Tree population changes in treated rain forest at Omo Forest reserve, south-western Nigeria. Journal of Tropical Ecology 3 (4) : 291-313.

RIVIÈRE L., 1992. Etude de l'évolution des peuplements naturels d'Okoumé (*Aucoumea klaineana*) dans le sud-estuaire du Gabon. Thèse Univ. Paris VI, France, 176 p.

ROLLET B., 1983. La régénération naturelle dans les trouées : un processus général de la dynamique des forêts tropicales humides. Bois et Forêts des Tropiques 201 : 3-34 et 202 : 19-34.

WHITMORE T. C., 1991. Tropical rain forest dynamics and its implications for management. UNESCO, Man and the Biosphere series 6 : 67-86.



Le CIRAD-Forêt au Congrès Forestier Mondial d'Antalya

du 13 au 22 octobre 1997

Le CIRAD-Forêt sera présent à cette grande manifestation qui réunira quelque 3 000 forestiers venus du monde entier.

Il disposera d'un stand en commun avec l'O.N.F. et l'INRA/Département forestier. Une permanence technique sera assurée pendant toute la durée de l'exposition internationale sur les forêts et produits forestiers, qui se tiendra du 13 au 19 octobre, et les visiteurs trouveront sur le stand les derniers titres parus en matière de publications (Hall C-Emplacement n° 1).

En outre, pour en savoir plus sur les communications présentées au Congrès par les chercheurs du CIRAD-Forêt, connectez-vous à Internet :

<http://www.FAO.ORG/WAICENT/FAOINFO/FORESTRY/WFORCONG>

R É S U M É

RÉGÉNÉRATION NATURELLE EN FORÊT DENSE IVOIRIENNE DE PRODUCTION

L'objectif de ces études est dans un premier temps de mieux connaître la composition de la régénération naturelle et d'appréhender ensuite son évolution générale dans différents cas de figure sylvicoles (éclaircies, exploitation, incendies).

Les mesures ont porté uniquement sur la régénération naturelle acquise (tiges de diamètre compris entre 1 et 10 cm). Les éclaircies stimulent aussi bien la régénération des espèces commerciales que celle des espèces secondaires, lianes et adventices. Les études sur les dégâts consécutifs à l'exploitation forestière ont montré la nécessité d'en améliorer notablement la qualité. Le passage de feux de forêts modifie la composition et la dynamique de la régénération naturelle. En particulier, les feux induisent l'émergence et le développement de certains adventices indésirables (*Solanum verbascifolium*, *Chromolaena odorata*, *Trema spp.*) qui bloquent la régénération naturelle des espèces commerciales.

A partir de cet acquis, quelques prescriptions sylvicoles sont proposées pour la conduite de la régénération naturelle en forêt dense humide dans le cadre d'un aménagement durable.

Mots-clés : Forêt tropicale humide. Régénération naturelle. Sylviculture. Aménagement. Afrique. Côte-d'Ivoire.

A B S T R A C T

NATURAL REGENERATION IN CLOSED PRODUCTION FOREST IN CÔTE-D'IVOIRE

The initial purpose of these studies is to gain a better knowledge of the composition of natural regeneration and, subsequently, to understand its general development in different silvicultural scenarios (thinning operation, logging, fires).

The measurements taken cover only acquired natural regeneration (stems with a diameter of between 1 and 10 cm). Thinning operations stimulate both the regeneration of commercial species and that of less widely used species, creepers and adventitious plants. Studies on the damage ensuing from logging have shown the need to greatly improve the quality of these operations. Forest fires alter the composition and dynamics of natural regeneration. In particular, fires give rise to the emergence and development of certain undesirable adventitious plants (*Solanum verbascifolium*, *Chromolaena odorata*, *Trema spp.*) which hamper the natural regeneration of commercial species.

Based on this knowledge, certain silvicultural instructions are proposed for natural regeneration in rain forest against a backdrop of sustainable management.

Key words : Tropical rain forest. Natural regeneration. Silviculture. Forest management. Africa. Côte-d'Ivoire.

R E S U M E N

REGENERACIÓN NATURAL EN BOSQUE DENSO DE PRODUCCIÓN EN CÔTE-D'IVOIRE

El objeto perseguido por estos estudios consiste, en una primera etapa, conocer de mejor modo la composición de la regeneración natural y acto seguido, darse perfecta cuenta de su evolución general en diversos casos específicos silvícolas (cortas de aclareo, explotación, incendios).

