

Les techniques d'exploitation à faible impact

L'auteur dresse un bilan de l'impact des techniques d'exploitation sur les écosystèmes forestiers tropicaux. Les principes des techniques d'exploitation à faible impact (EFI) sont exposés. Par rapport à la technique conventionnelle, la principale caractéristique de l'EFI réside dans la planification et le contrôle stricts de toutes les opérations de récolte.

Plinio SIST

Etant donné le taux alarmant de disparition des forêts tropicales humides, lié notamment à une surexploitation, de nombreuses organisations internationales incitent les pays tropicaux à adopter des pratiques d'exploitation compatibles avec une gestion durable des ressources naturelles. L'objectif affiché depuis quelques années par l'OIBT est d'aboutir à la gestion durable des forêts tropicales de ses spays membres avant l'an 2000. Le concept de gestion durable le plus universellement reconnu aujourd'hui est celui d'un aménagement forestier respectant les composantes écologiques et socio-économiques de l'écosystème. Ainsi, l'exploitation forestière ne doit-elle plus se contenter de préserver un niveau compatible avec une gestion à long terme des ressources en bois d'œuvre, elle doit aussi assurer le maintien des autres fonctions de l'écosystème forestier qu'elles soient écologiques, économiques ou sociales.

IMPACT DE L'EXPLOITATION SUR L'ÉCOSYSTÈME

La complexité des interactions régissant le fonctionnement de l'écosystème forestier tropical fait que toute modification du milieu peut compromettre sérieusement son fonctionnement et son équilibre écologique. Une exploitation non contrôlée engendre des dégâts importants naturellement sur le peuplement forestier proprement dit mais aussi sur l'environnement en général (rivière, sol et faune) et perturbe durablement la reconstitution du couvert forestier. Les techniques d'exploitations à faible impact (EFI), récemment introduites en forêt tropicale, sont considérées aujourd'hui comme un des outils majeurs pour la gestion durable de ces forêts (DYKSTRA, HEINRICH, 1996).

Ces techniques ont pour objectif principal de réduire au minimum l'impact des opérations de récoltes sur l'ensemble de l'écosystème forestier. Cet article se propose de présenter dans une première partie l'origine de l'EFI et les principaux résultats de la recherche menée dans ce domaine sur les trois grands massifs de forêts tropicales humides. La seconde partie analyse les règles et les principes généraux des techniques d'exploitation à faible impact. Cet article ne développera donc pas dans les détails les techniques proprement dites, car ces dernières sont très spécifiques aux conditions de terrain et aux types de forêts. Enfin, seuls les aspects écologiques et sylvicoles seront traités ici, les facteurs socio-économiques méritant, à eux seuls, une étude spécifique.

BREF HISTORIQUE

ORIGINE DE L'EFI

Les dégâts occasionnés par l'exploitation mécanisée en forêt tropicale furent longtemps considérés comme négligeables et bien souvent jugés comparables à ceux engendrés par le phénomène à l'origine de la régénération naturelle de la forêt : le chablis. Cette idée reçue était sans doute liée à la nature sélective de l'exploitation qui, du moins au début de son histoire, ne concernait que quelques tiges à l'hectare. Or, dès les années 50-60, quelques pionniers comme NICHOLSON (1958), au Sabah, démontraient déjà le caractère destructeur de l'exploitation, pouvant endommager plus de la moitié du peuplement d'origine. Plus tard, d'autres études en Asie et en Amérique latine confirmaient ces résultats créant ainsi une véritable prise de conscience des conséquences écologiques et sylvicoles d'une exploitation incontrôlée (ESTÈVE, 1983 ; JONKERS, 1987 ;

HENDRISON, 1989). La modélisation de la croissance et de la dynamique forestière, rendue possible par les progrès de l'outil informatique, a permis par la suite de prédire à long terme les effets de l'exploitation sur la production future et les cycles de rotation à envisager pour une gestion durable (VANCLAY, 1994 ; FAVRICHON, 1998 ; FRANC *et al.*, 2000). Ces études tendent à démontrer que plus le peuplement initial est endommagé par l'exploitation et plus le retour de celui-ci à un niveau de production acceptable est lent.

En forêt tropicale, la mise en place de techniques d'exploitation capables d'optimiser l'utilisation de la ressource en bois d'œuvre tout en limitant les dégâts sur le peuplement forestier est apparue très rapidement comme une priorité pour les forestiers de l'époque (KRZESZKIEWICZ, 1959 ; ESTÈVE, LEPITRE, 1980). Il faudra néanmoins attendre les années 90 pour que ces techniques soient expérimentées sur les trois continents et associées à des programmes de recherche visant à les valider (PINARD, PUTZ, 1996 ; JOHNS *et al.*, 1996 ; WEBB, 1997 ; SIST *et al.*, 1998 ; BERTAULT, KADIR, 1998). Les termes de *low impact logging* (LIL), *reduced-impact logging* (RIL), ou encore *low impact harvesting* (LIH) furent alors introduits dans la littérature anglo-saxonne. L'exploitation à faible impact (EFI) est aujourd'hui le terme le plus utilisé dans la littérature forestière francophone. Cette nouvelle dénomination peut laisser supposer que les techniques définies sous ce terme sont nouvelles. Or, toutes les règles régissant l'EFI sont en réalité celles communément appliquées dans les pays occidentaux. L'EFI fait donc appel à des techniques et pratiques forestières fort bien connues. Soulignons, néanmoins, que l'exploitation en forêt tropicale présente ses propres spécificités. Il est donc important que ces règles soient adaptées aux caractéristiques de ces milieux.

IMPACT DE L'EXPLOITATION SUR LE PEUPEMENT FORESTIER

Au-delà des paramètres communs à tous les écosystèmes forestiers tropicaux, les forêts tropicales humides d'Amérique, d'Asie ou d'Afrique présentent aussi chacune leurs propres caractéristiques dendrométriques et structurales, telles que la densité et la répartition des espèces de bois d'œuvre, qui déter-

minent l'intensité d'exploitation. On constate une intensité d'exploitation très élevée dans les forêts du Sud-Est asiatique (principalement celles de Malaisie et d'Indonésie, avec en moyenne un prélèvement de 9-10 tiges/ha, soit 80-120 m³/ha), une intensité moyenne en Amérique latine (4-5 tiges/ha, 40-70 m³/ha) et enfin un prélèvement très faible (1-2 tiges/ha, 10-40 m³/ha) dans les forêts africaines (tableau I). Or les



Photo : P. SIST

Route forestière excessivement large (Gabon).
An excessively wide forestry road (Gabon).

