


Les techniques d'exploitation à faible impact en forêt dense humide camerounaise



**Série
FORAFRI
1998
Document
17**



Les techniques d'exploitation à faible impact en forêt
dense humide camerounaise

Ce document a été rédigé par :

Luc DURRIEU de MADRON, Eric FORNI, Marcellin MEKOK

1998

CIRAD-Forêt
Campus International de Baillarguet
BP 5035
34032 Montpellier cedex 1
France

PREFACE

L'accès aux connaissances liées au patrimoine national comme international peut accélérer le processus de développement. De même, l'échange des savoirs rassemble ses acteurs et renforce l'organisation des travaux. Pour toutes ces raisons, synthétiser et diffuser l'information relève du mandat des actions de coopération.

Depuis près de trente ans, le département forestier du Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) a réalisé de nombreuses recherches sur les écosystèmes forestiers humides de l'Afrique centrale et occidentale. Le projet Forafri, financé par le Fonds d'aide et de coopération (France), a été lancé en 1996 pour capitaliser ces acquis et les valoriser en les transmettant aux acteurs de la filière dans cette zone. Le Cifor (Center for international forestry research), responsable d'une action identique dans les pays anglophones, est associé à Forafri.

La phase de capitalisation et de synthèse s'est concrétisée notamment par la rédaction de différents ouvrages, synthèses et publications. Un comité scientifique et technique, qui réunit des représentants du Cirad, du Cifor, de la Fao (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), de l'Uicn (Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources), de l'Atibt (Association tropicale internationale des bois tropicaux) et des de systèmes nationaux de recherche africains (Cameroun, Congo, Côte d'Ivoire et Gabon), a assuré la validation des documents.

Les auteurs se sont attachés à rassembler les divers éléments épars des connaissances scientifiques, techniques et bibliographiques, ceci dans le but de les mettre à la disposition des utilisateurs, qu'ils soient enseignants, développeurs, chercheurs, industriels ou gestionnaires. Ce travail de synthèse a abouti à la réalisation d'une série d'ouvrages, traités par pays ou par thème.

Le bilan général des dispositifs expérimentaux concerne notamment la dynamique de croissance des peuplements arborés en Centrafrique, en Côte-d'Ivoire et au Gabon. Plusieurs thèmes sont aussi approfondis, tels que l'évaluation de la ressource, la sylviculture, l'aménagement, les méthodes statistiques d'analyse et d'interprétation de données et les caractéristiques technologiques des bois commerciaux africains.

La transmission des connaissances et des savoir-faire passe aussi par la formation dont tous ces documents pourront être des supports. C'est avec cette volonté de capitaliser, synthétiser et diffuser que ces publications sont réalisées. Nous espérons qu'elles profiteront aux recherches et actions de développement futures concourant ainsi à la gestion durable des forêts tropicales africaines.

Jacques Valeix
Directeur du Cirad Forêt

Table des matières

A. INTRODUCTION	1
B. LES DÉGÂTS SUR LA FORÊT LIÉS AUX MODALITÉS D'EXPLOITATION ACTUELLES	3
B.1. Les dégâts directs	3
B.1.1. Les causes des dégâts	3
B.1.2. Relation entre l'intensité du prélèvement et les dégâts sur le peuplement	11
B.2. Les effets de l'exploitation forestière sur la biodiversité	14
C. L'AMÉLIORATION DES TECHNIQUES POUR UNE EXPLOITATION À FAIBLE IMPACT	14
C.1. Détermination des zones à protéger	15
C.2. Détermination des diamètres minimum d'exploitabilité	16
C.3. Proposition d'amélioration de l'inventaire d'exploitation : la méthode A.P.I.	19
C.4. Largeur des pistes et densité du réseau	19
C.5. La planification des pistes	20
C.6. Le taux maximum d'exploitation	21
C.7. L'abattage	21
C8. L'optimisation du tracé des pistes de débardage	21
C.8.1. Caractéristiques des pistes	21
C.8.2. Planification des pistes	22
C.9. Les places de dépôt transitoire	23
D. CONCLUSION	24

A. INTRODUCTION

L'industrie forestière a été et est encore actuellement pour bon nombre de pays tropicaux, un des principaux revenus de l'économie : la forêt et le secteur industriel forestier contribuent en moyenne à 2,7 % du PIB et à bien d'avantage dans dix grands pays producteurs (FAO 1995, cité par Fréguelin 1998). La plupart des forêts tropicales font seulement l'objet d'une légère exploitation, de l'ordre de un demi à deux arbres à l'hectare et ainsi la forêt originelle est peu perturbée (Hendrison 1990). Mais durant ces vingt dernières années, l'exploitation des forêts tropicales a atteint un niveau si alarmant que la durabilité de cette ressource est remise en question. L'exploitation annuelle de bois (y compris de bois de feu atteint 3 470 millions de m³. Une estimation raisonnable de la capacité de production des forêts mondiales est d'environ 1 m³/ha/an. Or, sachant que la superficie mondiale est estimée à 3 442 millions d'hectares, l'exploitation a donc désormais atteint la limite de la capacité de régénération de la forêt sur une base mondiale moyenne (FAO 1995 cité par Fréguelin 1998).

Une des conséquences de l'exploitation forestière est la création de trouées dans la canopée. Dans certaines limites, les conséquences écologiques de ces trouées sont similaires à un chablis naturel et au phénomène de cicatrisation qui s'en suit. Dans des conditions optimales, l'exploitation sélective de quelques gros arbres par hectare ne change pas de manière significative la structure de la forêt. Toutefois les dégâts sur le peuplement sont directement liés au mode et à l'intensité des opérations d'exploitation et les phénomènes de passages successifs pour de nouvelles exploitations peuvent amener des perturbations et des modifications importantes dans le peuplement, entre autres dans sa composition floristique avec un appauvrissement en essences de grande valeur commerciale, des conséquences sur certaines espèces rares utilisées pour d'autres usages que le bois d'oeuvre (p.e. le Moabi, *Baillonella toxisperma*, au Cameroun) ainsi que des conséquences indirectes telles qu'une sensibilité accrue aux incendies (Bertault 1992, Hawthorne 1994, Dupuy et Bertault 1997). De plus, la diminution du stock commercial, parfois très importante, rend l'exploitation suivante hypothétique. Sans vision d'ensemble, on a l'impression en parcourant une forêt venant d'être exploitée, d'un saccage de celle-ci et d'un gaspillage important de bois.

Devant l'étendue des dégâts d'exploitation, les groupes de pression écologistes se sont d'abord opposés de manière unanime à toute exploitation des forêts tropicales. Mais depuis la conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement en 1992, un changement d'attitude s'est opéré en faveur d'un développement d'un code international des pratiques durables d'exploitation forestière. A peu près à la même époque, de nombreuses agences de développement et des ONG ont commencé à promouvoir les techniques d'exploitation à faible impact comme une stratégie possible pour une gestion durable des forêts tropicales.

Les études techniques en forêt tropicale ont montré qu'il était possible de réduire de moitié les dégâts engendrés par l'exploitation forestière mécanisée (Bertault et Sist. 1995, 1997) Ces méthodes d'exploitation communément appelées « techniques d'exploitation à faible impact » (low ou reduced impact logging en anglais) sont considérées aujourd'hui comme un outil majeur pour la gestion durable des forêts tropicales. Dans le contexte international de rythme croissant de déforestation, de nombreux pays se sont donnés comme priorité d'atteindre l'objectif « 2000 » de l'OIBT : faire en sorte que les bois tropicaux faisant l'objet de commerce international soient issus de forêts durablement aménagées. Les efforts globaux pour la mise en place de ces aménagements vont certainement pousser à l'utilisation de techniques

d'exploitation à impact réduit, destinées à réduire d'au moins 50 % la perturbation des sols et les dommages sur le peuplement par rapport à une exploitation conventionnelle (Sist et *al* 1998).

Ce rapport a pour but d'exposer, dans le contexte des forêts tropicales humides africaines, les techniques d'exploitation au sens large dans un premier temps, pour ensuite déboucher sur des moyens de limiter les dégâts directs causés par l'exploitation forestière. Une partie des études citées dans ce texte proviennent du projet Aménagement Pilote Intégré (A.P.I.) de Dimako, qui s'est déroulé de 1992 à 1996, dans le sud-est du Cameroun. Des résultats issus d'études en Côte d'Ivoire et en République Centrafricaine sont également utilisées¹.

¹ Le présent document ne traite pas des problèmes de défrichements pour l'agriculture ni de la pression de la chasse, car bien que particulièrement importants, ces domaines sont trop vastes pour être inclus dans ce rapport technique.

B. LES DÉGÂTS SUR LA FORÊT LIÉS AUX MODALITÉS D'EXPLOITATION ACTUELLES

D'une manière générale, beaucoup trop d'opérations de récolte sont menées en l'absence de plan précis. Ces opérations sont alors difficiles à coordonner, impossibles à maîtriser convenablement et ressemblent d'avantage par leurs effets à des activités d'extraction minière qu'à des opérations de récolte garantissant une utilisation durable des produits forestiers (Dykstra et Heinrich 1996).

Ainsi, l'exploitation est actuellement effectuée sans aucune planification, amenant des dégâts inutiles sur le peuplement. Les résultats illustrant le présent chapitre sont essentiellement issus d'études réalisées par le projet Aménagement Pilote Intégré (A.P.I.) de Dimako sur les modes d'exploitation d'une société implantée près de Bertoua, dans le sud-est du Cameroun². Les résultats obtenus montrent que les rendements à l'hectare sont faibles, caractérisant un écrémage de la forêt : un peu plus de 10 m³ abattus par hectare (soit environ 0,8 arbre prélevé par hectare). Ce taux est généralement la règle en Afrique Centrale et de l'Ouest.

B.1. Les dégâts directs

On distingue le plus souvent les dégâts causés au sol et ceux causés au peuplement forestier. Au sol, l'échelle de perturbation affectant ses propriétés physiques peut être schématisée ainsi qu'il suit : écrasement, tassement plus ou moins fort, gradient de décapage avec enlèvement plus ou moins poussé de la matière organique. Ces conditions, couplées avec d'autres facteurs comme la topographie peuvent rapidement entraîner des dégradations importantes des qualités physiques des sols.

En ce qui concerne le peuplement forestier, les dégâts sont généralement classés en gravité de blessures allant jusqu'à la destruction totale des individus (déracinement ou bris à faible hauteur). On peut aussi distinguer les dégâts en fonction de la hauteur d'impact sur le tronc des arbres.

Pour le couvert forestier, les dégâts s'échelonnent de la création d'ouvertures temporaires à celle d'ouvertures permanentes.

B.1.1. Les causes des dégâts

Chaque opération de l'exploitation occasionne des dommages spécifiques. On distinguera ceux créés par ;

- l'installation de la base (campement ou industrie),
- le réseau de routes d'évacuation (principales et secondaires),
- l'abattage,
- le débardage et son réseau de pistes,
- les emplacements de stockage des grumes.

² Forni 1994 ; Jardin 1995 a et b ; Mekok 1995 a et b ; Mbololo 1994 ; Nkié 1994...

B.1.1.1. L'infrastructure

Nous regroupons ici la base vie et le réseau routier permanent³. La base vie comprend un campement pour loger l'ensemble du personnel, des bureaux-ateliers-magasins et des constructions à caractère social (infirmierie, école, coopérative).

