

SYLVICULTURE DES PEUPLEMENTS NATURELS EN FORÊT DENSE HUMIDE AFRICAINE

Acquis et recommandations

BERNARD DUPUY, LUC DURRIEU DE MADRON, YANN PETRUCCI

L'exploitation
et la sylviculture :
deux outils
indispensables
à l'aménagiste. Ce dossier
dresse un bilan
des connaissances
acquises et utilisables
en forêt naturelle
africaine.

Forêt semi-décidue (Dimako –
Cameroun) après deux passages en
exploitation.
*Semi-deciduous forest (Dimako –
Cameroon) after two logging opera-
tions.*



Dans un contexte foncier stable, les différentes techniques sylvicoles disponibles pour la gestion intégrée des massifs permettent aujourd'hui la mise en œuvre d'une sylviculture rudimentaire dans les forêts denses humides. L'appauvrissement quantitatif et qualitatif de certaines de ces forêts doit inciter à l'intensification des actions sylvicoles ainsi qu'à l'amélioration de l'exploitation forestière. Ce préalable est nécessaire pour permettre la pérennisation des forêts de production.

L'exploitation forestière modifie profondément le peuplement dans sa composition et sa structure. Son impact sur le peuplement forestier doit faire l'objet d'une attention particulière. Une forêt exploitée devrait être régénérée et améliorée afin de reconstituer son potentiel de production dans les meilleurs délais. Les choix techniques dépendront, d'une part, des objectifs de l'aménagiste et, d'autre part, des contraintes techniques inhérentes aux peuplements existants.

L'objectif du sylviculteur est de contribuer efficacement à gérer de façon durable des forêts de production afin d'assurer leur renouvellement et leur pérennité.

Le maintien de la biodiversité, la réduction des dégâts d'exploitation et l'optimisation de la production de bois de qualité seront privilégiés lors des interventions sylvicoles.

Les forêts tropicales sont caractérisées par une grande diversité floristique. Plus de trois millions d'espèces vivantes y ont été recensées dont environ 20 % de végétaux. La flore africaine, quant à elle, représente environ un quart de ces espèces (WHITMORE, 1990). Les arbres qui en sont une composante majeure ont fait l'objet de nombreuses études de productivité à l'aide de paramètres dendrométriques (diamètre, hauteur, nombre de tiges...).

Les forêts denses humides naturelles qui se composent d'arbres de fortes dimensions ont un nombre de tiges qui va décroissant au fur et à mesure que le diamètre augmente (cf. fig. 1).

Toutes essences confondues, la densité de tiges de diamètre supérieur à 55 cm est de l'ordre de 20-30 tiges/ha en forêt dense primaire. La densité des tiges de diamètre supérieur à 40 cm est de l'ordre de 40-60 tiges/ha (ROLLET, 1974).

Si l'on considère l'ensemble des tiges de plus de 10 cm de diamètre, la surface terrière est de l'ordre de 30-35 m²/ha. Dans certaines forêts, elle atteint 40 m²/ha. En plantation, les maxima de surface terrière sont de l'ordre de 50 m²/ha (Okoumé).

Les effectifs varient entre 300 et 700 tiges/ha.

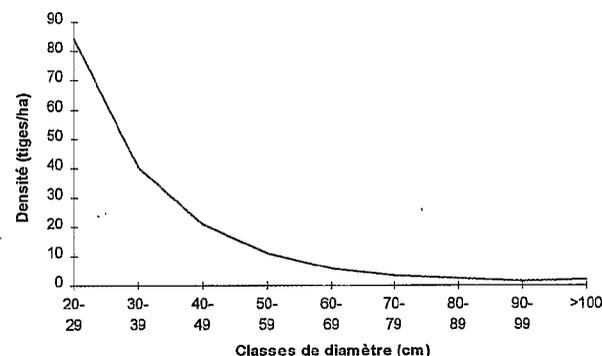


Figure 1. Structure diamétrique moyenne de la forêt dense humide africaine d'après ROLLET, 1974.
Average diametric structure of African closed rain forest after ROLLET, 1974.

STRUCTURE DIAMÉTRIQUE ET ESPÈCES

Toutes les espèces d'arbres de grandes dimensions qui peuvent devenir des codominants et des émergents ont besoin de lumière pour se développer. Toutefois, dans

le jeune âge, elles sont plus ou moins tolérantes à l'ombre. La structure diamétrique sert donc souvent à caractériser le comportement d'une essence. Différents auteurs ont essayé de relier les structures diamétriques observées à une classification des espèces selon leur tempérament (LEBRUN *et al.*, 1954 ; ROLLET, 1974 ; HALL *et al.*, 1981 ; WHITMORE, 1990 ; FAVRICHON, 1991 ; CATINOT, 1997). Deux grands types de distributions diamétriques sont couramment distingués :

- les distributions de type exponentielle décroissante pour les essences sciaphiles,
- les distributions « en cloche » pour les essences héliophiles.

Des variations de la structure diamétrique ont été signalées pour une même espèce (POORTER *et al.*, 1996 ; FORNI, 1997). En effet, la structure diamétrique d'une es-

pèce varie souvent selon l'échelle d'observation. Par exemple, une même espèce peut avoir une structure en cloche à l'échelle de la parcelle et une structure en exponentielle décroissante à l'échelle du massif.

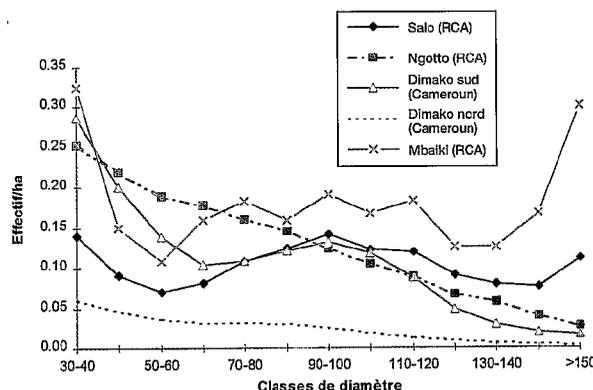
L'implantation des essences héliophiles (Ayou, Limba, Koukumé...) dans les trouées naturelles (chablis ou mort d'arbres sur pied) ou artificielles (défriches) peut, dans certains cas, expliquer ces variations. La multiplication à grande échelle d'une structure en cloche à petite échelle, avec un étalement dans le temps de l'ouverture du couvert, peut générer une structure diamétrique de type exponentielle décroissante.

De même, la structure peut être différente d'une région à l'autre (cf. fig. 2).

Ainsi, selon l'échelle ou la zone géographique considérée (trouée, parcelle, massif, région...), le phénomène décrit à l'aide de l'outil « structure diamétrique » devra être replacé dans son contexte évolutif.



Un moabi (*Baillonella toxisperma*) de belle taille au sud-est du Cameroun.
A large Moabi (*Baillonella toxisperma*) in southeast Cameroon.



M'baïki, Salo et Ngotto : zone sud-ouest de la République Centrafricaine. Dimako : zone sud-est du Cameroun avec des forêts denses semi-décidues au nord et sempervirentes au sud. Toutes ces forêts ont une surface supérieure à 100 000 ha et un taux de sondage de 1 à 2,5 % sauf le dispositif de M'baïki qui représente 40 ha inventoriés en plein.

Figure 2. Comparaison de la répartition diamétrique du Sapelli dans différentes forêts d'Afrique centrale.
Comparison of diametric distribution of the Sapelli in different forests in Central Africa.

En se plaçant à une même échelle, des hypothèses ont été formulées pour expliquer l'évolution d'une structure de type fonction décroissante (exponentielle, en L...) vers des structures en cloche. Un milieu devenu écologiquement défavorable à la reproduction peut ainsi expliquer le manque de tiges de petits diamètres. L'espèce ne se régénère plus ou insuffisamment ; un déficit est enregistré dans les tiges de petits diamètres.

Le système actuel des diamètres minimaux d'exploitation (DME) définis à l'échelle d'un pays permet l'exploitation de tous les arbres l'ayant dépassé. Les valeurs de ces DME d'exploitation varient selon les essences et les pays. Dans la pratique, elles sont comprises entre 50 cm et 110 cm.

