

Itinéraires techniques d'aménagement des forêts de production en Afrique centrale

Nicolas BAYOL¹
Jean-Michel BORIE²

¹ Forêt ressources management (Frm)
Espace Fréjorgues-Ouest
60, rue Henri Fabre
34130 Mauguio
France

² Secrétariat de coopération
et d'action culturelle
de l'ambassade de France au Gabon
Coopération française
BP 2105, Libreville
Gabon

Reconstituer les forêts après l'exploitation implique de préciser un minimum souhaitable du point de vue quantitatif, en termes d'effectifs sur le long terme, et qualitatif, pour conserver la biodiversité. En s'appuyant sur l'expertise pratiquée en bureau d'études, les auteurs livrent leurs méthodes pour dresser et mettre en œuvre des plans d'aménagement, en matière d'inventaires et d'études d'accompagnement.



Piste forestière fraîchement ouverte. Dimako, Cameroun.
A newly opened logging road. Dimako, Cameroon.
Photo Jean-Michel Borie.

RÉSUMÉ

ITINÉRAIRES TECHNIQUES D'AMÉNAGEMENT DES FORÊTS DE PRODUCTION EN AFRIQUE CENTRALE

Les méthodes de l'aménagement, telles qu'elles sont proposées et mises en œuvre actuellement sur les massifs aménagés des forêts d'Afrique centrale, ont été construites simultanément avec les règles normatives des lois forestières des pays concernés. Elles ont même souvent précédé la promulgation de ces lois. Les itinéraires techniques ont pris modèle sur les schémas élaborés dans le cadre des grands projets d'aménagement de la dernière décennie en République centrafricaine (Ngotto, Sangha Mbaéré) et au Cameroun (Api Dimako, Forêts et terroirs). Les aménagistes forestiers, qui mettent leur expertise au service des sociétés d'exploitation, améliorent progressivement ces méthodes et itinéraires techniques dans la conception et la mise en œuvre des plans d'aménagement, en particulier au Gabon sur les concessions de Ceb-Thanyry, Rougier Gabon, Leroy Gabon, Ifk... Cet article s'appuie largement sur l'expertise du bureau d'études Forêt ressources management en matière d'aménagement forestier. Il traite de la question des données utiles et nécessaires à l'élaboration des plans d'aménagement, de la limite de validité des résultats d'inventaire statistiques et de leur interprétation. Il détaille les paramètres qui entrent dans la résolution de la question centrale de la reconstitution des forêts après exploitation, qu'elles soient primaires ou secondaires. Le débat actuel porte sur le niveau de reconstitution minimal souhaitable en fin de rotation, non seulement en quantité, pour retrouver le même effectif sur le long terme, mais aussi en qualité pour conserver la biodiversité.

Mots-clés : aménagement, inventaire, reconstitution, itinéraire technique, durabilité, Gabon, Cameroun.

ABSTRACT

TECHNICAL MANAGEMENT SCHEMES FOR PRODUCTION FORESTS IN CENTRAL AFRICA

Management methods like those currently proposed and implemented in Central Africa's logging areas were developed at the same time as the normative regulations issued under the forest laws of the countries concerned, and even before the promulgation of those laws in some cases. These technical schemes were modelled on the plans drawn up in the 1990s for major development projects in the Central African Republic (Ngotto, Sangha Mbaéré) and in Cameroon (Api Dimako, *Forêts et terroirs*). Forest planning specialists, who supply their expertise to logging companies, are gradually improving their technical schemes and methods in terms of the design and implementation of management plans, particularly in Gabon on concessions held by Ceb-Thanyry, Rougier Gabon, Leroy Gabon, Ifk, and others. This article draws substantially on the expertise of the *Forêt Ressources Management* consultancy to address questions concerning the data that are most useful and necessary in drawing up management plans and specifying limits of the validity of statistical inventories and their interpretation. The article details the parameters to be considered in resolving the crucial question of primary and secondary forest regeneration after logging. The current debate focuses on the minimum level of regeneration that should be achieved by the end of a rotation, not only to ensure that the same volumes remain over the long term, but also in qualitative terms of biodiversity conservation.

Keywords: management, inventory, regeneration, technical scheme, sustainability, Gabon, Cameroon.

RESUMEN

ITINERARIOS TÉCNICOS PARA ORDENACIÓN DE LOS BOSQUES DE PRODUCCIÓN EN ÁFRICA CENTRAL

Los métodos de ordenación, tal y como se plantean y aplican actualmente en las formaciones ordenadas de los bosques de África Central, se elaboraron simultáneamente con las reglas normativas de las leyes forestales de los países en cuestión y, a menudo, incluso han antecedido la promulgación de estas leyes. Los itinerarios técnicos se basaron en los esquemas elaborados dentro del marco de los grandes proyectos de ordenación de la última década en la República Centroafricana (Ngotto, Sangha Mbaéré) y en Camerún (API Dimako, Forêts et terroirs). Los planificadores forestales, que ponen sus conocimientos al servicio de las compañías de explotación, optimizan progresivamente estos métodos e itinerarios técnicos en la concepción y aplicación de los planes de ordenación, particularmente en Gabón, en las concesiones de Ceb-Thanyry, Rougier Gabon, Leroy Gabon, Ifk... Este artículo está ampliamente basado en los conocimientos de la oficina de proyectos Forêt Ressources Management en materia de ordenación forestal. Aborda la cuestión de los datos útiles y necesarios para la elaboración de los planes de ordenación, del límite de validez de los resultados de inventarios estadísticos y de su interpretación. Especifica los parámetros que entran en la resolución de la cuestión central de la reconstitución de los bosques, primarios o secundarios, tras su explotación. El debate actual trata del nivel de reconstitución mínimo deseable al final de la rotación, no sólo en cantidad, para disponer del mismo volumen a largo plazo, sino también en calidad para conservar la biodiversidad.

Palabras clave: ordenación, inventario, reconstitución, itinerario técnico, sostenibilidad, Gabón, Camerún

Introduction

Depuis quelques années, la gestion durable des forêts denses et l'aménagement forestier connaissent un développement sans précédent en Afrique centrale. Des itinéraires techniques modernes ont vu le jour et ont été validés sur des centaines de milliers d'hectares.

Pourquoi faire un point sur l'aménagement forestier, alors que des forêts ont été aménagées en Afrique centrale depuis les années 1970 ? Force est de constater que des éléments nouveaux ont modifié la donne initiale :

- désormais, comme le prouvent les premiers exemples au Gabon, il existe un effort partagé de mise en œuvre effective des plans d'aménagement ;
- de nouvelles techniques permettent d'aller plus loin en matière de cartographie, de gestion de l'information, de modélisation des dynamiques, d'amélioration des techniques de terrain... ;
- la gestion forestière ne concerne plus uniquement la production de bois et les aménagistes ont élargi leurs compétences.

La préparation du plan d'aménagement exige une connaissance approfondie de la forêt à aménager et

de l'ensemble des conditions susceptibles d'influer sur son évolution. Les moyens généralement consentis pour la rédaction du plan (2 500 à 3 500 Fcfa par hectare, soit 3,8 à 5,3 euros par hectare) et les délais (2 à 3 ans) conduisent l'aménagiste à cibler ses travaux, pour recueillir les informations réellement utiles.

Cet article propose, en premier lieu, une méthode d'aménagement des séries de production et en tire ensuite les conséquences sur les données à récolter.

Nous avons pris volontairement le parti de ne traiter que des aspects techniques concernant le volet production forestière. Il ne s'agit pas de nier l'importance des aspects socio-environnementaux, abordés par ailleurs dans cette revue, mais de développer au mieux le sujet du présent article.

Nous nous sommes inspirés des travaux du projet Api Dimako et du projet Forêts et terroirs, ainsi que des travaux d'aménagement entrepris ces dernières années sur les grandes concessions en Afrique centrale, en particulier par le bureau d'études Forêt Ressources Management.

Comment s'assurer de la durabilité de la forêt et de ses fonctions ?

