

Dynamique spatio-temporelle des recrues forestiers au bord des pistes secondaires : Cas des UFA-CIB dans la cuvette congolaise

Missamba-Lola A. P.¹, Matondo R.¹, Marien J.N.^{1,2}, Samba-Kimbata M.J.³, Gillet J.F.⁴

(1) CRDPI, BP 1291, Pointe-Noire, Congo / e-mail : mpatrilola@yahoo.fr

(2) UPR BSEF, Biens et services des écosystèmes forestiers tropicaux, Campus international de Baillarguet, France

(3) Université Marien Ngouabi, Congo

(4) Nature+, Faculté Agronomique de Gembloux, Belgique.

Résumé

Cette étude est centrée sur les pistes secondaires des concessions forestières de la CIB dans la cuvette congolaise. L'exploitation terminée, les pistes secondaires sont abandonnées et pourront de nouveau être utilisées après trente ans. Leurs bordures sont appréhendées comme des zones de régénération potentielle d'espèces d'avenir. Le présent travail s'est fixé comme objectifs l'évaluation de la dynamique de régénération sur leurs bordures et la proposition des itinéraires sylvicoles. Pour atteindre ces objectifs, un inventaire botanique a été réalisé dans 90 placettes de 100 m² de surface unitaire installées dans deux grands types de formations végétales (forêt dense

et semi-ouverte à Marantaceae) d'âges différents (1,9 et 16 ans) à raison de 45 placettes par formation. Les résultats d'inventaire montrent un enrichissement graduel en essences héliophiles (*Terminalia superba*, *Millettia laurentii*, *Lophira alata* et *Pterocarpus soyauxii*) sur les pistes secondaires en forêt semi-ouverte à Marantaceae de 1 et 16 ans et en essences sciaphiles (*Staudtia stipitata* et *Lovoa trichilioïdes*) en forêt dense. Ces différentes espèces ont une régénération potentielle faible dans l'ensemble ou presque nulle dans certaines zones. Après analyse de la situation, des suggestions à caractère sylvicole sont proposées.

Mots clés : Cuvette congolaise, CIB, dynamique de régénération, pistes secondaires

Abstract

This study is centered on the secondary tracks of the forest concessions of the CIB in the Congolese basin. The finished exploitation, the secondary tracks are given up and could be used again after thirty years. Their edges are apprehended like zones of potential regeneration of species with a future. This work was fixed like objectives the evaluation of the dynamics of regeneration on their edges and the proposal of the forestry routes. To achieve these goals, a botanical inventory was carried out in 90 small squares of 100 m² unit surface installed in two great types of vegetable formations (dense and half-open forest with Marantaceae

of different ages (1,9 and 16 years) at a rate of 45 small squares per formation. The results of inventory shows a gradual enrichment out of heliophilous species (*Terminalia superba*, *Millettia laurentii*, *Lophira alata* and *Pterocarpus soyauxii*) on the secondary tracks with Marantaceae of 1 and 16 years and out of shade-loving species (*Staudia stipitata* and *Lovoa trichilioïdes*) in dense forest. These various species have a low in the whole or almost zero potential regeneration in certain zones. After analysis of the situation, suggestions in forestry matter are made.

Keywords: Congolese basin, CIB, dynamic of regeneration, secondary tracks

1. Introduction

Les premières études s'intéressant d'une part aux dégâts de l'exploitation et d'autre part à la recolonisation des espèces ont été menées essentiellement dans un but sylvicole. Les principaux objectifs de ces recherches étaient de mieux connaître les conséquences de l'exploitation et de

son intensité sur la production future de bois d'œuvre car, plus l'impact de la récolte sur le peuplement est important, plus le retour de celui-ci à un niveau de production acceptable est lent (Dupuy, 1998). Ces études d'orientation sylvicole ont donc permis de démontrer que l'exploitation forestière en fonction de son intensité et des techniques utilisées peut avoir des

conséquences diverses sur l'ensemble de l'écosystème notamment sur la régénération des espèces.

Pour mener à bien leurs travaux, les gestionnaires ont besoin d'outils fabriqués par les chercheurs. L'un de ceux-ci est la typologie zonale des stations forestières qui permet l'identification des principaux types d'écosystèmes d'une zone naturelle et qui précise les données fonctionnelles fondamentales et les potentialités en essences utilisables avec profit. Il est donc important de caractériser chaque compartiment spatio-temporel par son système dynamique de végétation (phases progressives et régressives). En effet, la mise en exploitation d'un massif, en forêt dense dite primaire, intervient à trois niveaux (Estève, 1983 ; Laurent et Maître, 1992 ; CIRAD, 1993) : la création de la base vie, la constitution d'un réseau routier d'évacuation de bois et la réalisation des opérations d'exploitation (abattage et débardage). La mise en place d'un réseau routier correspond à la destruction d'environ 5 % du couvert (Estève, 1983). Le prélèvement moyen par l'exploitation forestière en Afrique était de 8 m³/ha, contre 13 m³/ha pour les forêts américaines et 27 m³/ha pour les forêts asiatiques (Bertrand, 1986). Avec la valorisation croissante des différentes espèces, on assiste à une régulière augmentation du prélèvement en volume. Il en résulte une densité élevée en réseau routier, 10 à 12 km pour 1000 ha pour des forêts riches et facilement accessibles et une densité du réseau routier comprise entre 5 et 8 km pour 1000 ha dans le cas des forêts pauvres et d'accès difficile où le coût de construction unitaire des routes est élevé (Dupuy, 1998).

La Congolaise Industrielle des bois (CIB) exploite principalement une vingtaine d'essences. Cette société a une production totale de 395 000 m³/an. Elle parcourt en première coupe environ 6449 ha/an, pour un prélèvement moyen de 2 tiges à l'hectare. L'exploitation se déroule dans une concession d'environ 1 300 000 hectares, divisée en assiette de coupe de superficie proportionnelle à la richesse en essences commerciales. Cette concession est constituée d'un réseau routier d'environ 3140 km que Meoli (2005) synthétise en trois grands types : axe lourd de liaison inter-site CIB et d'exportation de bois, route principale d'exportation et piste secondaire d'exploitation. Ces dernières ont une utilisation de courte durée et permet leur accès et l'extraction du bois sur des zones directement concernées par l'exploitation. Leurs ouvertures représentent à elles seules environ 1% de la surface totale (1,32%) occupée par l'ensemble des routes dont la longueur moyenne par surface exploitée est de 4,3 m/ha (Meoli, 2005).