A l'échelle du massif, en présence d'espèces ayant une structure diamétrique inhabituelle en cloche, des précautions concernant leur exploitation devront être prises. Il est ainsi recommandé de fixer les valeurs des diamètres minimaux d'exploitation suffisamment haut pour préserver un nombre suffisant de semenciers et une possibilité future de régénération des espèces concernées (DURRIEU DE MADRON *et al.*, 1997), même si le résultat est loin d'être garanti en l'absence de travail du sol (CATINOT comm. pers.).

ESPÈCES COMMERCIALES

Dans le cadre d'une exploitation, les essences d'intérêt commercial sont distinguées de celles qui ne sont pas encore valorisables en bois d'œuvre. Les espèces commerciales sont aussi fréquemment regroupées en fonction de leur valeur. Par exemple, en République Centrafricaine, les espèces commerciales sont ainsi réparties en deux groupes pour les études sylvicoles :

- **Les espèces commerciales de catégorie A :** *Entandrophragma cylindricum* (Sapelli), *Entandrophragma utile* (Sipo), *Entandrophragma candollei* (Kosipo), *Entandrophragma angolense* (Tiama), *Azela africana* (Dous-

sié), *Khaya anthotheca* (Acajou), *Lovoa trichilioïdes* (Dibetou), *Milicia excelsa* (Iroko), *Pterocarpus soyauxii* (Padouk), *Nauclea diderrichii* (Bilinga), *Autranella congolensis* (Mukulungu), *Morus mesozygia* (Difou), *Lophira alata* (Azobé), *Erythrophleum ivorense* (Tali), *Guarea cedrata* (Bossé) ;

- **Les espèces commerciales de catégorie B :** *Triplochiton scleroxylon* (Ayous), *Terminalia superba* (Limba), *Piptadeniastrum africanum* (Dabéma), *Pycnanthus angolensis* (Ilomba), *Ceiba pentandra* (Fromager), *Ricinodendron heudelotii* (Essesang), *Staudtia kamerunensis* (Niové), *Canarium schweinfurthii* (Aielé), *Alstonia congolensis* (Emien), *Sterculia oblonga* (Eyong), *Diospyros crassiflora* (Ebène), *Oxystigma oxyphyllum* (Tchitolé), *Nesogordonia papaverifera* (Kotibé), *Fagara sp.* (Olon), *Aningeria sp.* (Aniégré), *Mammea africana* (Oboto), *Ongokea gore* (Angueuk), *Petersianthus macrocarpus* (Essia), *Antiaris toxicaria* (Ako), *Funtumia elastica* (Pri), *Cola ballayi* (Colatier).

Pour un échantillonnage de forêts denses humides semi-décidues centrafricaines peu perturbées par l'exploitation, on compte 100 à 130 tiges/ha d'essences commerciales de plus de 10 cm de diamètre. Trente-trois tiges/ha ont dépassé le diamètre de 50 cm et vingt-trois tiges/ha, le diamètre de 60 cm. Quatorze tiges/ha ont un diamètre qui excède 80 cm (TRAN HOANG *et al.*, 1991).

La richesse en espèces commerciales est variable selon le type de forêt. Elle est plus importante en forêt semi-décidue qu'en forêt sempervirente.

Une analyse des différentes méthodes sylvicoles disponibles permet de dégager les grandes lignes directrices d'une sylviculture en forêt dense humide africaine. Selon le degré de dégradation des peuplements, différentes interventions sylvicoles sont possibles que l'on peut grouper en deux axes :

- La sylviculture des peuplements naturels basée sur l'exploitation des tiges mûres, accompagnée ou non d'éclaircies ;
 - Les méthodes « artificielles » qui transforment plus ou moins radicalement la forêt, basées sur les techniques de plantations d'enrichissement, de reboisement extensif et intensif, d'associations agroforestières...

Nous nous intéresserons plus particulièrement ici à la sylviculture des peuplements naturels.

FUTAIE RÉGULIÈRE OU IRRÉGULIÈRE ?

C'est un débat passionnel fertile en idées et réalisations que nous ne pouvons occulter. En forêt, les peuplements réguliers sont caractérisés par une distribution des hauteurs des tiges homogènes.

Dans les peuplements irréguliers, des houppiers de tailles très variables se distribuent dans tout l'espace vertical.

La sylviculture en forêt dense africaine est récente ; elle a seulement quelques décennies d'expérimentations derrière elle. Les diverses tentatives de conversion de ces forêts denses humides ont révélé la complexité de ces milieux. Les différentes sylvicultures mises en œuvre visaient à améliorer la productivité des forêts denses mais aussi à maintenir leur statut de forêt. Elles répondaient souvent à une inquiétude des forestiers face à l'appauvrissement des forêts exploitées.

A cet égard, la tentation de la conversion en futaie régulière, par exemple en République Démocratique du Congo (technique de « l'uniformisation par le haut » de DONIS *et al.*, 1951), était une volonté de simplifier un écosystème quasiment inconnu dans l'espoir de maintenir sa productivité. Les efforts sylvicoles étaient concentrés sur un ensemble d'arbres, regroupés par taille.

Dans le cas des éclaircies, telles que le « Monocyclic Shelterwood System » ou plus tard le « Tropical Shelterwood System », on visait à provoquer la régénération naturelle de la forêt en remplaçant un peuplement naturel de composition mal maîtrisée par une régénération bien conduite au cours de laquelle seraient favorisées les essences particulièrement recherchées. Les efforts sylvicoles étaient donc concentrés sur un ensemble d'arbres regroupés par espèces.

Il apparaît à l'usage que la sylviculture en forêt naturelle demande une continuité d'efforts difficile à mettre en œuvre. Les durées d'intervention nécessaires qui s'étalent sur des décennies sont rarement compatibles avec les moyens humains et matériels disponibles actuellement. Beaucoup d'opérations ont échoué du fait de l'absence de continuité au-delà de la décennie. Il est donc impératif d'adapter la sylviculture à ces contraintes de temps et de moyens pour la rendre plus réaliste.

Par ailleurs, la diversité de la composition des forêts denses induit une forte résistance à des sylvicultures trop dirigistes. Il s'avère difficile de modifier durablement la structure des peuplements naturels dans le sens de la futaie régulière. La dynamique de la régénération naturelle est mal connue. Il est impossible de prévoir la composition floristique future d'une parcelle donnée dans l'état actuel des connaissances et de l'orienter dans une direction donnée.

L'ensemble de ces faits conduit à considérer les structures irrégulières comme un choix sylvicole de base.

DES SCÉNARIOS À ADAPTER À LA RÉALITÉ

La première préoccupation de l'aménagiste doit être d'inventorier et de cartographier les peuplements selon une typologie adaptée à des buts d'aménagement forestier. L'objet est de définir des portions de territoires homogènes justifiables d'une même sylviculture. Les paramètres à prendre en considération sont notamment : la continuité du couvert (photo-interprétation), la richesse en essences commerciales (inventaires), les potentialités stationnelles (topographie, fertilité, vulnérabilité), la pression agricole (intensité, type de spéculation...), les problèmes phytosanitaires...

La typologie des peuplements est alors mise en correspondance avec des scénarios sylvicoles adaptés à

chaque peuplement. Ces derniers reposent sur des diagnostics sylvicoles de l'état des parcelles qui permettent de choisir le traitement sylvicole à appliquer sur une parcelle donnée (cf. tableau I). Les scénarios sylvicoles sont une combinaison dans le temps d'un certain nombre d'actions. Les objectifs à privilégier sont multiples : maximiser la production de bois d'œuvre de qualité, garantir le maintien de la biodiversité, favoriser le maintien d'un équilibre structural et floristique...

Le regroupement de ces unités au sein de séries (protection, production...) doit conduire à la hiérarchisation des interventions sylvicoles dans le temps lors de la mise en œuvre de l'aménagement.