C'est la question fondamentale que se pose tout aménagiste. Mais, dans un écosystème si complexe et si imparfaitement connu, comment être sûr que les prescriptions du plan d'aménagement assurent bien cette durabilité des fonctions écologiques, économiques et sociales de la forêt ?

Les modèles de reconstitution

Apportant une première réponse, les projets Api Dimako et Forêts et terroirs développent, dans les années 1990, des indicateurs d'évaluation de la pérennité des essences : les indices de reconstitution (DURRIEU DE MADRON *et al.*, 1998).

Ils évaluent le renouvellement de l'ensemble du peuplement ou des populations d'une essence donnée après exploitation (pour la formule de calcul des indices, voir l'encadré 2 de l'article de FARGEOT *et al.* dans ce numéro). Ainsi, si l'indicateur obtenu – en volume – est de 50 %, on retrou-



Le projet Forêts et terroirs de Dimako, au Cameroun.
The Forêts et terroirs (forests and local area development) project in Dimako, Cameroon.
Photo projet Forêts et terroirs.



Le projet Forêts et terroirs reçoit la promotion 2000-2001 du Cresa forêt-bois, de Yaoundé (Cameroun), pour une formation en aménagement.
The Forêts et terroirs project welcoming the 2000-2001 crop of Cresa forêt-bois trainees from Yaoundé (Cameroun), for a course in forest management.
Photo projet Forêts et terroirs.

vera en deuxième rotation la moitié du volume exploité en première rotation, en conservant les mêmes critères d'exploitabilité (essences, qualités et dimensions des produits).

Dans tous les cas, les calculs se fondent sur trois paramètres essentiels de dynamique : l'accroissement annuel du diamètre, la mortalité naturelle annuelle et les dégâts d'exploitation.

Le modèle initial de l'Api Dimako considère que ces paramètres sont constants pour une essence donnée, alors que les études montrent qu'ils sont variables :

- avec le temps ;
- en fonction des classes de diamètre ;
- en fonction du statut « social » des individus, les dominés poussant moins vite (DELEGUE *et al.*, 1998) ;
- dans l'espace, les jeunes forêts issues d'une recolonisation récente de savanes ou les forêts à marantacées étant plus dynamiques que les forêts matures (WHITE, 1995).

Pour tenir compte de cette variabilité, des modèles plus complexes sont envisageables, comme les modèles matriciels (BAYOL, CHEZEAUX, 2001).

Dans le modèle développé au Cameroun (1999) par le ministère des Eaux et Forêts avec l'aide de la coopération canadienne, à travers le logiciel « Tiama » (Traitement des inventaires appliqué à la modélisation des aménagements), l'exploitant choisit un minimum de 20 essences objectifs qui doivent représenter au moins les trois quarts du volume brut total des essences principales. L'indice est alors calculé sur le volume total de ces essences.

Ce modèle, qui cherche à reconstituer 100 % du volume global du groupe d'essences objectifs, intègre un artifice consistant à ne pas prendre en compte, dans le calcul, les plus gros diamètres (supérieurs ou égaux au diamètre minimal d'exploitabilité administratif + 4 classes), en considérant qu'ils sont issus de forêts primaires séculaires et qu'ils ne pourront pas être reconstitués dans un processus de rendement soutenu. En outre, ce « bonus » sur les gros diamètres compense le « poids » excessif qu'ils représentent en volume par rapport à un calcul basé sur les effectifs – il faut en effet trois arbres de 80 cm de diamètre pour atteindre le volume d'un arbre de 140 cm.

Comment utiliser ces modèles de reconstitution ?

La durabilité ne peut être évaluée qu'à l'échelle de la concession par le plan d'aménagement. Ce n'est que lors de la planification annuelle des travaux sur les assiettes annuelles de coupe qu'il sera possible d'intervenir localement à l'échelle du peuplement.

L'option du calcul de la reconstitution des peuplements essence par essence et ses limites

Il faut d'abord admettre une évidence : le but recherché par les aménagistes n'est pas de recréer après exploitation une forêt identique à l'originale. Il est inévitable qu'une forêt exploitée n'ait pas les mêmes caractéristiques qu'une forêt vierge. D'autre part, les forêts denses d'Afrique centrale ne sont pas, pour une très grande partie, à leur stade climacique, comme en témoigne l'abondance fréquente d'essences pionnières incapables de se régénérer en milieu forestier.

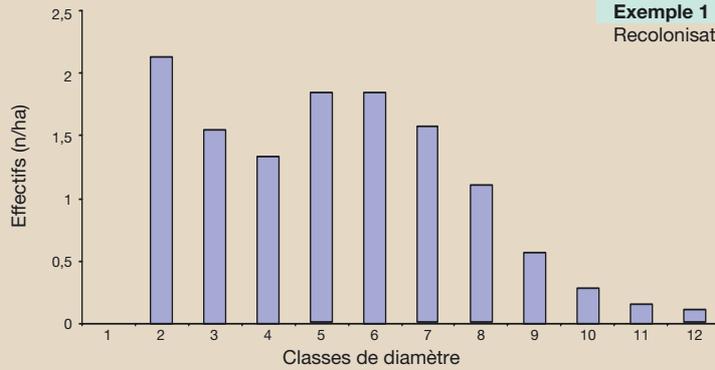
Quand on étudie l'indice de reconstitution essence par essence, on est confronté au problème de la mauvaise reconstitution de certaines d'entre elles, l'okoumé par exemple dans les forêts matures du centre du Gabon.

De fait, l'okoumé semble disparaître progressivement sur une grande partie du territoire gabonais, en particulier sur la limite nord-est de son aire de répartition (figure 1) : on n'y rencontre que de gros sujets âgés, et l'essence ne semble pas se régénérer depuis des décennies. Dans ces conditions, fixer un seuil minimal de reconstitution à atteindre pour cette essence prise isolément reviendrait à en interdire l'exploitation sur une grande partie du territoire national. Une telle mesure ne changerait probablement rien au fait que l'okoumé régresse dans ces régions.

Bien sûr, il serait envisageable d'œuvrer pour une meilleure régénération naturelle. Mais ces mesures seraient coûteuses et risqueraient,



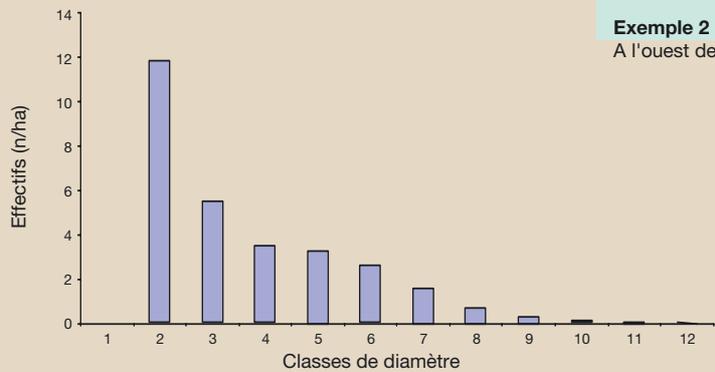
Prospection en forêt. Le nombre d'encoches sur le piquet, qui sert de repère à l'abatteur, correspond au nombre de pieds exploitables. Cameroun.
Timber prospecting. The number of notches on the stake, which provides a marker for loggers, shows the number of stems marked for felling. Cameroon.
Photo Alexandra Pasquier.

**Exemple 1 : jeune forêt.**

Recolonisation forestière datant de 20 à 50 ans.

Taux de reconstitution

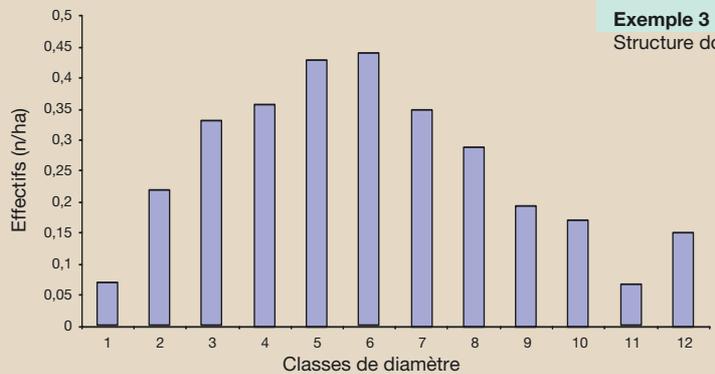
Dme (cm)	Rotation (ans)					
	15	20	25	30	35	40
60	23	28	31	34	38	41
70	34	43	51	58	64	67
80	50	65	79	92	103	113
90	70	95	120	143	164	186
100	72	106	144	178	213	255

**Exemple 2 : recolonisation récente de savane.**

A l'ouest des plateaux Batéké et en forêt littorale.