➤ La base vie

Type de dégâts : A part quelques arbres conservés pour des raisons esthétiques, on imagine facilement que l'installation de la base vie conduit à la disparition de la forêt initiale.

Chiffres : Estève (1983) donne le chiffre de 0,03 à 0,06% ouvert pour l'exploitation d'un massif de 50 000 à 200 000 hectares. Les observations du projet A.P.I. au Cameroun concernant les implantations de la société partenaire du projet (la SFID) sont du même ordre : 117 hectares pour le campement et le site industriel de Dimako dont près de 100 ha pour les bases des ouvriers. Le massif exploité avoisinant couvre 250 000 hectares, soit 0,05 % ouvert. A Mbang où la SFID a dû installer une nouvelle base pour minimiser les transports suite au déplacement des zones de production, le campement et l'usine couvrent 25 hectares pour l'exploitation d'un massif de 60 000 hectares soit 0,04 %.

Au Cameroun Lumet et *al* (1993) citent un chiffre de 0,03 à 0,1 % du couvert forestier défriché pour la base vie, en fonction des entreprises.

Discussion : L'installation d'une base-vie est nécessaire. Elle ne représente qu'un faible pourcentage de dégâts. Le problème auquel on est confronté réside dans les conséquences de la création d'une nouvelle zone de concentration de populations rurales. On verra rapidement les portions de forêts les plus proches du campement être défrichées pour l'installation de champs. L'impact négatif sur le gibier sera aussi immédiat (chasse par les ouvriers).

Si, comme il est prévu par la loi camerounaise, l'installation est définitive (principe de rendement soutenu de la forêt et sécurisation des industriels) c'est un embryon de ville qui est mis en place. On a vu ainsi le village de Dimako être érigé en sous-préfecture compte tenu de l'importance qu'ils avait pris suite à l'implantation de la société forestière.

➤ Les routes

Faute de revêtement, les routes doivent être dégagées latéralement pour assurer l'assèchement rapide après la pluie et pour éviter leur dégradation. Ce dégagement doit être d'autant plus important que la route est mal orientée, c'est à dire nord-sud. Permanentes, elle doivent permettre le croisement de grumiers et être équipées de fossés d'évacuation des eaux de pluies. Toutes ces contraintes conduisent à une largeur déforestée d'au moins quinze mètres de large (CTFT, 1989). Les pistes forestières sont indubitablement l'élément des opérations de récolte qui pose le plus de problèmes. En effet, une bonne part de l'érosion des sols résultant de ces opérations leur sont directement imputables, souvent en raison de vices de conception ou de construction ou encore d'un mauvais entretien.

Le tracé des routes se fait souvent indépendamment du dispositif d'inventaire, entraînant une difficulté pour planifier le réseau de pistes de débardage.

³Nous entendons par permanente toute voie qui devra servir lors des exploitations successives à échéance de la rotation fixée par le plan d'aménagement et non seulement l'artère principale desservant le massif qui sera entretenue régulièrement.

Type de dégâts : La matérialisation des routes implique le déboisement d'une bande de forêt. Le sol est décapé et tassé, le peuplement forestier est totalement détruit.

Chiffres : Les routes principales et secondaires représentent en général 1 à 2 % de surface perturbée (en comptant les bordures déboisées), sachant que selon la configuration des massifs à exploiter et la technique de débardage employée (débardage en une phase ou en deux phases), il faut entre 5 et 10 m de route par hectare. Estève (1983) cite un chiffre moyen général de 30 m de largeur de défrichement pour les routes, pour une première exploitation, tandis que Laurent et Maître (1992) citent une largeur de 30 à 45 m. Ce chiffre est très variable en fonction de l'orientation de la route et du relief. La largeur terrassée varie de 7 à 9,5 m et la largeur nivelée varie de 6 à 8,5 m selon le type de route et la nature du terrain.

Dans les études menées par le projet API en forêt semi-décidue passant en deuxième ou troisième exploitation, riche en bois blancs (exploitation de 0,77 arbre à l'hectare soit 10,8 m³/ha), la largeur moyenne des pistes principales est de 16,7 m. La largeur moyenne des pistes secondaires est de 8 m. 1,7 % de la surface est occupé par les pistes principales (Mbolo, 1994).

En forêt dense sempervirente et semi-décidue, pour une première exploitation ayant prélevé 0,35 arbre par hectare, on observe que 1,3 % de la surface est occupée par les pistes.

Discussion : L'ouverture des routes est une opération nécessaire et peu de gains peuvent être envisagés par des prescriptions techniques : trois à cinq mètres dégagés de part et d'autre des fossés de la route peuvent être nécessaires selon la hauteur des arbres, le relief et l'orientation. Pour permettre un bon écoulement des eaux pluviales, la chaussée doit être bombée avec une pente de 3 à 5 % vers les fossés latéraux, lesquels doivent aussi avoir un profil en long assurant l'écoulement de l'eau sans amoncellements localisés de matériaux et sans risques de ravinement (pente supérieure à 1 % et inférieure à 5 %) (Laurent et Maître 1992).

Le tracé de route est cependant une affaire de spécialistes. De la planification à la réalisation, il ne peut être confié, comme on le voit encore souvent, à la bonne volonté du conducteur de boteur sous peine de voir des surfaces ouvertes inutilement. Les principales conséquences d'un mauvais travail sont au point de vue écologique une augmentation de l'érosion et une élévation de la turbidité des drains naturels collectant les eaux de ruissellement. Les coûts de construction et d'entretien de la route se verront aussi augmentés sous peine de compromettre le transport des grumes.

Il faut cependant considérer bases et routes comme un équipement de la forêt. Il n'existe aucun aménagement de forêt de production, sous quelque latitude que ce soit, qui considère la totalité du massif comme productive. Ces équipements sont une nécessité pour permettre l'exploitation du massif. Mais leur mise en place doit être planifiée en liaison avec les autres opérations d'exploitation, que ce soit l'inventaire ou l'abattage et les pistes de débardage.

B.1.1.2. Les opérations d'exploitation proprement dites

➤ L'abattage

Type de dégâts : L'abattage crée d'abord une ouverture du couvert à l'emplacement de la cime de l'arbre abattu. La chute de l'arbre est la principale cause de bris des cimes des arbres avoisinants et de chablis. L'impact de l'arbre tombé se mesure plus en termes de dommages sur le peuplement initial que sur le sol, même si une compaction localisée est inévitable.

L'abattage touche indistinctement toutes les classes de diamètre. Les plus petites classes ont cependant plus de risques d'être détruites alors que les tiges d'un certain diamètre sont souvent seulement blessées. L'intensité, en terme de surface, des dégâts causés est corrélée à la taille de la cime de l'arbre abattu.

L'abattage provoque aussi des blessures sur la cime. La principale cause de mortalité due à l'abattage est le déracinement, la mortalité par bris du tronc intervenant essentiellement pour les petits arbres (10 à 20 cm de diamètre) et les blessures se trouvant surtout sur les arbres de 30 à 50 cm de diamètre.

La combinaison de l'ouverture du couvert forestier, modifiant le milieu en augmentant l'ensoleillement, et des blessures causées aux pieds laissés en place (arrachement de l'écorce et blessure dans l'aubier) affaiblissant leur résistance en même temps qu'elles favorisent les agressions des insectes, champignons et bactéries, est particulièrement défavorable à la forêt. Et ce d'autant plus que les insectes, champignons et bactéries trouvent aussi dans les divers déchets ligneux d'exploitation un milieu favorable au développement de leurs populations (Laurent et Maître 1992).

Chiffres : La moyenne des places d'abattage mesurée par le projet A.P.I. au Cameroun est de 180 m² en forêt semi-décidue après seconde exploitation où le volume fût moyen des arbres abattus est de 12 m³ (essences de diamètre moyen à cimes parfois faiblement charpentées : Ayous (*Triplochiton scleroxylon*), Bété (*Mansonia altissima*), Fraké (*Terminalia superba*)) à 520 m² en forêt vierge sempervirente où le volume moyen des arbres abattus est de 25 m³ (essentiellement Moabi (*Baillonella toxisperma*) et Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*) de plus de 100 cm de diamètre).

Rapportés à l'hectare, les dégâts causés par l'abattage sont de l'ordre de 2 % de la surface exploitée. Ce chiffre est à comparer au nombre de tiges abattues qui est de moins de une à l'hectare. Le taux de dégâts directs dû à l'abattage est évidemment une fonction du nombre de tiges prélevées. En forêt en première exploitation, lorsque les couronnes des arbres sont très grandes (jusqu'à 30-40 m de diamètre), Jardin (1995b) constate pour un prélèvement de 0,35 arbre par hectare, qu'un arbre abattu atteint 2,2 tiges d'espèces commerciales de diamètre supérieur à 20 cm, parmi les essences commerciales. La surface perturbée par l'abattage atteint 1,6 %.

En ce qui concerne le peuplement rémanent, Mbolo (1994) pour un prélèvement de 0,5 arbre par hectare, trouve les chiffres de 6,7 % de tiges endommagées réparties en 5,2 % d'essences commerciales, 7,4 % d'essences secondaires et le reste en essences complémentaires selon la terminologie des normes nationales camerounaises. 5,6 % de la surface est perturbée.

Parmi ces 6,7 % de tiges endommagées, une proportion de 40 % représente les tiges mortes et étêtées, soit un pourcentage de 2,7 %.

Un m² exploité pour le bois d'oeuvre provoque des dégâts sur 4,3 m² de surface terrière.

En Centrafrique, pour une exploitation de 3,7 tiges par hectare en forêt semi-décidue, la surface moyenne des trouées dues à l'abattage était de 350 m² par pied exploité, affectant 13 % de la surface de la forêt (De Chatelperron et Commerçon 1986). Mais la surface de ces trouées est très variable : pour un Ayous (*Triplochiton scleroxylon*) de diamètre compris entre 1,3 et 1,4 m, la surface de dégâts au sol varie de 65 m² à 360 m². L'importance des dégâts dus aux houppiers dépend du volume spatial de ceux-ci mais aussi de la taille et de la densité des arbres environnants pouvant créer des dégâts en cascade.

Dans ces trouées d'abattage, l'étage dominant est ouvert à 70 % par rapport à l'emprise de la trouée au sol. En fait, une trouée importante (de l'ordre de 400 m²) ouvre l'étage dominant quasiment à 100 % tandis qu'une trouée de faible superficie (de l'ordre de 100 m²) ne l'ouvre qu'à 10-20 %.

En forêt secondaire, en Côte d'Ivoire, pour des arbres de taille moyenne (40 à 50 cm de diamètre, issus d'étages intermédiaires et à houppier étriqué comme le Pouo (*Funtumia sp.*)), la surface moyenne de la trouée est d'environ 50 m² par arbre abattu (Sangaré 1990 cité par Dupuy 1998).

Discussion : Le déliantage **six mois à un an avant l'abattage** des arbres à prélever est souvent préconisé dans la littérature comme une opération permettant, lors de l'exploitation, une réduction parfois notable des dommages causés aux arbres résiduels. Une étude en Amazonie montre que les lianes reliaient chaque arbre aux houppiers de trois à neuf autres arbres et que l'abattage d'arbres riches en lianes engendre des trouées dans la canopée deux fois plus grandes que celles créées par la chute d'arbres sans lianes (Vidal, Johns, Gerwing *et al.* 1997).