TABLEAU I

IMPACT DE L'EXPLOITATION SUR LE PEUPEMENT FORESTIER INITIAL EN FORÊT TROPICALE, EN AFRIQUE, EN AMÉRIQUE LATINE ET EN ASIE
(Sources : UHL, VIEIRA, 1989 ; JOHNS *et al.*, 1996 ; PINARD, PUTZ, 1996 ; BERTAULT, KADIR, 1998 ; DURRIEUDE MADRON, FORNI, 1998)

	Nombre moyen de tiges prélevées (n/ha)	Volume moyen prélevé (m ³ /ha)	Peuplement initial endommagé (%)
Afrique occidentale et centrale	1-2	10-40	10-15
Amérique latine	4-5	40-70	25-40
Asie du Sud-Est	9-10	80-120	50-60

dégâts occasionnés sur le peuplement forestier sont directement corrélés à l'intensité de l'exploitation (SIST *et al.*, 1998). Ainsi, quelles que soient les techniques d'extraction concernées, les taux de dégâts engendrés sont très différents d'un continent à l'autre (tableau I). On observe un taux de dégâts très faible en Afrique, où l'exploitation affecte en général moins de 15 % du peuplement initial. Ce taux s'oppose catégoriquement à ceux observés en Asie du Sud-Est dépassant fréquemment plus de 50 %.

Les dégâts d'abattage dépendent directement du nombre de tiges prélevées à l'hectare et de la taille de l'arbre abattu, notamment de sa couronne. Les études réalisées dans ce domaine démontrent, dans l'ensemble, qu'il est difficile de limiter de façon significative l'impact de l'abattage. L'abattage directionnel peut néanmoins constituer une solution technique pour éviter ou limiter les dégâts sur les tiges d'avenir au voisinage de l'arbre à récolter. Le déliantage un an avant l'exploitation est également préconisé pour faciliter l'abattage directionnel et assurer une plus grande sécurité à l'abatteur. L'abattage est peu destructeur et engendre principalement des dégâts au niveau des couronnes des arbres environnants (figure 1).

Au contraire, le débardage est responsable en grande partie de la destruction des jeunes tiges d'un diamètre inférieur ou égal à 20 cm par déracinement lors du passage de l'engin de débardage. Lors de cette opération, on observe essentiellement des blessures plus ou moins profondes au niveau du tronc (figure 1). Si les dégâts d'abattage sont difficiles à limiter, ceux du débardage sont au contraire facilement réduits à un taux très acceptable par une simple planification des pistes (figure 2). A Bornéo (Kalimantan Est, Indonésie), l'exploita-

tion contrôlée associée à un taux de prélèvement limité à 8 tiges/ha a ainsi permis de réduire de moitié les dégâts des opérations de récolte par rapport à ceux occasionnés par les techniques conventionnelles (SIST *et al.*, 1998). En tenant compte de

la densité moyenne du peuplement de cette forêt avant exploitation, ce sont en moyenne 130 arbres/ha, de diamètre supérieur ou égal à 10 cm, qui ont été préservés des dégâts d'exploitation engendrés par les techniques conventionnelles.

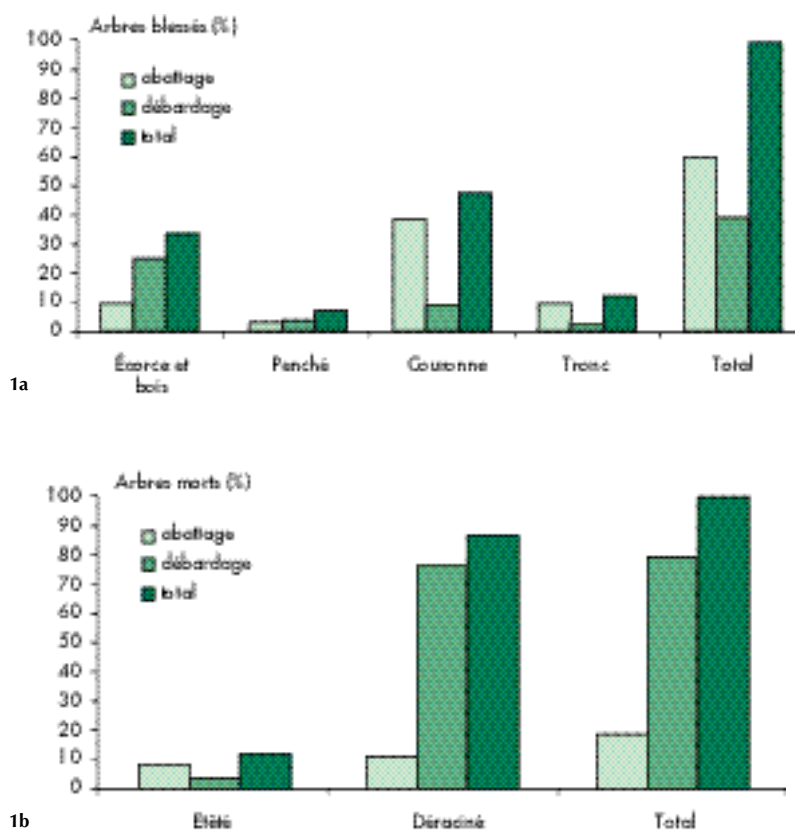


Figure 1. Dégâts sur le peuplement forestier initial engendrés par les opérations d'abattage et de débardage dans une forêt indonésienne. Etude réalisée sur 9 parcelles, de 4 ha chacune, exploitées en 1990 ; n = 3 993 arbres blessés et n = 3 710 arbres détruits (diamètre à hauteur de poitrine ≥ 10 cm) soit respectivement en moyenne 110 et 103/ha (in BERTAULT, KADIR, 1998).
 1a : Proportion d'arbres blessés par l'abattage et le débardage en fonction des principaux types de blessures.
 1b : Principales causes de mortalité engendrées par l'exploitation forestière.
 Damage to the initial forest stand caused by felling and hauling operations in an Indonesian forest. Survey carried out on 9 plots, each of 4 ha, logged in 1990, n = 3 993 trees damaged and n = 3 710 trees destroyed (diameter at chest height ≥ 10 cm), i.e. respectively on average 110 and 103/ha (in BERTAULT, KADIR, 1998).
 1a : Proportion of trees damaged by felling and haulage based on main types of damage.
 1b : Main causes of dieback caused by logging.

LES RÈGLES DE L'EXPLOITATION À FAIBLE IMPACT

ORGANISATION DE L'EFI DANS LES PLANS D'AMÉNAGEMENT

On distingue classiquement trois types de plans : le plan d'aménage-

ment, le plan stratégique et le plan opérationnel (figure 3). Les techniques EFI s'intègrent au sein du plan annuel opérationnel et ne peuvent pas être appliquées avec succès sans une planification et un contrôle stricts de chaque opération de récolte. Cela exige une organisation particulière du personnel de la com-

pagnie d'exploitation, dont un exemple est schématisé dans la figure 4. La formation technique à tous les niveaux, de l'abatteur à l'ingénieur forestier, joue également un rôle primordial dans le succès de l'EFI.

LES OPÉRATIONS

PRÉALABLES À L'EXPLOITATION

Ces opérations consistent essentiellement à inventorier les ressources en bois d'œuvre (présentes et futures) de la zone à récolter. Ces inventaires permettent de planifier efficacement l'exploitation (réseau de routes, de pistes de débardage, arbres à abattre) et d'élaborer une carte opérationnelle où figurent toutes les informations nécessaires pour une application des techniques EFI sur le terrain selon les directives définies dans le plan opérationnel.