Taux de reconstitution

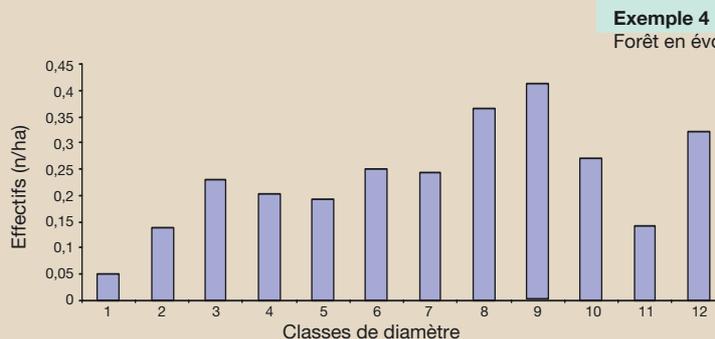
Dme (cm)	Rotation (ans)					
	15	20	25	30	35	40
60	42	54	64	74	85	99
70	65	86	106	124	140	156
80	92	128	167	202	237	273
90	99	151	211	264	324	403
100	104	163	229	289	370	496

**Exemple 3 : forêt adulte.**

Structure dominante au Gabon, en liaison avec l'abandon des cultures itinérantes.

Taux de reconstitution

Dme (cm)	Rotation (ans)					
	15	20	25	30	35	40
60	22	27	31	34	37	41
70	37	46	54	61	66	70
80	55	72	89	103	116	126
90	69	96	125	150	175	200
100	70	103	139	172	209	256

**Exemple 4 : très vieille forêt secondaire.**

Forêt en évolution vers une forêt primaire climacique.

Taux de reconstitution

Dme (cm)	Rotation (ans)					
	15	20	25	30	35	40
60	7	9	10	12	13	15
70	10	12	14	15	17	18
80	11	14	17	20	21	23
90	22	27	30	33	35	37
100	39	49	57	64	69	72

Accroissement de 6 mm/an pour toutes les classes
Mortalité de 1 %/an pour toutes les classes
Dégâts d'exploitation de 10 %

 Taux compris entre 50 et 70 %
 Taux compris entre 70 et 100 %
 Taux supérieur à 100 %

Figure 1.

Structures des populations d'okoumés dans divers types de forêts et leur reconstitution. Dme : diamètre minimal d'exploitabilité.
Okoumé population structures and regeneration in different types of forests. MFD: minimum felling diameter.

par ailleurs, d'avoir un impact négatif sur ce type d'écosystèmes, en contrecarrant l'évolution naturelle vers une forêt climacique (probablement forêt à césalpiniciées, dans ce cas). Pour assurer la pérennité de l'okoumé, il est préférable d'agir sur les jeunes peuplements dynamiques, sur lesquels des rotations courtes sont possibles et des interventions sylvicoles peuvent devenir rentables.

Quant aux vieilles forêts à okoumé, elles ne peuvent être valorisées que par une diversification de la production vers les essences scia-philes, mieux adaptées aux conditions actuelles du milieu.

À propos de la précision des estimations, il est certain que, en deçà d'un nombre minimal de mesures des individus d'une essence, l'indice de reconstitution n'est plus fiable et qu'on ne peut rien conclure de l'évolution de cette reconstitution selon le diamètre d'exploitation appliqué. Pour ces essences trop faiblement représentées, une structure chaotique est liée à la rareté dans la zone considérée. Il faut alors se demander si cette essence n'est pas à mettre en protection. C'est ce qu'a proposé le projet Forêts et terroirs (encadré 1) en fixant un seuil de densité minimal pour le choix des essences objectifs.

À titre d'exemple, la distribution des effectifs très faibles de deux essences dans une unité forestière d'aménagement (Ufa) de 200 000 ha (Cameroun, Ufa 10 038) est présentée dans la figure 2. Les effectifs exploitables y sont représentés en hachuré. L'exploitation de ces espèces entraînerait probablement leur disparition de l'Ufa, par manque de semenciers ou de tiges d'avenir. Dans le meilleur des cas, il resterait, après exploitation, moins d'une tige par kilomètre carré.

L'option du calcul de la reconstitution des peuplements pour un groupe d'essences

Dans ce cas, l'indice de reconstitution (IR) se calcule comme la moyenne des indices de reconstitution par essence, pondérés par la densité de chaque essence :

Encadré 1.

Le choix des essences objectifs.

Les comparaisons faites sur les différentes approches développées au Cameroun ont amené le projet Forêts et terroirs à proposer à l'administration un guide qui fixe des critères pour le choix des essences à retenir dans les aménagements. Ce guide cherche à préserver la diversité des essences dans les forêts de production en proposant des mesures spéciales pour les essences devenues rarissimes sur un massif, en particulier les essences dites précieuses et donc systématiquement prélevées.

En effet, à partir de l'analyse des inventaires réalisés par le projet Api Dimako en 1994 (79 essences inventoriées), l'équipe du projet Forêts et terroirs a constaté que certaines essences traditionnellement recherchées par les exploitants étaient très peu représentées dans les Ufa inventoriées, avec des densités bien inférieures aux densités moyennes connues (VIVIEN, FAURE, 1985).

Des espèces recherchées mais rares

Sur les 298 000 ha inventoriés dans le bloc nord – forêts déjà exploitées dans leur majorité –, l'analyse des densités montrait que 23 essences avaient des densités d'effectifs inférieures à 10 tiges/km², tous diamètres (> 20 cm) confondus, et pouvaient être considérées comme rares. Parmi celles-là, 15 essences avaient des densités d'effectifs inférieures à 5 tiges/km², tous diamètres (> 20 cm) confondus. C'est dans cette liste d'essences considérées comme très rares qu'on trouve la plupart des bois rouges exploités traditionnellement.

Pour certaines de ces essences, la rareté s'explique en effet par leur situation en limite d'aire de répartition et il se peut qu'en définitive, quelles que soient les règles de conservation ou d'exploitation adoptées, ces espèces disparaissent à court ou moyen terme de la zone considérée. Pour d'autres, et en particulier les acajous, le sipo, le tiama et l'iroko, l'hypothèse d'une « surexploitation » passée a été soulevée.

Recommandations du projet Forêts et terroirs

Des recommandations du projet Forêts et terroirs ont été développées au cours de l'atelier de restitution des travaux du projet (Yaoundé, juin 2000). Elles proposaient que l'administration forestière fixe un cadre restrictif pour le choix des essences retenues à l'aménagement. Nous reprenons une partie de ces recommandations en insistant sur le fait que le plan d'aménagement doit notamment :

- fixer un seuil de densité minimal d'arbres au kilomètre carré, en dessous duquel l'exploitation de l'essence considérée est interdite pour la durée de l'aménagement ; ce seuil pourrait être de 5 tiges/km² ;
- faire en sorte que toute essence exploitée doive être aménagée, c'est-à-dire qu'elle fasse l'objet d'un calcul de reconstitution après exploitation, pour une éventuelle remontée de son diamètre minimal d'exploitabilité.