Ceci est vrai pour une exploitation prélevant un nombre important de tiges et/ou dans des zones à forte densité en lianes, situation qui n'a pas été observée dans le périmètre du projet A.P.I. au Cameroun et qui a fait douter de l'intérêt de cette opération dans cette zone.

Le projet A.P.I. a cependant entamé un travail d'identification des lianes et de leurs utilisations par les populations riveraines : il s'avère que 30 % de celles-ci sont récoltées pour diverses utilisations médicinales, artisanales ou nutritives (Durrieu de Madron *et al.* 1998b).

L'abattage directionnel est aussi souvent mentionné dans la littérature comme un moyen de limiter les dégâts. Il permet de présenter la bille au débardeur de façon à réduire au maximum les manoeuvres de ce dernier (un débusqueur prend 30 % de son temps pour placer la grume dans le sens de la piste de débardage (Mékok 1995a)) et il peut aussi servir à l'occasion à éviter l'endommagement d'une ou plusieurs tige(s) d'avenir située(s) à proximité de l'arbre à abattre. Cependant, tous les auteurs ne s'accordent pas sur sa faisabilité. Bertault et Sist (1995) observent ainsi que seulement 30 % des arbres tombent dans la direction prévue.

Dans les conditions locales du sud-est du Cameroun ; arbres de forts diamètres, tronçonneuse comme seul outil..., une étude a été réalisée dans le cadre du projet A.P.I. sur 103 arbres. L'angle entre la direction présumée de chute indiquée par l'abatteur et la position réelle après abattage ont été relevés. L'écart moyen observé entre les deux directions est de $\pm 30^\circ$. L'abattage traditionnel avec charnière ne semble donc pas inadapté mais ne permet déjà pas de

faire tomber exactement les arbres dans la direction voulue, même selon leur direction de chute naturelle probable. Cela est dû au fait que de nombreux arbres présentent des houppiers déséquilibrés, des fûts penchés ou des contreforts importants et atteignent généralement de fortes hauteurs. De plus, l'abattage directionnel est très difficile à appliquer sur des arbres d'un diamètre supérieur à un mètre.

Il apparaît donc qu'une meilleure formation des abatteurs à l'abattage traditionnel reste la solution la plus raisonnable à préconiser. La réduction des manoeuvres de débusquage se fera alors d'après les instructions de l'indicateur, ce qui permet de régler la courbure de la piste de débardage pour arriver dans l'axe de la grume.

Un calcul des ratio des volumes chargés sur grumiers sur les volumes abattus dans une forêt déjà parcourue par l'exploitation dans les années 60 et à nouveau exploitée en 1993 donne 78 % de bois chargés (22 % d'abandon). Une zone passant en première exploitation fournit un taux de 66 % de bois chargés sur grumiers (34 % d'abandon).

Certaines essences montrent une forte différence entre le volume abattu et le volume sorti de forêt. C'est le cas du Fraké (65 % du volume abattu abandonné !) dont la mauvaise couleur du bois, qui pourtant ne modifie en rien ses qualités, se vend mal. Autrement, les causes d'abandon des arbres abattus peuvent être, mis à part l'oubli, le fracassement de l'arbre lors de sa chute ou les arbres encroués.

Les taux d'abattage ont été estimés par qualité⁴ pour les autres essences importantes en se basant sur ce qui se pratique dans la région et sur une étude menée sur trois espèces (Bété (*Mansonia altissima*), Ayous (*Triplochiton scleroxylon*) et Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*)) (Nkié 1994). Cependant, d'après l'inventaire post-exploitation effectué dans la zone, les arbres de qualité 1 et 2 n'ont pas été systématiquement pris.

D'après une étude menée par le projet A.P.I., 20 % du volume fût exploité est abandonné sur les parcs en forêt. 70 % de ce volume abandonné était récupérable et utilisable pour le marché local. 12 à 17 % des bois abandonnées le sont à cause de la mauvaise technicité des abatteurs et des tronçonneurs (Jardin 1995a). A peu près 25 % du volume abattu est abandonné sur parc, toutes essences confondues (Forni 1994). Ce chiffre de 25 % se retrouve pour d'autres études (COMMETT 1992).

L'ampleur de ces abandons en forêt et la possibilité de récupération qui existe quand un centre d'habitation est proche, met en évidence la nécessité d'associer aux exploitations forestières des structures de récupération pour une valorisation accrue du potentiel exploité et ainsi une moindre « consommation » de forêt pour approvisionner l'industrie forestière. Cette possibilité de récupération se limite cependant à quelques pays peuplés et dont les forêts ont déjà été fortement exploitées comme le Ghana, le Nigéria ou la Côte d'Ivoire maintenant, cette opération étant illusoire dans des zones où la ressource est encore abondante et où le marché local est faible, voire inexistant.

⁴ Les arbres sont cotés par l'ONADEF et le projet A.P.I. selon 4 classes, conformément aux normes nationales.

* La classe 1 représente un fût ayant au moins 16 m de grume sans défaut.

* La classe 2 représente un fût ayant au moins 12 m de grume avec de légers défauts (cannelure ou blessure cicatrisée sur la deuxième bille).

* La classe 3 représente un fût ayant au moins 6 m de grume avec un défaut possible.

* La classe 4 représente les billes comportant de graves défauts.

Apparaît également le besoin d'un appui technique au personnel travaillant en forêt pour limiter ces abandons.

➤ **Le débardage**

Type de dégâts : C'est l'opération qui provoque les dégâts les plus importants en surface perturbée. Selon la fréquence de passage de l'engin, tractant ou non une grume, le sol peut être profondément perturbé et tassé. La piste de débardage a une envergure de 3,5 à 4 m environ (largeur de la lame du buteur) et est ouverte par simple effleurement du sol par la lame du buteur. Elle évite les obstacles importants tels que les arbres d'un certain diamètre. La partie de piste de débardage débouchant sur le parc de stockage est la plus large.

Si le débardage induit l'emprise au sol la plus importante, il n'en est pas de même pour l'importance des dommages causés au peuplement rémanent, lorsque l'exploitation est de faible intensité comme c'est le plus souvent le cas en Afrique. Les dégâts causés touchent plus particulièrement les bases des arbres qui sont écorchées. La piste de débardage occasionne l'ouverture d'une bande de forêt, mais contrairement à l'ouverture des routes, les plus grosses tiges sont épargnées. Le couvert n'est que peu atteint sur la plus grande partie du réseau. Les houppiers se développent et ferment rapidement d'éventuelles ouvertures. Les pistes de débardage ne sont plus décelables à partir de photographies aériennes, quelques temps après exploitation.

Chiffres : Dans les études menées par le projet A.P.I., toujours pour un prélèvement compris entre 0,5 et 1 tige à l'hectare (5 à 15 m³/ha), 3% de la surface au sol est couverte par les pistes de débardage, soit la moitié des dégâts causés par l'exploitation.

En forêt passant en deuxième ou troisième exploitation, riche en bois blancs (exploitation de 0,77 arbre à l'hectare (10,8 m³/ha)), on montre que 3,2 % de la surface est occupé par les pistes de débardage (Forni 1994).

En forêt dense sempervirente et semi-décidue (avec une forêt de transition entre les deux types), où les couronnes des arbres sont très grandes (jusqu'à 30-40 m de diamètre), pour une exploitation ayant prélevé 0,35 arbre par hectare, 2,3 % de la surface est occupée par les pistes de débardage (Jardin 1995b).

En Centrafrique, pour une exploitation de 3,7 tiges par hectare en forêt semi-décidue, la surface moyenne des trouées dues au débardage était de 200 m² par pied exploité, affectant 7,4 % de la surface de la forêt. Le long des pistes de débardage, l'étage dominant est ouvert à 30 %. Au niveau des zones de parcours, l'ouverture est presque nulle tandis que là où l'engin de débardage a réalisé des manoeuvres et agrandi ainsi la piste, l'ouverture peut être de l'ordre de 50 % (De Chatelperron et Commerçon 1986).

Pour des arbres de diamètre de 50 à 60 cm, l'impact au sol du débardage pour différentes intensités d'exploitation a été évalué en Côte d'Ivoire (Brevet *et al.* 1992) :

Tableau 1: Impact au sol du débardage pour différentes intensités d'exploitation en Côte d'Ivoire

Nombre de tiges débardées par ha	0,4	8,7	10,7	25,9
Surface terrière débardée (m ² /ha)	0,1	3,5	3,6	6,3
Densité des pistes (m/ha)	43	170	250	335
Surface au sol atteinte (m ² /ha)	140	1055	1495	2365

Laurent et Maître (1992) distinguent les dégâts dus aux pistes de débardage selon qu'il s'effectue en une phase (directement du pied exploité au parc de chargement sur grumier) ou en deux. La première technique, utilisée quand une forêt est riche et située sur un terrain plat ou peu accidenté, amène une densité de pistes de débardage de 60 à 80 m par hectare, soit 360 à 480 m² d'emprise au sol par hectare (6m de large pour la piste), avec 500 à 600 m² déforestés pour les routes. Dans le cas d'un débardage en deux phases, la densité des pistes de « débardage premier » ouvertes varie le plus souvent entre 80 et 120 m par hectare, soit entre 480 et 720 m² par hectare. Par ailleurs, la densité de pistes de « débardage second » varie entre 6 et 30 m, soit 40 à 180 m² de forêt déforestée et terrassée par hectare. L'impact des routes dans ce cas est limitée : 180 à 280 m² déforestés par hectare.

A tout ceci il faut ajouter la nécessité pour l'engin de manoeuvrer sur le parterre de coupe pour débusquer les bois : cette opération s'opère sur environ 30 à 80 m² par bille débardée, selon l'engin, la taille de la bille, la difficulté du terrain et l'habileté du conducteur.

Discussion : En l'absence de planification, le débusquage puis le débardage, se déroulent comme suit : un indicateur entre à pied dans la parcelle, retrouve les pieds abattus et vérifie que les pieds ont été bien tronçonnés. L'indicateur oriente alors le conducteur qui ouvre les pistes de débardage suivant un itinéraire allant le plus souvent d'un pied à l'autre, se basant parfois pour indiquer le passage à ouvrir sur l'éclaircie en forêt, susceptible d'indiquer un arbre abattu. La conséquence est d'ouvrir des pistes inutiles, menant à des clairières naturelles ou des ouvertures créées par un arbre abattu et déjà vidangé le jour précédent. Il est ainsi possible que, suite à des erreurs d'orientation, des pistes n'aboutissant à aucun pied soient ouvertes ou que le buteur s'arrête en attendant que l'indicateur montre la direction à suivre.

Le débusquage se termine par un travail de repositionnement de la grume qui consiste à la placer de manière à la présenter dans l'axe de la piste de débardage (Mékok 1995b). Au projet A.P.I. au Cameroun, l'absence de balisage jusqu'aux tiges à exploiter a amené l'ouverture de 12 % de longueur de piste inutile. On a pu aussi constater le passage d'une route secondaire sur la souche même d'un arbre prélevé trois jours avant. L'opération avait alors occasionné l'ouverture d'une piste de 250 m inutilement.

Par ces exemples, on comprend directement l'intérêt d'une planification des opérations permettant d'optimiser le réseau de pistes de débardage et évitant une certaine divagation des engins en forêt.