TABLEAU I
UN EXEMPLE DE TYPOLOGIE SYLVICOLE : LE CAS DE LA CÔTE-D'IVOIRE

Peuplement exploitable Diamètre > 50-60 cm N > N1 (tiges/ha)	Peuplement d'avenir 20 cm < Diamètre < 50 cm N > N2 (tiges/ha)	Régénération installée 1 cm < Diamètre < 10 cm N > N3 (tiges/ha)	Typologie de peuplement forestier	Opérations sylvicoles à prévoir à moyen terme
Diamètre (cm) > 50 cm Forêt semi-décidue N1 = 20 Forêt sempervirente N1 = 12	Diamètre (cm) 30-50 cm Forêt semi-décidue N2 = 30 Forêt sempervirente N2 = 20	Forêt semi-décidue N3 = 250	Riche en équilibre	Exploitation
Diamètre (cm) > 60 cm Forêt semi-décidue N1 = 12 Forêt sempervirente N1 = 7	Diamètre (cm) 40-50 cm Forêt semi-décidue N2 = 10 Forêt sempervirente N2 = 8	Forêt sempervirente N3 = 150		
	Diamètre (cm) 20-40 cm Forêt semi-décidue N2 = 65 Forêt sempervirente N2 = 40			
oui	oui	oui →	Riche en équilibre	Exploitation
oui	oui	non →	Riche avec déficit en régénération	Exploitation Attente
oui	non	oui →	Riche avec déficit en bois moyens	Exploitation Eclaircie
non	oui	oui →	Riche avec déficit en gros bois	Eclaircie Exploitation
oui	non	non →	Déséquilibrée avec déficit en moyens bois et régénération	Eclaircie
non	oui	non →	Dégradée avec déficit en gros bois et régénération	Eclaircie Attente (plantation éventuellement)
non	non	oui →	Dégradée avec déficit en gros bois et moyens bois	Attente (plantation éventuellement)
non	non	non →	Très dégradée	Conversion (plantations)

N = effectif observé dans la forêt considérée.
N1, N2, N3 = différents seuils de définition de la typologie du peuplement.

Une typologie peut être réalisée en se basant sur trois paramètres sylvicoles simples :

- La richesse en espèces commerciales du « peuplement exploitable » de diamètre supérieur au diamètre d'exploitabilité technique (en général plus de 50 cm).
- La richesse en espèces commerciales du « peuplement d'avenir ». Ce peuplement est constitué de tiges pouvant être exploitées dans le *court terme*, au cours des prochaines rotations (diamètre compris entre 20 cm et 50 cm).
- La richesse en espèces commerciales de la « régénération installée ». Ce peuplement est constitué de tiges de faibles dimensions constituant l'avenir à *long terme* (plus de cinquante ans) du peuplement (diamètre < 10 ou 20 cm et > 2 ou 5 cm). Les seuils diamétriques doivent être adaptés à chaque cas de figure. Ils n'ont aucune valeur normative globale.



Envahissement d'une trouée par les parasoliers (*Musanga cecropioides*).
Invasion of a hole by umbrella trees (Musanga cecropioides).

La chronoséquence des interventions doit tenir compte des limites matérielles qu'impose la mise en œuvre d'une technique donnée.

Il est bien évident que de nombreux autres paramètres concernant la station (altitude, pente, exposition, géologie, pédologie...) ou le peuplement (composition floristique, structure du peuplement, répartition spatiale des espèces...) peuvent être pris en compte.

L'un des paramètres essentiels qui conditionne la réussite d'une opération sylvicole est la continuité dans le temps. La majorité des résultats expérimentaux font apparaître que le temps de réponse et la capacité de reconstitution des forêts

denses humides naturelles, exprimés en terme de bois d'œuvre, sont sans commune mesure avec les prélèvements réalisés jusqu'à présent. Il convient donc, en particulier, d'adapter très rapidement les prélèvements à la capacité de production de ces forêts denses humides naturelles.

Afin d'éviter un appauvrissement excessif des peuplements par écrémage, des seuils minimaux de densités d'espèces commerciales à conserver ont été fixés empiriquement en Côte-d'Ivoire (cf. tableau II).

TABLEAU II

OBJECTIFS DE DENSITÉS MINIMALES DE TIGES D'ESPÈCES COMMERCIALES DE DIFFÉRENTES CATÉGORIES À CONSERVER APRÈS EXPLOITATION FORESTIÈRE EN FONCTION DE DIFFÉRENTES CLASSES DE DIAMÈTRES (CÔTE-D'IVOIRE)

Forêt	Catégorie d'espèces	Densité minimale de tiges d'espèces commerciales (tiges/ha)				
		Diam. > 60 cm	Diam. > 50 cm	Diam. > 40 cm	Diam. de 10 à 40 cm	Diam. de 1 à 10 cm
Sempervirente Semi-décidue	Toutes essences commerciales	7	12	20	100	150
		12	20	30	200	250
Sempervirente Semi-décidue	Essences de catégorie 1	3	5	10	50	75
		8	12	20	100	125

Les espèces de catégorie 1 sont les 38 espèces commerciales les plus recherchées. L'ensemble des espèces commerciales regroupe 75 espèces.

Ces valeurs des seuils de densité et de diamètre varient bien évidemment en fonction du type de forêt, du nombre d'essences commerciales, de la densité et de la composition du peuplement adulte et de la régénération naturelle installée... Elles sont fournies à titre indicatif comme base méthodologique de travail.

Comme tout écosystème forestier très ancien, la forêt tropicale humide finit par atteindre un état d'équilibre apparent : son volume global et sa surface terrière ne varient pratiquement plus ; la croissance de certains arbres étant compensée par la mortalité d'un certain nombre d'autres : sa production d'ensemble semble « gelée ». Aussi, si l'on veut tirer parti du dynamisme de croissance des arbres qui la composent faut-il prélever régulièrement certains d'entre eux par le biais de l'exploitation forestière ; cette méthode va induire un redémarrage de la croissance de certains de leurs voisins, ainsi qu'un éclaircissement du sol favorable à un réensemencement naturel. Ensuite par des travaux d'éclaircie portant sur les espèces secondaires, on essaiera de privilégier la croissance des tiges d'avenir des espèces commercialement appréciées.

L'exploitation forestière, puis l'éclaircie constituent donc deux interventions sylvicoles de base, destinées à améliorer la productivité de la forêt naturelle.

L'EXPLOITATION FORESTIÈRE : UNE OPÉRATION SYLVICOLE

L'exploitation forestière industrielle de bois d'œuvre a très rapidement évolué en quelques décennies. Pendant longtemps, l'exploitation de bois d'œuvre était essentiellement tournée vers l'exportation de grumes. Les dernières décennies ont vu se développer un marché intérieur notamment avec l'urbanisation croissante en Afrique.

A titre d'exemple, au début du siècle, deux espèces de bois d'œuvre étaient exploitées : l'Acajou Bassam ou Acajou d'Afrique (*Khaya ivorensis*) et l'Avodiré (*Turraeanthus africanus*). En 1925, quatre essences supplémentaires étaient utilisées : l'Iroko (*Milicia excelsa*), le Makoré (*Tieghemella heckelii*), le Bossé (*Guarea cedrata*) et le Tiama (*Entandrophragma angolense*). En 1936, 35 espèces étaient utilisées en Afrique tropicale. Elles sont au nombre de 75 en 1980 et atteignent 84 en 1997, dont plus de quarante commercialisées à l'échelle industrielle.

Mais la production de bois d'œuvre, ici notre principal souci, n'est qu'une des multiples productions de la forêt. A ces espèces fournissant du bois d'œuvre, il est important d'adjoindre dans le cadre d'un aménagement intégré : l'exploitation de bois-énergie et de nombreuses plantes à usages multiples. Parmi ces plantes, il faut citer sans pouvoir être exhaustif : les plantes médicinales, les plantes alimentaires de cueillette, les plantes utilisées dans le milieu rural et l'artisanat, ainsi que celles utiles à la faune sauvage...

L'exploitation forestière doit ainsi respecter le rythme de renouvellement de la ressource. Des simulations de reconstitution de la surface terrière après exploitation ont



Ancienne piste principale d'évacuation des bois au sud-est du Cameroun.
An old major timber haulage track in southeast Cameroon.

Lors de l'exploitation, quelques règles élémentaires simples peuvent être proposées pour conserver la diversité biologique :

- Optimiser l'organisation spatiale et temporelle de l'exploitation. Les avancées de l'exploitation sur un front large et continu de parcelles sont à proscrire. Elles génèrent des perturbations importantes de la faune sauvage.
- Préserver les écosystèmes fragiles et/ou présentant un intérêt écologique (forêts galeries, zones hydromorphes ou fortement pentues, falaises, peuplements rares...).
- Exploiter avec prudence, voire ne pas exploiter du tout, les espèces avec une structure diamétrique déséquilibrée (absence de tiges de petits diamètres).
- Conserver les tiges de très grosses dimensions (par exemple de diamètre supérieur à 2,5 m). Les très gros arbres seront soigneusement conservés sur pied compte tenu de leur valeur écologique potentielle (diversité génétique intraspécifique, diversité structurale).
- Conserver les espèces rares, les espèces endémiques, les espèces clés de voûte...