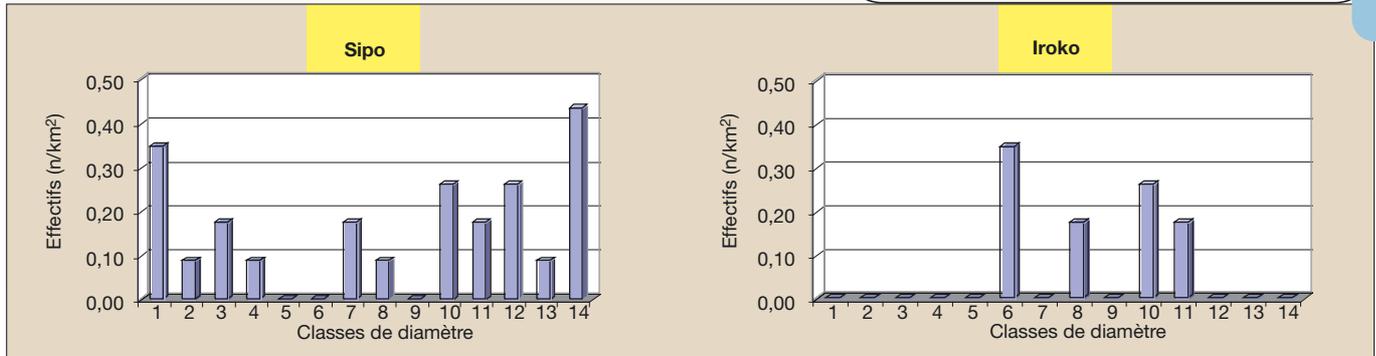
$$IR = (\sum_i IR_i \times Noi) / \sum_i Noi,$$

IR_i étant l'indice de reconstitution de chaque essence et Noi l'effectif des différentes essences.

Dans ce cas, il est évident que l'erreur avec laquelle est connu l'indice de reconstitution est plus faible. De plus, si les essences ont été choisies judicieusement, cet indice

mesure réellement la durabilité économique, car il évalue le potentiel exploitable en deuxième rotation.

Ces indicateurs mesurent donc, finalement, plus le niveau de la durabilité économique que celui de la durabilité écologique. Ils sont des guides pour l'aménagiste, mais c'est bien la connaissance d'ensemble de l'écosystème qui doit orienter ses choix.

**Figure 2.**

Histogrammes des effectifs de deux essences rares : sipo et iroko. Unité forestière d'aménagement 10 038, Cameroun.
Histograms showing numbers of two rare species: sipo and iroko. Forest Management Unit 10 038, Cameroon.

Le choix de la rotation

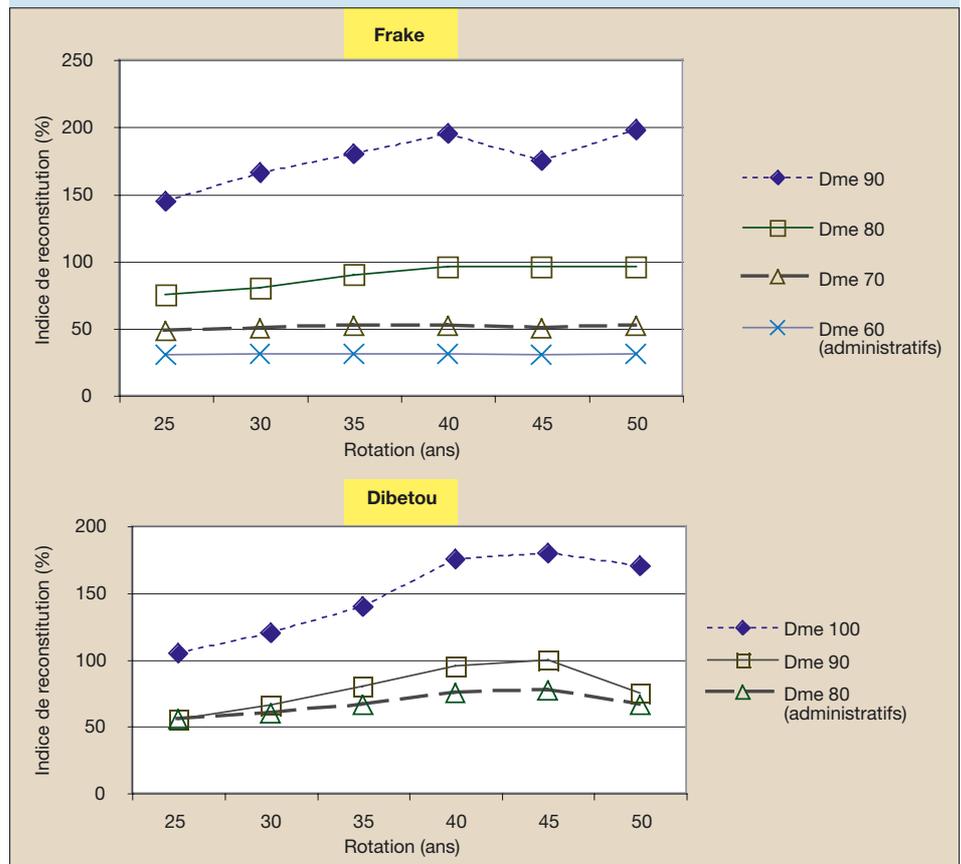
Les choix de la durée de rotation et des diamètres minimaux d'exploitabilité (Dme) sont étroitement liés et se font parallèlement. Ainsi, l'augmentation de la durée de la rotation permet de réduire les Dme de certaines essences. L'équilibre est trouvé progressivement, en testant successivement plusieurs scénarios.

En respectant ces principes, la durée de rotation est laissée au choix de l'exploitant, à condition qu'elle ne descende pas en dessous d'un minimum imposé par la réglementation en vigueur (20 à 30 ans).

Rotation et indices de reconstitution

Des simulations ont été réalisées pour calculer les indices de reconstitution, en fonction de l'allongement de la rotation, d'une part, et de la remontée des Dme, d'autre part.

À partir des résultats d'inventaires réalisés dans la région de Dimako, l'équipe du projet Forêts et terroirs a simulé la reconstitution de plusieurs essences en faisant varier soit la durée de rotation, soit les diamètres d'exploitabilité (BORIE, 2000). Les changements de Dme modifient sensiblement les pourcentages de reconstitution, alors que l'augmentation de la durée de rotation n'a qu'une influence limitée. La figure 3 montre les indices de reconstitution pour le fraké et le dibétou, dans l'Ufa 10 046, pour des rotations allant de 25 à 50 ans et des remontées de Dme de trois ou quatre classes (de 10 cm

**Figure 3.**

Évolution de l'indice de reconstitution (%) du fraké et du dibétou, selon le diamètre minimal d'exploitabilité (Dme, en cm) en fonction de la durée de rotation (ans). Unité forestière d'aménagement 10 046, Cameroun.
Variation in the regeneration index (%) for fraké and dibétou, according to minimum felling diameter (MFD, in cm) and length of rotation (years). Forest Management Unit 10 046, Cameroon.

d'amplitude) de diamètre. Pour une exploitation au Dme administratif de ces deux essences, même une augmentation à 50 ans de la rotation ne permet pas une reconstitution complète.

Pour l'utilisation des indices de reconstitution, nous recommandons la démarche schématisée par la figure 4. Elle allie une utilisation intelligente des indices de reconstitution par essence et par groupe d'essences.

