

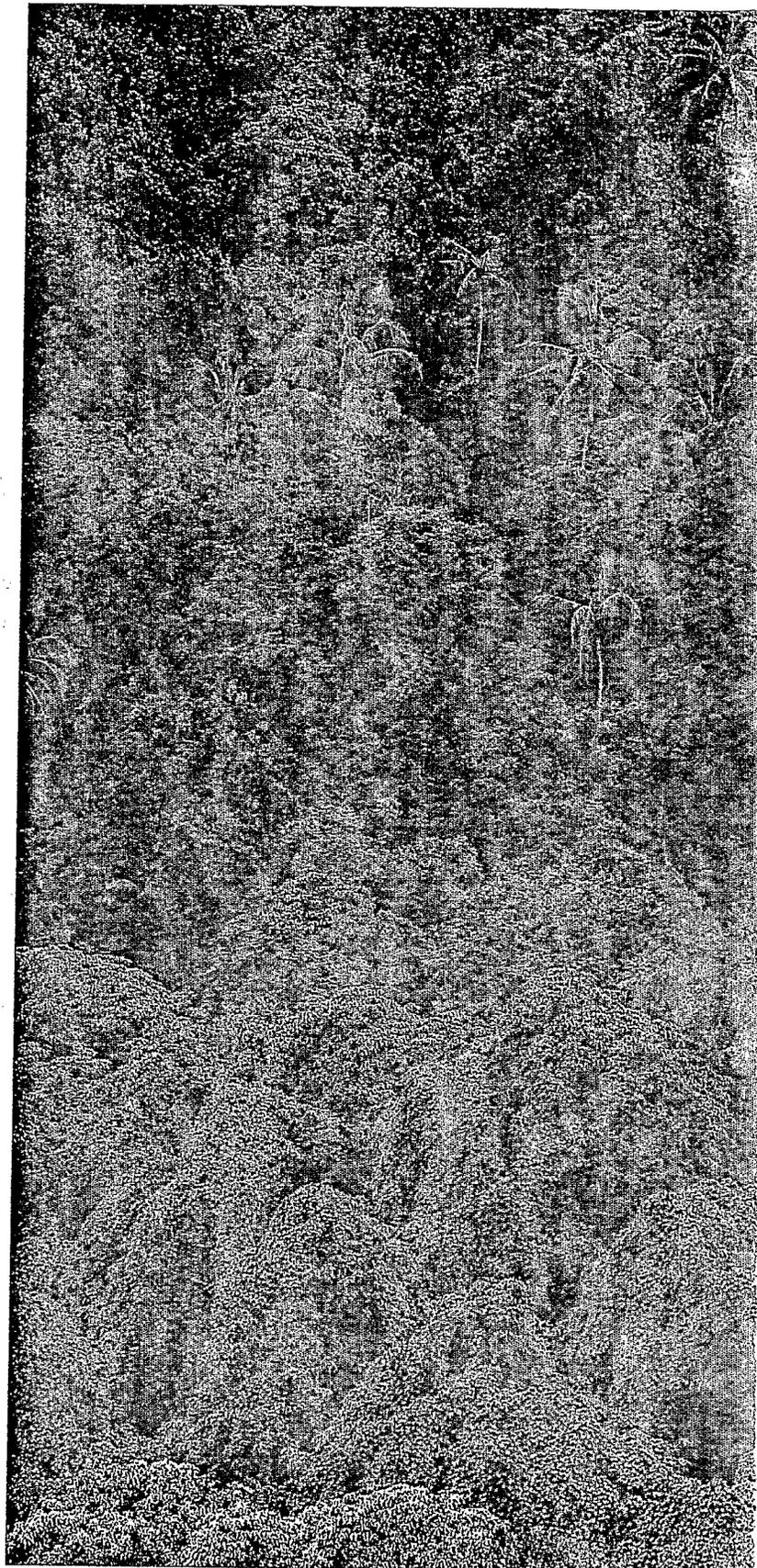
03 AOUT 1992

N° : 36 492 1/1

Cote : B P33 M

LA SURVIE DES FO

LA DISPARITION DES FORÊTS TROPICALES S'EST CONSIDÉRABLEMENT ACCRUE DURANT LA DERNIÈRE DÉCENNIE, ESSENTIELLEMENT SOUS L'INFLUENCE DE L'AUGMENTATION DES SURFACES CULTIVÉES. S'IL EST LÉGITIME QUE LES PAYS TROPICAUX AUGMENTENT LEUR PRODUCTION AGRICOLE, L'ABATTAGE MASSIF DES FORÊTS ET LEUR REMPLACEMENT PAR DES CULTURES (OU PÂTURAGES) RISQUENT D'ENTRAÎNER LA PERTE QUASI IRRÉVERSIBLE DE RESSOURCES BIOLOGIQUES ESSENTIELLES, ET D'ACCENTUER LES DÉSÉQUILIBRES ET LES POLLUTIONS AU SEIN DE LA BIOSPHERE. LA CRÉATION DE NOUVELLES ZONES AGRICOLES DOIT DONC ÊTRE CONÇUE DANS UN SOUCI DE RESPECTER CET ÉCOSYSTÈME FOISSONNANT ET EXTRÊMEMENT COMPLEXE AINSI QUE LES POPULATIONS AUTOCHTONES QUI EN VIVENT DIRECTEMENT. LES CHERCHEURS ONT NOTAMMENT COMPRIS QUE LA FACULTÉ DE RÉGÉNÉRATION NATURELLE DONT FAIT PREUVE LA FORÊT LORSQU'UNE DE SES PARTIES EST DÉTRUITE PEUT ÊTRE UTILISÉE AVEC PROFIT AU SEIN, PAR EXEMPLE, D'AMÉNAGEMENTS COMBINANT AGRICULTURE, ÉLEVAGE ET FORÊT. CET ARTICLE DÉCRIT QUELQUES-UNES DES FACETTES DE CETTE CONCEPTION « RATIONNELLE » DE LA GESTION ET DE LA PROTECTION DES FORÊTS TROPICALES.