Quelques règles élémentaires simples peuvent aussi être proposées pour assurer la durabilité de l'exploitation des espèces commerciales :

- Fixer un diamètre optimal d'exploitabilité pour chaque espèce sur des critères technico-économiques et écologiques. Ce diamètre sera choisi après analyse de la structure diamétrique et des objectifs et contraintes de l'aménagement.
- Proscrire les passages répétés en coupe sur la même parcelle (repassé). Le délai d'exploitation d'une parcelle sera de trois ans au maximum afin de conserver une certaine souplesse dans les approvisionnements des industriels.
- Limiter le volume exploitable à l'hectare à 25-30 m³/ha par rotation. Au-delà de ce seuil, les dégâts d'exploitation deviennent très importants (cf. fig. 3). Ce volume maximal exploitable doit impérativement tenir compte de l'accroissement du peuplement pendant la rotation choisie.
- Cartographier les arbres à abattre et optimiser le réseau de débardage en fonction de leur localisation et de la topographie.
- Orienter l'abattage lorsque c'est possible (cas des tiges n'ayant pas atteint de très gros diamètres). Dans ce cas, l'orientation de l'abattage doit prendre en compte celle du réseau de débardage, ainsi que la localisation des arbres d'avenir et les tâches de régénération.
- Recéper les brins de la régénération, endommagés par l'exploitation.

été réalisées sur différents sites (FAVRICHON *et al.*, 1997), en particulier celui de la forêt semi-décidue de Boukoko (République Centrafricaine) où, pour un prélèvement fixé à 20 % de la surface terrière initiale (31 m²/ha), le temps de retour vers la surface terrière initiale est estimé à 50 ans.

Une cartographie des peuplements, un marquage des arbres à abattre, une formation des abatteurs et des conducteurs d'engins, une planification soignée de l'ouverture des routes et des opérations de coupe contribueront aussi à améliorer la pérennité des forêts exploitées.



Forêt semi-décidue du Haut-Sassandra – Côte-d'Ivoire : zone de forêt exploitée et secondarisée. Le fromager (dont deux spécimens sont présents sur la photo) est maintenant une espèce couramment exploitée, étant donné l'appauvrissement général des forêts ivoiriennes.

Haut Sassandra semi-deciduous forest – Côte-d'Ivoire : logged forest area rendered non-commercial. The kapok tree (two specimens can be seen in the photo) is now a logged species, because of the general impoverishment of forests in Côte-d'Ivoire.

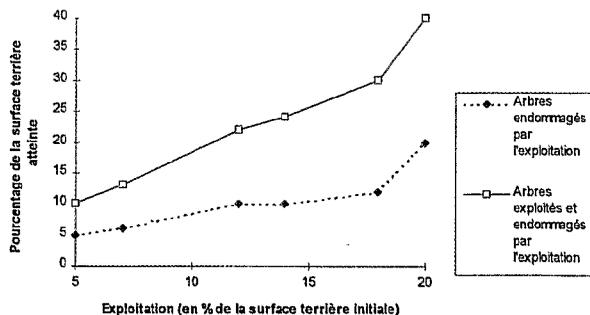


Figure 3. Dégâts de l'exploitation forestière en fonction du prélèvement : cas de quelques forêts denses humides africaines.

Damage caused by logging as a result of tree removal : examples of African closed rain forests.

LES ÉCLAIRCIES : UNE POSSIBILITÉ D'AMÉLIORATION DES PEUPEMENTS

Les essences commerciales sont exploitées dès qu'elles atteignent un diamètre d'exploitabilité technique de 50 cm à 60 cm (ou plus) selon les espèces et les pays. Les espèces dites « secondaires » car non commercialisables en bois d'œuvre sont indirectement favorisées par cette exploitation des essences commerciales dont la proportion diminue dans l'étage dominant à chaque exploitation. De fait, ces espèces secondaires se substituent progressivement aux essences commerciales, en particulier dans les strates dominantes.

Les éclaircies visent à stimuler à la fois la croissance des tiges adultes ainsi que celle de la régénération naturelle des essences commerciales. Pour éviter à terme un appauvrissement en espèces commerciales, il est nécessaire de limiter l'importance relative de ces essences secondaires et de favoriser le développement du peuplement d'espèces commerciales. Pour ce faire, on peut effectuer des éclaircies dans les essences secondaires des strates supérieures. Ces éclaircies par le haut peuvent être systématiques ou sélectives.

Les éclaircies sont optionnelles comme d'autres travaux sylvicoles. Leur utilisation dépendra du degré d'intensité de la gestion et de l'état des peuplements.

ÉCLAIRCIES SYSTÉMATIQUES OU SÉLECTIVES ?

L'éclaircie systématique consiste à éliminer par dévitalisation toutes les tiges d'une même espèce ou d'un même groupe d'espèces. L'éclaircie sélective concerne uniquement quelques tiges gênantes spatialement localisées autour d'une tige d'avenir d'une essence commercialement intéressante.

Le problème des éclaircies systématiques ou sélectives, mis à part l'efficacité réelle de l'opération au niveau de la croissance des tiges d'avenir (GOURLET-FLEURY, 1992), se résout à travers celui des moyens humains et matériels disponibles. Face à des situations d'urgence, les sylviculteurs ont mis en œuvre des éclaircies systématiques par dévitalisation. Elles étaient réalisées aux dépens des espèces non exploitées. L'objectif était de rétablir à terme l'équilibre des proportions spécifiques dans les peuplements naturels et de permettre la croissance optimale des tiges d'avenir.

Une approche plus naturaliste, proche de la dynamique naturelle de la trouée, conduit à raisonner à l'échelle de

l'arbre ou du groupe d'arbres. L'éclaircie se fera alors au profit des arbres d'avenir des espèces commerciales, qui seront dégagés pied par pied en dévitalisant les tiges gênantes présentes autour d'eux. Il est bien évident que cette approche introduit une souplesse beaucoup plus grande vis-à-vis du peuplement. Elle devra être recherchée aussi souvent que possible sous réserve, bien entendu, d'en avoir les moyens !

Les contraintes biologiques, humaines et matérielles ont donc orienté aujourd'hui les efforts vers davantage de réalisme. Partant d'un peuplement irrégulier, l'expérience et le pragmatisme recommandent une sylviculture souple, capable de s'adapter aux nombreux aléas du monde tropical. La prise de conscience de la richesse de ces milieux condamne les stratégies trop simplificatrices. Simultanément, l'accroissement important des moyens d'analyse et de suivi du milieu apparaît opportunément pour permettre d'envisager des itinéraires sylvicoles diversifiés.

Il faut évoluer d'une approche « peuplement » vers une approche « arbre ». Ce n'est qu'à ce prix qu'il deviendra possible de gérer et de favoriser la diversité originelle du milieu.

L'exploitation forestière est une forme d'éclaircie dans les espèces commerciales.

Dans des forêts plurispécifiques, la sylviculture doit permettre de favoriser une tige donnée si cela est nécessaire pour optimiser sa croissance. Les éclaircies sélectives, par le dégagement pied par pied des tiges d'avenir, permettent seules de gérer efficacement la diversité du milieu

IMPACT DES ÉCLAIRCIES

L'éclaircie peut être réalisée soit par simple élimination de tiges des espèces secondaires, soit par exploitation de tiges commerciales suivie ou non d'une suppression de certaines tiges d'espèces secondaires.

CROISSANCE EN DIAMÈTRE

L'accroissement en diamètre des tiges varie en fonction des espèces et des traitements sylvicoles.

Les éclaircies systématiques stimulent la croissance du peuplement d'espèces commerciales. La réponse à l'éclaircie du peuplement conservé sur pied est immédiate. En République Centrafricaine (BEDEL *et al.*, 1997), pour un ensemble de 15 espèces (espèces commerciales les plus recherchées dites de « catégorie A ») dont le diamètre est inférieur à 50 cm, l'accroissement dia-

métrique moyen est 1,5 à 2 fois plus fort en parcelles exploitées et/ou éclaircies qu'en peuplement témoin pour les huit années après intervention sylvicole (cf. fig. 4).

Dans ce peuplement centrafricain, toujours pour les huit années après intervention sylvicole, si l'on considère seulement les tiges commerciales préexploitables dont le diamètre est compris entre 40 et 50 cm, l'accroissement moyen sur le diamètre atteint 1,1 cm/an dans les parcelles exploitées et éclaircies.