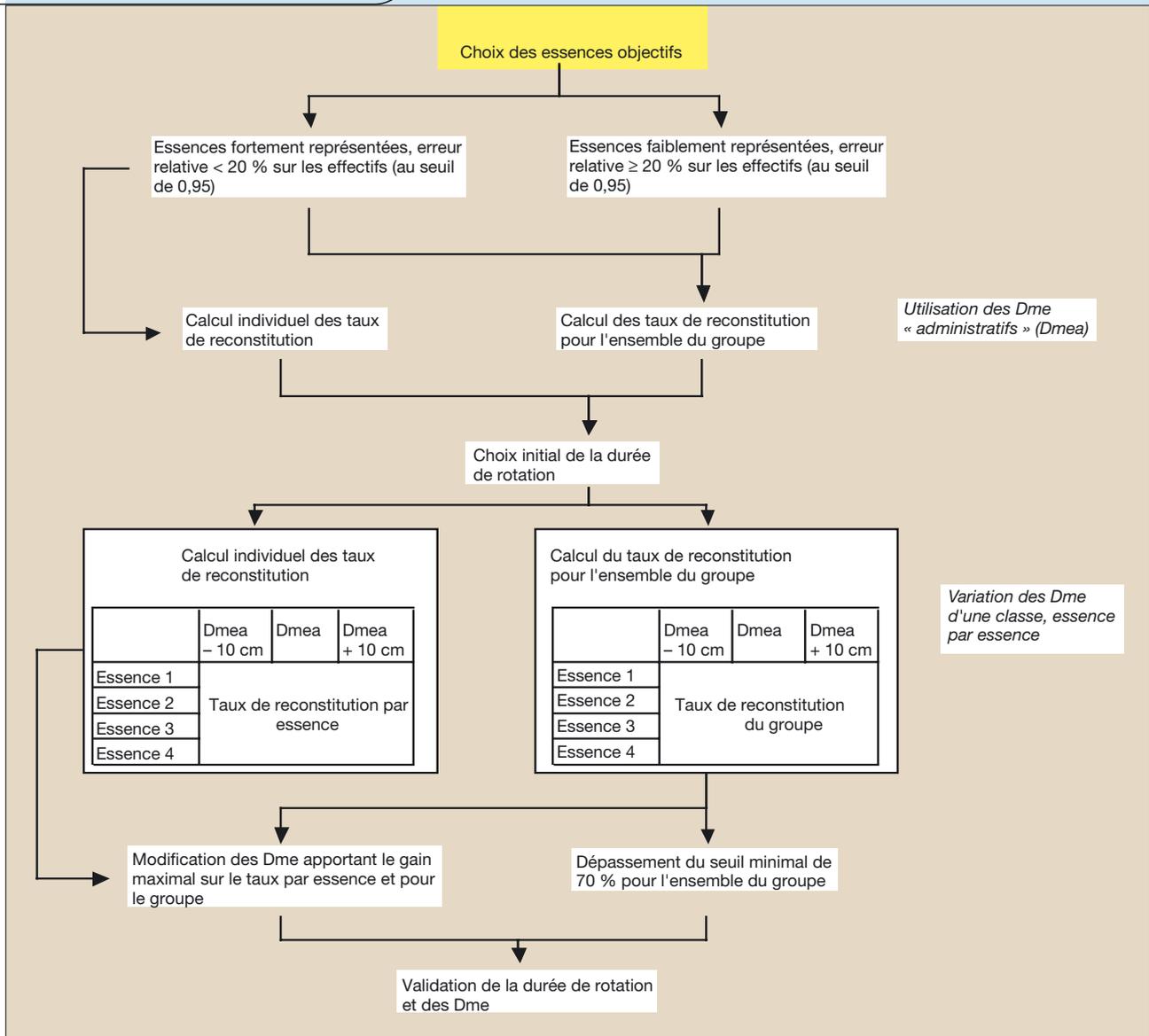
**Figure 4.**

Schéma de la méthode proposée pour fixer les paramètres d'aménagement.

Dme : diamètre minimal d'exploitabilité ; Dmea : diamètre minimal d'exploitabilité administratif.

Diagram of the proposed method for establishing management parameters.

MFD = minimum felling diameter; AMFD = administrative minimum felling diameter.

Quel seuil minimal de reconstitution fixer ?

Les éléments qui guident la réflexion sur le seuil minimal de reconstitution à fixer sont de deux ordres :

- on ne cherche pas à conserver ou à reconstituer les très vieux (ou très gros) arbres des forêts primaires dans les forêts à vocation de production ;
- l'exploitation devrait à l'avenir être moins sélective en qualité comme en

nombre d'espèces prélevées ; les coefficients de prélèvement devraient s'améliorer au cours des années et décennies à venir.

Principalement pour ces deux raisons et compte tenu des incertitudes sur les paramètres entrant dans le calcul, un indice de reconstitution de 100 % n'est – pour l'instant – jamais imposé par les législations nationales et, quand elles existent, les normes en vigueur exigent entre 50 et 75 % de reconstitution.

Pour les rotations suivantes, les exigences devraient tendre progressivement vers une reconstitution de 100 %, de manière à soutenir le rendement forestier.

Une question qui divise encore les aménagistes est de savoir s'il est nécessaire et souhaitable d'imposer un indice de reconstitution minimal à atteindre pour chaque essence. Le cas de l'okoumé, au Gabon, montre bien que fixer un indice unique pour l'ensemble du pays n'est pas forcément pertinent.

Les découpages en unités de gestion et d'exploitation

Les séries

Le premier travail de décision de l'aménagiste consiste à faire un découpage de l'Ufa en séries selon des objectifs prioritaires et des « vocations » généralement prédéfinies, dont les principales sont la production de bois d'œuvre, la protection, l'usage des populations.

Plusieurs critères interviennent pour réaliser ce découpage qui va fixer les grandes orientations du massif aménagé. Les principaux sont :

- la richesse en bois d'œuvre ;
- l'accessibilité ;
- la diversité biologique ;
- la présence d'espèces rares ou de sites remarquables ;
- la présence de villages ou de zones occupées ou utilisées par les populations.

Les séries en conservation viennent en complément des aires protégées créées ou en voie de l'être dans les pays d'Afrique centrale.

La délimitation de la série à l'usage des populations (série ou affectation agroforestière) est établie sur la base des études socio-économiques et en concertation avec les populations riveraines ou avec les villages inclus dans l'Ufa.

Les unités forestières de gestion (Ufg)

Afin d'assurer un rendement régulier et soutenu pendant la durée de l'aménagement, les unités forestières d'aménagement sont découpées en blocs équivalents (comportant des volumes sur pied équivalents à 5 % près).

Cette opération utilise les résultats de l'inventaire d'aménagement de l'Ufa et fait appel aux outils informatiques de gestion de bases de données et d'informations géographiques que l'aménagiste doit maîtriser (encadré 2).

Pour cet exercice, deux hypothèses sont envisagées : l'hypothèse d'une « forêt équilibrée », selon laquelle la forêt est globalement en équilibre et la mortalité naturelle compense les accroissements en volume ; l'hypothèse de la « croissance continue », selon laquelle le peuplement sur pied évolue.

L'option « forêt équilibrée » revient à traiter les données de l'inventaire d'aménagement et à calculer les volumes par blocs de la même façon pour tous les blocs, quel que soit leur ordre de passage dans la rotation. Au contraire, l'option

« croissance continue » amène à faire intervenir le facteur temps dans le calcul des volumes et à simuler la dynamique des peuplements après l'inventaire.

Comme cela se fait déjà pour certains aménagements au Gabon (BAYOL, CHEZEAUX, 2001), nous recommandons de traiter séparément :

- les forêts qui n'ont pas été exploitées depuis plus de 20 ans (hypothèse de « forêt équilibrée ») ;
- les forêts jeunes déjà exploitées depuis moins de 20 ans ou issues d'une recolonisation récente de savanes (hypothèse de « croissance continue »).

Un modèle technique de découpage

Le projet Forêts et terroirs a proposé un guide méthodologique pratique à l'usage des aménagistes et des personnels de l'administration chargés du suivi et du contrôle des plans d'aménagement (BORIE, PASQUIER, 2001). Ce guide décrit la procédure à suivre en s'appuyant sur l'exemple d'une Ufa dont les données d'inventaire ont été géoréférencées.