Le gain est net à tous les niveaux : productivité du travail, gain financier au mètre cube produit et évidemment moindre perturbation de l'écosystème. Ceci rejoint les recommandations de l'O.I.B.T. (1990).

➤ **Le stockage sur parc**

Type de dégâts : Le type de dégâts causé par l'ouverture des parcs à grume en forêt est comparable à celui créé par les routes. Le sol est décapé et fortement perturbé par le passage des engins chargés des opérations sur parc.

Chiffres : Les parcs, toujours dans les conditions des chantiers observés, ont une surface moyenne de 1000 m². Ils ne représentent cependant que 0,3 % de la surface exploitée selon une étude menée en semi-décidue du sud-est du Cameroun déjà exploitée au moins une fois. Pour ce même pays, Lumet et *al* (1993) citent le chiffre de 2,5 à 5 m² par m³ exploité, soit en moyenne 30 hectares pour un chantier produisant 100 000 m³. La commercialisation s'effectue sur des parcs de commercialisation qui nécessitent la création d'environ un hectare de parc par tranche de 5000 m³ devant y transiter annuellement, soit environ 20 hectares par tranche de 100 000 m³ de production.

Estève (1983) cite le chiffre de 2000 m² de surface pour 100 hectares exploités pour les parcs principaux destinés au chargement des grumiers.

En Centrafrique, pour une exploitation de 3,7 tiges par hectare en forêt semi-décidue, la surface moyenne des parcs de stockage est de 150 m²/ha exploité où 2 m²/m³ exploité (Chatelperron et Commerçon 1986).

B.1.2. Relation entre l'intensité du prélèvement et les dégâts sur le peuplement

On peut supposer que le taux de dégâts au sol donne une idée du taux de dégâts sur les tiges non exploitées. Ces tiges endommagées comportent des tiges détruites et des tiges présentant des blessures plus ou moins importantes.

Dans les conditions observées par le projet A.P.I., représentatives de l'exploitation au Cameroun, le prélèvement, selon les statistiques officielles, est autour de 5 m³ à l'hectare la somme des différents dégâts causés par l'extraction de bois d'œuvre représente environ 7 % de la surface exploitée :

- Forêt passant en deuxième ou troisième exploitation, riche en bois blancs :
 - 0,77 arbre à l'hectare ont été exploités (10,8 m³/ha).
 - Les dégâts s'étendent sur 6,5 % de la surface.
 - Les arbres sont cassés sur 1,4 % de la surface.

- Forêt exploitée pour la première fois :

Il s'agit d'une exploitation en forêt dense sempervirente et semi-décidue (avec une forêt de transition entre les deux types), où les couronnes des arbres sont très grandes (jusqu'à 30-40 m de diamètre). L'exploitation y a prélevé 0,35 arbre par hectare.

La surface totale perturbée représente 5,5 % de la surface totale (Jardin 1995b).

En Centrafrique, pour une exploitation de 3,7 tiges par hectare en forêt semi-décidue, en appliquant les deux estimations citées précédemment (dans ces trouées d'abattage, l'étage dominant est ouvert à 50 % par rapport à l'emprise de la trouée au sol et à 30 % le long des pistes de débardage), le chiffre de 10 % d'ouverture de l'étage dominant peut être avancé,

correspondant à la moitié de la surface des dégâts au sol (De Chatelperron et Commerçon 1986).

Ces données ont été comparées avec quelques données disponibles dans ce domaine et peuvent permettre d'extrapoler l'intensité des dégâts en fonction de l'intensité de l'exploitation. On peut ainsi représenter la relation entre le nombre de tiges prélevés et les dégâts. Le tableau 2, reprend les données du projet A.P.I., celles du dispositif d'étude de Mbaïki (De Chatelperron et Commerçon 1986), en forêt dense semi-décidue centrafricaine, celles de Yapo-Mambo en forêt sempervirente de Côte d'Ivoire (Brevet *et al.* 1992) et enfin celles issues du dispositif d'Oyane, au Gabon, concernant des peuplements quasi purs d'Okoumés (Fuhr *et al.* 1998).

Les chiffres concernant l'Okoumé ont juste été cités pour mémoire car cette exploitation en peuplements purs constitue un cas particulier d'exploitation en Afrique, particularisme encore plus accentué par les conditions expérimentales du site étudié.

La figure 1 présente les relations entre intensité d'exploitation et dégâts sur le peuplement. Comme on peut s'y attendre, on voit que plus le nombre de tiges exploitées est important, plus le pourcentage de surface au sol perturbée augmente, ainsi que la surface terrière atteinte. Le lien entre le nombre de tiges détruites et le nombre de tiges exploitées est moins net.

Tableau 2 : Dégâts d'exploitation par hectare en fonction de l'intensité d'exploitation au Cameroun, en RCA, au Gabon et en Côte d'Ivoire

Localité	Forêt 2 ^{ème} exploitation (Cameroun)	Forêt 1 ^{ère} exploitation (Cameroun)	Yapo- Mambo (Côte d'Ivoire)	Yapo- Mambo (Côte d'Ivoire)	Okoumé (Gabon)	Mbaïki (RCA)	Mbaïki (RCA)
Nombre de tiges exploitées	0,77	0,35	9	13	17,3	2,6	4
Volume exploité	10,8	7,0				50	66
Nombre de tiges détruites		0,7**			90	59	90
Volume détruit						17,5	29
Surface au sol atteinte (%)	6,5	5,5			64	14	22
Surface terrière atteinte (%)			8,9	16,4	30	2	3,3
% de tiges endommagées ou détruites	6,7 (3,2)*					10,4 *	15,9 *

* Les chiffres avec une astérisque représentent les nombres de tiges de plus de 10 cm de diamètre détruites,

** les chiffres avec deux astérisques marquent les tiges d'essences commerciales, de plus de 20 cm de diamètre

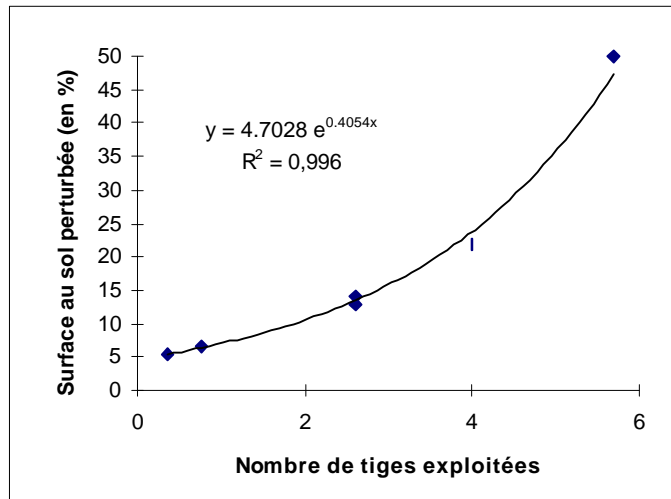


Fig.1 : Dégâts au sol, en fonction du nombre de tiges prélevées, en Afrique

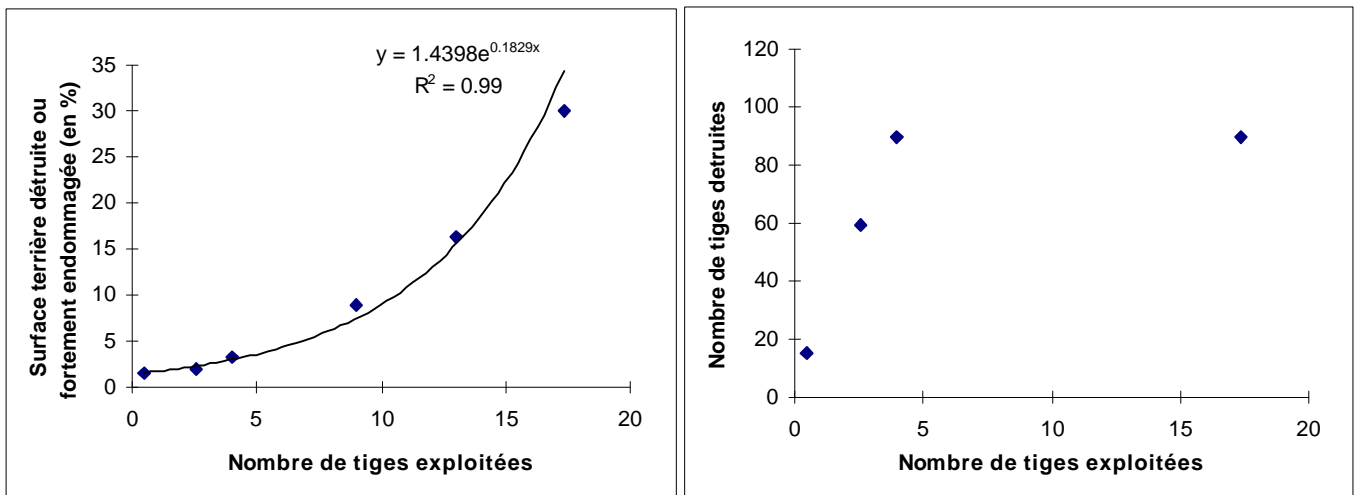


Fig.1b : Surface terrière atteinte et nombre de tiges de plus de 10 cm de diamètre détruites, en fonction du nombre de tiges prélevées, en Afrique

Les précautions proposées ci-avant telles que la planification des pistes et des routes en fonction de la ressource et du positionnement des tiges sur le terrain, sont nécessaires pour atteindre l'objectif de gestion durable. Elles ne sont cependant pas suffisantes. On se rend compte facilement qu'il est aussi nécessaire de fixer un prélèvement maximum de bois. Celui-ci peut être exprimé en surface terrière ou en volume mais il nous semble essentiel dans l'optique d'une bonne gestion (Dupuy *et al.* 1998).

Toutes ces mesures convergent vers la définition d'un taux maximum de perturbation tolérable en fonction de chaque type de forêt permettant à la forêt de remplir ses principales fonctions.

B.2. Les effets de l'exploitation forestière sur la biodiversité

Le « principe de précaution » adopté par la Banque mondiale, la FAO ainsi que l'OIBT commande que les sociétés humaines conservent une biodiversité aussi grande que possible. L'exploitation forestière induit des perturbations dont les conséquences sont mal connues car on ne dispose pas d'informations précises sur l'écologie de la plupart des essences forestières et leur réponse aux perturbations. On ne possède souvent que peu de données sur lesquelles on peut fonder des programmes de conservation. L'OIBT ainsi que d'autres organismes tels que la FAO et le WWF⁵ déclarent cependant que la conservation de la biodiversité est fortement influencée par le degré d'ouverture du couvert et l'étendue des dommages à la végétation restante, ainsi qu'à l'intensité de l'érosion.

Cependant, il est généralement admis qu'il est possible d'aménager les forêts tropicales en vue de la production de bois et autres biens de services tout en maintenant dans une large mesure leur biodiversité. Par conséquent, alors que les sols des forêts tropicales sont souvent extrêmement fragiles lorsque l'on cherche à les défricher pour d'autres usages, ces forêts présentent elles-mêmes une robustesse suffisante pour leur permettre de récupérer après une perturbation occasionnelle et localisée. Une extraction sélective d'essences à bois d'oeuvre suivie d'une protection des forêts après l'exploitation constitue une forme de perturbation que l'on peut escompter être compatible avec la conservation d'une grande partie de la biodiversité. La présence d'arbres âgés de grande dimension dans la forêt et l'allongement de l'intervalle entre les perturbations dues aux opérations de coupe favorisent en règle générale la conservation de la biodiversité.