□ L'inventaire des ressources en bois d'œuvre

Une bonne connaissance des ressources permet une planification efficace des opérations de récolte. La planification est essentielle pour le succès de l'EFI et pour optimiser l'utilisation des ressources. Pour l'exploitant, il est important de pouvoir adapter la production en fonction de la demande du marché, sujette à de fréquentes fluctuations. Seuls des inventaires complets fournissant une estimation quantitative et qualitative précise des ressources en bois d'œuvre permettent une telle adaptabilité. De plus, une planification efficace des opérations d'exploitation réduit considérablement les coûts de production tout en augmentant le volume produit (BARRETO *et al.*, 1998).

Les techniques et les critères d'inventaires varient considérablement en fonction de la densité et du nombre des espèces à exploiter, des conditions topographiques du ter-

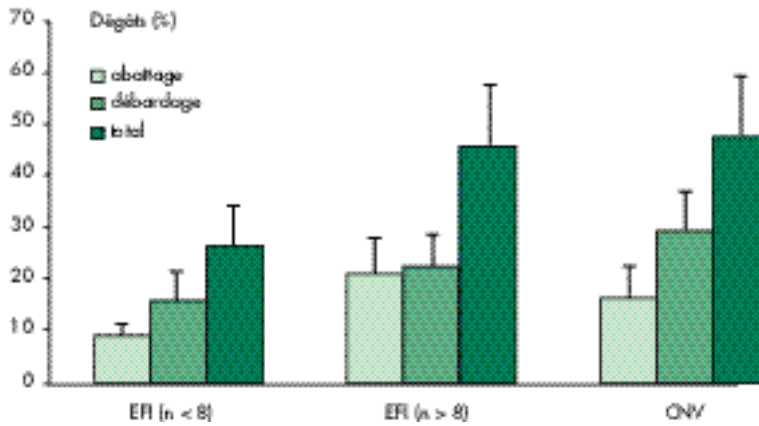


Figure 2. Comparaison des dégâts d'exploitation en forêt indonésienne (arbres blessés ou détruits en pourcentage du peuplement initial) en fonction des techniques utilisées (EFI ou conventionnelle CNV) et du taux de prélèvement. *Comparison of logging damage in Indonesian forests (trees damaged or destroyed as per cent of the initial stand) based on techniques used (LIL or conventional CNV) and extraction rates.*



Photo: F. PUTZ

Route forestière conforme aux techniques d'exploitation à faible impact (Sabah). *Forestry road complying with low impact logging techniques (Sabah).*

rain et de la législation forestière de chaque pays. Dans de nombreux pays d'Afrique centrale et occidentale, le diamètre d'exploitabilité varie en fonction de l'espèce, alors qu'en Asie ou en Amérique un

même et seul diamètre d'exploitabilité est appliqué à toutes les espèces commerciales. Malgré ces différences géographiques, les inventaires doivent tous répondre aux règles suivantes :

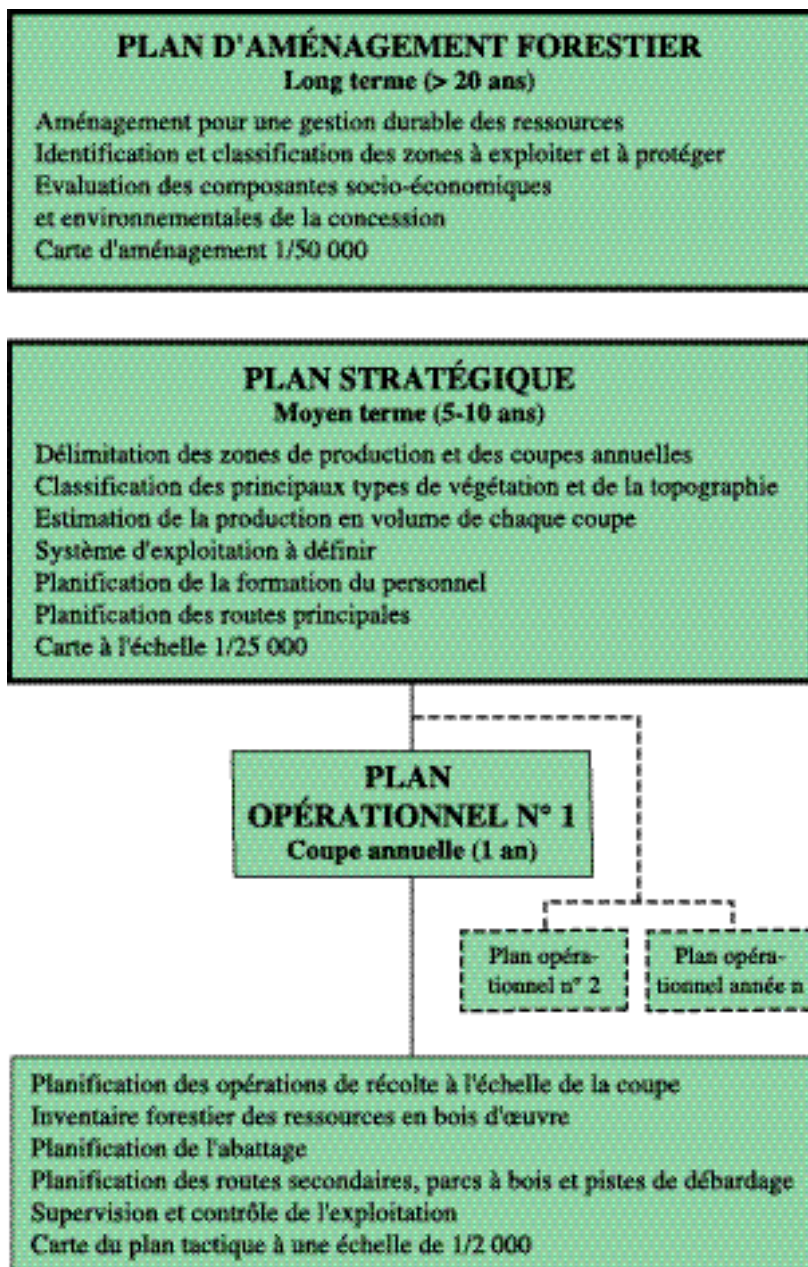
- La zone de forêt à inventorier est celle qu'il est prévu de récolter pour une période d'un an.

- Les inventaires d'exploitation doivent être terminés au plus tard six mois avant le début de la récolte, afin de ménager un délai raisonnable pour la planification des pistes de débardage.

- L'inventaire concerne au minimum tous les arbres commerciaux à récolter et consiste essentiellement à mesurer leur diamètre ainsi que leur position dans le lot concerné.

- L'affectation d'une note de qualité prenant en compte l'espèce et la forme de son fût est fortement recommandée. Elle permet, avant la récolte, de sélectionner de façon rationnelle et précise les arbres à abattre et ceux à préserver.