Les éclaircies systématiques dans les espèces secondaires induisent un gain d'accroissement sur le diamètre des espèces commerciales pendant une dizaine d'années au moins (DURRIEU DE MADRON *et al.*, 1997 ; BEDEL *et al.*, 1997).

Au-delà de 10-12 ans, l'effet de l'éclaircie disparaît rapidement pour bon nombre d'espèces. Cet effet des éclaircies sur l'accroissement en diamètre est particulièrement net pour les arbres de taille moyenne (diamètre < 50-60 cm).

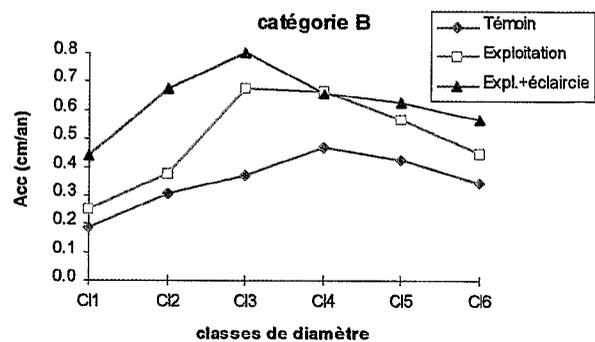
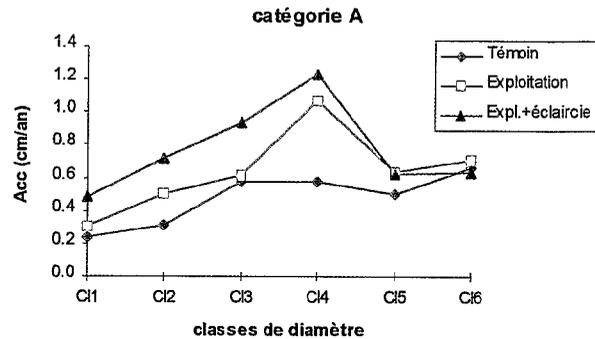


Développement d'un sous-bois d'Aroro (*Schaphopetalum amoenum*) en forêt dense humide sempervirente en Côte-d'Ivoire.
Development of Aroro underwood in evergreen tropical forest in Côte d'Ivoire.

□ CROISSANCE EN VOLUME

Les estimations de croissance en volume ne sont qu'indicatives ; les découpes peuvent varier selon les époques, les lieux, les utilisateurs et les espèces présentes dans le peuplement considéré. Toutefois, les données de croissance sur les forêts peu perturbées et éclaircies convergent :

Au Nigeria, 30 ans après éclaircie selon la méthode du Tropical Shelterwood System, l'accroissement moyen en



Cl1 = diamètre de 10 à 20 cm
Cl2 = diamètre de 20 à 30 cm
Cl3 = diamètre de 30 à 40 cm
Cl4 = diamètre de 40 à 50 cm
Cl5 = diamètre de 50 à 60 cm
Cl6 = diamètre de 60 à 80 cm

Figure 4. Accroissements diamétriques par classe de diamètre pour les essences commerciales, par traitement en forêt de M'Baïki, République Centrafricaine.

Diameter growth rates by diameter class for commercial species, by treatment - M'Baïki forest - Central African Republic.

volume des espèces commerciales de diamètre supérieur à 5 cm est compris entre 0,3 et 2,5 m³/ha/an (KIO, 1976 ; LOWE, 1997).

Ces valeurs sont proches de celles mesurées en Ouganda, où l'accroissement moyen en volume était de 1,4 à 2,5 m³/ha/an (DAWKINS, 1958).

Les études récentes du CIRAD-Forêt permettent de connaître les accroissements en volume représentant le bilan des accroissements diamétriques, de la mortalité et du recrutement (DURRIEU DE MADRON *et al.*, 1997 ; BEDEL *et al.*, 1997) après éclaircies systématiques d'intensités différentes (Côte-d'Ivoire) ou éclaircie systématique couplée avec une exploitation forestière (République Centrafricaine), cf. tableau III.

L'essentiel du gain de croissance en volume est enregistré dans le peuplement d'avenir (diamètre compris entre

TABLEAU III
BILAN DE L'ACCROISSEMENT RELATIF ANNUEL MOYEN EN VOLUME (%) APRÈS ÉCLAIRCIE POUR LES ARBRES > 10 CM DE DIAMÈTRE TOUTES ESSENCES COMMERCIALES CONFONDUES

Dispositif	Peuplement intouché	Eclaircie et exploitation	Eclaircie moyenne	Eclaircie forte
M'Baïki (RCA) forêt semi-décidue	0,6 %	3,5 %		
Mopri (Côte-d'Ivoire) forêt semi-décidue	0,4 %		1,4 %	2,1 %
Irobo (Côte-d'Ivoire) forêt sempervirente	1,4 %		2,3 %	3,1 %

A M'Baïki : 8 ans après éclaircie et/ou exploitation (ensemble des 40 espèces des catégories A et B).

A Mopri : 14 ans après éclaircie (ensemble des 75 espèces commerciales).

A Irobo : 12 ans après éclaircie (ensemble des 75 espèces commerciales).

10 cm et 50 cm) à qui profite l'élimination des espèces secondaires par l'éclaircie (cf. tableau IV). Dans l'étage dominant, constitué de tiges de fortes dimensions souvent peu concurrencées pour l'accès à la lumière, l'effet de l'éclaircie est beaucoup moins net.

TABLEAU IV
ACCROISSEMENT ANNUEL MOYEN EN VOLUME (M³/HA/AN) – 14 ANS APRÈS INTERVENTION – DES ARBRES DE 10 À 50 ET DE 50 À 70 CM DE DIAMÈTRE, TOUTES ESSENCES COMMERCIALES CONFONDUES (75 ESSENCES)

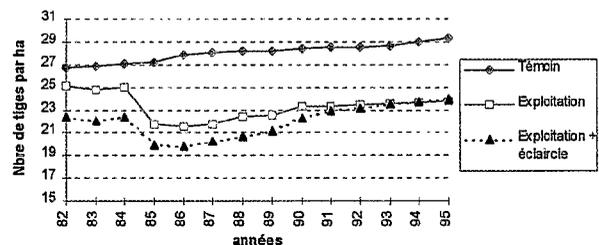
Diamètre des tiges	Peuplement intouché	Eclaircie moyenne	Eclaircie forte
10 à 50 cm	1,9	2,8	3,0
50 à 70 cm	0,5	0,6	0,6

A Mopri en forêt semi-décidue de Côte-d'Ivoire (DURRIEU DE MADRON *et al.*, 1997)

Au Nigeria, les tiges de diamètre supérieur à 60 cm, toutes espèces confondues (commerciales et secondaires), représentent un accroissement compris entre 0,3 et 1,4 m³/ha/an (LOWE, 1997).

Selon les estimations disponibles, l'accroissement moyen en volume commercialisable pour une gamme de 75 espèces commerciales (au-dessus d'une découpe de dimension de 50 à 60 cm de diamètre) est compris entre 0,5 et 1,5 m³/ha/an. Il varie selon les types de forêts, leur richesse, les diamètres d'exploitabilité technique et les traitements sylvicoles (cf. fig. 5).

Catégorie A - évolution de la densité par traitement



Catégorie A - évolution des volumes par traitement

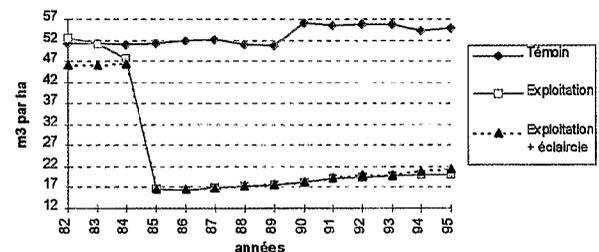


Figure 5. Evolution dans le temps de la densité des tiges et du volume des 15 espèces de catégorie A (les plus recherchées au point de vue commercial) en forêt de M'Baïki, République Centrafricaine.

Development in time of trunk density and volume of 15 category A species (the most sought-after from the commercial standpoint) – M'Baïki forest – Central African Republic.