Las medidas se han referido únicamente acerca de la regeneración adquirida (diámetro del tronco oscila entre 1 y 10 cm). Las cortas de aclareo estimulan tanto la regeneración de las especies comerciales como aquella de las especies secundarias, lianas y gramíneas adventicias. Los estudios acerca de los daños consecutivos a la explotación forestal han permitido demostrar la necesidad de mejorar apreciablemente la calidad. El paso de fuegos de bosques modifica la composición y la dinámica de la regeneración natural. En particular, los incendios inducen la emergencia y el desarrollo de ciertas gramíneas adventicias indeseables (*Solanum verbascifolium*, *Chromolaena odorata*, *Trema spp.*, etc.), que vienen a bloquear la regeneración natural de las especies comerciales.

A partir de este acervo se proponen algunas prescripciones silvícolas para la gestión de la regeneración natural en bosque denso húmedo, en el marco de una ordenación sostenible.

Palabras clave : Bosque tropical húmedo. Regeneración natural. Silvicultura. Ordenación forestal. Africa. Côte-d'Ivoire.

SYNOPSIS

NATURAL REGENERATION IN CLOSED PRODUCTION FOREST IN CÔTE-D'IVOIRE

B. DUPUY, J.-G. BERTAULT, F. DOUMBIA, A. DIAHUISSIÉ, R. BREVET, K. MIEZAN

The initial purpose of these studies is to gain a better knowledge of the composition of natural regeneration and, subsequently, to understand its general development in different silvicultural scenarios (thinning operations, logging, fires). The measurements taken cover only acquired natural regeneration (stems with a diameter of between 1 and 10 cm). Studies on the damage ensuing from logging have shown the need to greatly improve the quality of these operations.

DIFFERENT TYPES OF SILVICULTURAL TREATMENTS

Dendrometric studies on the dynamics of rain forests in Côte-d'Ivoire have been proceeded with since 1976 within three experimental perimeters (Irobo, Mopri and Téné) managed by the SODEFOR. From 1990 onward, observations on natural regeneration, started in 1986 at Irobo and Téné, were extended to other experimental sites situated in evergreen (Yapo) and semi-deciduous (Mopri and Haut-Sassandra) rain forest.

The stands examined have been the object of different silvicultural treatment methods: logging (Yapo and Haut-Sassandra) and thinning with different intensities (Irobo and Mopri). Forest fires also swept through some stands in 1981-1982 (Téné).

For silvicultural reasons, the trees have been put into two groups based on their technological use: the commercial species that can be developed as timber, and the less widely used species. The data analysis

is based on this approach, the aim of which is to get a better idea of the development of commercial species. As far as natural regeneration is concerned, a distinction is made between « acquired natural regeneration » (stems with a diameter of between 1 and 10 cm) and the « plan and seed potential » represented by seedlings, plantules (embryonic plants) and seeds (diameter less than 1 cm). The measurements concerned only acquired natural regeneration.

As to natural regeneration, the studies carried out since 1990 have to do mainly with commercial species. Depending on the forest in question, the stems of commercial or principal species represent between 5% and 10% of the total number of stems of acquired regeneration in the evergreen forests examined. In the few semi-deciduous forests observed, the proportion of commercial species may reach up to 20% of acquired regeneration. The density of commercial stems in natural regeneration is usually somewhere between 150 and 400 stems/hectare, but in exceptional cases it may reach 600 to 1 000 stems/hectare.

MAIN RESULTS

Considering the density, it should be stressed that thinnings stimulate both the regeneration of less widely used species and that of species, creepers and adventitious plants.

Studies on the impact of logging on acquired regeneration have shown that about 25% of stems are destroyed or damaged

by logging. About every other logging-damaged stem subsequently resprouts from the stump. The speed of reformation of the natural regeneration after logging is slow. Ten years after logging, the capital of commercial species has still not been completely re-established.

Forest fires alter the composition and dynamics of natural regeneration. In particular, fires give rise to the emergence and development of certain undesirable adventitious plants (*Solanum verbascifolium*, *Chromolaena odorata*, *Trema spp.*) which hamper the natural regeneration of commercial species.

SILVICULTURAL PROPOSALS

Based on this knowledge, certain silvicultural instructions are proposed for natural regeneration in rain forest. Damage caused by logging must be limited by streamlining this silvicultural operation. In intensely thinned stands (following over-logging, for example) and in stands through which fires have swept, it seems relevant to envisage limiting the development of undesirable species to as to facilitate the natural regeneration of the main species. If thinning operations are carried out, it is important to keep a basal area after thinning of about 15-20 m²/ha, so as to stimulate the recruitment of new stems in the acquired regeneration of the main species. Natural forest reacts slowly to the opening-up of the canopy, and periods lasting several decades between logging operations should be planned to permit its regeneration.