- Si la topographie du terrain l'exige (présence répétée de fortes pentes), des relevés topographiques précis doivent être réalisés. Dans tous les cas, il sera nécessaire de relever les pentes supérieures à 30 %, les cours d'eau permanents, les zones marécageuses.



□ **Délianage**

Cette opération consiste à couper toutes les lianes d'un diamètre supérieur ou égal à 2 cm autour de chaque arbre à abattre. Le délianage doit être réalisé au moins un an avant l'abattage, de façon à ce que les lianes soient mortes au moment de l'abattage. Dans un souci d'efficacité et de productivité, il est donc conseillé d'effectuer cette opération en même temps que les inventaires.

□ **Les zones protégées**

On distingue en général quatre types de zones protégées :

- Les zones inaccessibles en raison des fortes pentes (supérieures à 30 %) ou des conditions hydromorphiques (marécages).

Figure3. Les différents types de plans.
The different types of plans.

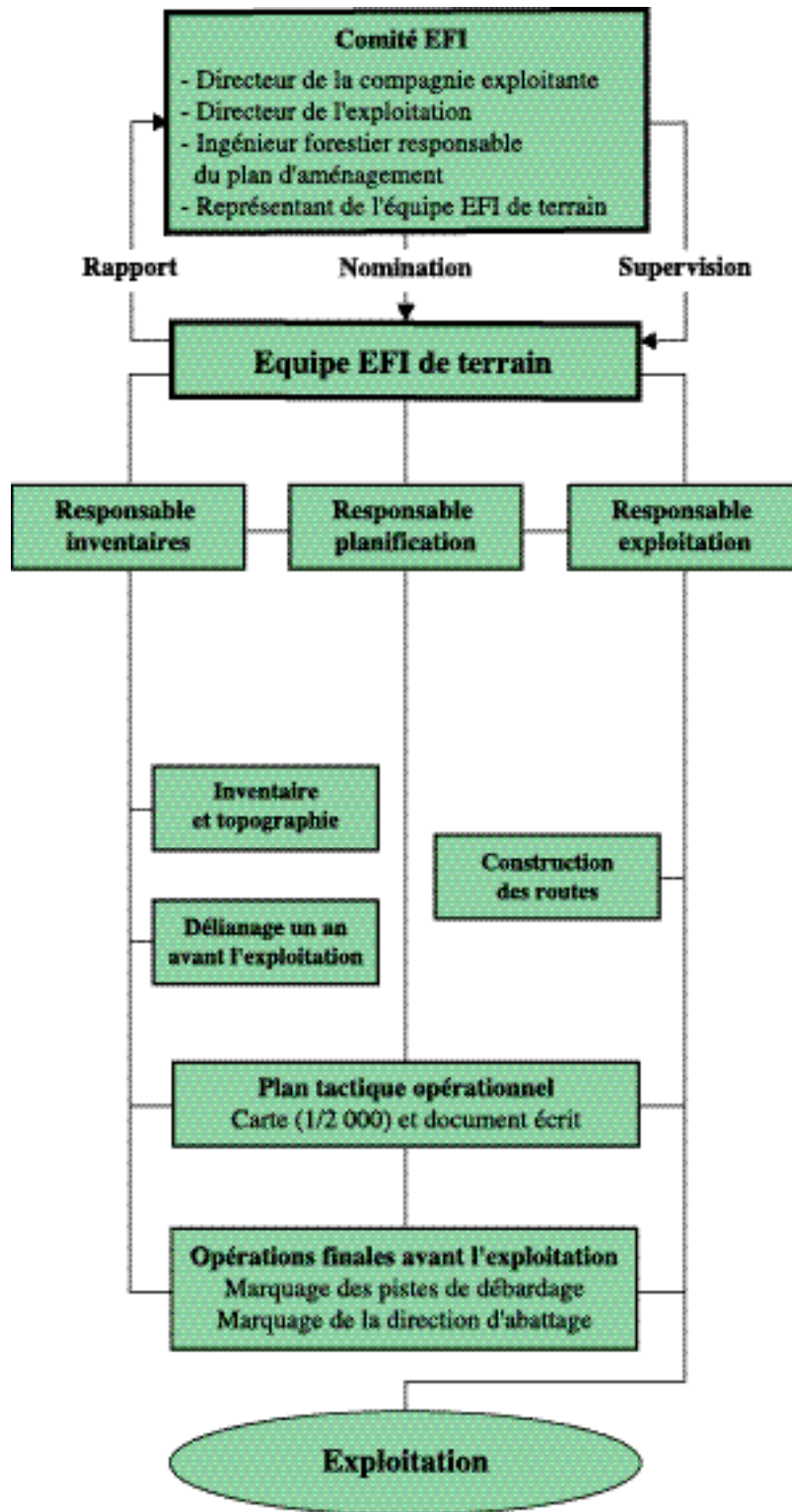


Figure 4. L'intégration des techniques d'exploitation à faible impact (EFI) dans le plan opérationnel.
Incorporation of low impact logging techniques (LIL) in the operational plan.

- Les zones à caractère sacré revêtant une valeur culturelle ou religieuse pour les populations locales.

- Les zones de conservation. Il s'agit de zones à protéger car elles représentent des habitats fragiles ou uniques ou encore à très grande biodiversité. Toute exploitation doit préserver des zones représentatives de chacun des écosystèmes existant en son sein. Ces zones sont à définir après la réalisation de relevés de la faune sauvage et de ses habitats dans chaque lot.

- Les zones tampons des cours d'eau, adjacentes aux ruisseaux ou aux cours d'eau permanents ou actifs au moins pendant deux mois dans l'année. Dans ces zones tampons, les opérations d'exploitation (abattage et débardage) sont interdites ou limitées. La taille des zones tampons varie entre 20 et 200 m, en fonction de la largeur du cours d'eau (tableau II).

Aucun arbre situé dans ces zones ne peut être récolté. Les arbres adjacents doivent être abattus de façon à ne pas tomber dans ces zones. Les engins d'exploitation ne sont normalement pas autorisés à y pénétrer, sauf exception. Dans ce cas, la manœuvre doit s'effectuer sur la plus courte distance possible, afin de limiter au maximum la zone perturbée. Si, par accident, un arbre a été abattu dans un ruisseau, tous les débris doivent être dégagés afin de ne pas perturber le cours de la rivière. Aucun débris ne peut être déposé ou introduit dans les zones protégées.

Planification des routes, des parcs à bois et des pistes de débarquement

Planification et tracés des routes et des parcs à bois

L'ouverture et la construction de routes constituent une des opérations les plus dommageables à l'ensemble de l'écosystème forestier. La



Photo: P. SISI



Zone marécageuse créée par une route forestière obstruant un cours d'eau (Indonésie).