ETS TROPICALES

DANIEL-YVES ALEXANDRE

En 1972, un article de la revue *Science* lançait un cri d'alarme : la forêt tropicale est fragile, c'est une ressource « non renouvelable »⁽¹⁾. Il remettait ainsi en question l'idée communément admise d'une forêt riche, fertile, aux ressources inépuisables (fig. 1), mythe que les récits des premiers voyageurs, impressionnés par la « luxuriance » des forêts qu'ils découvraient, avaient contribué à créer.

Aujourd'hui, la communauté internationale a pris conscience de la valeur intrinsèque de ces écosystèmes et de l'ampleur des dégâts provoqués par l'homme. Les forêts tropicales disparaissent en effet dans le monde à un rythme d'au moins 17 millions d'hectares par an, soit environ le tiers de la France⁽²⁾ (voir l'encadré 1). Avec elles, risquent de disparaître les civilisations aux populations peu nombreuses à qui elles offrent tout. Les végétaux et les animaux sont également très menacés. Ainsi, on estime que près de deux millions d'espèces auront disparu d'ici à la fin du siècle⁽³⁾. Ces destructions sont inacceptables sur le plan moral et représentent aussi une perte concrète et immédiate pour l'humanité, ne serait-ce que parce que les espèces sauvages sont d'une grande importance pour l'amélioration de leurs parentes cultivées ou pour la recherche médicale (voir « Diversité génétique, la gestion mondiale des ressources vivantes » dans *La Recherche* de janvier 1992). La forêt tropicale est encore considérée comme un obstacle au développement, comme une réserve de terre à défricher. De même que l'arbre, elle n'a de valeur qu'une fois abattue. L'un des moyens pour renverser la tendance actuelle à la destruction systématique est de montrer que la forêt peut être mise en valeur économiquement. Avec une

Figure 1: Les forêts tropicales disparaissent à un rythme vertigineux. Le mythe de leur luxuriance inépuisable, illustré par cette photo (ici à Hawaï), a sans aucun doute largement participé à leur surexploitation. Ces forêts jouent pourtant des rôles essentiels pour la planète. Elles participent à la régulation du climat, stockent l'eau, stabilisent les sols et sont un gigantesque réservoir d'espèces vivantes. Protéger ces forêts passe par la mise au point de méthodes de gestion capables de tirer parti des capacités naturelles de la forêt, comme la régénération, et de couvrir les besoins fondamentaux des hommes qui en vivent. (Cliché S. Alden/Cosmos)

DANIEL-YVES ALEXANDRE, chargé de recherches à l'ORSTOM, a étudié la régénération naturelle des forêts denses de Côte-d'Ivoire et de Guyane. Actuellement en poste à Ouagadougou, au Burkina-Faso, il est conseiller scientifique auprès du programme FAO de mise en valeur durable des ressources forestières.

bonne connaissance des mécanismes de la dynamique spontanée de la forêt, c'est-à-dire de la succession naturelle des espèces dans le temps et dans l'espace, il est possible de guider son évolution pour obtenir des formations utiles à l'homme, capables d'évoluer au gré des besoins humains tout en restant riches en espèces et adaptées aux aléas du milieu et du climat.

Cette dynamique a fait l'objet de nombreuses recherches, depuis les travaux pionniers du botaniste F.E. Clements, en 1916, en passant par ceux de R.A.A. Oldeman, de l'université de Wageningen⁽⁴⁾. Toutes accordent un rôle fondamental aux ouvertures du couvert végétal, c'est-à-dire à ses destructions localisées par une cause naturelle ou par l'homme. C'est en effet dans ces ouvertures, ou chablis, que s'effectue la régénération de la forêt (fig. 2). Celle-ci dépend à la fois des espèces qui subsistent après la perturbation, soit dans le chablis lui-même, soit aux alentours, et des besoins en lumière, de la vitesse de croissance, de la durée du cycle reproductif de chacune de ces espèces.

Dans les chablis de faible superficie, où l'éclaircissement reste faible, ce sont les petits plants qui vivaient dans le sous-bois avant l'ouverture, grâce à leur tolérance à l'ombrage (sciaphilie), qui occupent l'espace. Dans les grandes trouées, apparaissent d'autres espèces qui, elles, sont héliophiles, c'est-à-dire exigent une forte luminosité pour leur croissance (fig. 3). Le grand botaniste français G. Mangenot, qui a étudié la forêt ivoirienne dans les années cinquante, les a appelées « espèces cicatricielles » car elles cicatrisent le couvert végétal perturbé⁽⁵⁾. En Asie, le chercheur hollandais C.G.J. Van Steenis les a nommées « espèces nomades », car elles sont largement réparties au sein de la population forestière et généralement isolées les unes des autres. Le botaniste costaricain G. Budowski a repris ces notions à propos des forêts d'Amérique centrale en les qualifiant d'« espèces secondaires ». Ce sont en effet ces espèces cicatricielles qui dominent dans les forêts dites secondaires, qui se reconstituent après la destruction de la forêt primaire par l'homme.