□ RECRUTEMENT EN TIGES COMMERCIALES

En ce qui concerne la densité des tiges d'espèces commerciales, l'éclaircie stimule le recrutement de tiges d'espèces commerciales atteignant 10 cm de diamètre. Des valeurs du gain ont été mesurées au Nigeria : 1 tige/ha/an, 30 ans après éclaircie (KIO, 1976) ; au Ghana : 1,6-1,9 tiges/ha/an, 12 ans après éclaircie

(PHILLIPS *et al.*, 1994) ; en Côte-d'Ivoire : 0,3-4,4 tiges/ha/an, 10 ans après éclaircie (DUPUY *et al.*, 1997).

Une éclaircie dans les espèces secondaires après exploitation stimule le recrutement de nouvelles tiges d'espèces commerciales à partir de la régénération naturelle installée.

D'une manière générale, la dynamique de reconstitution de ces forêts est lente : en moyenne moins de 5 tiges/ha d'espèces commerciales atteignent le diamètre de précomptage de 10 cm chaque année.

Dans le cas de peuplements éclaircis, des modèles de peuplement (FAVRICHON, 1995) permettent aujourd'hui de prédire leur évolution dendrométrique à moyen terme. Ces prédictions ont été réalisées pour l'ensemble des 75 espèces commerciales en Côte-d'Ivoire (DURRIEU DE MADRON *et al.*, 1997).

L'évolution modélisée sur 30 ans des peuplements montre que, pour les forêts semi-décidues étudiées, des délais d'une trentaine d'années sont nécessaires pour reconstituer un stock de 2 à 3 tiges/ha exploitables (diamètre > 60 cm) dans des peuplements modérément ouverts par l'éclaircie (maximum de 35 % de la surface terrière éclaircie).

La reconstitution du capital de tiges commerciales après une exploitation accompagnée ou non d'une éclaircie a aussi été modélisée en forêt de M'Baïki en République Centrafricaine (BEDEL *et al.*, 1997). Les résultats sont fournis pour un ensemble de quarante espèces commerciales (cf. tableau V).

Une éclaircie systématique dans les espèces secondaires accompagnant l'exploitation permet d'accélérer la reconstitution du capital de tiges d'espèces commerciales exploitables.

Des délais de 30 à 50 ans sont nécessaires, en fonction des groupes d'espèces, pour reconstituer en nombre le stock initial de tiges commerciales exploitées.

Dans le cas d'une forte accumulation de bois sur pied exploitable, il est possible de réduire ce délai entre deux exploitations successives à une vingtaine d'années. Ce délai minimal permet seulement une reconstitution partielle du capital commercial.

En forêt secondaire, moins riche en essences commerciales du fait des exploitations antérieures, une rotation d'exploitation de l'ordre de 30 à 50 ans est à rechercher.

QUEL RÔLE POUR LES ÉCLAIRCIES ?

L'ouverture des peuplements (exploitation, éclaircie) stimule la croissance des peuplements conservés sur pied. Toutefois la réaction de ces peuplements est lente. A l'échelle de rotations d'une trentaine d'années, une partie seulement du peuplement initial est reconstituée.

TABLEAU V

RECONSTITUTION DES EFFECTIFS D'ESSENCES COMMERCIALES EN FONCTION DES TRAITEMENTS EN % DE L'EFFECTIF AVANT EXPLOITATION POUR DIFFÉRENTES ROTATIONS EN FORÊT DE M'BAÏKI, RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

Catégorie commerciale	Diamètres	Traitement	20 ans	30 ans	40 ans	50 ans
A 15 espèces	60-80 cm	Exploitation	42 %	42 %	67 %	75 %
		Exploitation + Eclaircie	80 %	85 %	85 %	95 %
	> 80 cm	Exploitation	39 %	45 %	45 %	45 %
		Exploitation + Eclaircie	41 %	47 %	59 %	66 %
B 25 espèces	60-80 cm	Exploitation	95 %	95 %	117 %	135 %
		Exploitation + Eclaircie	96 %	112 %	141 %	174 %
	> 80 cm	Exploitation	69 %	83 %	94 %	106 %
		Exploitation + Eclaircie	95 %	109 %	125 %	140 %

L'adaptation du prélèvement à la productivité des peuplements est une nécessité qu'il faut rappeler pour assurer la durabilité de la production de ces massifs. Les éclaircies dans les essences secondaires sont une opportunité pour raccourcir les cycles de reconstitution du capital commercial. Elles stimulent la dynamique de croissance du peuplement conservé sur pied pendant au moins une dizaine d'années. A terme, elles sont une nécessité pour maintenir l'équilibre entre espèces commerciales et secondaires. En effet, un prélèvement systématique des tiges commerciales dans l'étage dominant par l'exploitation forestière induit un rapide appauvrissement du peuplement en essences commerciales. Les éclaircies dans les espèces secondaires permettent notamment de :

- **Doser la composition spécifique du peuplement** déséquilibrée par l'exploitation systématique des espèces commerciales.

- **Favoriser la croissance des tiges commerciales.** Cet effet de l'éclaircie est plus particulièrement sensible dans les tiges de dimensions moyennes. Comparé à des peuplements non éclaircis, le gain de croissance en diamètre engendré par l'éclaircie est de l'ordre de + 7 % à + 24 % selon les forêts (DURRIEU DE MADRON *et al.*, 1997 ; BEDEL *et al.*, 1997).

Cet effet se maintient en décroissant progressivement jusqu'à disparaître au bout d'une douzaine d'années.

- **Stimuler le recrutement de tiges commerciales** de petites dimensions (diamètre > 10 cm) à partir de la régénération naturelle installée (diamètre compris entre 1 cm et 10 cm). En éclaircissant les strates dominantes, le gain en nombre de tiges commerciales est multiplié au moins par 1,5 et souvent davantage dans les strates inférieures. L'effet relatif de l'éclaircie sur le recrutement est important dans les cinq ans qui suivent cette intervention. Il décroît ensuite souvent rapidement sans s'annuler à l'échelle de la décennie.

- **Accélérer notablement la reconstitution du stock de tiges commerciales exploitables** dans les peuplements déjà exploités.

L'utilisation des éclaircies dans les espèces secondaires repose sur quelques principes simples :

- Les éclaircies sont des opérations optionnelles, fonction du degré d'intensité de la gestion et de l'exploitation.
- Les éclaircies systématiques sont à proscrire.
- Les éclaircies sélectives seront réalisées au profit des jeunes arbres d'avenir (diamètre < 50 cm) d'une liste préalable d'espèces commerciales.
- Les éclaircies seront réalisées dans un rayon d'une dizaine de mètres autour des arbres d'avenir sélectionnés.
- Les éclaircies seront réalisées par simple annélation ou abattage. L'emploi de produit arboricide est à proscrire.

NE PAS OUBLIER LA RÉGÉNÉRATION NATURELLE !

La régénération correspond à une phase d'évolution du peuplement, consécutive à la disparition d'arbres adultes par chablis ou par exploitation. L'origine de la régénération naturelle est multiple : du recrû préexistant ou potentiel végétatif, des graines préexistantes dans le sol ou potentiel séminal édaphique, des graines arrivant de l'extérieur après l'ouverture du couvert ou potentiel extérieur...

Le sylviculteur doit faire face à de nombreuses difficultés pour assurer une régénération des forêts denses humides : le faible pourcentage d'espèces commerciales dans la forêt naturelle, l'irrégularité des fructifications, la répartition irrégulière des plants, la prolifération des adventices indésirables lors de l'ouverture du couvert, les



Envahissement par les lianes dû à une ouverture trop importante du couvert par l'exploitation. Forêt sempervirente de La Niégré – Côte-d'Ivoire.

Creeper invasion due to the cover having been opened up too much by logging. La Niégré evergreen forest – Côte-d'Ivoire.

différences de tempérament et de vitesse de croissance des essences commerciales, la mortalité naturelle des jeunes semis et plants, les dégâts dus à l'exploitation dans la régénération naturelle préexistante...

L'ouverture du couvert par l'exploitation forestière et les éclaircies engendre une augmentation rapide et brutale de la lumière qui parvient jusqu'aux strates inférieures. Cette ouverture s'accompagne souvent du développement d'espèces secondaires, d'adventices et de lianes. Ce développement ne doit pas être un obstacle à l'enrichissement du peuplement en espèces commerciales qui est l'objectif des forêts denses humides de production.

Les éclaircies ont un effet positif sur le recrutement de nouvelles tiges dans la régénération installée des essences commerciales. Les éclaircies stimulent aussi la régénération naturelle des espèces secondaires ainsi que celle des lianes.