A côté de ceci, la stratégie la plus sûre pour conserver la biodiversité est d'établir des aires protégées étendues non perturbées, couvrant des échantillons représentatifs de tous les types de forêts et écosystèmes.

C. L'AMÉLIORATION DES TECHNIQUES POUR UNE EXPLOITATION À FAIBLE IMPACT

Après les constatations faites ci-avant, des propositions de techniques d'optimisation des opérations forestières et de diminution des dégâts sur le peuplement sont détaillées ci-après, en vue d'une meilleure durabilité de l'exploitation d'un meilleur respect de l'environnement et de l'optimisation de l'utilisation des ressources.

Aucune de ces techniques n'est une pratique révolutionnaire : elles sont communément utilisées dans la plupart des pays industrialisés. Certaines nécessitent des investissements modestes en formation, en personnel qualifié et en équipement. La plupart de ces principes simples sont souvent bafoués sur le terrain par manque de temps, c'est à dire bien souvent par manque d'une programmation suffisante des travaux ou par manque de personnel qualifié.

L'encadré ci-dessous résume dans un ordre chronologique les différentes étapes nécessaires à la réalisation d'une exploitation à impact réduit. Ces techniques sont essentiellement basées sur une **planification très stricte de toutes les opérations d'exploitation forestière**. Cette planification débute par un inventaire systématique des ressources exploitables présentes et futures (arbres d'avenir). Cet inventaire constitue une étape primordiale et essentielle, car il

⁵ World Wildlife Fund

définit les modalités d'exploitation (tracés de pistes de débardage, tracé de routes, et éventuellement dans certains cas, abattage directionnel) et l'intensité même de l'exploitation.

La réalisation d'une exploitation à faible impact sur le terrain exige également une formation sur le terrain du personnel travaillant en forêt, de l'abatteur à l'ingénieur forestier. Le débardage et l'ouverture des routes sont les principales opérations à contrôler. Enfin, les salaires doivent également tenir compte de la qualité des prestations et non plus seulement de la productivité des opérateurs.

Encadré 1 : Planification des opérations d'exploitation forestière

Etape 1 : Inventaire avant exploitation (à réaliser au moins six mois avant l'abattage) :

- cartographie de toutes les essences commerciales de taille exploitable et des tiges d'avenir (essences commerciales de plus de 40 cm de diamètre).
- marquage des arbres à abattre et des arbres à protéger lors de l'exploitation (arbres d'avenir, porte graines...).

Etape 2 : Planification :

- routes principales et secondaires ;
- pistes de débardage ;
- éventuellement direction d'abattage pour quelques arbres à exploiter.

Etape 3 : Plan des opérations :

- carte au 1:5000^{ème} minimum, comprenant : topographie dans les zones accidentées, positionnement des arbres à abattre, routes d'exploitation, pistes de débardage.

Etape 4 : Exploitation :

- contrôle strict de chaque opération par le responsable du chantier assisté d'une équipe;
- prime de qualité et de rendement.

C.1. Détermination des zones à protéger

L'exploitation dans les zones de forte pente (supérieures à 35°) est à proscrire car elle entraînerait une érosion trop forte ainsi que des dégâts considérables sur le peuplement.

D'autre part une zone tampon où l'exploitation sera proscrite doit être déterminée le long des cours d'eau de zones écologiques particulières ou fragiles comme les forêts galeries ou les zones hydromorphes, qu'il est nécessaire de préserver.

En ce qui concerne le maintien de la biodiversité, les zones à richesse faunique ou floristique exceptionnelles ou représentant l'habitat d'espèces endémiques sont également à exclure de la surface exploitable. Le problème est que l'emplacement, les limites et la taille du biotope à protéger sont méconnus. L'O.I.B.T. (1993) préconise d'entreprendre des inventaires en vue de décrire, quantifier et observer de façon suivie la biodiversité dans toutes les forêts de production qui seront jugées suffisamment prioritaires dans la stratégie nationale de conservation pour justifier une telle action.

De même, il faudra mettre au point des systèmes pratiques d'évaluation de la biodiversité afin

de guider l'affectation des terres tant à l'échelon du terroir qu'à l'intérieur des unités d'aménagement dans les forêts de production.

Enfin, un système de réserves de forêt non perturbée de petite taille (de l'ordre d'une centaine d'hectares) réparties dans la forêt aménagée peuvent avoir un effet positif marqué sur la conservation de la biodiversité, hors de proportion avec leur taille. Un tel ensemble de réserves soigneusement réparties à travers la zone aménagée peut servir de refuge temporaire aux animaux qui fuient les zones de coupes ainsi que de foyers de recolonisation rapide. Cependant ce système n'est applicable que dans des cas d'école, où la forêt est bien connue et surveillée.

C.2. Détermination des diamètres minimum d'exploitabilité

Réduire les dommages sur la forêt n'est pas le seul critère pour déterminer l'intensité de l'exploitation. La distribution des diamètres des essences commerciales joue aussi un rôle important pour que le prélèvement s'adapte à la ressource (Whitmore 1990). Selon les recommandations de l'O.I.B.T. (1990), la possibilité annuelle réalisable doit faire l'objet d'une estimation prudente si l'on ne dispose pas de données fiables sur la régénération et la dynamique de croissance des essences, notamment en ce qui concerne l'accroissement en diamètre et la réponse des arbres et du sol aux effets de l'exploitation. Cela s'applique tant aux essences qui sont recherchées dans les conditions actuelles du marché qu'à celles qui sont susceptibles de l'être dans l'avenir, en tenant compte du fait que les marchés intérieurs et mondiaux des produits forestiers connaissent une évolution très dynamique.

Ainsi, les diamètres minimum d'exploitabilité (D.M.E.) doivent être adaptés à la structure diamétrique de chaque essence dans la zone à exploiter pour laisser, entre autres, un nombre de semenciers suffisants et garantir la diversité génétique des essences exploitées (Dupuy *et al.* 1998). Cette possibilité est offerte dans certains pays dans lesquels les D.M.E. sont déterminés dans le plan d'aménagement des permis d'exploitation (Cameroun, RCA). Cette possibilité de modification des D.M.E. est un outil utile pour éviter de surexploiter la ressource et compromettre la régénération des essences de valeur commerciale.

Cette détermination des D.M.E. est couplée au calcul de la durée de la rotation entre deux coupes de manière à permettre de nouvelles récoltes dans un laps de temps compatible avec une exploitation forestière rentable.

La méthode utilisée par le projet A.P.I. de Dimako couple durée de rotation et D.M.E. *via* le calcul d'un *pourcentage de reconstitution* du nombre de tiges de diamètre exploitable avant exploitation, pour les principales essences présentes et exploitées (Durrieu de Madron et Forni 1997). Cette reconstitution est fonction des dégâts d'exploitation, de l'accroissement et de la mortalité de quelques essences pour lesquelles on dispose de données sur l'accroissement et qui forment aujourd'hui la majorité du volume exploitable. On ne cherche pas à reconstituer 100 % du nombre de tiges exploitables actuelles ; les coupes futures ne récolteront que la production cumulée pendant la durée de l'aménagement. Cette rotation et ces D.M.E. doivent alors prendre en compte la croissance et la structure diamétrique des principales essences exploitées, notamment de celles présentant une structure en « cloche » (*cf.* encadré 2). La préservation d'une essence doit pouvoir d'ailleurs aller jusqu'à l'interdiction de son exploitation.

Encadré 2 : Calcul de la rotation et détermination du diamètre minimum d'exploitabilité optimal

Le calcul du pourcentage de reconstitution du nombre de tiges initialement exploitables prend en compte l'effectif des deux trois ou quatre classes de diamètre immédiatement en dessous du D.M.E., l'effectif total d'essences initialement exploitables, le taux de mortalité, l'accroissement diamétrique annuel moyen de l'essence considérée et les dégâts dus à l'exploitation.

Pour les essences à distribution des effectifs par classe de diamètre "en cloche", l'évolution de ces pourcentages de reconstitution formerait une courbe du même type (cf. fig. 3). Une évolution selon une fonction puissance s'observe pour les essences à distribution en exponentielle décroissante.

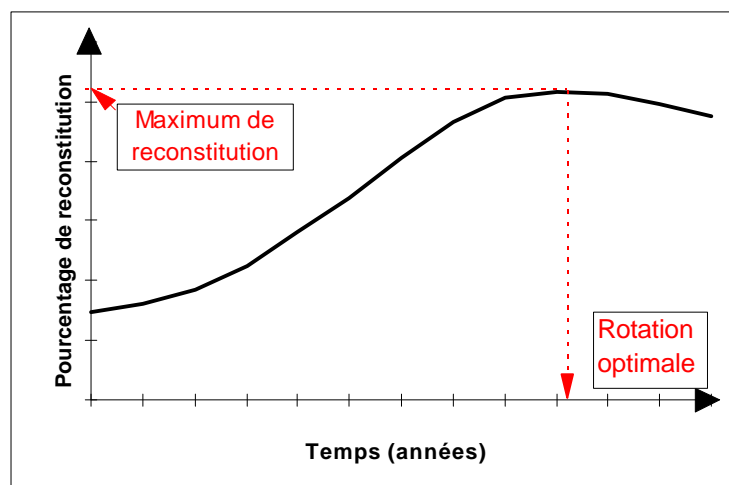


Figure 3 : Evolution probable de reconstitution du volume prélevé en fonction du temps pour les essences présentant une courbe de distribution des effectifs "en cloche"

Il s'avère cependant difficile d'estimer la régénération induite par l'ouverture du peuplement due à l'exploitation forestière, notamment pour les espèces commerciales. Le recul dans le temps des connaissances dont on dispose aujourd'hui ne dépasse pas une vingtaine d'années dans les dispositifs de recherche.

Une variante de cette méthode a été utilisée pour le Permis n°163 en République Centrafricaine (Petrucci et Demarquez 1997) : le renouvellement de la ressource après *plusieurs* exploitations, en fonction du D.M.E. et de la durée de rotation, et non plus le pourcentage de reconstitution par rapport à avant la première exploitation, a été calculé. Par exemple, dans la figure 2, avec un D.M.E. de 120 cm, le Sapelli a un renouvellement constant entre les rotations successives (trait épais sur le graphe).