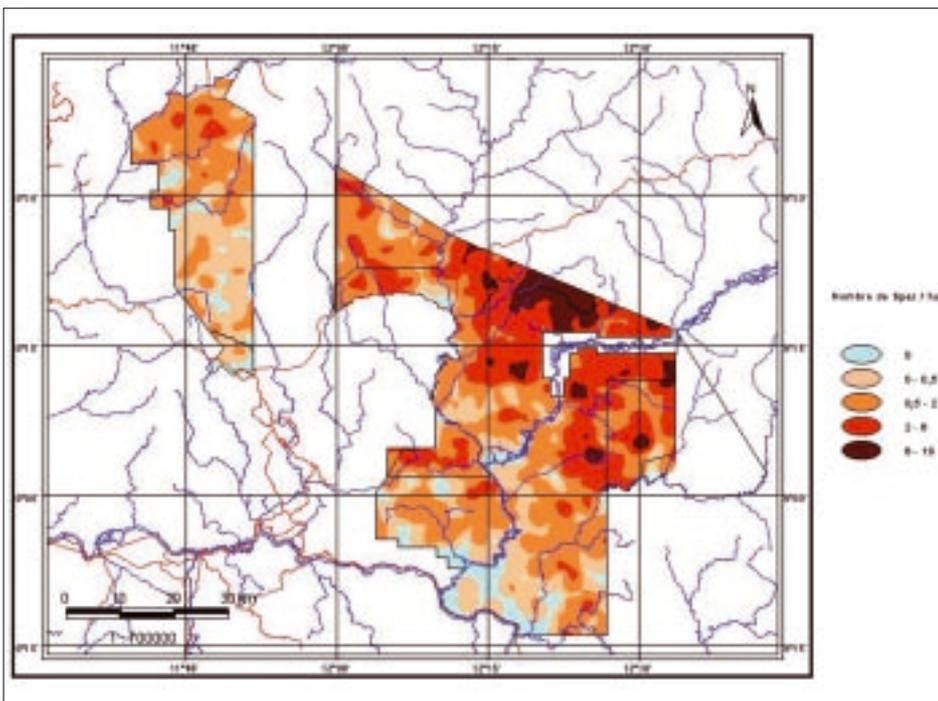


Figure 5.

Répartition de la ressource en andoungs de diamètre supérieur à 10 cm. Concession forestière sous aménagement durable de l'Ogooué-Ivindo, Gabon.

Distribution of andoung trees more than 10 cm in diameter. Sustainably managed forest concession, Ogooué-Ivindo, Gabon.
Source : Rougier Gabon.

Encadré 2.**Organisation de la base de données et du Sig.****Base de données****Sgbd-1. Préparation des cinq tables utilisées pour le traitement des données issues de l'inventaire d'aménagement**

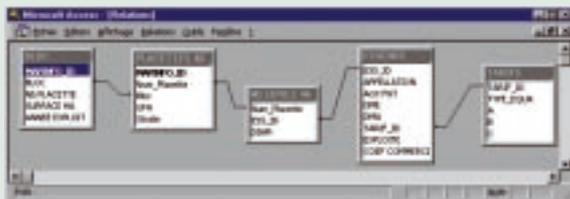
Table principale des mesures. En général plusieurs dizaines de milliers d'enregistrements correspondant à tous les arbres, de diamètre supérieur à 20 cm, inventoriés dans une Ufa.

Table des placettes. Le champ « bloc » a été ajouté pour faire la liaison avec la nouvelle table du même nom. Pour une Ufa, plusieurs centaines voire plusieurs milliers de placettes d'inventaire d'aménagement sont positionnées.

Table des essences. Comporte les caractéristiques de chaque essence inventoriée (accroissements, Dma, tarif, coefficient de récolement...); 100 à 200 espèces inventoriées.

Table des tarifs. Donne les coefficients de calcul pour chaque tarif utilisé (dans ce cas, 36 tarifs différents utilisés).

Table des blocs. Importée du Sig ; ici la série de production de l'Ufa a été divisée en six blocs.

Sgbd-2. Mise en relation des tables**Sgbd-3. Requêtes successives pour connaître le volume total théorique de chaque bloc**

R1. Calcul des diamètres avant exploitation. Si le modèle de croissance est appliqué, les diamètres sont recalculés selon l'année d'exploitation. Par approximation, on considère que le premier bloc est exploité à l'année 0, le deuxième bloc à l'année 5, le troisième à l'année 10, etc.

R2. Calcul du volume commercial pour les tiges exploitables. Les volumes bruts sont calculés à l'aide des tarifs de cubage appliqués aux diamètres (> Dma) issus de la requête précédente. Les volumes commerciaux sont ensuite calculés en appliquant les coefficients de récolement.

R3. Prise en compte de la mortalité naturelle. Estimée à 1 % par an, elle est appliquée selon l'année d'exploitation.

R4. Cumul des volumes par bloc d'aménagement. Les calculs précédents s'appliquent aux placettes d'inventaire, il faut donc extrapoler les résultats au niveau des blocs.

Création d'une macro**Sig****Sig-1. Délimitation de l'Ufa en blocs**

Découpage de l'Ufa en blocs ou unités forestières de gestion (Ufg) de même surface (en première approche) et fondées sur des limites naturelles.

**Sig-2. Organisation de la table des blocs**

Nom_Bloc	Nb_placettes	Superficie_ha	Année_exploit
1	230	11 900	0
3	209	50 573	5
4	204	11 967	10
5	174	9 201	15
6	298	53 417	20
2	316	14 025	25

Si l'équilibre en volume des blocs n'est pas atteint, il faut **revoir le découpage** (Sig-1) puis relancer les requêtes (Sgbd-3) qui se font de façon automatique par la macro-commande... jusqu'à l'équilibre.

Si l'équilibre en volume des blocs est réalisé (à ± 5 %), **l'objectif est atteint.**

BLOC	Vol Com Tot
1	292675,36155
2	260120,49281
5	208968,51502
3	296417,79811
4	296874,08452
6	267952,04054

Découpage des blocs

Quelles implications pour les données à relever ?

Connaissance de la ressource ligneuse

La priorité est bien une connaissance la plus fine possible de la ressource actuelle et future. L'inventaire d'aménagement, inventaire statistique portant sur l'ensemble de la concession à gérer, sera l'investissement majeur de la phase de préparation du plan.

La donnée primaire qui est fournie à cette occasion est la structure des populations des différentes essences sur l'Ufa, c'est-à-dire le nombre de tiges par classe de diamètre. Ces structures diamétriques des peuplements sont à la base d'une grande partie des calculs du volet « production de bois d'œuvre » du plan d'aménagement.

On l'a vu, les unités d'exploitation quinquennales sont définies pour être « équivolumes », c'est-à-dire pour assurer une production constante sur toute la durée de la rotation. Nous devons donc connaître le volume exploitable (en essences objectifs) le plus précisément possible dans ces unités, avec une erreur relative inférieure à 10 % au niveau de l'Ufa et à 15 % au niveau de l'Ufg (pour un seuil de probabilité de 0,95). Il s'agit là de l'exigence minimale car, si elle n'est pas atteinte, l'équilibre des volumes des Ufg sera très approximatif et l'application du plan d'aménagement sera problématique.

L'expérience montre qu'avec des taux de sondage de 0,5 à 1,5 % les précisions désirées sont généralement atteintes (ESTEVE, 2001). De plus, la répartition uniforme des placettes apporte une connaissance fine de la localisation de la ressource (cf. l'exemple de la figure 5). C'est un atout pour orienter le travail de l'exploitant forestier, mais aussi pour la compréhension générale de l'écosystème et de l'écologie des espèces.

Les législations en vigueur ne fixent pas de contraintes de précision pour les peuplements d'avenir qui seront exploitables lors de la deuxième rotation (soit, pour simplifier, Dme – 20 cm à Dme), indiquant uniquement que ces tiges doivent être « prises en compte ». Ces données sont traitées sur l'Ufa dans sa totalité (indices de reconstitution) et non pas sur les unités quinquennales. Il semble alors logique d'être un peu moins exigeant que pour les tiges de la première rotation et de se fixer pour objectif une précision de 15 % sur l'effectif en tiges d'avenir.

Les protocoles d'inventaire développés ces dernières années restent classiquement des inventaires à deux degrés (cf. l'exemple de la figure 6), s'appuyant sur des layons d'inventaire et des placettes de comptage de forme rectangulaire, centrées sur les layons. Par souci d'économie, le layonnage coûtant cher, les placettes sont souvent contiguës.