Deux hypothèses ayant servi de repère à cette étude sont formulées : i) à l'échelle d'une piste secondaire, les espèces forestières possèdent des invariants (stratégie adaptative, potentiels de semences) aux logiques dynamiques identiques. ii) les bordures des pistes secondaires sont favorables à la reconstitution forestière des essences commerciales.

Le principal intérêt de ce travail a été de décrire la diversité floristique aux abords des pistes secondaires de différents âges et d'évaluer la dynamique de la végétation sur les pistes secondaires après abandon. A partir des résultats d'inventaire et d'analyse, cette étude permettra de préciser les priorités de recherches d'ordre sylvicole qui pourraient contribuer à optimiser les itinéraires sylvicoles, tant du point de vue de la productivité forestière que de la durabilité de l'exploitation forestière. Il est donc nécessaire, de raisonner à partir d'une sélection d'espèces s'étendant au-delà des seules espèces présentes sur un site à une date donnée. En effet, les espèces commerciales potentiellement exploitables sont toutes aussi importantes à connaître pour prévoir les essences à favoriser.

2. Matériel et méthodes

2.1. Cadre de l'étude

La cuvette congolaise occupe une position centrale et orientale dans le Congo septentrional englobant aussi le département de la Sangha au sein duquel se trouvent les UFA-CIB. Il a des limites avec deux autres départements : la cuvette au Sud et la Likouala au Nord. Du Sud vers le Nord, les UFA-CIB s'étendent sur 656,8 km environ entre les latitudes 16° E et 18° O. La largeur moyenne est de 450 km entre les longitudes de 0° N et 3° S (figure 1). Le département de la Sangha est l'un des plus importants en superficie forestière (environ 6 345 000 ha). Il est également le moins étudié. Du point de vue floristique, la région de la Sangha est un cas particulier de la forêt à Marantaceae, Ulmaceae, Sterculiaceae, Sapotaceae et Méliaceae. Ce type de forêt a l'avantage d'inclure la plupart des grands arbres qui attirent particulièrement l'attention *Entandrophragma* (Sapelli, Sipo, Tiama), *Khaya* (Acajou blanc), *Triplochiton* (Ayous), *Autranella congolensis* (Mukulungu). Gillet (2004), en étudiant la régénération naturelle sur le débardage en formation ouverte à Marantaceae de cette région, s'est rendu compte que la régénération est plus importante sur les pistes de débardage lorsque la formation est davantage ouverte. Ce résultat quantitatif obtenu sur les débardages, renforce l'idée des potentialités de régénération dont regorgeraient

les bordures des pistes secondaires plus ouvertes que les débarriages. Il est apparu nécessaire de soutenir ce constat par une expérimentation comparant les niveaux d'efficience des réponses des espèces en fonction de leur milieu.

2.2. Délimitation d'une aire d'étude représentative et choix des sites

La première étape de notre recherche était de situer, soit à l'aide du SIG, soit à l'aide d'observations personnelles faites au sol, les différents sites d'étude dans leurs dimensions « espace » et « temps ». Ces deux dimensions sont fondamentales dans le choix des placettes et dans la compréhension de la dynamique de recolonisation au niveau des pistes secondaires post exploitation. La préoccupation essentielle est de réaliser, à travers un échantillonnage adéquat, la typologie des formations végétales en présence. Nous avons ainsi réalisé des relevés dans deux formations végétales les plus représentatives; à savoir les forêts

denses à Ulmaceae et Sterculiaceae localisées dans les zones de Bomassa, Djaka et carrefour Ndoki et les forêts semi-ouvertes à Marantaceae localisées dans les zones de Mbirou, Djenga et Kabounga (figure 2). Dans chacune des zones, nous avons établi, aux abords immédiats de la piste secondaire, des placettes de 100 m² (10 m x 10 m) pour limiter l'influence des peuplements adjacents (Doucet, 2003). En général, il subsiste au-delà de 20 m de la piste, après ouverture, un grand nombre d'arbres et d'arbustes du peuplement antérieur. Les inclure biaiserait les résultats.

Pour avoir une vue plus globale de la reconstitution de la forêt en bordure de pistes secondaires, nous avons utilisé l'approche synchronique. Cette approche est réalisée par classification hiérarchique des données environnementales, floristiques et dendrométriques sur un échantillon de placettes représentatives des variations stationnelles. Ce qui imposait un nombre assez important de placettes dans les deux formations végétales retenues.