Swampy area created by a forestry road obstructing a water course (Indonesia).

planification du réseau routier permet de réduire considérablement la densité des routes tout en assurant un accès optimal aux zones à exploiter. La planification des routes principales s'effectue dans le cadre du plan stratégique, alors que les routes secondaires sont à définir dans le cadre du plan opérationnel. L'EFI doit impérativement intégrer des techniques appropriées permettant de limiter l'impact de l'ouvertu-

re et de la construction de routes sur l'environnement. Une attention toute particulière sera consacrée à limiter l'érosion des sols, le taux de sédimentation dans les rivières, et à éviter l'obstruction des cours d'eau. Tous ces principes généraux sont détaillés par DYKSTRA et HEINRICH (1996) et ne seront donc pas repris ici.

Les parcs à bois sont définis ici comme des espaces où sont dépo-

sées les grumes au terme du processus de débardage. A ces endroits, les billes sont triées, puis chargées sur des camions. Une planification préalable des parcs – en fonction du réseau de routes, des pistes de débardage et des volumes exploités dans chaque lot – contribue à limiter de façon significative leur nombre et leur densité. Un ensemble de pratiques simples peut, en effet, réduire de façon significative l'impact sur le sol de l'aménagement de parcs à bois :

- Les opérations de tri et de chargement doivent être effectuées le plus souvent possible au bord des routes principales ou secondaires.
- La taille des parcs à bois doit être réduite au minimum et ne pas excéder 0,2 ha (approximativement 30 m × 60 m).
- Dans la mesure du possible, les parcs à bois se situent de préférence sur une ligne de crête avec un terrain légèrement en pente (2 %), ceci afin de faciliter l'écoulement de l'eau vers la végétation environnante et non pas directement dans un cours d'eau. L'ouverture de parcs à bois dans les zones protégées est interdite.

Planification du réseau des pistes de débardage

Le débardage consiste à extraire les billes du lieu de coupe jusqu'au parc à bois. Seul le débardage par traînage assuré par des engins mécaniques sera traité dans ce document. La planification des pistes de débardage s'effectue grâce aux données d'inventaires (position des arbres, zones protégées, en particulier les zones tampons des cours d'eau, topographie du terrain). La mise en place d'une base de données SIG est, sans aucun doute, un avantage majeur dans ce type d'exercice. Le tracé du réseau des pistes de débardage doit être conçu de façon à minimiser la surface occupée tout en optimisant l'accès aux arbres à abattre. Le tracé

TABLEAU II

LARGEUR DE LA ZONE TAMPON
EN FONCTION DE LA TAILLE DES COURS D'EAU

Largeur du cours d'eau (m)	Largeur de la zone tampon (m) (Largeur de chaque côté des rives à partir du centre du cours d'eau)
< 1	Pas de zone tampon
1-10	20 (10)
11-20	50 (25)
21-40	80 (40)
> 40	200 (100)

des pistes peut être facilité par des outils informatiques SIG (FREYCON, YANDJI, 1998). En règle générale, l'ouverture de pistes sur des pentes supérieures à 30-40 % et dans les zones protégées n'est pas autorisée sauf cas d'exception.

Ouverture des pistes de débarbage

Avant le début de l'exploitation, il est important de matérialiser clairement les pistes de débarbage. Des layons de 2 m de large doivent être ouverts en suivant précisément le tracé indiqué sur les cartes du plan opérationnel. L'utilisation de rubans colorés banalisant les layons est recommandée pour faciliter la tâche du conducteur du débardeur et éviter toute erreur. L'ouverture des pistes de débarbage avant l'abattage par un simple passage du débardeur est fortement recommandée pour deux raisons principales :

- La matérialisation des pistes de débarbage par un simple passage de l'engin facilite considérablement la prise de décision par l'abatteur de la direction d'abattage optimale.
- Cette pratique permet également aux abatteurs d'optimiser leur travail car l'accès aux arbres à abattre est ainsi plus aisé.

LES OPÉRATIONS DE RÉCOLTE

L'ABATTAGE

Le principal objectif de l'abattage directionnel est de faciliter l'extraction des grumes en abattant les arbres dans une position favorable au débarbage. Cette technique permet également de limiter, dans la mesure du possible, les dégâts sur le plus grand nombre de tiges d'avenir au voisinage de l'arbre à récolter. La direction d'abattage doit effectuer un angle inférieur ou égal à 30° avec le chemin de débarbage.

L'abattage directionnel en forêt tropicale est une tâche difficile à accomplir en raison de la taille des arbres, des contreforts, des cou-

ronnes souvent asymétriques ou déséquilibrées par la présence d'épiphytes et de lianes. Il est néanmoins possible de définir une direction



Photo : P. SJST

Blessures importantes à un arbre d'avenir situé en bordure de piste de débarbage et occasionnées par la lame du débardeur (Indonésie). *Major damage to a future tree standing on the edge of a haulage track, and caused by the hauling blade (Indonesia).*



Photo : P. SJST

Piste de débarbage en conditions d'exploitation non contrôlée occasionnant des dégâts importants sur le peuplement forestier et le sol (Indonésie). *Haulage track in unmonitored logging conditions causing major damage to the forest stand and ground (Indonesia).*



Photo : F. PUTZ

Piste de débarbage conforme aux règles de l'EFI (Sabah). *Haulage track complying with LUL rules (Sabah).*



Photo: P. SGT



Abatteur utilisant les techniques d'abattage directionnel (Indonésie).
Feller using directional felling techniques (Indonesia).

d'abattage précise si celle-ci se situe dans un secteur de 180°, dont la médiane est l'axe de l'inclinaison correspondant à l'inclinaison naturelle de l'arbre (KLASSON, CEDERGEN, 1996). Lorsque cela est possible, l'arbre doit être abattu dans la direction d'un chablis existant ou de toute autre ouverture de la canopée. Sur de fortes pentes, il est recommandé d'abattre l'arbre vers le haut de la pente si son inclinaison naturelle le permet. Dans le cas contraire, l'abatteur doit prendre la décision de ne pas couper l'arbre. Les arbres adjacents aux zones tampons des cours d'eau doivent être autant que possible abattus en dehors de ces zones. Des techniques de coupe appropriées doivent être appliquées de façon à optimiser le volume exploité et à limiter les pertes pouvant être dues à de mauvaises pratiques.

L'abattage directionnel fait appel à des techniques et des principes connus par les abatteurs. Une formation de deux semaines est en général suffisante pour que ceux-ci

parviennent à de très bons résultats. Si cette technique n'exige pas de matériel sophistiqué, l'utilisation de coins étant suffisante, elle demande, en revanche, de la part de l'abatteur, une attention et un temps de travail plus importants. Or, dans la plupart des cas, les abatteurs sont rémunérés à la tâche, c'est-à-dire en fonction du volume produit. Il convient de préciser dans quelle mesure la pratique de l'abattage direct affecte la productivité et d'adopter, le cas échéant, un système de rémunération qui prenne en compte cette contrainte.

Il est recommandé aux abatteurs d'utiliser les cartes du plan opérationnel, dont les informations concernant la position des arbres et la topographie leur permettront de planifier, au quotidien, la séquence des essences à abattre et d'optimiser ainsi leur propre travail.