Il y a donc une opposition nette entre espèces « primaires » et espèces « secondaires ». Mais cette division ne suffit pas à décrire la dynamique forestière. Comme l'ont montré, en 1974, A. Gomez-Pompa et C. Vazquez-Yanes, de Veracruz, au Mexique⁽⁶⁾, l'ensemble des étapes du cycle biologique reproducteur des arbres (initiation florale, fructification, dispersion, germination, etc.) peut globalement servir à fonder une classification des arbres en plusieurs groupes, définis

chacun par les conditions écologiques permettant leur régénération. De l'étude des grands arbres de Côte-d'Ivoire, j'ai pour ma part conclu qu'il existe trois grands groupes « stratégiques » essentiels, dont le caractère distinctif le plus déterminant est l'éco-physiologie de la germination, c'est-à-dire les caractéristiques du milieu (luminosité, chaleur, humidité, etc.) qui lui sont le plus favorables⁽⁷⁾. Plus précisément, cette distinction est fondée sur l'existence ou non d'une résistance de la graine à la dessiccation, et d'un mécanisme de dormance — la graine, en vie ralentie, est insensible aux conditions extérieures même si elles sont favorables à la germination.

**LES TROUÉES DU COUVERT
FORESTIER, LES CHABLIS,
FORMENT LE « MOTEUR
DE LA SYLVIGENÈSE » ;
LA RÉGÉNÉRATION NATURELLE
EST, ELLE, COMPARABLE
À UNE « CICATRISATION ».**



Le premier groupe est celui des arbres forestiers. Ceux-ci sont réputés sciaphiles, mais ne le sont effectivement que lors des premiers stades de leur vie. L'avodiré (*Turraeanthus africana*), en Côte-d'Ivoire⁽⁸⁾, en est un bon exemple. Il peut en effet survivre très longtemps à l'ombre. J'ai ainsi trouvé, en sous-bois, des plants hauts de 1,40 m et âgés de soixante-dix ans. Ses graines à haute teneur en eau (50 % du poids frais) ont une conservation très limitée, d'où leur qualificatif de « récalcitrantes »⁽⁹⁾, et ne peuvent germer que dans l'ambiance humide du sous-bois. En effet, elles perdent rapidement leur humidité et meurent sous la lumière directe du Soleil⁽¹⁰⁾. La jeune plantule elle-même craint l'excès de lumière, ce qui exclut l'installation dans un milieu trop ouvert. L'avodiré produit des fruits gros et charnus, attirant les animaux, surtout des rongeurs, qui dispersent ainsi à plusieurs dizaines de mètres les graines peu nombreuses mais grosses (1 g chez *Turraeanthus*, plus de 50 g chez d'autres espèces, comme la makoré). En outre, cette espèce vit en symbiose obligatoire avec des champignons, formant des mycorrhizes. L'avodiré et les autres espèces forestières sédentaires sont écologiquement fragiles et ne se régénèrent pas en dehors de la forêt primaire. La destruction de cette dernière les fait donc disparaître.

Les espèces cicatricielles constituent les deux autres groupes importants, celui

des « géantes anémochores » et celui des pionnières. Les premières sont nommées ainsi du fait de la grande taille des adultes et parce que leurs graines sont dispersées par le vent. Leurs graines sont « orthodoxes », c'est-à-dire capables de supporter la dessiccation et de se conserver sèches plusieurs semaines. La croissance au Soleil est rapide et les juvéniles survivent relativement bien sous des éclaircissements atténués.

L'acajou Bassam (*Khaya ivorensis*), originaire de Côte-d'Ivoire, est l'exemple type de ce groupe. Celui-ci est numériquement peu représenté : une trentaine d'essences communes pour quelque trois cents espèces d'arbres en Côte-d'Ivoire. Il présente en revanche une très grande importance économique puisqu'il fournit la grande majorité des bois commerciaux : acajou, sipò, samba, etc. Bien représenté en Afrique et en Amérique du Sud, il semble pratiquement absent des forêts d'Asie, sans doute pour des raisons évolutives.

Le troisième groupe, celui des pionnières, est le mieux individualisé et le plus caractéristique (fig. 4). *Trema guineensis*, qui vit en Côte-d'Ivoire, en est l'une des plus typiques. Ces espèces sont strictement héliophiles. Leurs graines sont résistantes à la dessiccation et ne germent qu'en présence de lumière. Les travaux du biologiste britannique C.F. Symington, publiés en 1933, et ceux du botaniste français A. Aubréville, en 1947, ont décrit la soudaine apparition des arbres pionniers dans les brousses secondaires, ces formations denses qui envahissent les champs abandonnés dans l'agriculture sur brûlis. Ils ont souligné leur croissance extraordinairement rapide (de l'ordre de 1 mètre par mois), leur port très particulier, souvent en parasol, leurs feuilles immenses, la régularité des feuillages, formés presque d'une seule espèce. Comme l'a montré C. Vazquez-Yanes, c'est grâce à leur longue dormance — plus de cinq ans pour les *Cecropia* (bois-canon) — que les graines peuvent attendre dans le sol l'ouverture de la forêt⁽¹¹⁾. J'ai observé moi-même que les graines d'un arbre fruitier pionnier, le papayer (*Carica papaya*), se gardent au moins quatre ans dans le sol de la forêt. L'ouverture du couvert, en modifiant le spectre de la lumière, riche en proche infrarouge sous couvert forestier, lève l'inhibition de la germination. Sous le contrôle d'un pigment, le phytochrome, la graine est en effet sensible à l'augmentation du rapport des quantités de lumière rouge et de proche infrarouge intervenant lors d'une trouée. D'autres facteurs peuvent également jouer : alternances de températures, températures très



élevées, teneur en oxygène, etc.

Si les pionnières ont une croissance extrêmement rapide, elles ont en contre-partie le plus souvent une taille maximale peu élevée (inférieure à vingt mètres) et une longévité réduite (moins de vingt ans). Elles produisent une grande quantité de petits fruits charnus attirant les oiseaux et les chauves-souris, qui dispersent ainsi leurs graines. La plupart ont un bois tendre et sans aucune valeur économique, sauf à l'utiliser pour sa légèreté, comme celui du balsa.