Pour la régénération naturelle, quelques recommandations générales peuvent être retenues :

- Pour les espèces commerciales, il est nécessaire de garder des semenciers régulièrement répartis pour l'ensemble des espèces. On peut, par exemple, conserver des bouquets non exploités à l'intérieur des parcelles exploitées et/ou de gros arbres.
- L'ouverture du couvert doit être dosée afin de limiter la prolifération des lianes et autres adventices indésirables dans les trouées. De grandes trouées dans le couvert induisent souvent une régénération médiocre des essences commerciales (mis à part l'Okoumé, l'Ayous et le Limba) et une faible diversité spécifique.
- On cherchera à réduire les dégâts d'exploitation qui peuvent détruire ou endommager une grande partie de la régénération. L'essentiel des dégâts dans la régénération intervient lors du débardage qui doit être soigneusement réalisé et contrôlé.

De très nombreuses inconnues subsistent encore, en particulier concernant le déterminisme de la floraison, de la fructification et de la dissémination des semences. C'est sans nul doute un champ d'exploration à développer pour essayer d'optimiser les interventions sylvicoles.

UNE SYLVICULTURE RÉALISTE

Le premier effort incontournable à réaliser concerne l'exploitation forestière : elle doit être optimisée. L'intensification à grande échelle de la sylviculture (dégagements, délianages, éclaircies) restera une option dans le court terme, car elle suppose en effet un investissement humain, scientifique, technique et matériel très important.

L'exploitation forestière doit intégrer les contraintes de la régénération naturelle ainsi que la production optimale de bois de valeur. Il faut cesser de dissocier exploitation et sylviculture. L'exploitation forestière doit devenir un réel outil sylvicole. Cette démarche requiert donc une volonté d'agir avec continuité dans une perspective de durabilité de la forêt.

L'expérience acquise dans le passé montre qu'il faut se garder d'un optimisme excessif quant aux résultats pratiques issus de la mise en œuvre d'une technique donnée. Le reboisement, présenté à une époque comme une panacée pour la reconstitution des forêts dégradées, doit être utilisé à bon escient. L'abandon brutal, il y a quelques décennies, de la sylviculture en forêt naturelle au profit du reboisement industriel doit aussi nous inciter à beaucoup de prudence. □

► Bernard DUPUY
Luc DURRIEU DE MADRON
Yann PETRUCCI
CIRAD-Forêt/Bcillarguet

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

- BEDEL F., DURRIEU DE MADRON L., FAVRICHON V., BAR-HEN A., DUPUY B., NARBONI P., 1997.
Dynamique de croissance de la forêt dense humide centrafricaine : le dispositif de M'Baïki. Montpellier, France, CIRAD-Forêt, 60 p.
- CATINOT R., 1997.
L'aménagement durable des forêts denses tropicales humides. Paris, France, A.T.I.B.T., 95 p.
- DAWKINS H. C., 1958.
The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda. Oxford, England, Imperial Forestry Institute 34, 155 p.
- DONIS C., MAUDOUX E., 1951.
Sur l'uniformisation par le haut - une méthode de conversion des forêts sauvages. Institut national pour l'étude agronomique du Congo Belge, série scientifique 51, 77 p.
- DUPUY B., DOUMBIA F., DIAHUISSIÉ A., BREVET R., 1997.
Effet de deux types d'éclaircie en forêt dense humide ivoirienne. Bois et Forêts des Tropiques 253 (3) : 1-14.
- DURRIEU DE MADRON L., FORNI E., 1997.
Aménagement forestier de l'Est du Cameroun : structure du peuplement et périodicité d'exploitation. Bois et Forêts des Tropiques 254 (4) : 39-64.
- DURRIEU DE MADRON L., FAVRICHON V., DUPUY B. *et al.*, 1997.
Croissance et productivité en forêt dense humide : Bilan des expérimentations dans le dispositif de Mopri en forêt dense de Côte-d'Ivoire après 14 ans de mesures (1978-1992). Montpellier, France, CIRAD-Forêt, 72 p.
- FAVRICHON V., 1991.
Sur quelques relations entre la croissance des arbres et la structure du peuplement en forêt semi-décidue (République Centrafricaine). D.E.A., Paris VI, France, 40 p.
- FAVRICHON V., 1995.
Modèle matriciel déterministe en temps discret - Application à l'étude de la dynamique d'un peuplement forestier tropical humide (Guyane française). Thèse de l'Université Claude Bernard, Lyon, France, 252 p.
- FAVRICHON V., DAMIO T., DOUMBIA F., DUPUY B. *et al.*, 1997.
Réaction de peuplements forestiers tropicaux à des interventions sylvicoles. Bois et Forêts des Tropiques 254 (4) : 5-23.
- FORNI E., 1997.
Types de forêts dans l'Est du Cameroun et étude de la structure diamétrique de quelques essences. D.E.A., Faculté Universitaire de Gembloux, Belgique, 65 p.
- GOURLET-FLEURY S., 1992.
Simulations d'éclaircies sur le dispositif sylvicole de Paracou (Guyane Française) - Résultats des méthodes d'intervention en forêt après exploitation. D.E.A., Université Claude Bernard, France, 34 p. + annexes.
- HALL J. B., SWAINE M. D., 1981.
Distribution and ecology of vascular plants in a tropical rain forest. Forest vegetation in Ghana. La Haye, Pays-Bas, Ed. W. Junk, 383 p.
- KIO P. R. O., 1976.
What future for natural regeneration of the tropical humid forest ? An appraisal with examples from Nigeria and Uganda. Comm. For. Rev. 55 (4) : 309318.
- LEBRUN J., GILBERT G., 1954.
Une classification écologique des forêts du Congo. Bruxelles, Belgique, INFAC, 63, 89 p.
- LOWE R. G., 1997.
Volume increment of natural moist forest in Nigeria. Commonwealth Forestry Review 76 (2) : 107-113.
- PETRUCCI Y., TANDEAU DE MARSAC G., 1994.
Dispositif de recherche en forêt dense de Boukoko - La Lolé. Campagne 1993. Evolution du peuplement adulte et de la régénération acquise après interventions sylvicoles. Bangui, République Centrafricaine, FAC/ARF, 50 p.
- PHILLIPS O. L., GENTRY A. H., 1994.
Increasing turnover through time in tropical forests. Science 263 : 954-958.
- POORTER L., BONGERS F., VAN ROMPEY R., DE KLERK M., 1996.
Regeneration of canopy tree species at five sites in West African moist forest. Forest Ecology and Management 84 : 61-69.
- ROLLET B., 1974.
L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaine. Nogent-sur-Marne, France, C.T.F.T., 298 p.
- TRAN-HOANG A., FAVRICHON V., MAITRE H. F., 1991.
Dispositifs d'étude de l'évolution de la forêt dense centrafricaine suivant différentes modalités d'intervention sylvicole. Présentation des principaux résultats après huit années d'expérimentation. Nogent-sur-Marne, France, C.T.F.T., 61 p.
- WHITMORE T. C., 1990.
Tropical rain forests. Oxford, England, Clarendon Press, 238 p.

R É S U M É

SYLVICULTURE DES PEUPELEMENTS NATURELS EN FORÊT DENSE HUMIDE AFRICAINE

Acquis et recommandations

L'objectif du sylviculteur est de contribuer efficacement à gérer de façon durable des forêts naturelles de production. La sylviculture et l'exploitation sont des outils dont il se sert pour assurer leur renouvellement et leur durabilité.

La récolte des bois étant une activité qui modifie la dynamique de croissance des peuplements forestiers, la sylviculture, conçue globalement, doit avoir pour objectif de favoriser la reconstitution de l'écosystème forestier perturbé tout en évitant son appauvrissement en espèces commerciales. Dans cet esprit, l'exploitation forestière doit être conçue comme une étape sylvicole nécessaire à la mise en valeur de l'écosystème, complétée si c'est possible par une éclaircie.

Le maintien de la biodiversité, la réduction des dégâts d'exploitation et l'optimisation de la production de bois de qualité seront privilégiés lors des interventions sylvicoles. Un ensemble de prescriptions concernant ces interventions est proposé dans le cadre de cet article.

Mots-clés : Forêt tropicale humide. Aménagement forestier. Eclaircie. Sylviculture. Récolte du bois. Afrique.

A B S T R A C T

NATURAL STAND SILVICULTURE IN AFRICAN CLOSED RAIN FOREST

Facts, figures and recommendations

The aim of the silviculturist is to make an effective contribution to the sustainable management of natural production forest. Silviculture and logging are tools used to guarantee the renewal and permanence of these forests.