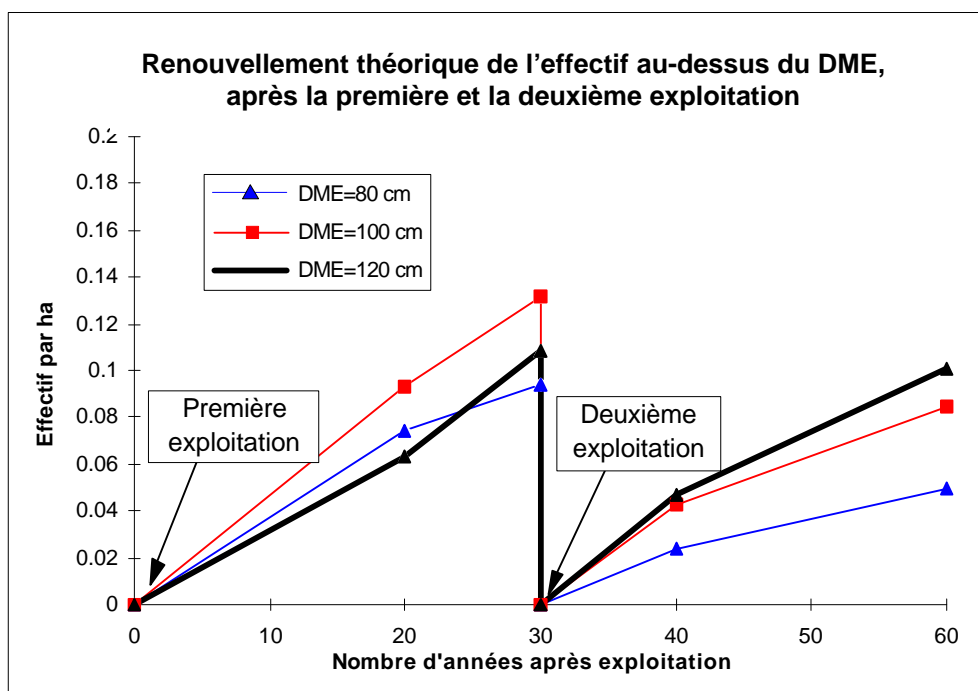


Figure 2 : Evolution après exploitation des effectifs exploitables en fonction du D.M.E. pour le Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), principale essence exploitable dans le Permis n° 163 en Centrafrique

Toujours avec le même souci du maintien de la diversité floristique et génétique des essences de valeur, il est souhaitable que des semenciers des espèces exploitées soient identifiés et marqués en réserve lors de l'inventaire d'exploitation. Cependant, les connaissances manquent sur le diamètre minimum pour qu'un arbre soit semencier, la distance de fécondation, la distance de dissémination,... pour une espèce donnée. Des études doivent être menées pour valider ou corriger ce chiffre, pour les principales essences exploitées.

Quand ces connaissances seront disponibles, les semenciers à conserver sur pied pourront avoir des anciennes blessures qui bien qu'altérant la valeur du bois d'un point de vue commercial, ne concernent pas la valeur génétique de l'arbre. Ils devront toutefois être bien conformés.

D'autre part, Dupuy *et al.* (1998) préconisent de conserver les tiges de très grosses dimensions (par exemple de diamètre supérieur à 2,5 m). Les très gros arbres seront soigneusement conservés sur pied compte tenu de leur valeur écologique potentielle (diversité génétique intraspécifique). De même, il est recommandé de conserver les espèces rares, les espèces endémiques ainsi que les espèces clés de voûte.

Etant donné le nombre maximal d'arbres à l'hectare exploitables (ou la distance minimale entre deux pieds exploités), le marquage de semenciers et la conservation des très grosses tiges (qui de toute façon sont rarement exploitées par l'exploitant car trop lourdes) ne devrait pas pénaliser l'exploitant, car ces arbres pourront précisément être choisis parmi les arbres trop près les uns des autres.

C.3. Proposition d'amélioration de l'inventaire d'exploitation : la méthode A.P.I.

Par rapport aux normes nationales d'inventaire, le projet A.P.I. a proposé les modifications suivantes :

- La forêt est divisée en parcelles constituées de zones appelées « poches », délimitées par des obstacles naturels.

La technique sur le terrain est la suivante :

- ouverture d'un layon de base desservant au mieux la poche et représentant le tracé provisoire de la route secondaire ;
 - ouverture d'un réseau de layons équidistants de 125 m et perpendiculaires au layon de base, délimitant les unités de comptage et allant jusqu'aux limites de la poche ;
 - chaînage et jalonnage de layons longitudinaux dans le sens du layon de base de la poche ;
 - comptage de toutes les essences à partir d'un diamètre de 40 cm par cinq prospecteurs et deux pointeurs, évoluant chacun sur un des layons longitudinaux délimitant la parcelle ;
 - cartographie par poche et à une échelle convenable (1/2500).
- Les améliorations apportées par une telle méthode par rapport aux méthodes conventionnelles sont les suivantes :
 - précision accrue du positionnement des arbres qui sont ainsi plus facilement retrouvés par l'abatteur ;
 - l'inventaire d'exploitation est utilisable lors de la planification du réseau de desserte ;
 - transformation du plan de sondage en un plan d'exploitation ;
 - bonne gestion du chantier d'exploitation grâce à une connaissance de la distance à partir de la route de tous les points de la parcelle permettant une maîtrise des mouvements des personnels et des machines.

Le coût de la méthode A.P.I. est de 1140 F CFA/ha, en 1995.

C.4. Largeur des pistes et densité du réseau

Dykstra et Heinrich (1996) recommandent une largeur maximale de dégagement sur le bord des pistes de 7,5 m pour les grandes voies d'exploitation et à cinq mètres pour les voies d'exploitation secondaires. En terrain plus accidenté, il faut d'avantage défricher afin de faciliter l'édification de déblais et de remblais et, dans les régions à fortes précipitations, de permettre à la lumière du soleil de sécher les chemins après la pluie. Bien que la pratique varie selon les régions, le principe général veut que la largeur moyenne des chemins forestiers soit limitée au minimum permettant de disposer de voies convenablement construites et entretenues, où le débardage puisse être effectué de façon efficace et sûre. Cela a pour effet de réduire l'érosion des sols et de restreindre l'étendue de forêt qui doit être défrichée aux fins d'aménagement de l'infrastructure.

En forêt tropicale mélangée, exploitée dans les conditions habituelles de l'Afrique occidentale et centrale (où l'on récolte en moyenne 10 m³/ha), une densité efficace équivalente à celle

calculée pour la forêt tempérée (100 m de route pour 1000 m³ de bois rond extrait) correspondrait à un mètre de route par hectare de forêt. Ce chiffre est de très loin inférieur aux densités réelles enregistrées communément dans les forêts tropicales, ce qui tendrait à prouver que la densité optimale du réseau routier dans certaines de ces forêts pourrait être plus élevée (Dykstra et Heinrich 1996).

C.5. La planification des pistes

Il est possible d'optimiser les routes à ouvrir par la planification du réseau principal, d'après l'inventaire d'aménagement effectué préalablement à la mise en exploitation des permis.

Le CIRAD-forêt a mis au point une technique utilisant un système d'information géographique (S.I.G.) qui superpose plusieurs cartes thématiques (relief, cours d'eau, zones riches en tiges à exploiter, zones à risques pour l'érosion ou difficiles de pénétration, parcellaire défini dans le plan d'aménagement...). Le logiciel prend en compte tous ces paramètres, et par des calculs itératifs, définit sur carte le tracé des pistes principales et secondaires représentant le meilleur compromis entre ces différents paramètres (De Chateau-Thierry 1995 ; Freycon 1997). Cette méthode a été utilisée récemment pour l'élaboration du plan d'aménagement du permis d'exploitation n° 163 en République Centrafricaine (cf. fig. 4).

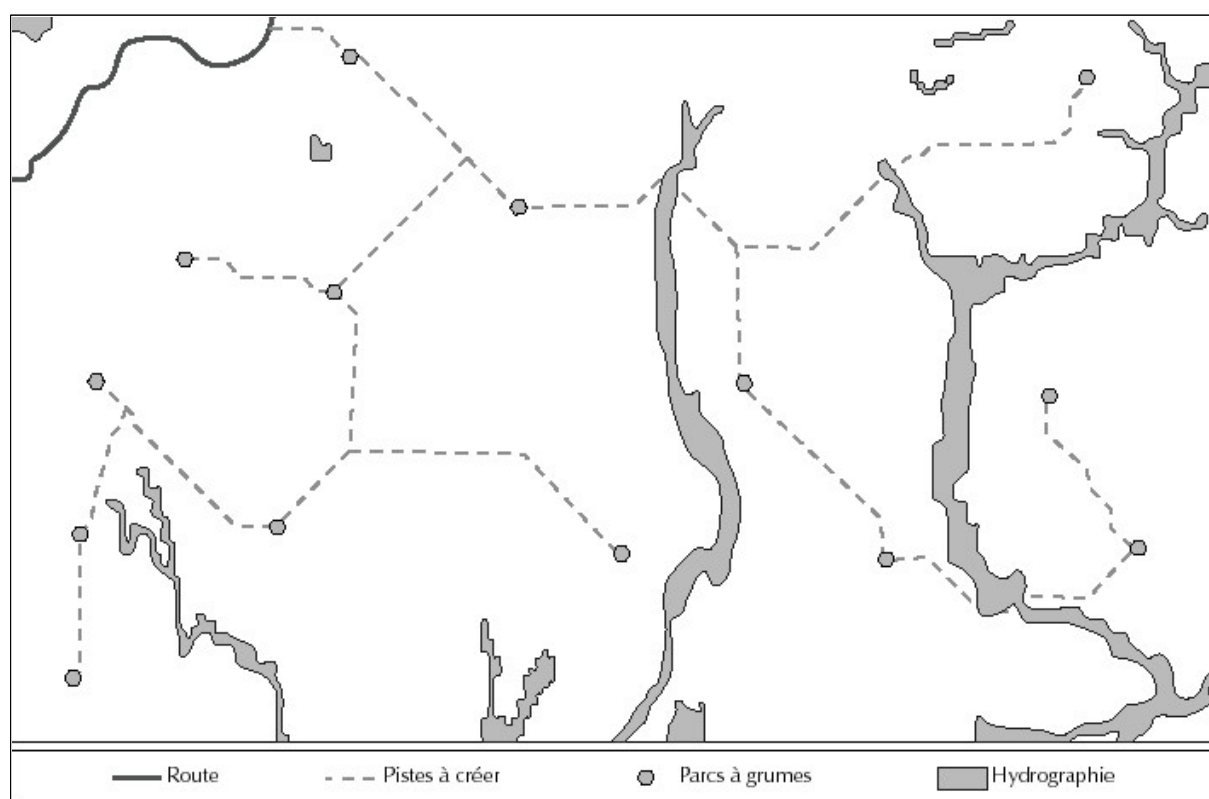


Fig. 4 : Exemple de détermination de tracé de piste par S.I.G. en Centrafrique, d'après l'hydrographie, la topographie et la ressource.

C.6. Le taux maximum d'exploitation

D'après le tableau 2 et la figure 1, une limitation du nombre maximum de tiges exploitables, directement responsable des dégâts sur le peuplement exploité, s'avère être une mesure efficace pour la réduction des dommages et la durabilité de l'aménagement. Dupuy *et al.* (1998) proposent de limiter le volume exploitable à l'hectare à 25-30 m³/ha par rotation. Au-delà de ce seuil, les dégâts d'exploitation deviennent très importants.

Le projet A.P.I. Dimako pour sa part, a proposé les maxima suivants pour l'exploitation : trois arbres exploités par hectare, 40 m³/ha et une distance minimale entre chaque pied exploité de 40 m (Durrieu de Madron *et al.* 1998b). Ce volume maximum exploitable doit être intégré dans les calculs de possibilité et rester cohérent avec les D.M.E. et la rotation proposée.

C.7. L'abattage

Suite aux résultats décevants du projet A.P.I. en ce qui concerne l'abattage directionnel, il semble inopportun d'en proposer l'utilisation. Il semble que cette technique soit plus adéquate en Asie, où les houppiers sont plus réduits. Ainsi, que de nombreux auteurs⁶, préconisent-ils ou citent cette recommandation pour ce continent, pour orienter la grume vers la piste de débardage et éviter autant que possible les tiges d'avenir qui peuvent être préalablement marquées lors de l'inventaire d'exploitation.