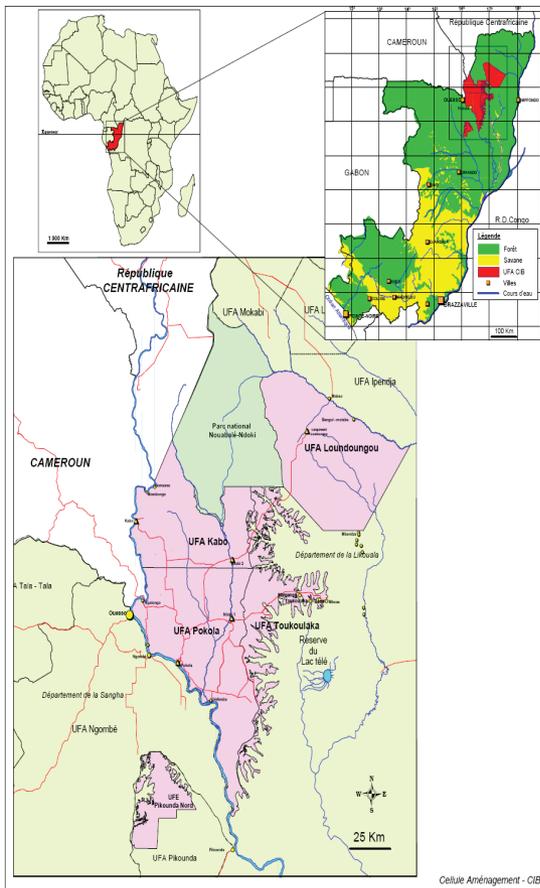


Figure 1 : Carte de situation des UFA-CIB

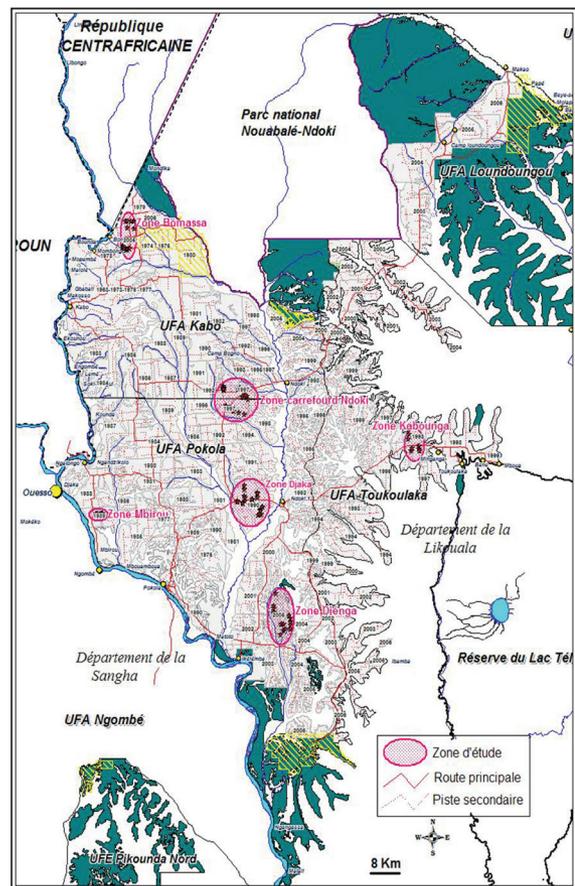


Figure 2 : Répartition spatiale des placettes d'étude dans la concession CIB (Cellule Aménagement – CIB)

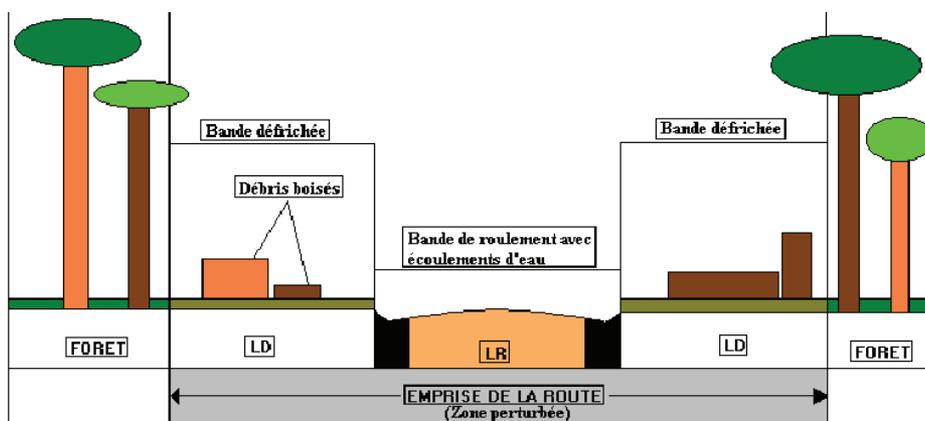


Figure 3 : Emprise d'une piste secondaire sur le peuplement de bordure (LR = largeur de la bande de roulement 8,8 m, LD = largeur de la zone défrichée 50,5 m) (Meoli, 2005)

Dans tout le texte, le terme forêt dense à dominance de *Sterculiaceae* et *Ulmaceae* (FD) s'applique aux forêts dont le peuplement est fermé avec des arbres et arbustes atteignant diverses hauteurs ; où il n'y a presque pas des graminées au sol, mais souvent des plantes suffrutescentes et, plus rarement, des plantes herbacées non graminéennes à larges feuilles. Celui de formations semi-ouvertes à *Marantaceae* (FSOM) s'applique à celles dont les arbres, très clairsemés, forment une voûte très irrégulière de hauteur moyenne (20-30 m), comportant de nombreuses trouées atteignant parfois de grandes dimensions (celles de 500 à 1000 m² sont les plus fréquentes).

Dans chacune de ces deux formations, nous avons disposé les placettes selon un plan aléatoire temporel de l'ouverture des pistes secondaires : les trois périodes retenues correspondent aux années 2005 (1 an), 1997-1998 (8-9 ans), 1989-1990 (16-17 ans) à raison de 15 relevés par année d'exploitation. Les placettes ont été ensuite établies au hasard le long de chaque piste secondaire. Nous avons ainsi installé au total 90 placettes, soit 45 placettes par formation. Nous avons utilisé un appareil GPS pour obtenir les coordonnées de chaque placette.

2.3. Installation de la placette et relevés de données dendrométriques et floristiques

Contrairement au transect qui met en évidence un gradient d'hétérogénéité des milieux traversés, nous avons utilisé la placette qui, elle, permet de sonder plus intensément une surface supposée homogène pour obtenir une masse critique d'informations que ne fournit pas le transect. A l'instar de Maître (1987), nous avons choisi de mesurer deux paramètres simples (la hauteur et le diamètre) afin d'établir un modèle qui soit en relation avec les paramètres de l'aménagement forestier

: nombre d'individus, diamètre d'exploitation, densité et surface terrière des tiges, production des semis. La subdivision en classes de diamètre et de hauteur est souvent utilisée pour étudier les forêts denses humides (Bertault, 1986 ; Dupuy et N'Guessan, 1992).

Pour installer chaque placette de 100 m², sous la direction d'un boussoleur, un machetteur de tête ouvrait une piste de 10 m, perpendiculaire à la bande de roulement (figure 3). Le boussoleur mesurait l'azimut, guidait le machetteur de tête et procédait à des vérifications de l'azimut de façon à ce que l'angle soit toujours droit à chaque virée pour avoir une placette carrée. La faible longueur du tracé permettait au boussoleur d'effectuer aussi les mesures de distance au sol au moyen d'un topofil ou d'un double décamètre et à placer en même temps les jalons matérialisant la bande et la placette (photo 1). L'équipe de comptage était composée de trois personnes. Un pointeur qui remplissait une fiche blanche pour chaque placette. Deux compteurs identifiaient les espèces et mesuraient la hauteur des plantules, arbustes et arbres à l'aide d'une perche de 2 m graduée en dizaine de centimètre, puis le diamètre des tiges rencontrées à l'aide d'un pied à coulisse, suivant les modalités retracées à la figure 4 (photo 2 et 3). Sur la bande centrale de 20 m² (2 m x 10 m), toutes les plantules ligneuses inférieures à 2 m ont été déterminées et mesurées en hauteur avec une précision de 10 cm, de 1 à 19 (classes de 1, 2,...,19). L'étude de la régénération naturelle présente un intérêt selon Rollet (1969). Elle est à la base des problèmes pratiques de mise en production des peuplements (Bertault 1986, Bariteau 1993).