Compte tenu des objectifs minimaux présentés en matière de précision des données, on peut fixer des taux de sondage différents selon les classes de diamètre, en scindant les placettes rectangulaires dans le sens de la longueur ou de la largeur. Le taux de sondage maximal sera alors appliqué aux tiges de diamètre supérieur à 50 cm, qui est généralement la valeur minimale de Dme, et on pourra prévoir un taux de sondage plus faible pour les tiges de 30-50 cm ou 20-50 cm, et éventuellement un troisième taux de sondage pour les tiges de diamètre encore inférieur.



Okoumés à différents stades de développement.
Okoumé trees at different growth stages.
Photo Nicolas Bayol.

La durabilité écologique de la faune et de la flore et la biodiversité

Elle est bien plus complexe à appréhender de façon mathématique. Les indices de reconstitution, insuffisants, doivent être complétés par :

- l'analyse des densités et des structures de chaque essence, pour les différentes formations végétales ;
- le suivi d'un réseau de placettes permanentes qui fournira des précisions sur la régénération et la phénologie des essences et permettra d'améliorer les simulations de dynamique des peuplements ;
- la réalisation d'études d'impact de l'exploitation et des efforts de réduction des impacts négatifs ;
- un suivi de l'ensemble de l'écosystème et de sa biodiversité, en particulier des populations sensibles de grands mammifères.

En matière de biodiversité, l'accent est généralement mis sur la diversité des ligneux, des grands mammifères et des produits forestiers autres que le bois d'œuvre (Pfabo). De plus en plus, et c'est nouveau, les relevés d'inventaire d'aménagement portent sur une très large gamme d'essences, voire sur toutes les essences rencontrées.

Le surcoût du comptage de toutes les essences en inventaire d'aménagement ou de l'intégration de relevés faunistiques est en effet relativement faible, de l'ordre de 10 % du coût de l'inventaire, y compris la formation des prospecteurs.

Ces relevés en matière de biodiversité contribuent à l'identification de milieux particuliers à protéger intégralement ou partiellement : peuplements à forte diversité spécifique, à forte densité d'essences sensibles (cf. *Garcinia cola*, qu'on pourra protéger lors de l'exploitation) ou rares, lieux de fréquentation exceptionnelle d'éléphants...

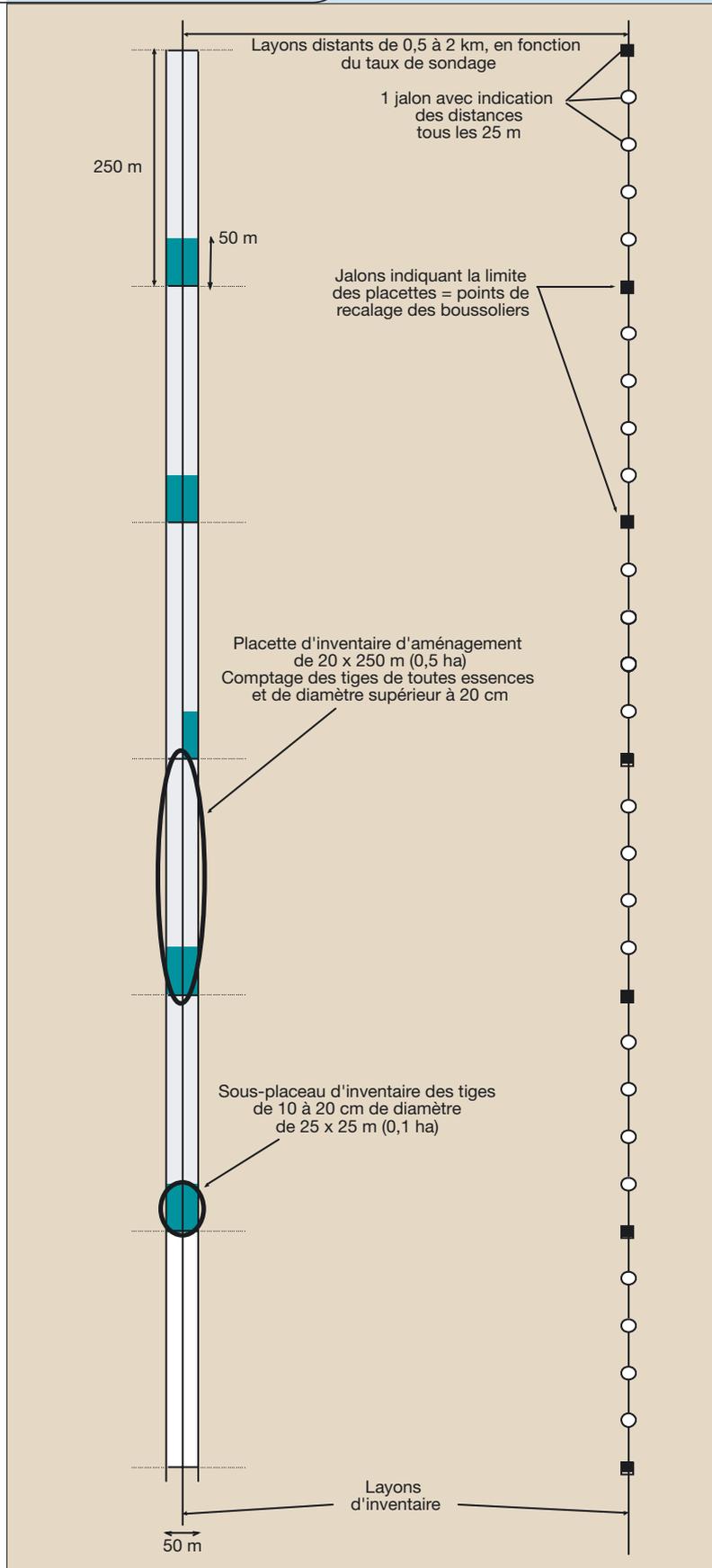


Figure 6.
Exemple de protocole d'inventaire.
Example of an inventory protocol.
Source : Rougier Gabon.

Données nécessaires au calcul des volumes commercialisables

L'inventaire d'aménagement nous renseigne sur la structure des peuplements, mais il ne suffit pas pour calculer les possibilités d'aménagement et prévoir les récoltes.

Pour cela, il faut tout d'abord calculer des volumes disponibles (volumes bruts), au moyen de tarifs de cubage à une entrée (le diamètre).

La deuxième étape, pour prévoir les volumes réellement mobilisables, consiste à établir des coefficients de récolement permettant le passage des volumes bruts aux volumes nets réellement sortis de la forêt. En effet, pour des raisons économiques, l'exploitation forestière reste très sélective en Afrique centrale et on la qualifie encore à juste titre d'écrémage. Ces coefficients de récolement sont spécifiques à chaque essence ou groupe d'essences et leur connaissance est déterminante : à quoi servirait-il d'avoir fait un inventaire d'aménagement nous donnant des valeurs avec une précision de 10 %, si ensuite on applique sur ces résultats des coefficients de récolement totalement irréalistes ?

L'augmentation du nombre d'essences dites secondaires relève d'une volonté légitime de diversifier les essences exploitées pour mieux valoriser la forêt. Cette diversification s'appuie sur des marchés souvent précaires et les coefficients de récolement constatés sont très faibles pour beaucoup de ces nouvelles essences, montrant les difficultés et les limites de la diversification.

Les programmes d'exploitation à faible impact (Efi) qui sont développés limiteront le gaspillage de la ressource et augmenteront les coefficients de récolement.

Données de dynamique des peuplements

Les données de mortalité et d'accroissement sont également capitales pour le calcul des paramètres d'aménagement. Il existe trois moyens pour les acquérir :

- les données acquises sur des sites voisins, par des projets de recherche, par exemple par les programmes Ecofac (cf. les recherches sur la biodiversité végétale dans les six sites du programme Ecofac entre 1997 et 2000 ; LEJOLY, 2000) ;
- la lecture de cernes d'accroissement ;
- l'installation de placettes permanentes ; malheureusement, il faut attendre plusieurs années avant de disposer de données fiables, et elles seront finalement surtout utiles pour actualiser des documents d'aménagement.

L'enjeu de cette connaissance de la dynamique des peuplements dépasse largement le cadre de l'aménagement forestier et, dans ce domaine, une collaboration entre aménagistes et chercheurs, fortement souhaitable, voit le jour.