Les espèces forestières « primaires », tolérantes à l'ombrage, mais exigeantes dans leurs rapports biologiques avec le microclimat forestier, le sol et les autres espèces, longévives mais à faible pouvoir reproducteur, dominant par leur nombre et leur diversité dans la dynamique interne de la forêt primaire. Mais elles sont remplacées lors de la reconstitution secondaire de la forêt par des plantes mieux adaptées aux perturbations intenses et fréquentes, à cycle court et fort pouvoir reproducteur, héliophiles et relativement indépendantes vis-à-vis du milieu (fig. 3). Ces pionnières, très colonisatrices, sont utiles au maintien de la fertilité de la terre, dans la mesure où elles peuvent recouvrir rapidement le sol, qui échappe ainsi à l'érosion et au lessivage. Mais pour qu'elles puissent pleinement jouer leur rôle, il faut qu'elles conservent une juste place dans la reconstitution progressive du couvert forestier. C'est bien ce qui se passe lors de grandes perturbations naturelles et dans l'agriculture itinérante ou extensive (voir l'encadré 1).

Mais de plus en plus, actuellement, avec le passage à une agriculture permanente et la perte des traditions culturelles, les plantes pionnières en viennent à être considérées comme des mauvaises herbes, des concurrentes gênantes que l'on doit éliminer. Leur destruction conduit à mettre sans cesse la terre à nu, donc à l'exposer aux effets dégradants du climat, mais aussi à permettre à la dynamique « régressive » de se poursuivre : les premières espèces

Figure 2. Même en l'absence de l'homme, les arbres sont la cible de multiples agressions (vent, foudre, pluie, tornades, incendies, glissements de terrain, etc.). De plus, la vieillesse, qui peut être aggravée par une période de sécheresse exceptionnelle, ouvre la porte à des attaques parasitaires de champignons sur les racines ou d'insectes sur le tronc et les branches. Le résultat est que certains arbres s'effondrent ou se brisent. Des trouées, ou chablis, sont créées qui permettent à la lumière de pénétrer jusqu'au sol. Les plantes du sous-bois en profitent pour croître. Dans le monde, c'est environ 1 % de la surface des forêts vierges qui est ainsi détruite chaque année. (Cliché S. Dalton, © Oxford Scientific Films)

- (1) A. Gomez-Pompa et al., *Science*, 177, 762, 1972.
 (2) Organisation des Nations unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO), Tropical forest Programme, IUCN Newsletter, août 1990; World Resources Institute, *World Resources 1990-1991*, Oxford University Press, 1990.
 (3) T.L. Erwin, in S.L. Sutton et al. (eds) *Tropical rain forest: ecology and management*, Blackwell, 1983.
 (4) R.A.A. Oldeman, in S.L. Sutton et al. (eds), *ibid.* (3).
 (5) G. Mangenot, in *Study of tropical vegetation*, UNESCO, 1956.
 (6) A. Gomez-Pompa et C. Vasquez-Yanes, *Proc. of 1st. Int. Cong. Ecol.*, La Haye, 336, 1974.
 (7) D.-Y. Alexandre, *Candollea*, 37, 579, 1982.
 (8) D.-Y. Alexandre, *Dynamique de la régénération naturelle en forêt dense de Côte-d'Ivoire*, ORSTOM, 1989.