Les espèces d'arbres, d'arbustes, de lianes et d'herbacées ont été identifiées par une équipe de compteurs locaux expérimentés ayant participé à

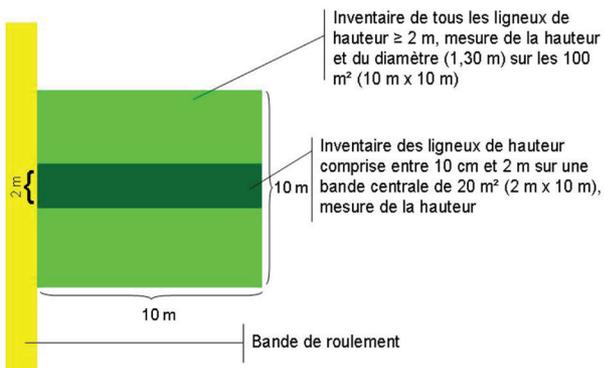


Figure 4 : Modalités d'inventaire en bordure de pistes secondaires



Photo 1 : Matérialisation de la placette d'inventaire en bordure de piste secondaire de l'Ufa-cib Kabo



Photo 2 : Mesure à la perche de la hauteur des arbres de bordure d'une piste secondaire de 1 an

plusieurs campagnes d'inventaire de forêt. Les identifications ont suivi une nomenclature vernaculaire (en Mbedjélé) qui a été affinée et accomplie pour les conditions d'inventaire. Les noms commerciaux, vernaculaires, d'espèces et la famille de chaque taxon ont été identifiés.

En raison des difficultés d'identification d'espèces dans des forêts tropicales, l'utilisation d'une nomenclature vernaculaire a posé quelques problèmes : les espèces botaniques différentes pouvaient être retrouvées sous le même nom vernaculaire. Lorsque l'identification immédiate d'une espèce était impossible sur le terrain, un échantillon était prélevé et déterminé ultérieurement en le comparant aux spécimens d'herbier rassemblés par Gillet (2004).

2.4. Analyse des données

Les données d'inventaire ont été saisies, traitées et analysées à l'aide du logiciel Excel office professionnel 2003. Utiliser des variables plus complexes produirait peut-être un modèle plus sophistiqué sur le plan fondamental, mais en contrepartie sans doute moins opérationnel sur le plan pratique. Nous avons opté pour une démarche appliquée.

On retiendra pour juger de l'importance d'une espèce les aspects que Curtis (cité par Rollet, 1963) synthétise en trois : i) l'abondance ou le nombre d'individus de l'espèce ; ii) la dominance ou la surface terrière de l'espèce ; iii) la fréquence ou le nombre de placettes où l'espèce est présente. Pour déterminer quelles espèces étaient les plus « importantes », nous avons utilisé comme indice l'importance relative (Ir).

Cet indice est égal à la somme de sa densité relative (nombre total d'individus d'une espèce divisé par



Photo 3 : Mesure du diamètre des arbres à l'aide du pied à coulisse

le nombre total d'individus de l'échantillon), de la surface terrière relative (surface terrière totale de l'espèce, divisée par la surface terrière de l'ensemble des espèces) et de la fréquence relative (nombre de parcelles où l'espèce est présente, divisé par le nombre total de parcelles étudiées). Nous avons ensuite classé les espèces selon leur Ir, l'espèce à l'Ir le plus élevé étant considérée comme la plus « importante » dans la parcelle (Curtis et McIntosh 1951). Pour établir l'importance relative des familles, nous avons utilisé comme indice la diversité relative (nombre d'espèces au sein d'une famille divisé par le nombre total d'espèces) sommée à la densité relative et la surface terrière relative. Les mesures de la diversité dans chacune des formations végétales ont été faites à base des indices de Simpson et de Shannon.

- l'indice de Simpson

$$H = -\sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_2(p_i) \tag{Eq. 1}$$

- l'indice de Shannon

$$D_{Si} = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2 \tag{Eq. 2}$$

i : une espèce du milieu d'étude.

P_i : proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude, qui se calcule de la façon suivante :

$$p(i) = n_i/N \tag{Eq. 3}$$

n_i : nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total.

Par ailleurs, nous avons utilisé les densités spécifiques de chaque formation végétale, sur la base des âges des pistes secondaires, pour identifier les essences commerciales en régénération acquise (d'au moins 2 m de hauteur) et en régénération installée (inférieure à 2 m de hauteur).

3. Résultats

3.1. Caractéristiques générales

- Densité et structure floristique des peuplements

La densité de tiges est estimée à partir des recensements de l'échantillonnage systématique. Au total 4212 arbres et arbustes individuels représentant 184 espèces ont été trouvés sur l'ensemble des placettes. En considérant seulement les pieds dont la hauteur dépasse 2 m, on atteint 1811 tiges et une surface terrière de 10,9 m²/ha. Ce qui est indicatif de la présence dominante d'individus de faibles diamètres (Figure 5).

Les pistes secondaires sont étudiées par rapport à l'âge de leur ouverture (figure 6). Le nombre moyen des tiges ($h > 2$ m) sur l'ensemble des placettes est de 46,7 tiges par placette avec un effectif moyen plus important dans les placettes de 9 et 16 ans (respectivement de 51,5 et 52,4 tiges).

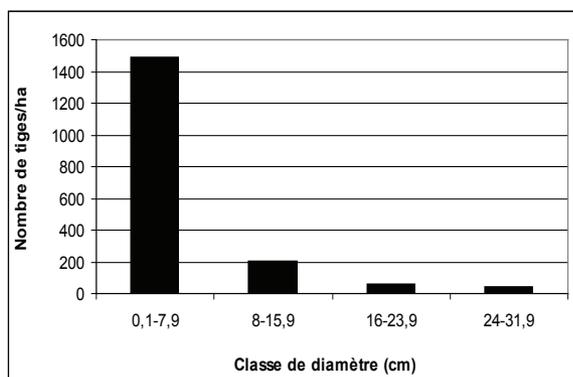


Figure 5 : Structure diamétrique du peuplement pour les 90 placettes ($h > 2$ m)

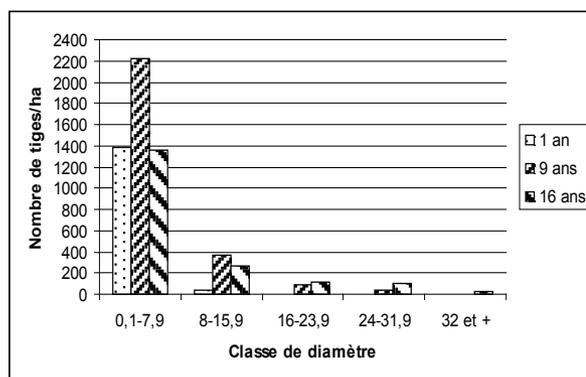


Figure 6 : Structure diamétrique du peuplement par âge pour les 90 placettes

Tableau 1 : valeurs des indices calculés par type de formations végétales des peuplements d'arbres de plus de 2 m de hauteur