Un exemple aidera à mieux comprendre l'importance d'évaluer plus précisément les accroissements. Au Gabon, il est admis que l'accroissement des okoumés de l'intérieur du pays est compris entre 0,6 et 1 cm par an. La figure 7 montre la sensibilité du modèle selon l'accroissement choisi.

Dme (cm)	Accroissements annuels (cm/an)		
	0,6	0,8	1
60	31 %	39 %	50 %
70	54 %	71 %	84 %
80	89 %	122 %	152 %

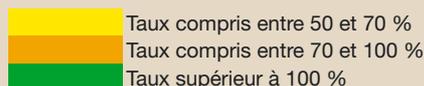


Figure 7.

Sensibilité de l'indice de reconstitution (%) aux valeurs d'accroissement (cm/an). Forêt adulte, rotation de 25 ans. Dme : diamètre minimal d'exploitabilité.
Sensitivity of the regeneration index (%) to increment values (cm/year). Mature forest, 25-year rotation. MFD = minimum felling diameter.

Conclusion

La réussite de la gestion durable des grands massifs forestiers d'Afrique centrale est toujours et encore un défi à relever : les grandes entreprises d'exploitation forestière ont, pour la plupart, déjà montré leur détermination. La demande croissante du public pour des produits respectueux de l'environnement va appuyer le processus. De leur côté, les populations riveraines doivent rapidement bénéficier du partage de la ressource, sous réserve de parvenir à mieux les intégrer dans un système « moderne » d'organisation et de représentation. Enfin, de nombreux résultats sont attendus des organismes de recherche pour affiner la connaissance des paramètres évoqués plus haut. Il reste aux administrations forestières à fixer des réglementations adaptées et cohérentes. Le suivi et le contrôle de la mise en œuvre des plans d'aménagement sera un des chantiers de demain, qui devra faire l'objet d'une grande concertation et d'un appui des bailleurs de fonds.

Ensemble, tous les partenaires de la gestion forestière peuvent encore améliorer les itinéraires techniques mis en place ces dernières années.



Flottage de billes d'okoumé. Ndjolé, Gabon.
Floating okoumé logs. Ndjolé, Gabon.
 Photo Jean-Michel Borie.



Sortie sur parc d'une grosse bille : le tracteur à roue tire et le D7 pousse. Cameroun.
Pulling and pushing a large log out of a timber yard. Cameroon.
 Photo Jean-Michel Borie.

Références bibliographiques

BAYOL N., CHEZEAUX E., 2001. Plan d'Aménagement de la Cfad du Haut-Abanga. Rougier Gabon et Forêt Resources Management, 232 p.

BORIE J.-M., 2000. Propositions d'amélioration des paramètres d'aménagement, projet Forêts et Terroirs. Actes de l'atelier de restitution, juin 2000.

BORIE J.-M., PASQUIER A., 2001. Découpage d'une unité forestière d'aménagement (Ufa) en blocs quinquennaux isovolumes (unités forestières d'exploitation). Guide méthodologique, projet Forêts et Terroirs, ministère de l'Environnement et des Forêts du Cameroun, Coopération française, 16 p.

DELEGUE M. A., FUHR M., NASI R., MINKOUE J. M., 1998. Dynamique et croissance de l'Okoumé en zone côtière du Gabon. Montpellier, France, Cirad-forêt, série Forafri, 55 p.

DURRIEU DE MADRON L., FORNI E., KARSENTY A., LOFFEIER E., PIERRE J.-M., 1998. Le projet d'aménagement intégré de Dimako. Montpellier, France, Cirad-forêt, série Forafri, 158 p.

ESTEVE J., 2001. Étude sur le Plan pratique d'aménagement des Forêts naturelles de production tropicales africaines, application au cas de l'Afrique centrale. Premier volet : Production forestière. Paris, France, Atibt, 91 p.

LEJOLY J., 2000. Les recherches sur la biodiversité végétale dans les six sites du programme Ecofac entre 1997 et 2000. Rapport final de synthèse. Bruxelles, Belgique, Agreco-Geie, 68 p.

VIVIEN J., FAURE J.-J., 1985. Arbres des forêts denses d'Afrique centrale. Paris, France, ministère des Relations extérieures, Coopération et Développement, Agence de coopération culturelle et technique, 565 p.

WHITE L. J. T., 1995. Étude de la végétation. Rapport final. Bruxelles, Belgique, Agreco-Ctft, 163 p.

Synopsis

TECHNICAL MANAGEMENT SCHEMES FOR PRODUCTION FORESTS IN CENTRAL AFRICA

Nicolas BAYOL, Jean-Michel BORIE

The management methods

and processes currently proposed and implemented in Central Africa's logging areas were developed at the same time as the normative regulations issued under the forest laws of the countries concerned, and even before the promulgation of those laws in some cases. These technical schemes were modelled on the plans drawn up in the 1990s for major development projects in the Central African Republic (Ngotto, Sangha Mbaéré) and in Cameroon (Api Dimako, *Forêts et terroirs*).

Forest planning specialists (like *Forêt Ressources Management*), who supply their expertise to logging companies, are gradually improving their technical schemes and methods in terms of the design and implementation of management plans in Cameroon, the Congo and Gabon.

Technical aspects of sustainable management: forest regeneration after logging

This article addresses questions concerning the data that are most useful and necessary in drawing up management plans and specifying the limits of the validity of statistical inventories and their interpretation. It details the parameters to be considered in resolving the crucial question of primary and secondary forest regeneration after logging.

Management inventories: accuracy and limitations

The example of okoumé in eastern Gabon, an area close to the limit of the natural range of the species, shows the difficulties involved in enforcing regulations to regenerate individual species on a countrywide scale. Models used to calculate regeneration for a group of target species do not give sufficient consideration to the survival of rare species or those that are not well represented. A mixed model combining the two approaches is proposed here, but planning specialists are still divided as to whether a minimum level should be enforced for each individual species.

Dividing production series from timber concessions into management units of identical volume is an important technical phase in forest management plans. This operation uses the results of management inventories and draws on computerised databases and geographical information tools. Forests that have not been logged for over 20 years – including old-growth forests – are considered to be in a state of equilibrium from the point of view of biomass growth and timber incrementation. For more recently logged forests, inventory data are updated with population dynamics taken into account.

In all management efforts, the priority requirement is to have the most detailed knowledge available on the current and future resource. Management inventories, which are statistical inventories covering the entire concession under management, are therefore the main investment when drawing up the plan.

The primary information supplied at this point concerns the population structure of the various species, in other words the number of stems per diameter class. This information is fundamental to all the calculations involved in the “timber production” segment of any management plan.

Experience has shown that with a sampling rate of 0.5 to 1.5 % and evenly distributed inventory plots, management inventories are accurate enough to provide detailed knowledge of the spatial distribution of the target resource.

Current legislation does not impose any constraints as to the degree of accuracy required for standing timber to be felled during the second rotation (i.e., more simply, those with a minimum felling diameter of > 20 cm), merely indicating that these stems have to be “taken into account”.

In view of the minimum objectives given in terms of data accuracy, different sampling rates can be established according to diameter classes. The maximum sampling rate should be used for stems with a diameter of more than 50 cm, which is usually the minimum felling diameter, while a lower sampling rate can be used for smaller stems.

Supporting data

Results from management inventories alone are not enough to calculate logging potential and to forecast harvested volumes. This requires calculations of available (raw) volumes, using tree volume tables. To estimate usable (net) volumes, specific verification coefficients are calculated for each species or group of species. These coefficients are a determining factor for any plans to diversify production and generate more value from a forest. Markets are often uncertain and the verification coefficients in use are often very low for many of the new species, illustrating the difficulties and limitations of diversification.

The low-impact logging programmes now being developed should help to reduce wasteful resource use and improve verification coefficients.

Finally, data on mortality and increments are also crucial to calculations of management parameters. The issue in this case – understanding the dynamics of tree populations – goes far beyond the scope of forest management and we are now seeing eminently desirable instances of cooperation between planning specialists and researchers in this area.