Il apparaît qu'une meilleure formation des abatteurs à l'abattage traditionnel reste la solution la plus raisonnable en Afrique, accompagnée par des incitations financières pour un travail de bonne qualité.

C8. L'optimisation du tracé des pistes de débardage

C.8.1. Caractéristiques des pistes

Il faut éviter le plus possible de dégager les pistes de débardage à l'aide de la lame des débusqueurs ou des tracteurs à chenilles. Cette technique a été interdite dans certains pays, hormis les cas où elle s'impose pour des raisons de sécurité. Les directives élaborées par le CIRAD-forêt et mises à l'épreuve en Afrique occidentale, en Amérique du sud et en Asie du sud-est stipulent que les travaux d'aménagement des pistes de débardage devraient se limiter à la coupe naturelle des broussailles et à l'arasement des souches au niveau du sol. On peut d'ailleurs disposer les résidus de coupe sur les pistes, de façon à former une couche de protection sur laquelle les débusqueurs circuleront. Outre qu'ils contribuent à protéger les sols, ces procédés diminuent les coûts en supprimant l'opération éventuelle consistant à ouvrir les pistes de débardage à l'aide des bouteurs.

Les pistes de débardage doivent être aussi rectilignes que possible et ne s'incurver que pour atteindre les arbres à abattre, éviter les sols détrempés ou trop meubles et les terrains trop accidentés, ainsi que les arbres d'avenir et les semenciers devant rester sur le terrain.

Sist *et al.* (1998), préconisent l'utilisation du débardage à chenilles ou à roues pour des pentes inférieures à 15°.

⁶ Dykstra et Heinrich (1996), Andrewartha (1998) au Sabah, Sist et Dykstra (1998), Mansyur *et al.* (1984), Simartha et Sinaga (1982) en Indonésie.

De 15 à 35°, étant donné les dommages considérables constatés sur le sol et la végétation, des précautions exceptionnelles devront être prises pour l'exploitation afin d'éviter notamment les phénomènes d'érosion. Au dessus de 35 ° de pente, l'exploitation forestière est fortement déconseillée.

La largeur des pistes de débardage ne devrait pas dépasser une largeur maximale de 4,5 m, lorsque doivent y circuler de gros engins. Il faut éviter les virages serrés pour ne pas endommager les arbres et autres végétaux poussant en bordure des pistes.

Les pistes et les machines de débardage ne devraient jamais pénétrer dans les zones tampon bordant les cours d'eau ; lorsque l'abattage y est malgré tout autorisé, il faut toujours essayer de diriger les arbres abattus perpendiculairement au cours d'eau et les extraire par treuillage.

A moins que ce ne soit absolument inévitable, les pistes de débardage ne devraient jamais traverser des cours d'eau ou des ravines. Si cela s'avère indispensable, le franchissement doit, si possible, s'effectuer en un endroit où se trouve un fond rocheux. Il convient de protéger le lit du cours d'eau avec des grumes ou un ponceau temporaire (Dykstra et Heinrich 1996).

D'autre part, comme l'ont montré des études réalisées dans de nombreux pays, notamment tropicaux, il est à la fois inutile et peu rentable d'approcher le débusqueur de chaque grume à débarder : en restant sur la piste et en treuillant les grumes, on limite considérablement le dérangement et le tassement du sol ainsi que les dommages causés aux arbres résiduels et à la régénération préexistante.

C.8.2. Planification des pistes

Les techniques à faible impact visent à optimiser l'opération de débardage en regroupant les arbres en paquets, en fonction de leur proximité. Chacun de ces paquets peut être raccordé à la piste principale, à la route ou à un paquet plus rapproché de la route. Des pistes secondaires relient les pieds des arbres à la piste principale.

Dans une poche d'exploitation, une planification du tracé des pistes de débardage a été effectuée en fonction des tiges exploitables (connue par un inventaire en plein), à l'aide d'une carte du réseau de pistes de débardage et d'un regroupement des arbres à débarder par paquets (Mékok 1995b).

La longueur des pistes de débardage en zone planifiée s'est avérée moindre qu'en zone témoin. Le prix unitaire par m³ diminue ainsi de moitié au départ du chantier pour la poche planifiée, par rapport à la poche témoin notamment à cause du coût moindre du personnel du parc et du matériel roulant et de la production plus forte à l'hectare (pas d'oubli).

Les itinéraires ne sont plus fait "à vue", mais sont dictés par la nécessité d'adopter le tracé optimal pour atteindre les arbres à abattre. De plus, ces itinéraires sont balisés à l'avance. Cette amélioration induira un surcoût dû aux heures de personnel qualifié pour la planification sur la carte et sa matérialisation.

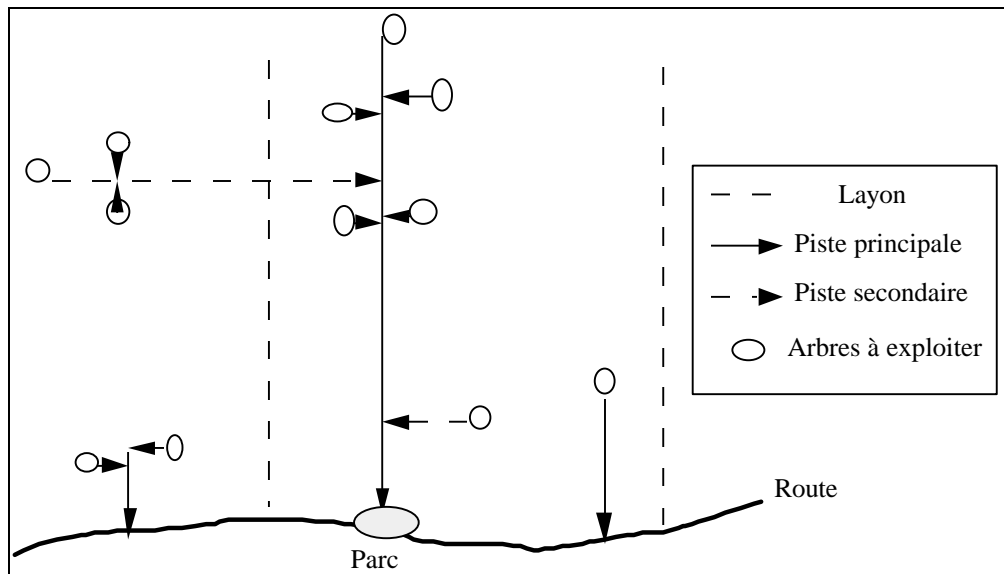


Fig. 5 : Planification du réseau de pistes de débarquement

Après planification et balisage des pistes de débarquement, les engins doivent s'y maintenir strictement.

La planification de l'exploitation est le moyen le plus éprouvé pour réduire au maximum les différents dommages causés lors de l'abattage et l'extraction des arbres.

Le principe, connu depuis fort longtemps n'a pas évolué de façon significative. Il est seulement de moins en moins mis en pratique dans les chantiers d'exploitation actuels.

C'est un raisonnement incorrect des exploitants, basé sur des économies immédiates qui a amené un abandon progressif de la planification. Cependant une bonne programmation de l'exploitation va de pair avec une amélioration de la rentabilité des opérations (Marn et Jonkers 1982).

C.9. Les places de dépôt transitoire

Dans le cas où les places de dépôt sont nécessaires, on s'efforcera de les aménager sur un terrain légèrement en pente. Une déclivité de 2 % (1°) est souvent recommandée. Les emplacements les plus propices se trouvent en terrain dégagé, à bonne distance des cours d'eau. Il importe que les premiers dépôts transitoires soient bien drainés et que l'eau des fossés de drainage se déverse dans la végétation environnante et non pas directement dans un cours d'eau. Normalement ces dépôts devraient être à une distance d'au moins trente mètres de tout cours d'eau, voire à une distance supérieure en terrain accidenté. Il convient d'aménager des fossés et des ponceaux sur les pentes situées en amont, en particulier au débouché des pistes de débarquement pour empêcher les eaux de ruissellement de s'accumuler sur les places de dépôt transitoire pendant les périodes pluvieuses (Dykstra et Heinrich 1996).

D. CONCLUSION

Il existe ainsi plusieurs moyens de réduire l'impact de l'exploitation forestière sur le peuplement, permettant une gestion durable de l'écosystème.

La plupart d'entre elles sont basées sur la planification des opérations amenant une optimisation de chacune des opérations et ainsi une baisse des gaspillages en forêt.

Un deuxième grand point est constitué par la formation du personnel, souvent peu qualifié. Des incitations financières (primes, salaires) prenant en compte la qualité du travail effectué et non plus la quantité, sont de bons moyens pour motiver le personnel de terrain.

Des connaissances manquent encore dans le domaine de l'écologie et la reproduction des arbres exploités ainsi que de la dynamique de leur régénération naturelle. Des études sont nécessaires pour pallier ces lacunes. De même, il serait utile que des équipes de démonstration techniques et pédagogiques soient constituées pour démontrer aux forestiers sur le terrain l'intérêt technique, financier, écologique et commercial (à travers leur image de marque), à améliorer leurs méthodes d'exploitation forestière.

Enfin, il est nécessaire de se pencher sur les modes d'incitations de la part des gouvernements pour que les exploitants appliquent les méthodes à faible impact, incitations sur le plan fiscal ou celui de la labélisation des forêts ou des exploitants, en prenant soin d'évaluer les tenants et les aboutissants de chaque mesure mise en place.

Bibliographie

Andrewartha (R.) 1998.

Reduced impact logging developments in Sabah. *Tropical Forest Update* ITTO vol 8 n°1 pp 24-26.

Bertault (J.G.) 1992.

Etude de l'effet du feu en forêt dense semi-décidue de Côte d'Ivoire au sein d'un dispositif expérimental sylvicole. Thèse de Doctorat, Université de Nancy I, 260p + annexes.

Bertault (J.G.), Sist (P.) 1997.

An experimental comparison of different harvesting intensities with reduced-impact and conventional logging in East Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management* 94:209-218.

Bertault (J.G.), Sist (P.) 1995.

Impact de l'exploitation naturelle. *Bois et Forêts des Tropiques* 245:5-20.

Brevet (R.), Tuo (N.), Diahuissié (A.) 1992.

Etude des dégâts d'exploitation forestière en forêt dense humide. Exploitation de bois d'oeuvre en forêt de Yapo-Mambo. IDEFOR-CIRAD, 30 p.

C.T.F.T., 1989.

Mémento du Forestier. « Techniques rurales en Afrique ». 3^{ème} édition. Ministère de la Coopération. 1266 p.

COMMETT 1992.

Etude sur le système d'attribution et de suivi des titres d'exploitation forestières pour le bois d'oeuvre. Tome 2 - Analyse critique et propositions. Draft MINEF/Banque Mondiale.

De Chateau Thierry (V.) 1995.

Optimisation d'un tracé de route forestière à l'aide d'un système d'information géographique DESS Cartographie Université de Paris 1 CIRAD, 73 p.

De Chatelperron (G.), Commerçon (R.) 1986.

Mise en exploitation du dispositif de recherche en forêt naturelle dans les forêts de Boukoko et La Lolé en République Centrafricaine Projet F.A.C. A.R.R.F. C.T.F.T., 58 p.