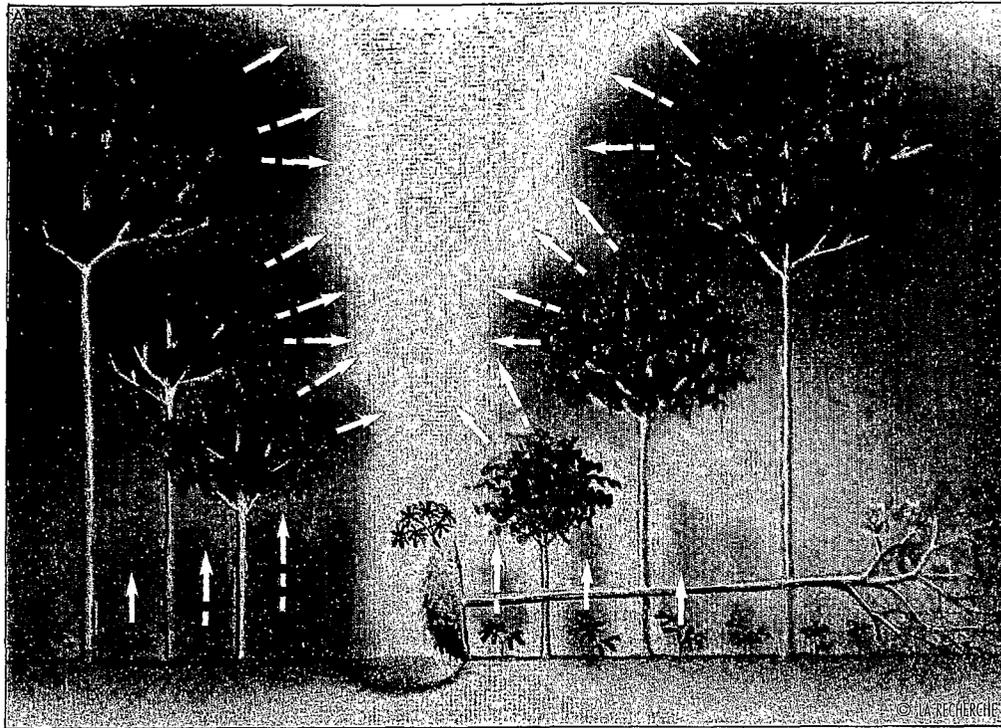


Figure 3. Tant que la lumière est filtrée par la voûte forestière, les plantes situées au niveau du sol ne peuvent pas croître. Elles sont alors soit à l'état de plantules d'arbres provenant de graines ayant déjà germé dans la pénombre, soit de graines plus petites d'espèces dites pionnières, en « dormance » dans le sol. Toutes ces graines sont pour la plupart transportées par des animaux (rongeurs, chauves-souris, oiseaux). A la suite de la chute d'un arbre, qui crée un chablis de faible surface (chablis élémentaire), le surcroît modéré d'éclaircissement permet la croissance des plantes de la périphérie et, au sol, celle des plantules des futurs arbres (A). Ceux-ci peuvent pousser très vite et atteindre la zone de plein éclaircissement en dix ans environ. Mais si la clairière est vraiment petite en surface, la voûte se referme avant qu'ils aient pu y parvenir. Les graines des pionnières ne germent quant à elles que sur des sites suffisamment ensoleillés, par exemple les buttes de déracinement. Lorsque plusieurs arbres chutent en cascade, un grand chablis est créé (chablis multiple) (B). Au centre de la trouée, l'éclaircissement est fort, la température élevée et l'évapotranspiration intense. En périphérie, les arbres se couvrent de lianes et les petits plants en attente poussent. Mais dès que l'on quitte la lisière, ceux-ci sont tués par le changement trop brutal de luminosité et surtout par la forte évapotranspiration. Là où le sol est perturbé, remué ou débarrassé de la litière à la suite du ruissellement des eaux de pluie, les graines des pionnières germent et donnent un tapis de plantes qui deviendront en quelques années des arbustes. Ailleurs, le sol reste longtemps nu. Il est finalement progressivement colonisé grâce aux graines apportées des environs par le vent, les chauves-souris et les autres animaux. Parmi ces graines, celles des grands arbres qui domineront plus tard le couvert forestier.

colonisatrices, encore forestières, sont rapidement remplacées par d'autres espèces encore plus agressives vis-à-vis des autres espèces. Ainsi, de destruction en destruction, les premiers arbres sont remplacés par des arbustes, comme *Trema guineensis*, puis par des herbacées de grande taille, comme *Panicum maximum*, enfin, au pire de la dégradation biologique et pédologique, par les plantes gazonnantes annuelles, comme *Borreria verticillata*. Le résultat est une baisse rapide de la fertilité des

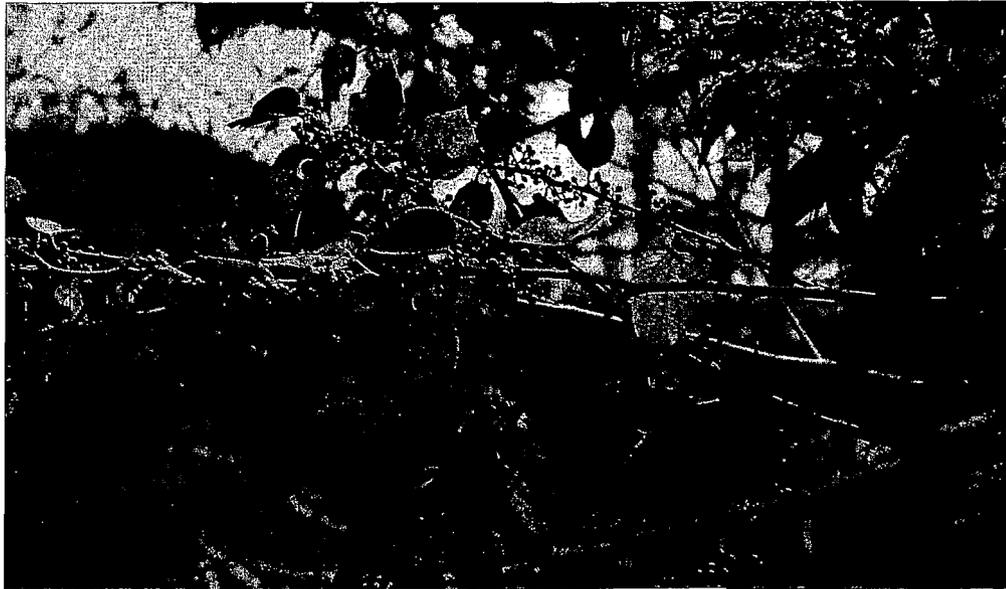
sols et l'abandon des terrains devenus trop ingrats. Laissée à elle-même, la végétation dégradée conserve cependant toujours son rôle dynamique et reconstruit lentement le sol en permettant le développement de végétaux de plus en plus exigeants. Mais si la zone dégradée est vaste, les arbres semenciers rares, les animaux disséminateurs aussi, le sol chimiquement appauvri, les champignons mycorhiziens tués, il faut, pour permettre le retour à la forêt, un temps de l'ordre du millénaire. Autant

dire que la dégradation du milieu forestier est, quand elle est profonde, un phénomène irréversible. Mieux vaut donc prévenir que guérir.

Comment peut-on justement gérer au mieux les connaissances fondamentales acquises sur la dynamique des forêts denses? Jusqu'à présent, elles n'ont presque pas été mises en pratique. Le Centre technique forestier tropical (CTFT), organisme français, a mis en place plusieurs dispositifs importants d'« amélioration des peuplements na-