LE DÉBARDAGE

La largeur des pistes de débardage ne doit pas excéder 4 m. La traversée des cours d'eau et de ravines est interdite. Si cela ne peut être évité, le point de traversée doit s'effectuer à un endroit où se trouve un fond rocheux. Il convient également de protéger le lit du cours d'eau par des billes ou un ponceau temporaire. En terrain à très faible topographie, l'utilisation de débardeurs à roues à la fois pour l'ouverture des pistes et l'extraction des grumes proprement dite est recommandée. Sur un terrain à topographie plus difficile, l'utilisation d'un débardeur à chenilles est préférable à l'emploi des tracteurs à chenilles qui devraient être exclusivement réservés à l'ouverture des routes.

Les engins de débardage doivent être équipés d'un treuil muni d'un câble d'une longueur d'au moins 30 m, ainsi que d'une arche ou tout autre support permettant de soulever du sol l'extrémité de la charge, de

façon à ce que la grume ne butte pas sur le sol lors du traînage. La lame du débardeur ne doit pas excéder 3 m et être le plus souvent élevée au-dessus du sol. Lors de fortes pluies ou lorsque le sol est détrempé, le débardage doit être suspendu, en raison de l'intensification de l'impact sur les sols, des risques d'accident et des pertes en rentabilité.

CONCLUSIONS ET DISCUSSION

La principale caractéristique de l'EFI, par rapport à une exploitation conventionnelle, est sans aucun doute la planification et le contrôle stricts de toutes les opérations de récolte. La planification reste l'obstacle majeur à l'application de l'EFI à l'échelle opérationnelle par les exploitants. Le premier argument est le coût de ces techniques supposé plus élevé. La formation est jugée par l'exploitant comme un investissement financier et humain trop important. La prise en compte dans les systèmes de rémunération des nouvelles compétences acquises par le personnel, comme dans le cas de l'abattage directionnel, reste également difficile à appliquer dans un système essentiellement fondé sur la production et non sur la qualité de la prestation. L'argument financier contre l'implantation de l'EFI reste néanmoins très subjectif car il existe encore très peu d'études de comparaison des coûts entre les méthodes conventionnelles et l'EFI. En Amazonie, BARRETO *et al.* (1998) ont démontré, au contraire, que l'investissement dans la planification des opérations permettait d'augmenter de 15 % la productivité lors des opérations proprement dites et de limiter les pertes en bois à seulement 1 %, contre 26 % lors d'opérations de récolte non planifiées. Cette étude montre également que le coût de la planification reste relativement

faible, de l'ordre de 2 US \$/m³ seulement pour une production d'environ 40 m³/ha. Enfin, la plus grande productivité de l'EFI, associée à une perte en bois très réduite, a engendré un bénéfice financier moyen de 3,7 US \$/m³ par rapport à une exploitation conventionnelle. De telles études mériteraient d'être multipliées, car un coût économique plus faible ou du moins égal à celui des techniques traditionnelles est un argument fort, capable de convaincre les exploitants d'utiliser l'EFI. Le second obstacle à l'application de l'EFI est la nécessité de remanier en profondeur l'organisation de l'exploitation, afin de permettre une réelle planification et un contrôle efficace des opérations.

L'impact de l'exploitation sur la forêt change considérablement d'un continent à un autre. Si les forêts africaines connaissent en général de très faibles dégâts (10 à 15 % du peuplement initial) en raison des faibles intensités de prélèvement, des récoltes successives (repasses) dans une même zone et à des fréquences très courtes (2-5 ans) sont cependant des pratiques très courantes. Ces repasses sont le résultat d'inventaires incomplets, voire inexistant, lors du premier prélèvement, qui incitent l'exploitant à récolter quelques années plus tard les essences commerciales oubliées. Ces pratiques sont incompatibles avec une gestion durable à tous les points de vue : sylvicole, écologique mais aussi économique. Enfin, en ce qui concerne l'intensité de prélèvement en forêt africaine souvent avancée comme argument pour négliger son impact sur l'écosystème, il faut souligner que les taux mentionnés sont des taux moyens masquant le fait que localement l'intensité d'exploitation peut être très élevée et comparable à celle observée en Amérique ou en Asie. Il est néanmoins évident qu'en forêt africaine, la réduction des dégâts par l'appli-

cation de l'EFI sera de toute évidence beaucoup moins spectaculaire que celle obtenue dans les forêts asiatiques ou amazoniennes. En revanche, l'EFI, en permettant une meilleure productivité et une meilleure gestion de la ressource, constitue un atout d'importance pour la gestion durable et économiquement profitable de la forêt africaine.

En Asie, les espèces commerciales appartiennent essentiellement à la famille des Diptérocarpacées qui constituent 25 % du peuplement forestier et 75 % des arbres de la canopée (WHITMORE, 1981). L'accessibilité à la ressource ne constitue pas une contrainte majeure et le principal objectif de l'EFI sera de limiter significativement les dégâts de l'exploitation. Cependant, les fortes intensités de prélèvement, pouvant atteindre jusqu'à 20 tiges/ha, constituent un véritable obstacle à la gestion durable de ces forêts. Or, la réduction des dégâts par l'application des techniques EFI ne peut être significative que si ces techniques sont associées à des intensités d'exploitation limitées à environ 8-9 tiges/ha (SIST *et al.*, 1998). De plus, pour un taux de dégâts atteignant 40 % du peuplement initial (20 % d'arbres blessés et 20 % d'arbres morts), comme ceux enregistrés avec les techniques conventionnelles, le retour à l'état initial demanderait environ 110 ans (FAVRICHON, KIM *in* BERTAULT, KADIR, 1998). Or, la législation indonésienne fixe les cycles de rotation à seulement 35 ans.

Les techniques EFI n'ont de sens que dans le cadre d'une gestion à long terme d'un massif forestier. L'étude du coût économique pour l'implantation de ces techniques doit, donc, s'inscrire dans un cadre plus large que la simple comparaison immédiate entre l'EFI et l'exploitation conventionnelle. Toutes les prédictions semblent indiquer que les forêts naturelles resteront pendant

plusieurs décennies encore les principales sources de bois d'œuvre notamment en zone tropicale (FAO, 1999). Les plantations forestières sous les tropiques restent en effet très minoritaires et concernent essentiellement des espèces à croissance rapide (*Acacia* ou *Eucalyptus*) utilisées dans l'industrie de la pâte à papier. L'intérêt économique d'une gestion durable des forêts naturelles, principales ressources en bois d'œuvre pour les deux ou trois prochaines décennies, est donc théoriquement fondé. Bon nombre d'entreprises forestières se sont engagées dans un processus d'éco-certification car elles ont pris conscience de l'avantage économique potentiel à obtenir un tel label pour leur ouvrir de nouveaux marchés, notamment européens. Devant les pressions de plus en plus fortes des mouvements écologistes dans les pays développés, ce genre d'initiative risque sans doute de se multiplier lors des prochaines décennies. Or, si l'adoption de pratiques d'exploitation compatibles avec une gestion durable telles que l'EFI n'est pas le seul et unique critère pour l'éco-certification d'une entreprise forestière, elle constitue sans aucun doute une des conditions fondamentales. Les conditions favorables pour l'application des techniques EFI à l'échelle opérationnelle sont donc aujourd'hui réunies.