Type de formations végétales	Forêt dense	Forêt semi ouverte à Marantaceae
Nombre d'espèces	131	105
Indice de Simpson	0,67	0,81
Indice de Shannon	0,46	0,52

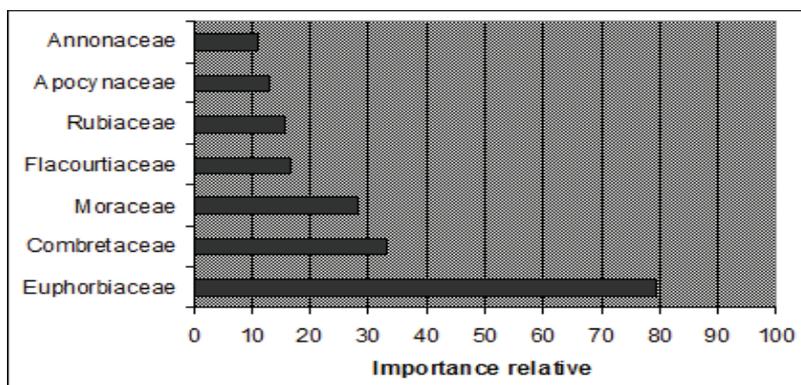


Figure 7 : Familles les plus importantes dans les 90 placettes

3.2. Richesse et diversité floristique

L'analyse des paramètres de richesse et de diversité floristique présentés dans le tableau 1 permet de distinguer les deux formations végétales étudiées. La richesse spécifique est plus élevée en forêt dense par rapport à la forêt semi-ouverte à Marantaceae, l'indice de Simpson appuie cette différence. L'indice de Shannon permet de juger de la diversité des formations étudiées. La forêt semi-ouverte présente les meilleures diversités floristiques par rapport à la forêt dense.

3.3. Caractérisation floristique des placettes

Il s'agit d'indiquer quelles sont les familles et les espèces les plus abondantes dans les placettes et dans les bandes de régénération.

3.3.1. Les familles

Au total 47 familles ont été dénombrées dont sept parmi les plus importantes dans les 90 placettes ($h > 2$ m) sont représentées par la figure 7. Ce sont les *Euphorbiaceae* qui sont les plus abondantes, principalement suite à la présence de deux espèces : *Macaranga barteri* (197 individus) et *Tetrorchidium didymostenon* (104 individus). Les *Combretaceae*, bien que moins abondantes que les *Euphorbiaceae*, possèdent des valeurs élevées en densité dominées par une espèce *Terminalia superba* (195 individus).

Les placettes et les bandes de régénération présentent 42 familles en commun, soit 98,6 % du peuplement total ($n = 4156$). Les cinq familles absentes dans la bande de régénération sont les *Agavaceae*, *Clusiaceae*, *Connaraceae*, *Passifloraceae*, *Verbebenaceae*. La famille la plus semblable en nombre d'individus ($n=530$) est celle des *Euphorbiaceae*. Au contraire, la bande de régénération se montre clairement différente de la placette par les faibles effectifs de certaines familles comme les *Combretaceae* avec 49 et 266 et les *Meliaceae* avec 145 et 27 respectivement.

3.3.2. Composition floristique par âge et par formation

Le tableau 2 montre les espèces les plus importantes en formation semi-ouverte (FSOM) à *Marantaceae* et en forêt dense (FD).

En FSOM, on note l'émergence des *Euphorbiaceae* arborescentes pionnières et des espèces caractéristiques des bordures des routes (*Trema orientalis* et *Harungana madagascariensis*) à partir de 1 an. A 9 ans, on constate une prépondérance du limba *Terminalia superba* ($Ir = 61,9$), seule essence commerciale assez bien représentée, avec par endroits la parasolaire à *Leea guineensis* et l'importance d'une liane épineuse invasive : *Acacia kamerunensis*. Les espèces appartenant à la famille d'*Euphorbiaceae* sont toujours bien présentes.

Après 16 ans, il existe encore beaucoup d'espèces de la famille des *Euphorbiaceae* avec une apparition diffuse des espèces ligneuses de sous-bois à tendance sciaphile : *Millettia sanagana* et *Trichilia rubescens*. Quelques gros pieds de parasoliers *Musanga cecropioides* persistent. En FD, un nombre important d'*Euphorbiaceae* est constaté dans cette formation une année après exploitation avec une prépondérance des espèces plus exigeantes en lumière (moins pionnières) telles les genres *Grossera*, *Drypetes*. Il est à noter que pour le premier âge l'espèce commune à ces deux formations et la plus importante est *Macaranga barteri*. On y trouve aussi beaucoup de petits ligneux de sous-bois comme les genres *Diospyros*, *Thomandersia*, *Tabernaemontana*, *Rinorea*, *Hunteria* et *Microdesmis* et une liane abondante *Ostryoderris spp.* On constate après 9 ans une forte diminution des espèces de sous-bois citées ci-dessus (seul *Thomandersia* persiste) avec une apparition de deux essences commerciales: le limba (*Terminalia superba*) et le tali (*Erythrophloeum ivorense*) dans une moindre mesure.

Tableau 2 : Importance relative et composantes des espèces prépondérantes (Ir > 5) en FSOM et en FD, après exploitation