Figure 4.
Trema guineensis
 et le parasolier
Musanga spp (A)
 sont des exemples
 d'espèces pionnières.
 A l'âge adulte,
T. guineensis (B) est
 un petit arbre
 de six à douze
 mètres de haut qui
 forme des « brousses »
 denses. Ses fruits
 sont dispersés par
 les oiseaux.
 Les graines qu'ils
 renferment ne peuvent
 germer qu'à la
 lumière. Une fois
 la croissance
 démarrée, elle surpasse,
 avec une vitesse
 de l'ordre d'un mètre
 par mois, celle de
 toutes les espèces
 concurrentes.
 (Clichés auteur)



turels » en Côte-d'Ivoire, en Guyane, au Brésil, en Centrafrique, au Gabon et en Indonésie. Leur principe est de compléter l'éclaircie due aux premières coupes d'exploitation par des coupes ou des destructions d'espèces actuellement sans valeur (c'est-à-dire la grande majorité des espèces), de façon à libérer les ressources du milieu pour les espèces recherchées et assurer une production durable en bois d'œuvre. Un suivi informatisé de chaque individu permet d'apprécier les effets de voisinage entre

espèces. La manipulation de ces forêts induit des processus dynamiques de régénération qui sont cependant jugés trop complexes pour être parfaitement maîtrisés : selon le CTFT, il s'agit davantage de « constater » la régénération que de l'« induire »^(12,13). Espèce par espèce, la dynamique reste effectivement, et restera sans doute longtemps, imprévisible. Il est toutefois possible, comme nous l'avons fait à l'ORSTOM (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopé-

ration), de regrouper les espèces par affinités écologiques. Cette simplification rend la prévision globalement possible. Ainsi, les sylviculteurs peuvent diriger l'évolution de la forêt grâce à un programme d'ouvertures sélectives (dé-gagements, éclaircies). Selon le degré de dégradation de la forêt, le rôle des espèces pionnières apparaît positif ou négatif. Vis-à-vis de systèmes forestiers fortement perturbés par des agressions répétées ou très intenses, par exemple en cas d'agriculture

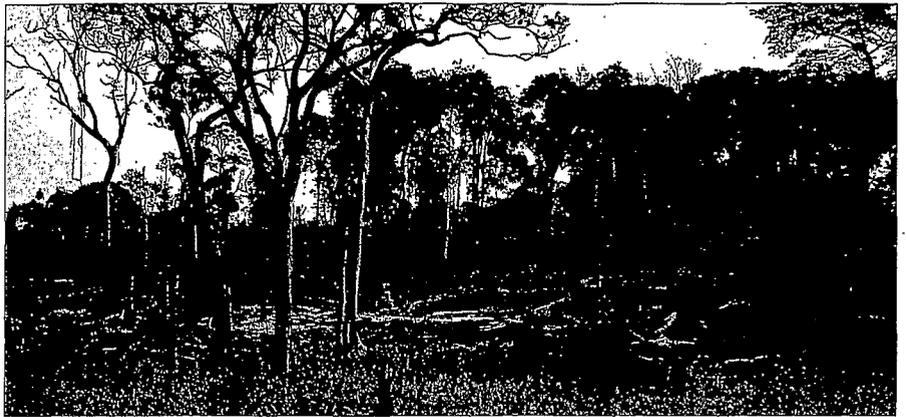
- (9) E.H. Roberts (ed.), *Viability of seeds*, Chapman and Hall, 1972.
 (10) D.-Y. Alexandre Decol, *Plantarum*, 12, 241, 1977.
 (11) C. Vasquez-Yanes et A. Orozco-Segovia, in K.S. Bawa et M. Hadley (eds), *Reproductive ecology of tropical forest plants*, MAB series n°7, Parthenon Publ., 1990.
 (12) H.-F. Maître, in A. Gomez-Pompa et al. (eds), *Rain forest regeneration and management*, UNESCO-MAB series n°6, Parthenon Publ., 1991.
 (13) H.-F. Maître, *Rev. For. Fr.*, XLIII, n° sp., 108, 1991.
 (14) J.-F. Lacoste et D.-Y. Alexandre, *Interciencia*, 14, 323, 1989.
 (15) J.-M. Sarrailh (ed), *Mise en valeur de l'écosystème forestier guyanais. L'opération ECEREX*, INRA/CTFT, 1990.

Pourquoi et comment les forêts tropicales disparaissent

L'intervention de l'homme transforme profondément la végétation de la forêt tropicale. Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO ou OAA), l'augmentation des surfaces agricoles est la principale cause de la déforestation. Contrairement aux trouées naturelles (chablis), qui sont toujours aléatoires, les « perturbations » anthropiques sont régulières dans le temps et dans l'espace (zones brûlées, puis cultivées selon un calendrier annuel) ou de même nature sur de vastes superficies (agriculture mécanisée, épandage de pesticides, élevage en forêt, etc.).

Elles sont, par ailleurs, bien plus intenses que les perturbations naturelles les plus fréquentes, par leur étendue ou par l'effet du feu, du décapage ou de la compaction du sol entraînée par les bulldozers, qui arrachent également la couche superficielle du sol riche en humus. L'agriculture itinérante sur brûlis (voir la photo, prise en Côte-d'Ivoire), largement pratiquée par les populations forestières, a longtemps, jusque dans les années 1970, été la bête noire des administrations forestières coloniales, voire des organisations internationales comme la FAO. Cette pratique était accusée de détruire la forêt (voir « L'agriculture itinérante sur brûlis » dans *La Recherche* de décembre 1989).

Aujourd'hui, le discours a changé : force est de constater que c'est au contraire un mode de mise en valeur de la forêt très sophistiqué qui respecte la fertilité à long terme, du moins quand la pression humaine reste faible, tout en laissant beaucoup de loisirs au cultivateur. De nombreux ethnologues et agronomes, tels G. Condominas, H.C. Conklin, R.A. Rappaport, J. Hurault, l'ont remarqué, en Asie, en Afrique ou en Amérique. Lorsque le feu est trop faible, ou absent, les cultures produisent peu, et la régénération de la forêt est ralentie. En effet, le feu opère une sélection parmi les graines enfouies dans le sol. Les semences de nombreux arbres pionniers, tels que *Trema guineensis* (fig. 4), en Afrique, sont résistantes à la chaleur, tandis que celles des mauvaises herbes y sont en général sensibles. L'agriculture itinérante ne s'attaque d'ailleurs que marginalement à la forêt vierge, sauf dans certaines zones de l'Asie, où la culture du pavot à opium est poussée