Dupuy (B.) 1998.

Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide africaine. Projet FORAFRI, 328 p.

Dupuy (B.), Bertault (J.G.) 1997.

Impact des incendies en forêt dense humide ivoirienne. Contribution au XI^{ème} congrès forestier mondial - Antalya, 5 p.

Dupuy (B.), Durrieu de Madron (L.), Petrucci (Y.) 1998.

Sylviculture des peuplements naturels en forêt dense humide africaine : principes de base. *Bois et Forêts des Tropiques* 257 : 5-23.

Durrieu de Madron (L.), Forni (E.) 1997.

Aménagement forestier dans l'Est du Cameroun : structure du peuplement et périodicité d'exploitation. *Bois et Forêts des Tropiques* 254:39-64

Durrieu de Madron (L.), Forni (E.), Karsenty (A.), Loffeier (E.) Pierre (J.M.) 1998b.

Le projet d'aménagement Pilote intégré de Dimako (Cameroun) (1992-1996). Projet FORAFRI, 160 p.

Dykstra (D.), Heinrich (R.) 1996.

Code modèle FAO des pratiques d'exploitation forestière. FAO, 85 p.

Estève (J.) 1983.

La destruction du couvert forestier consécutive à l'exploitation forestière de bois d'oeuvre en forêt dense tropicale humide africaine ou américaine. *Bois et Forêts des Tropiques* 201:77-84

FAO 1995.

State of world's forests. FAO, Rome.

Forni (E.) 1994.

Etude de l'exploitation - Bilan de l'exploitation de la Vente de Coupe 1112. Rapport technique A.P.I. Dimako, 12 p.

Freuquin (A.) 1998.

Les techniques d'exploitation forestière à faible impact (EFI) dans les pays tropicaux ENGREF, 28 p.

Freycon (V.) 1997.

Rapport de mission d'appui au projet d'aménagement forestier pilote de la Sangha Mbaéré CIRAD, 58 p. + annexes.

Fuhr (M.), Delege (M.A.), Nasi (R.) 1998.

Dynamique et croissance de l'Okoumé en zone cotière du Gabon. Projet FORAFRI CIFOR-CIRAD, 100 p.

Hawthorne (W.D.) 1994.

Fire damage and forest regeneration in Ghana. ODA Forestry series n°4 53 p.

Henderson (J.) 1990.

Damage controlled logging in managed tropical rain forest in Suriname. Agricultural University Wageningen. Hollande, 204 p.

Jardin (J.L.) 1995a.

Etude de l'abandon des bois sur les parcs d'exploitation en forêt. Rapport technique A.P.I. Dimako, 15 p.

Jardin (J.L.) 1995b.

Etude des dégâts d'exploitation en forêt dense sempervirente. Rapport technique A.P.I. Dimako, 15 p.

Lumet (F.), Forni (E.), Laurent (D.), Maitre (H.F.) 1993.

Etude des modalités d'exploitation du bois en liaison avec une gestion durable des forêts. Quatrième et dernière étude de cas : le Cameroun. CIRAD Forêt/ Commission des communautés européennes-DG XI 84 p.

Laurent (D.), Maître (H.F.) 1992.

Destruction des ressources forestières tropicales : l'exploitation forestière en est-elle la cause? C.T.F.T./ FAO, Italie. 107 p.

Mansyur (M.) *et al.* 1984.

The influence of training on felling waste. F.P.R. Journal, vol 1, n°1, pp 23-30.

Marn (H.M.), Jonkers (W.) 1982.

Logging damage in tropical high forest. In P.B.L. Tropical forests : source of energy through optimisation et diversification.: Comptes rendus de la conférence internationale du 11 au 15 nov. 1980 à Penerbit Universiti Pertanian, Serdang, Selangor, Malaysia. Srivastava et al. eds. p. 27-38

Mbolo (B.D.) 1994.

Etude des dégâts d'exploitation dans la zone d'action du projet A.P.I. de Dimako. Mémoire de fin d'étude Dschang INADER-UDs, 79 p.

Mekok (M.) 1995a.

Etude des prix de revient du m³ de bois au départ du chantier d'exploitation forestière et de l'incidence de la planification des pistes de débarquement sur la pratique actuelle de l'exploitation. Rapport technique A.P.I. Dimako, 49 p.

Mekok (M.) 1995b.

Incidence de la planification sur la pratique actuelle de l'exploitation. Rapport technique A.P.I. Dimako, 12 p.

Nkié (M.) 1994.

Estimation des coefficients de commercialisation de trois essences forestières (Ayous Bété et Sapelli) dans la zone forestière de Dimako : cas de la SFID. Mémoire de fin d'étude de l'université de Dschang, 71 p.

OIBT 1990.

Directives de l'OIBT pour l'aménagement durable des forêts tropicales naturelles. Série technique OIBT n°5, 19 p.

OIBT 1993.

Directives de l'OIBT sur la conservation de la diversité biologique dans les forêts tropicales de production. Série OIBT : politique forestière n°5, 20 p.

P.D.F.G. 1979.

Aménagement du sud-estuaire. Plan de développement Forestier du Gabon, 3^{ème} phase. Programme des nations unies pour le développement, Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Centre Technique Forestier Tropical. FO : DP/GAB/73/002 rapport technique 2, 253 p + annexes.

Petrucci (Y.), Demarquez (B.) 1997

Plan d'aménagement forestier du PEA 163 (Sangha Mbaéré) C.F.D. MEEFCP République centrafricaine, 110 p.

Sangaré (M.) 1990.

Contribution à l'établissement du plan de gestion du massif forestier de Yapo-Abbé. SODEFOR - Côte d'Ivoire, 106 p.

Simamarta (S.R.), Sinaga (M.) 1982.

Reduction of felling waste through job training at forest companies in Indonesia. F.P.R.I. Report n°161 pp 7-12.

Sist (P.) 1997.

Potentialités de mise en place de techniques d'exploitation à faible impact au Gabon - synthèse provisoire de la mission 3-15 juillet 1997, 6 p.

Sist (P.), Dykstra (D.) et Fimbel (R.) 1998.

Reduced impact logging guidelines for lowland and hill dipterocarp forest in Indonesia. CIFOR occasional paper n°15.

Vidal (E.), Johns (J.), Gerwing (J.J.) et al. 1997.

Vine management for reduced impact logging in eastern Amazonia. Forest Ecology and Management 98:105-114

Whitmore (T.C.) 1990.

An introduction to tropical rain forests. Oxford, UK, Clarendon Press, 226 p.

Série FORAFRI

Document 1.

Dynamique de croissance dans des peuplements exploités et éclaircis de forêt dense africaine. Dispositif de M'Baiki en République Centrafricaine (1982-1995).

1998. Frédéric Bedel, Luc Durrieu de Madron, Bernard Dupuy, Vincent Favrichon, Henri Félix Maître, Avner Bar-Hen, Philippe Narbonni. 72 p.

Document 2.

Croissance et productivité en forêt dense humide : bilan des expérimentations dans le dispositif d'Irobo. Côte d'Ivoire (1978-1990).

1998. Luc Durrieu de Madron, Vincent Favrichon, Bernard Dupuy, Avner Bar-hen, Henri Félix Maître. 69 p.

Document 3.

Croissance et productivité en forêt dense humide : bilan des expérimentations dans le dispositif de Mopri. Côte d'Ivoire (1978-1992).

1998. Luc Durrieu de Madron, Vincent Favrichon, Bernard Dupuy, Avner Bar-Hen, Louis Houde, Henri Félix Maître. 73 p.

Document 4.

Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide africaine.

1998. Bernard Dupuy. 328 p.

Document 5.

Quelques méthodes statistiques pour l'analyse des dispositifs forestiers.

1998. Avner Bar-Hen. 110 p.

Document 6.

Aménagement forestier en Guinée.

1998. Nicolas Delorme. 185 p.

Document 7.

Le projet d'aménagement Pilote intégré de Dimako (Cameroun).

1998. Luc Durrieu de Madron, Eric Forni, Alain Karsenty, Eric Loffeier, Jean-Michel Pierre. 158 p.

Document 8.

L'identification des finages villageois en zone forestière. Justification analyse et guide méthodologique.

1998. Alain Pénelon, Luc Mendouga, Alain Karsenty, Jean-Michel Pierre. 30 p.

Document 9.

Estimation de la qualité des arbres sur pied.

1998. Meriem Fournier-Djimbi, Daniel Fouquet. 22 p.

Document 10.

Les G.P.S. De l'acquisition des relevés à leur intégration dans un SIG.

1998. Vincent Freycon, Nicolas Fauvet. 84 p.

Les bibliographies du CIRAD

Gestion des écosystèmes forestiers denses d'Afrique tropicale humide. 1. Gabon

1998. Bernard Dupuy, Catherine Gérard, Henri-Félix Maître, Annie Marti, Robert Nasi. 207 p.

Document 11.

Synthèse sur les caractéristiques technologiques de référence des principaux bois commerciaux africains.

1998. Jean Gérard, A. Edi Kouassi, Claude Daigremont, Pierre Détienne, Daniel Fouquet, Michel Vernay. 185 p.

Document 12.

Les cartes, la télédétection et les SIG, des outils pour la gestion et l'aménagement des forêts tropicales d'Afrique Centrale.

1998. Michelle Pain-Orcet, Danny Lo-Seen, Nicolas Fauvet, Jean-François Trébuchon, Barthélémy Dipapoundji. 30 p.

Document 13.

Le SIG, une aide pour tracer un réseau de pistes forestières. Méthodes et résultats.

1998. Vincent Freycon, Etienne Yandji. 70 p.

Document 14.

Parcelles permanentes de recherche en forêt dense tropicale humide. Eléments pour une méthodologie d'analyse de données.

1998. Vincent Favrichon, Sylvie Gourlet-Fleury, Avner Bar-Hen, Hélène Dessard. 67 p.

Document 15.

L'analyse de cernes : applications aux études de croissance de quelques essences en peuplements naturels de forêt dense africaine.

1998. Pierre Détienne, Faustin Oyono, Luc Durrieu de Madron, Benoît Demarquez, Robert Nasi. 40 p.

Document 16.

Dynamique et croissance de l'Okoumé en zone côtière du Gabon.

1998. Marc Fuhr, Marie-Anne Deleque, Robert Nasi, Jean-Marie Minkoué. 60 p.

Document 17.

Les techniques d'exploitation à faible impact en forêt dense humide camerounaise.

1998. Luc Durrieu de Madron, Eric Forni, M. Mekok. 30 p.

Document 18.

Produits Forestiers Autres que le Bois d'œuvre (PFAB) : place dans l'aménagement durable des forêts denses humides d'Afrique Centrale

1999. Mathurin Tchatat – en collaboration avec Robert Nasi, Ousseynou Ndoye. 95 p.

Document 19.

L'aménagement forestier au Gabon – historique, bilan perspectives

1999. Sébastien Drouineau, Robert Nasi – en collaboration avec Faustin Legault, Michel Cazet. 64 p.

Document 20.

Croissance et productivité en forêt dense humide après incendie

Le dispositif de La Téné – Côte d'Ivoire (1978-1993)

1999. Jean-Guy Bertault, Kouassi Miézan, Bernard Dupuy, Luc Durrieu de Madron, Isabelle Amsallem. 67 p.