Espèce	Familie	Importance relative					
		1a	1b	9a	9b	16a	16b
<i>Acacia kamerunensis</i>	Mimosaceae					5,6	
<i>Alchornea cordifolia</i>	Euphorbiaceae	16,1					
<i>Carapa procera</i>	Meliaceae		7				
<i>Cleistopholis patens</i>	Annonaceae	9,5			7,1		
<i>Diospyros bipindensis</i>	Ebenaceae		10,9				
<i>Diospyros canaliculata</i>	Ebenaceae		8,4				
<i>Discoglypemma caloneura</i>	Euphorbiaceae	31,2	9,6	6,3	10,7		
<i>Drypetes spp</i>	Euphorbiaceae		26,6				
<i>Erythrophleum ivorense</i>	Caesalpiniaceae				5,1		
<i>Funtumia elastica</i>	Apocynaceae			10,6	18,5	14,2	
<i>Grossera macrantha</i>	Euphorbiaceae		10,3				
<i>Harungana madagascariensis</i>	Hypericaceae	7,8					
<i>Leea guineensis</i>	Leeaceae			5,6			
<i>Macaranga barteri</i>	Euphorbiaceae	48,6	93,5	11			19,5
<i>Macaranga spinosa</i>	Euphorbiaceae			9,9		18,9	9,8
<i>Margaritaria discoidea</i>	Euphorbiaceae	9,8		5,1		5	13
<i>Millettia sanagana</i>	Fabaceae					8,9	7,9
<i>Musanga cecropioides</i>	Moraceae			49,1		40,4	9,3
<i>Oncoba welwitschii</i>	Flacourtiaceae	33,3			12,7	22,4	11,6
<i>Rinorea cf. dentata</i>	Violaceae		8,1				5,9
<i>Tabernaemontana spp</i>	Apocynaceae		10,5				
<i>Terminalia superba</i>	Combretaceae			61,9	38,5	29,2	18,2
<i>Tetrorchidium didymostenon</i>	Euphorbiaceae	45,8		9,5	43,1		12,8
<i>Thomandersia hensii</i>	Acanthaceae		10,2		13,1		6,4
<i>Trema orientalis</i>	Ulmaceae	20,7					
<i>Trichilia rubescens</i>	Meliaceae					6,8	
Autres		77,2	104,9	131	151,2	148,6	185,6
Total		300	300	300	300	300	300

3.4. Répartition temporelle et par formation végétale de la densité des essences commerciales au bord de pistes secondaires

Les tableaux 3 et 4 présentent la densité des essences à fortes valeurs commerciales en forêt dense et à *Marantaceae*. Le tableau 3 donne des indications sur les tiges supérieures à 2 m de hauteur et le second de la régénération installée ($h < 2$ m) en bordure de pistes secondaires. Globalement, on constate une apparition de l'ensemble des essences exploitées (comme l'azobé) avec un temps d'installation plus long pour les longhis (à partir de 16 ans). L'acajou et l'anigré

(10 tiges/ha) ont globalement une régénération déficitaire. Les espèces qui s'installent au début après ouverture restent le limba (avec un record de 130 tiges/ha) en régénération acquise, le padouk, le bilinga, etc. A l'instar du limba, le wengué et le tali sont les espèces les plus abondantes en formation à *Marantaceae* tandis que le Niové semble avoir une préférence pour les zones de forêt dense.

Concernant la modification progressive de la composition floristique le long des pistes secondaires âgées de 1 an jusqu'à celles de 16 ans ; on constate

un enrichissement graduel en essences héliophiles longévives. Le Wengué (*Millettia laurentii*) pousse presque exclusivement sur les pistes secondaires de forêt semi-ouverte à *Marantaceae* de 1 et 16 ans tandis que le Limba (*Terminalia superba*), l'Azobé (*Lophira alata*) et le Padouk (*Pterocarpus soyauxii*) semblent tolérer les deux milieux quel que soit l'âge de la piste secondaire. On assiste ensuite à l'émergence des sciaphiles comme le Niové (*Staudia stipitata*) et le Dibetou (*Lovoa trichilioïdes*) qui poussent préférentiellement sur les pistes secondaires de forêt dense de 16 ans. Ces différentes espèces ont une régénération potentielle faible dans l'ensemble ou presque nulle dans certaines zones, mais elles sont capables de grandes performances sylvicoles.

4. Discussions

4.1. L'apparition des espèces en bordure des pistes secondaires révèle des invariants

D'une manière générale, et en tenant compte des variations régionales, les caractéristiques structurales (densité, surface terrière, proportion en *Euphorbiaceae*) du site d'étude sont comparables à celles des autres forêts environnantes ; celles-ci se caractérisent par une nette dominance des *Euphorbiaceae* (Moutsamboté et al., 1994 ; Gillet, 2004). L'importance croissante de ce taxon en terme de densité au sein des zones secondarisées, d'après Paget et Desmet (2004) est confirmée par la présente étude. Les ouvertures des bordures de pistes secondaires ont favorablement déclenché la régénération avec une forte densité des arbres de petits diamètres. La faible présence des arbres de grands diamètres avant 16 ans de l'abandon expliquerait ceci et serait plutôt un résultat attendu. En raison donc de la concurrence entre les individus et de la prédominance des espèces pionnières en bordures de pistes secondaires, le nombre d'individus diminue avec la surface terrière. Seuls les arbres les plus vigoureux et à longue durée de vie ont pu subsister jusqu'à 16 ans et pourront progressivement arriver au stade de la forêt initiale. Cette constatation nous amène à dire que pour une prédiction concernant les peuplements d'avenir, il importe de savoir quelle vitesse de croissance il faudra pour que les essences commerciales atteignent leur diamètre d'exploitabilité. Le limba par exemple, après une rotation de 30 ans, en extrapolant le diamètre de façon linéaire, on peut s'attendre à retrouver ceux de 22,8 cm + 16,1 cm de diamètre moyen. Par contre, l'ouverture de bordures des pistes secondaires n'aura pas eu un impact sur la diversité des espèces puisque toutes les espèces, les

Tableau 3 : Evolution de la densité de la régénération acquise (h > 2 m)

Essences	Densité par âge et par formation (tiges/ha)					
	1 an		9 ans		16 ans	
	FSOM	FD	FSOM	FD	FSOM	FD
Acajou	0	10	0	0	0	0
Aniegre	0	10	0	0	0	0
Ayous	0	0	0	0	30	0
Azobé	0	0	10	50	10	0
Bilinga	10	60	0	0	0	0
Bossé clair	0	0	0	10	0	0
Bossé foncé	0	10	0	0	0	0
Dibetou	0	0	0	0	10	0
Iroko	0	0	0	0	0	10
Kossipo	0	0	20	20	10	10
Kotibé	0	0	10	10	10	10
Limba	20	0	610	430	10	130
Longhi/abam	0	0	0	10	0	10
Longhi/beg	0	0	0	0	0	0
Longhi/perp	0	0	0	0	0	0
Niové	0	0	30	30	0	20
Padouk	10	0	40	20	10	30
Sapelli	0	10	0	10	0	0
Tali	0	10	30	30	0	0
Tiama	0	0	0	0	0	10
Wengué	10	0	10	0	10	10

genres et les familles sont demeurés aussi diversifiés. Bien que la diversité des espèces soit relativement peu influencée, la composition des essences à fortes valeurs commerciales, par type de formation (notamment les longhis), est moins importante avec une faible régénération de l'aniegré et de l'acajou dans les deux formations. Ces résultats concordent avec ceux de Medjibe et Hall (2002), Hall et al., (2003) et Paget et Olivier (2004) qui trouvent que les acajous en particulier ne régénèrent pas bien dans les forêts exploitées quoique les bordures des pistes secondaires des UFA-CIB se distinguent, pour leur part, par leur richesse en régénération installée de *Meliaceae* et en régénération acquise de *Combretaceae* (notamment avec le *Terminalia superba*) supérieure à celle des forêts exploitées. Elles se caractérisent aussi notamment par des *Euphorbiaceae* héliophiles (*Macaranga spp.* et *Tetrochidium didymostenon*). L'abondance de ces espèces est liée justement aux ouvertures des pistes secondaires lors de l'exploitation favorisant leur régénération.