jusqu'à épuisement total et irréversible des sols. Les paysans préfèrent en effet revenir sur leurs anciennes parcelles, là où les arbres qui ont repoussé sont plus faciles à couper, car plus tendres. C'est une des raisons qui font préférer à l'appellation un peu péjorative et sûrement trompeuse d'« agriculture itinérante » le terme d'« essartage ». Le principal facteur limitant du système est le respect obligatoire d'une très longue période de jachère, dont l'optimum écologique est de l'ordre de trente ans, pendant lesquels la forêt peut se reconstituer suffisamment pour alimenter ensuite un feu intense capable de nettoyer le sol des graines de mauvaises herbes⁽¹⁸⁾. La période de jachère, d'autant plus courte que la pression humaine est forte, peut être réduite si le cultivateur accepte de consacrer du temps au désherbage. Mais son raccourcissement en dessous d'un certain seuil conduit à une rupture d'équilibre. La forêt cesse de se régénérer spontanément, car les arbres n'ont plus le temps de se développer suffisamment pour produire leurs graines. De plus, le feu n'élimine plus les graines d'herbacées, faute de combustible ; une savanisation se produit, c'est-à-dire une multiplication de grandes graminées, comme le fameux *Imperata cylindrica*, au détriment des arbres forestiers. Or la sédentarisation forcée de l'agriculture par fixation des villages, l'introduction des cultures de rente, de plus en plus fréquentes, et bien sûr la

croissance démographique sont des facteurs qui peuvent conduire à dépasser le seuil de rupture dans la dynamique forestière. Après les paysans, ce sont les exploitants forestiers qui, aux yeux d'organismes internationaux comme la Banque mondiale, ont porté le chapeau de la destruction des forêts tropicales. L'exploitation forestière dégrade profondément la forêt, bien que le volume de bois extrait soit généralement très faible : variant en moyenne entre 10 à 15 m³ par ha, soit 3 % du volume sur pied en Guyane, autour de 5 m³ par ha, soit 2 % du volume sur pied en Côte-d'Ivoire, il peut être dix fois plus élevé en Asie, en raison de l'abondance de certains arbres de la famille des diptérocarpacées. Toutefois, il y a « écrémage », c'est-à-dire que les quelques espèces de grande valeur commerciale (acajou, sipo, makoré) sont surexploitées. De plus, les dégâts dus à l'abatage et surtout à l'extraction et au transport du bois (débardage) sont très importants. Entre le quart et le tiers des arbres laissés en place sont abimés par les engins, qui provoquent également une compaction du sol pouvant être à l'origine de phénomènes d'érosion, voire du dépérissement des peuplements. En outre, les pistes favorisent la pénétration en forêt d'espèces envahissantes, comme les lianes rasoir (*Scleria barteri*), normalement cantonnées à la périphérie des forêts, et aussi l'entrée des paysans dans la forêt. (Cliché Huet/Hoa-Qui)

sur brûlis, leurs capacités de croissance et de reproduction contribuent à la reconstitution rapide de la végétation et elles sont donc utiles. Mais en forêt peu perturbée, elles accaparent la lumière et nuisent à la régénération des autres espèces. Ainsi, les énormes feuilles mortes de certaines espèces, comme les *Cecropia*, écrasent littéralement les plantules des autres arbres, notamment celles des essences précieuses.

A ce titre, l'expérience conçue en 1980 par Jean-Paul Lescure, actuellement à l'antenne ORSTOM de Manaus, au Brésil, et que nous avons menée sur le bassin « D » du programme ECEREX (Ecologie, Erosion, Expérimentation), engagé par l'ORSTOM et le CTFT en Guyane, est démonstrative^(14,15). Elle a été conduite dans une trouée d'un hec-

tare, prise sur la forêt « vierge » défrichée mécaniquement. La perturbation y était donc faible, du type à favoriser les pionnières. Cette expérience consistait à détruire précocement et sélectivement certaines d'entre elles, jugées particulièrement agressives pour les jeunes pousses (le recrû). Il s'agissait des représentantes de trois genres : *Cecropia*, *Solanum* (« aubergines ») et *Vismia* (« bois-dartre »). Huit ans après le début de l'expérience, il apparaissait que l'élimination des espèces pionnières dominantes et sans intérêt économique permet aux espèces un peu moins compétitives de devenir les nouvelles dominantes. Parmi ces dernières, une proportion notable est intéressante sur le plan sylvicole : goupia (*Goupia glabra*), bagasse (*Bagassa guinaensis*) —

pionnières à vie longue (jusqu'à cent ans) — carapa (*Carapa procera*), etc. ; ou sur le plan écologique, car fixatrices d'azote : *Inga* (« pois sucrés »). Mais l'effet bénéfique du dégagement concerne également l'ensemble des jeunes pousses, qui subissent une véritable accélération de leur développement. L'accroissement annuel de biomasse a été ainsi porté de vingt tonnes, ce qui est déjà considérable, à plus de vingt-sept tonnes par hectare. Cette productivité égale celle des meilleures plantations tropicales sur sol riche, alors que cette expérience a été réalisée sur des sols particulièrement pauvres et mal drainés.

Au lieu de détruire systématiquement les recrûs en vue d'un aménagement agricole, et ce jusqu'à stérilisation

L'agroforesterie ou comment multiplier la diversité

Si la mise en réserve intégrale de portions de forêts apparaît à tous les chercheurs être une nécessité incontournable, de manière à préserver davantage la diversité des espèces, la création de forêts artificielles, cultivées non seulement pour leur bois et pour leurs fruits, mais aussi pour d'autres produits, en est une autre dont on ne parle pas encore assez.