► Plinio SIST
CIRAD-Forêt
Programme forêts naturelles
34398 MONTPELLIER Cedex 5
France

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARRETO P., AMARAL P., VIDAL E., UHL C., 1998.
Costs and benefits of forest management for timber production in eastern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 108 : 9-26.
- BERTAULT J.-G., KADIR K. (eds), 1998.
Silvicultural research in a lowland mixed dipterocarp forest of East Kalimantan. The contribution of STREK project. Publication du CIRAD-Forêt, Montpellier, France, 250 p.
- DURRIEU DE MADRON L., FORNI E., 1998.
Les techniques d'exploitation à impact réduit en forêt dense humide africaine. Document FORAFRI, n° 17.
- DYKSTRA D. P., HEINRICH R., 1996.
FAO model code of forest harvesting practice. FAO, Rome, Italie, 85 p.
- ESTEVE J., 1983.
La destruction du couvert forestier consécutive à l'exploitation forestière de bois d'œuvre en forêt dense africaine et américaine. *Bois et Forêts des Tropiques* 201 : 77-84.
- ESTEVE J., LEPITRE C., 1980.
Conditions techniques et tendances d'exploitation en forêt tropicale africaine. *Bois et Forêts des Tropiques* 189 : 55-71.
- FAO., 1999.
State's of the world forest. FAO, 156 p.
- FAVRICHON V., 1998.
Modelling the dynamics and species composition of a tropical mixed-species uneven-aged natural forest: effects of alternative cutting regimes. *For. Sci.* 44 : 113-124.
- FRANC A., GOURLET-FLEURY S., PICARD N., 2000.
Une introduction à la modélisation des forêts hétérogènes. ENGREF, 312 p.
- FREYCON V., YANDJI E., 1998.
Le SIG, une aide pour tracer un réseau de pistes forestières : méthodes et résultats. Document FORAFRI, n° 13, CIRAD-Forêt, 56 p.
- HENDRISON J., 1989.
Damage-controlled logging in managed tropical rain forests in Suriname. Series on the Ecology and Management of Tropical rain Forests in Suriname. Wageningen, Pays-Bas, 204 p.
- JOHNS J. S., BARRETO P., UHL C., 1996.
Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management* 89 : 59-77.
- JONKERS W. B. J., 1987.
Vegetation structure, logging damage and silviculture in a tropical rain forest in Suriname. Wageningen, Pays-Bas.
- KLASSON B., CEDERGEN J., 1996.
Felling the right way. Some hits on the art and science of directional felling. ITTO Tropical Update 6 (3) : 5-7.
- KRZESZKIEWICZ S., 1959.
Quelques observations sur l'organisation de l'exploitation forestière en pays tropicaux. *Bois et Forêts des Tropiques* 166 : 29-40.
- NICHOLSON D. I., 1958.
An analysis of logging damage in tropical rain forest, North Borneo. *Malay. For.* 21 (4) : 235-245.
- PINARD M., PUTZ F. E., 1996.
Retaining forest biomass by reducing logging damage. *Biotropica* 28 : 278-95.
- SIST P., NOLAN T., BERTAULT J.-G., DYKSTRA D. P., 1998.
Harvesting intensity versus sustainability. *Forest Ecology and Management* 108 : 251-260.
- SIST P., DYKSTRA D. P., FIMBEL R., 1998.
Reduced-Impact Logging guidelines for lowland and hill forests in Indonesia. CIFOR occasional paper n° 15, 19 p.
- UHL C., VIEIRA I., 1989.
Ecological impact of selective logging in the Brazilian Amazon: a case study from the Paragominas Region of the state of Para. *Biotropica* 21 (2) : 98-106.
- VANCLAY J. K., 1994.
Sustainable timber harvesting: simulation studies in the tropical rainforests of north Queensland. *Forest Ecology and Management* 69 : 299-320.
- WEBB E. L., 1997.
Canopy removal and residual stand damage during controlled selective logging in lowland swamp forest of northeast Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 95 : 117-129.
- WHITMORE T.C., 1981.
Tropical forests of the Far East. Clarendon Press, Oxford, Royaume-Uni, 2^e édition, 352 p.

R É S U M É

LES TECHNIQUES D'EXPLOITATION À FAIBLE IMPACT

Le premier objectif de cet article est de présenter une synthèse des principaux résultats de la recherche concernant l'impact des techniques d'exploitation sur les écosystèmes forestiers tropicaux. Le second est de décrire les principes des techniques d'exploitation à faible impact (EFI) expérimentées récemment en forêt tropicale humide. L'intensité d'exploitation la plus élevée s'observe dans les forêts du sud-est asiatique, avec en moyenne un prélèvement de neuf ou dix tiges/ha, soit 80 à 120 m³/ha. A l'opposé, dans les forêts africaines, le prélèvement est très faible (une ou deux tiges/ha, 10 à 40 m³/ha). Les dégâts engendrés par l'exploitation sont proportionnels à l'intensité du prélèvement. Ainsi, en Afrique, les dégâts d'exploitation affectent en général moins de 15 % du peuplement initial. Ce taux se démarque nettement de ceux observés en Asie du Sud-Est, qui dépassent fréquemment 50 %. Le principal objectif de l'EFI est de réduire au minimum les dégâts d'exploitation sur l'ensemble de l'écosystème forestier. Par rapport à une exploitation conventionnelle, la principale caractéristique de l'EFI est, sans aucun doute, la planification et le contrôle stricts de toutes les opérations de récolte. Les techniques EFI ne font pas appel à de nouvelles techniques mais elles tentent plutôt de les optimiser. Les inventaires des ressources en bois d'œuvre avant l'exploitation, la planification des routes et des pistes de débardage, et l'abattage directionnel constituent, sans doute, les principales caractéristiques de l'EFI. Bon nombre d'entreprises forestières se sont déjà engagées dans un processus d'éco-certification, afin d'accéder à de nouveaux marchés, notamment européens. L'exploitation à faible impact étant un des critères fondamentaux de l'éco-certification, les conditions favorables sont donc aujourd'hui réunies pour l'application de ces techniques à l'échelle opérationnelle.

Mots-clés : exploitation à faible impact (EFI), dégât d'exploitation, forêt tropicale.