Tableau 4 : Evolution de la densité de la régénération installée (h < 2 m)

Essences	Densité par âge et par formation (tiges/ha)					
	1 an		9 ans		16 ans	
	FSOM	FD	FSOM	FD	FSOM	FD
Acajou	0	30	0	0	30	70
Aniegré	0	30	0	0	0	0
Ayous	0	0	0	0	0	0
Azobé	0	0	30	30	0	0
Bilinga	170	300	0	0	0	0
Bossé clair	0	30	170	0	0	500
Bossé foncé	0	70	0	30	0	30
Dibetou	0	70	30	0	0	430
Iroko	0	0	0	0	0	30
Kossipo	0	0	100	100	30	30
Kotibé	0	0	130	70	30	130
Limba	530	470	170	200	0	0
Longhi/abam	0	0	0	200	0	0
Longhi/beg	0	0	0	0	0	70
Longhi/perp	0	0	0	0	0	30
Niové	0	30	300	130	700	970
Padouk	170	370	30	0	130	0
Sapelli	30	70	100	370	100	0
Tali	130	70	30	0	30	0
Tiama	0	0	30	270	30	230
Wengué	200	0	0	0	70	0

FSOM = forêt semi-ouverte à Marantaceae, FD = forêt dense

En dépit des différences parfois très marquées entre les forêts denses et à *Marantaceae*, on retrouve des points communs à certaines forêts tropicales. Le Niové (*Staudtia stipitata*) et le Dibetou (*Lovoa trichilioïdes*) poussent préférentiellement sur les pistes secondaires de forêt dense alors que le Wengué (*Millettia laurentii*) pousse presque exclusivement dans les formations à *Marantaceae* tandis que le Limba (*Terminalia superba*), le Padouk (*Pterocarpus soyauxii*), l’Azobé (*Lophira alata*) semblent tolérer les deux milieux dus très certainement à une importante présence des producteurs. Si certaines études relient les variations floristiques, au sein d’un massif forestier, à des facteurs édaphiques (Pemadosa et Gunatikelle, 1981 ; Baillie et al., 1987), cette première approche a plutôt privilégié la dynamique forestière comme facteur influençant la composition floristique de la forêt. Cependant, il a été constaté que les zones hydromorphes abritent un grand nombre de limbali (*Gilbertiodendron dewevreii*). Le fait que ces zones

ne soient pas généralement incluses lors du tracé des pistes secondaires, justifie les très faibles effectifs de cette espèce dans nos inventaires ; et le fait aussi que cette espèce produit d’abondantes quantités de graines larges et lourdes suggère que leur dispersion se limite probablement aux endroits proches de l’arbre mère (Blake et Fay, 1997).

4.2. La dynamique de reconstitution des pistes secondaires n’est pas uniforme

Deux tendances évolutives semblent en résulter suivant le type de formation végétale étudiée (forêt dense et formations à *Marantaceae*) : la transgression par la forêt et la reconstitution de la piste secondaire. Sur les pistes secondaires de forêts denses, la tendance évolutive générale est l’installation d’un couvert forestier, par transgression forestière, à partir de 8-9 ans en l’absence de toute perturbation. La reconstitution quant à elle est observée sur des pistes plus larges (au moins 20 m) et sur d’anciens emplacements de parcs à grumes. On a remarqué que le retour à la forêt initiale d’une piste secondaire, après l’abandon, notamment en forêt à *Marantaceae*, ne semble être accéléré que par les animaux par dissémination des diaspores. En effet, de nombreuses études ont montré que les espaces ouverts ou défrichés entourés d’arbres et de buissons sont plus attractifs pour les animaux que les espaces homogènes (McDonnell, 1986 ; Campbell et al., 1990 ; Debussche et Isenmann, 1994). De ce fait, la quantité et la diversité des graines déposées par défécation (notamment par les éléphants), et l’établissement des plantules sont accrues sur les pistes secondaires des UFA-CIB.

Nous avons aussi observé dans notre zone d’étude, après une analyse floristique fine, deux phases physiologiques essentielles : d’abord herbacée (à 1-2 ans voir 3 ans en forêt dense de la zone de Bomassa) puis arbustive (à partir de 4 ans). Les premières étapes que nous avons rencontré sur les pistes secondaires sont décrites par la plupart des auteurs : apparition des adventices et des rudérales, rôle de premier plan joué par les ligneux pionniers comme Harungana et *Macaranga* spp. Mais, selon les zones géographiques étudiées, la composition floristique des dernières phases peut varier, soumise aux particularités écologiques et biogéographiques locales.

Notons cependant que, la présence animalière est à l’origine d’importants faciès de perturbation sur certaines pistes secondaires. Il semble que leur progression vers un tapis arboré soit limitée par la présence des animaux, du fait de la présence d’une

zone ouverte, entretenue par les passages réguliers des populations des éléphants rendant parfois difficile la transgression et la reconstitution. En observant un éléphant en train d'émonder des arbres de bordure de pistes secondaires, nous avons pu apprécier l'impact de cette pratique à l'échelle de l'arbre. Quelle dynamique végétale entretient la pression animale sur une piste secondaire?