But wood harvesting is an activity that alters the growth dynamics of forest stands and the goal of silviculture should be to encourage the restoration of the affected forest ecosystem by avoiding impoverishing the commercial species in it. In this spirit, logging should be seen as a necessary silvicultural phase of the development of the ecosystem, complemented, where possible, by thinning.

Biodiversity maintenance, reduction of logging damage, and optimization of quality timber production will all be given priority during silvicultural operations. A set of recommendations dealing with the two silvicultural operations represented by logging and thinning is put forward in this article.

Key words : Tropical rain forests. Forest management. Thinning. Silviculture. Logging. Africa.

R E S U M E N

SYLVICULTURA DE LAS MASAS NATURALES EN BOSQUE DENSO HÚMEDO AFRICANO

Experiencia adquirida y recomendaciones

El objetivo del silvicultor es contribuir eficazmente para gestionar de forma sostenible los bosques naturales de producción. La silvicultura y la explotación forestal son instrumentos que le sirven para asegurar la renovación y la durabilidad de los bosques.

Dado que el aprovechamiento de la madera es una actividad que modifica la dinámica de crecimiento de las masas forestales, la silvicultura, concebida globalmente, debe tener como objetivo favorecer la reconstitución del ecosistema forestal alterado, evitando, al mismo tiempo, el empobrecimiento de las especies comerciales. Dentro de esta óptica, la explotación forestal debe contemplarse como una etapa silvícola necesaria para la valorización del ecosistema, completada, si fuese posible, con un aclareo.

En las actividades silvícolas se favorecerá el mantenimiento de la biodiversidad, la disminución de los daños ocasionados por las explotaciones y la optimización de la producción de madera de calidad. En este artículo se propone un conjunto de normas relativas a estas intervenciones.

Palabras clave : Bosque tropical húmedo. Ordenación forestal. Aclareo. Silvicultura. Aprovechamiento de la madera. África.

SYNOPSIS

NATURAL STAND SILVICULTURE IN AFRICAN CLOSED RAIN FOREST
FACTS, FIGURES AND RECOMMENDATIONS

BERNARD DUPUY, LUC DURRIEU DE MADRON, YANN PETRUCCI

African production forests are being exposed to ever-increasing pressure from logging. It should be possible to make logging compatible with sustainable renewable resource management. In this context, logging and silviculture represent tools for the planning officer. The purpose of this analysis is to redefine the way the two are related, and their end purposes. It offers a chance to present a brief overview of knowledge that can be used to improve silviculture in African natural forests. The aim of the silviculturist is to make an effective contribution to sustainable natural production forest management, so as to guarantee the renewal and permanence of these forests. Biodiversity maintenance, reduction of logging damage, and optimization of quality timber production will all be given priority during silvicultural operations.

SILVICULTURAL PREPARATIONS

The planning officer's prime concern should be to inventory and map stands based on a typology appropriate to forest management goals. Stand typologies are then matched with silvicultural scenarios adapted to each stand. A typology may be drawn up based on three simple silvicultural parameters :

- The wealth of commercial species in the « loggable stand » with a diameter greater than the technical loggable diameter (usually more than 50 cm).
- The wealth of commercial species in the « future stand ». This stand is made up of trunks that can be logged in the *short term*, during future rotations (diameter between 20-50 cm).
- The wealth of commercial species in the « established regeneration ».

**TWO MAJOR SILVICULTURAL OPERATIONS :
LOGGING AND THINNING**

Like any very ancient forest ecosystem, the tropical forest eventually reaches a state of apparent equilibrium : its overall volume and its overall land area undergo virtually no further variations, and the growth of certain trees is compensated for by the dieback rate of a certain number of others, meaning that the forest's overall production appears « frozen ». So if the intention is to take advantage of the growth dynamics of the trees forming it, it is important to remove some of them at regular intervals by logging. This will in turn prompt renewed growth in some of their neighbours, as well as land clearance favourable to natural reseedling. Subsequently, by means of thinning operations affecting secondary species, an attempt will be made to favour the growth of the future trunks of commercially sought-after species. Logging followed by thinning thus represent two basic silvicultural operations designed to improve natural forest productivity.

LOGGING : A SILVICULTURAL OPERATION

During logging, a few simple and elementary rules may be suggested to safeguard biodiversity :

- Optimize logging organization in space and time.

Continuous logging of plots over a broad front should be banned. It gives rise to major disturbances for wildlife.

- Safeguard fragile ecosystems and/or those ecosystems of ecological interest (gallery forests, hydromorphic and steeply sloping zones, cliffs, rare stands...).
- Log with care, or do not even log at all, those species with an unbalanced diametric structure (absence of small diameter trunks).
- Conserve large trunks (for example with a diameter greater than 2.5 m). Very large trees will be carefully kept as standing trees because of their potential ecological value (intraspecific genetic diversity, structural diversity).
- Safeguard rare species, endemic species, key canopy species...

Logging must also respect the renewal rate of trees. Land restoration simulations after logging have been carried out at various sites. A few simple basic rules may also be suggested to guarantee the sustainability of commercial logging :

- Set an optimum loggable diameter for each species based on technical, economic and ecological criteria. This diameter will be decided upon after analysis of the diametric structure and of management goals and limitations.
- Ban repeated cutting on the same plot (recutting). The logging period for a plot will be a maximum of three years in order to keep a certain flexibility in manufacturers' supplies.
- Limit the loggable volume per hectare to 25-30 cu.m/ha per rotation. Beyond this threshold logging damage becomes considerable (cf. fig. 3, p. 13). This maximum loggable volume must in all cases take into account the growth of the stand during the chosen rotation.
- Map and mark trees to be felled and optimize the haulage network based on their location and topography.
- Direct felling when possible (with trunks still with small diameters). In this case, the direction of the cut must take into account the direction of the haulage network as well as the location of future trees and regeneration areas.
- Coppice regeneration shoots damaged by logging.

THINNING TO IMPROVE STANDS

Thinning may be carried out either by the simple removal of trunks of secondary species or by logging commercial trunks, followed, or not, by getting rid of selected secondary species. By means of a thinning operation in secondary species, conducted hand in hand with logging, it is possible to speed up the restoration of the loggable commercial species stock. In the event of a large accumulation of loggable standing timber, it is possible to reduce the period between two successive logging operations to around twenty years. This minimum period only permits a partial restoration of the commercial stock. In secondary for-

est, which is less rich in commercial species because of previous logging, a logging rotation of 30-50 years is recommended.

Thinning operations in secondary species offer a chance to shorten the restoration cycles of the commercial stock. They stimulate the growth dynamics of stands that have had standing timber for at least ten or so years. Over time, they are necessary for maintaining the balance between commercial and secondary species. A systematic removal of commercial trunks in the dominant state by logging in fact results in a swift impoverishment of the stand in terms of commercial species. The use of thinning operations in secondary species involves one or two simple guidelines :

- Thinning operations are optional, in relation to the degree of management involved and logging intensity.
- Systematic thinning should be banned.
- Selective thinning operations will be carried out to encourage future trees (diameter less than 50 cm) on a previously drawn up list of commercial species.
- Thinning will be carried out within a radius of about 10 metres around selected future trees.
- Thinning operations will be carried out by simple removal or felling. The use of arboricides is banned.

DON'T FORGET NATURAL REGENERATION !

One or two general recommendations can be made for natural regeneration :

- For commercial species, it is important to keep seed-bearing trees evenly distributed for all species. Non-logged clumps, for example, may be kept within logged plots, as can large trees.
- Opening up the cover should be done carefully in order to limit the spread of creepers and other undesirable adventitious plants in the holes made. Large holes in the cover often give rise to a mediocre regeneration of commercial species (except for Okoumé, Ayous and Limba) and low species diversity.
- Efforts will be made to reduce logging damage which may destroy or harm much of the regeneration. The main damage in the regeneration occurs during hauling, which must be carefully carried out and monitored.

The first thing that simply must be done concerns logging : this must be optimized. Large-scale intensification of silviculture (clearing, creeper removal, thinning) is always a short-term option. In fact, it presupposes a very considerable human, scientific, technical and material investment. Logging should take account of the limitations of natural regeneration as well as the optimum production of valuable timber. Logging and silviculture must no longer be considered separately. Logging must become a real silvicultural tool. This approach thus requires a determination to take on-going action with a forward-looking view that embraces forest sustainability. □