A B S T R A C T

LOW IMPACT LOGGING TECHNIQUES

The first objective of this paper is to present the main results of the research related to the impact of logging techniques on tropical forest ecosystems. The second is to describe the low impact logging (LIL) or reduced-impact logging (RIL) guidelines recently tested in tropical forests. The highest logging intensity occurs in South East Asia where in mean 9 to 10 trees/ha or 80-120 m³/ha are extracted. The opposite picture is found in Africa where logging intensity is extremely low (1-2 trees/ha or 10-40 m³/ha). The amount of damage is directly correlated with the felling intensity. In Africa, logging damage are usually low affecting less than 15% of the original stand while in Asia, 50% of the stand is commonly damaged by harvesting operations. The main objectives of LIL techniques is to reduce substantially disturbances to soil and residual vegetation in comparison with conventional logging. It is also expected that limiting the impact of logging will result to protect and maintain long-term integrity and value of the forest resources and environmental services. LIL is mainly based on control and closed planning of all harvesting operations. It does not introduce new techniques but rather attempt to optimize the existing ones commonly used in the field by loggers. Timber inventory, road and skid-trail planning, directional felling are the main characteristics of RIL. In the tropics, more and more logging companies are now aware about their interest to go through the process of certification to access new shares in the international wood market. This context is therefore very favourable for the promotion of LIL implementation at an operational scale.

Key words: low impact logging (LIL), logging damage, tropical forest.

R E S U M E N

LAS TÉCNICAS DE EXPLOTACIÓN DE IMPACTO REDUCIDO

El primer objetivo de este artículo es presentar una síntesis de los principales resultados de investigaciones relativas al impacto de las técnicas de explotación sobre los ecosistemas forestales tropicales. El segundo es definir los principios de las técnicas de explotación de impacto reducido (EIR) recientemente experimentadas en el bosque tropical húmedo. La intensidad de explotación más alta se observa en los bosques del sudeste asiático, con una extracción media de nueve o diez troncos/ha, es decir : 80 a 120 m³/ha. En el otro extremo se encuentran los bosques africanos con una extracción muy baja (uno o dos troncos/ha, 10 a 40 m³/ha). El índice de daños ocasionados por la explotación es proporcional a la intensidad de extracción. Por ello, en África, los daños de explotación afectan en general a menos de un 15 % de las masas forestales iniciales. Este índice es mucho más bajo que los que se observan en sudeste asiático que, con frecuencia, sobrepasan 50 %. Con respecto a una explotación convencional, la principal característica del EIR es, sin duda alguna, la planificación y el control estricto de todas las operaciones de cosecha. Las técnicas EIR no utilizan nuevas técnicas sino que intentan optimizar las ya existentes. Los inventarios de recursos de madera de construcción antes de explotación, la planificación de carreteras y caminos de acceso y el apeo direccional constituyen, sin duda, las principales características de las EIR. Un buen número de empresas forestales ha iniciado un proceso de eco-certificación, para acceder a nuevos mercados, sobre todo europeos. Al ser la explotación de impacto reducido uno de los criterios básicos del eco-certificado, hoy en día se reúnen las condiciones favorables para la aplicación de dichas técnicas con una escala operacional.

Palabras clave : explotación de impacto reducido (EIR), daños de explotación, bosque tropical.

SYNOPSIS

LOW IMPACT LOGGING TECHNIQUES

PLINIO SIST

Nowadays, low impact logging techniques (LIL) are regarded as an important tool to achieve sustainable tropical forest management. From the early 1990s on, experiments aimed at minimizing logging damage in tropical forest ecosystems were conducted (PINARD, PUTZ, 1996; JOHNS *et al.*, 1996; SIST *et al.*, 1998). The terms low impact logging, reduced-impact logging and low impact harvesting were introduced in the literature. LIL is based on harvesting techniques commonly used in western countries. We should nevertheless stress the fact that logging in tropical forests presents its own specificity. It is therefore important that these rules be adapted to the particular features of these environments.

LOGGING IMPACT ON THE FOREST STAND

The damage caused to the forest stand is strongly related to logging intensity (SIST *et al.*, 1998). A very high logging intensity is observed in the forests of Southeast Asia (nine or ten trees/ha, i.e. 80-120 m³/ha), as compared with a medium intensity in South America (four or five trees/ha, i.e. 40-70 m³/ha) and last of all a very low extraction rate in African forests (Table I) (one or two trees/ha, i.e. 10-40 m³/ha). A very low damage level is observed in Africa, where logging on the whole affects less than 15% of the initial stand. This value contrasts dramatically with levels noted in Southeast Asia, where they often exceed 50%.

If felling damage is hard to limit, damage caused by skidding, on the contrary, can easily be reduced to a very acceptable level by skid-trail planning (Figure 2). In Borneo (Kalimantan-East, Indonesia), controlled logging combined with an extraction rate restricted to eight trees/ha, reduced by half the damage caused by harvesting operations, in comparison with damage caused

by conventional techniques (SIST *et al.*, 1998).

THE RULES OF LOW IMPACT LOGGING

The success of LIL techniques depends principally on a strict monitoring and serious planning of all harvesting operations. LIL techniques include a series of operations prior to logging. These operations include, in the main:

- An inventory of timber resources helping to effectively plan the harvesting operations.
- Climber cutting must be carried out at least 12 months prior to logging. It consists in cutting all climbers with a diameter of 2 cm or more around each tree to be felled.
- Road and log yard planning considerably reduce their densities while at the same time guaranteeing optimum access to logging zones.
- Skid-trail network planning is based on forest inventory and must be devised in such a way as to minimize the area taken up, while optimizing access to the trees to be felled.
- During logging, directional felling is recommended. This technique makes it easier to extract the logs by felling trees in a position favourable to haulage, and helps to limit damage to the greatest number of future crop trees in the vicinity of the tree to be harvested. Skid-trails, must not be wider than 4 m across, and are opened up according to the layout of the tracks indicated on the terrain as well as on the operational map.

CONCLUSIONS AND DISCUSSION

Planning is still the major obstacle to the application of LIL on an operational scale by loggers. The first argument involves the cost of these techniques, which are alleged to be

higher. However in Amazonia, BARRETO *et al.* (1998) have shown that investment in the planning of the various operations increased productivity by 15% during logging operations, and limited timber losses to just 1% as opposed to 26% in unplanned harvesting operations. The second obstacle to the implementation of LIL is the need to overhaul, in depth, the logging organization, so as to permit real and effective planning and monitoring of the operations.

In African forests, the reduction of damage by the application of LIL will evidently be much less spectacular than that obtained in Asian and Amazonian forests. However, by permitting better productivity and better resource management, LIL represents an important asset for the sustainable and economically profitable management of African forests. In Asia, because of the high density of commercial species, accessibility to the timber is not a major limitation. The main target of LIL is thus, indeed, to significantly reduce logging damage. This target can only be reached, however, if LIL techniques are applied, and logging intensity is limited to about 8 trees/ha.

All forecasts would seem to indicate that natural forests will remain the main source of timber for several decades to come, especially in tropical regions (FAO, 1999). The economic advantage of sustainable natural forest management is thus theoretically well founded. Many forestry companies have become involved in an eco-certification process, because they have realized the potential economic advantages implicit in obtaining this kind of label, for opening up new markets, especially in Europe. The adoption of logging techniques compatible with sustainable management, such as LIL, represents one of the basic eco-certification criteria.