5. Conclusion

L'inventaire des recrûs forestiers ainsi que la description de la diversité floristique aux abords des pistes secondaires et l'évaluation de la dynamique de régénération des espèces d'avenir ont été parmi les objectifs de cette étude. Le travail réalisé confirme que les pistes secondaires sont favorables à la régénération des essences commerciales. En effet, nous avons constaté un enrichissement graduel en essences héliophiles longévives le long des pistes secondaires âgées de 1 an jusqu'à celles de 16 ans. Le Wengué (*Millettia laurentii*) pousse presque exclusivement sur les pistes secondaires de forêt semi-ouverte à Marantaceae de 1 et 16 ans tandis que le Limba (*Terminalia superba*), l'Azobé (*Lophira alata*) et le Padouk (*Pterocarpus soyauxii*) semblent tolérer les deux milieux quel que soit l'âge de la piste secondaire. On assiste ensuite à l'émergence des sciaphiles comme le Niové (*Staudia stipitata*) et le Dibetou (*Lovoa trichilioides*) qui poussent préférentiellement sur les pistes secondaires de forêt dense de 16 ans. Ces différentes espèces ont une régénération potentielle faible dans l'ensemble ou presque nulle dans certaines zones, mais elles sont capables de grandes performances sylvicoles. À l'issue de cette étude, la foresterie peut renouer avec sa vocation originelle de production des plants par les méthodes de régénération naturelle et artificielle afin de satisfaire aux besoins fondamentaux des sociétés forestières. Pour cela, un réseau de placettes d'intervention sylvicole et témoins pourra être installé dans ces différentes zones écologiques :

1) sur quelques bordures de pistes secondaires: installation des placettes (sur 4 km à raison de 2 km par formation) permanentes de suivi de la dynamique des espèces (mortalité et croissance) dans les AAC de 1 ou 2 ans en forêt dense et semi-ouverte à Marantaceae pour contrôler l'apport d'espèces désirables. Dans les placettes témoins seules les essences exploitées ou à promouvoir de hauteur supérieure à 30 cm seront identifiées, marquées et suivies tous les 6 mois et ce pendant 3 ans environ. Dans les placettes d'intervention

sylvicole : dégagement des plantules d'avenir déjà installés, enrichissement et suivi de la croissance selon le même laps de temps ;

2) sur les placettes axes lourds : au cas par cas selon la végétation concurrente ;

3) sur les placettes chantiers forestiers. On procédera à l'identification des anciennes occupations humaines (jachères, marchés, garages,...) qui sera précédé d'une enquête en vue de sensibiliser les populations restantes à proximité des sites sur le travail à faire.

Remerciements

Ce travail n'aurait pu être possible sans le soutien financier et logistique concomitant de l'UR2PI (Unité de Recherche sur la Productivité des Plantations Industrielles) et du Projet CIB-FFEM (Fonds Français pour l'Environnement Mondial) et le précieux temps de Dominique PAGET, Philippe DELEPORTE, Bruno CHARBONNIER, Jean Louis DOUCET, Bernard MALLET, Benoît DEMARQUEZ, Bonaventure MENGHO, Olivier DESMET, Alfred TIRA, André OMBI, Grégoire KOSSA-KOSSA.

Bibliographie

Baillie, I. C., Ashton, P. S., Cour, M. N., Anderson, J. A. R., Fitzpatrick, E. A., Tinsley, J., 1987. Site characteristics and the distribution of trees species in mixed dipterocarp forest on tertiary sediments in central Sarawak, Malaysia. *Journal of Tropical Ecology* 3: 201-220.

Bariteau, M., 1993. La régénération naturelle avant et après exploitation sur le dispositif d'expérimentation sylvicole de Paracou en Guyane française. Thèse de doctorat, Université Paris 6, Paris, 264 p.

Bertrand, A., 1986. Les forêts tropicales dans le monde. Nogent sur Marne, CTFT, France. 16 p. (Document interne).

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. Thèse de doctorat, Université Nancy 1, Nancy, 254 p.

Blake, S. and Fay, J. M., 1997. Seed production by Gilbertiodendron dewevrei in the Nouabale-Ndoki National Park, Congo and implications for large mammals. *Journal of Tropical Ecology*, 13: 885-891.

Campbell, B. M., Lyman T. and Hatton J. C., 1990. Small-scale patterning in the recruitment of

- forest species during succession in tropical dry forest, Mozambique. *Vegetatio*, 87 : 51-57.
- CIRAD, 1993.** Fiches produits. Observatoire des marchés internationaux. Documents de travail en économie des filières. France, 10. 50 p.
- Curtis, J.T. and McIntosh, R.P., 1950.** The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* 31 : 434-455.
- Debussche, M. and Isenmann P., 1994.** Bird-dispersed seed rain and seedling establishment in patchy Mediterranean vegetation. *Oikos*, 69 : 414-426.
- Doucet J. L., 2003** L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon. Thèse de doctorat de 3^e cycle, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux. Belgique. 316 p.
- Dupuy, B., 1998.** Base pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide africaine. Série FORAFRI. Document 4. 328 p.
- Estève, J., 1983.** La destruction du couvert forestier consécutive à l'exploitation forestière de bois d'œuvre en forêt dense tropicale humide africaine ou américaine. *Bois et Forêts des Tropiques*, Nogent sur Marne, n°201 : 77-84.
- Gillet, J.F., 2004.** Dynamique forestière et régénération naturelle en essences commerciales et espèces concurrentes au sein des formations végétales à Marantaceae intactes et exploitées - Programme d'intervention sylvicole de l'ayous *Triplochiton scleroxylon* K.Schum. (Sterculiaceae). Congolaise Industrielle des Bois – Office Allemand de la Coopération Technique (GTZ). 91 p + annexes.
- Laporte, N., 2002.** Stratification forestière des UFA de Kabo, Pokola et Toukoulaka. Rapport technique, Congolaise Industrielle des Bois-Pokola, Université de Maryland, 16 p + annexes.
- Laurent, D. et Maître, H. F., 1992.** Destruction des ressources forestières tropicales : l'exploitation forestière en est-elle la cause. Nogent sur Marne, CIRAD, France. 109 p. (Document interne).
- McDonnell, M. J., 1986.** Old field vegetation height and the dispersal pattern of bird disseminated woody plants. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 113 : 6-11, cité par Slocum, 1997.
- Medjibe, V. et Hall, J. S., 2002.** Seed dispersal and its implications for silviculture of African mahogany in undisturbed forest in the Central African Republic. *Forest Ecology and Management*, 170: 249-257.
- Meoli, M., 2005.** Impacts de l'exploitation sur l'écosystème forestier dans les concessions de la Congolaise Industrielle des Bois (CIB). Cellule Aménagement – CIB. 79 p.
- Moutsamboté, J.M., Yumoto, T., Mitani, M., Nishihara, T., Suzuki, S. et Kuroda, S., 1994.** Vegetation and list of plant species identified in the Nouabale-Ndoki forest, Congo, *Tropics*. 3(3/4): 277-293.
- Paget, D., and Desmet, O., 2004.** Inventaire des ressources forestières de l'Unité Forestière d'Aménagement de Kabo (Congo). GTZ et TWE, Congolaise Industrielle des Bois, Tropical Wood Environment, Agence Française pour le Développement, Pokola, République du Congo. 105 p + annexes.
- Pemadosa, M. A. et Gunatikelle, C. V. S., 1981.** Pattern in rain forest in Sri Lanka. *Journal of Ecology* 69: 117-124.