De fait, de telles « agroforêts » traditionnelles existent déjà depuis plusieurs siècles, créées empiriquement par des paysans. En effet, après la destruction de la forêt en vue d'y cultiver des plantes vivrières, une forêt dite secondaire se reconstitue progressivement. Mais très souvent, les paysans manipulent cette forêt soit en laissant dans les zones qu'ils coupent des arbres capables par la suite d'enrichir le milieu par leurs graines, soit en favorisant le développement de tels ou tels individus ou espèces. Plus encore, l'homme peut aussi semer lui-même des graines d'arbres entre les cultures vivrières, au moment où elles sont plantées et/ou après leur récolte ; plus fréquemment, il peut aussi y transplanter de jeunes plants qui donneront des arbres. Les espèces sont choisies alors en fonction de leurs usages. Par exemple, les agroforêts de Java, installées sur des sols volcaniques très fertiles, sont cultivées de cette façon⁽¹⁹⁾. On y trouve des plantes à épices : girofliers, muscadiers, cannelliers, poivriers, etc., ou des arbres fruitiers : manguiers, durians, ramboutans, etc. En Amazonie, les jardins-vergers comprennent également de nombreuses espèces fruitières : palmiers, « noyers du Brésil », etc.⁽²⁰⁾.

L'agroforêt possède, comme la forêt naturelle, une dynamique interne propre. Elle est certes moins riche en espèces qu'une réserve intégrale ; néanmoins, elle reste très diversifiée, en raison de l'installation de nombreuses espèces spontanées autres que celles choisies par l'homme, par exemple beaucoup d'essences de lumière, à croissance rapide et à vie courte, ainsi que des plantes herbacées de sous-bois ou encore des rudérales très communes.

Par ailleurs, une réserve intégrale ne produit rien car elle vit sur elle-même. Mais elle est une source potentielle de gènes par les graines, boutures, etc., et d'animaux disponibles pour une éventuelle domestication. Aussi, certains chercheurs

ont-ils proposé d'installer autour de ces réserves des anneaux d'agroforêts de divers types, destinés à des propriétaires et des utilisations variés (chasse, bois, cueillette de produits servant par exemple à l'alimentation ou à fabriquer des médicaments, etc.).

Plusieurs idées fortes sont à la base de la formation d'un système agroforestier. Tout d'abord, reconstituer une biomasse importante recyclable, empêchant la dégradation des sols ; ensuite, reconstituer une grande diversité spécifique, végétale et animale, de manière à éviter les destructions des cultures par les ravageurs et les maladies qui prendraient pour cible une seule espèce. Enfin, produire de manière soutenue un ensemble d'espèces utiles, variables dans le temps et dans l'espace, que l'homme prélèvera selon ses besoins.

Par exemple, notre équipe a mis en place des essais d'agroforesterie dans une région du nord-est du Gabon, à Makokou, où les arbres n'étaient pas traditionnellement

cultivés^(21,22). Grâce aux connaissances acquises depuis plusieurs années sur cet écosystème forestier, nous avons pu tester les performances de croissance en culture mixte de nombreuses espèces forestières locales demeurées jusqu'alors plantes de cueillette dans les forêts naturelles⁽²³⁾. Ailleurs en Afrique, par exemple dans la zone forestière du sud-Cameroun, les traditionnels « jardins de case », établis près des maisons, apparaissent, après analyse floristique et structurale, être de véritables systèmes agroforestiers. On y trouve par exemple (voir la photo) de nombreuses espèces fruitières, introduites pour certaines (avocatiers, caféiers, papayers, orangers, etc.). (Cliché C.M. Hladik, CNRS)

ANNETTE HLADIK
CNRS, Muséum national
d'Histoire naturelle,
Laboratoire d'Ecologie
générale, Brunoy



complète du sol comme on le fait actuellement, on peut, comme pour l'aménagement sylvicole, profiter des riches potentialités de la régénération naturelle pour obtenir un peuplement utile ou un verger (voir l'encadré 2). Je l'ai vérifié dans une expérience conduite sur le bassin « i » au sein du projet ECEBEX^(16,17). J'ai réalisé un aménagement agricole, une sorte de pré-verger, en ne conservant dans le recru que les plantes appartenant à une catégorie considérée, dans le protocole, comme utile écologiquement ou économiquement selon les critères locaux. Il s'agissait donc d'une non-destruction sélective d'espèces (ou groupes d'espèces) appréciées : les palmiers, essentiellement producteurs de fruits ; les « pois-sucrés », fixateurs d'azote et

également fruitiers ; les arbres à bois, essentiellement goupier et carapa.

L'aménagement, c'est-à-dire la sélection des espèces, s'est fait dans un recru âgé d'un an succédant à une culture traditionnelle sur brûlis de forêt « vierge » (fig. 5). Au bout de six ans de libre développement, un beau peuplement s'est installé, qui demandait cependant à être encore fortement éclairci. Une nouvelle sélection était donc devenue possible, avec tous les avantages que cela comporte, dont une meilleure répartition des différentes espèces sur le terrain.

Ainsi, le premier principe à retenir des études de dynamique est qu'il vaut mieux, écologiquement et économiquement, profiter de la grande richesse des recrûs spontanés plutôt que de tenter

des introductions ou des plantations d'espèces plus ou moins adaptées. Le deuxième est qu'il faut intervenir de façon très précoce après le défrichage : une petite modification des conditions initiales ayant de grandes conséquences sur la dynamique future, on peut, en agissant à bon escient, modifier profondément le milieu avec de faibles moyens. On constate aussi que plantés tôt, dès le premier brûlis, des arbres fruitiers bénéficient d'un sol encore riche et d'une absence de compétition avec le recru. Ils peuvent ainsi devenir productifs en trois ou quatre ans. Plantés un an plus tard, il faut les entretenir souvent ; plantés deux ou trois ans plus tard, ils sont virtuellement condamnés à végéter.

La connaissance de la dynamique végé-

(16) D.-Y. Alexandre, « Conversion d'un abattis traditionnel en pâturage sous ombrage », Multigr. Orstom, Cayenne, 1984.

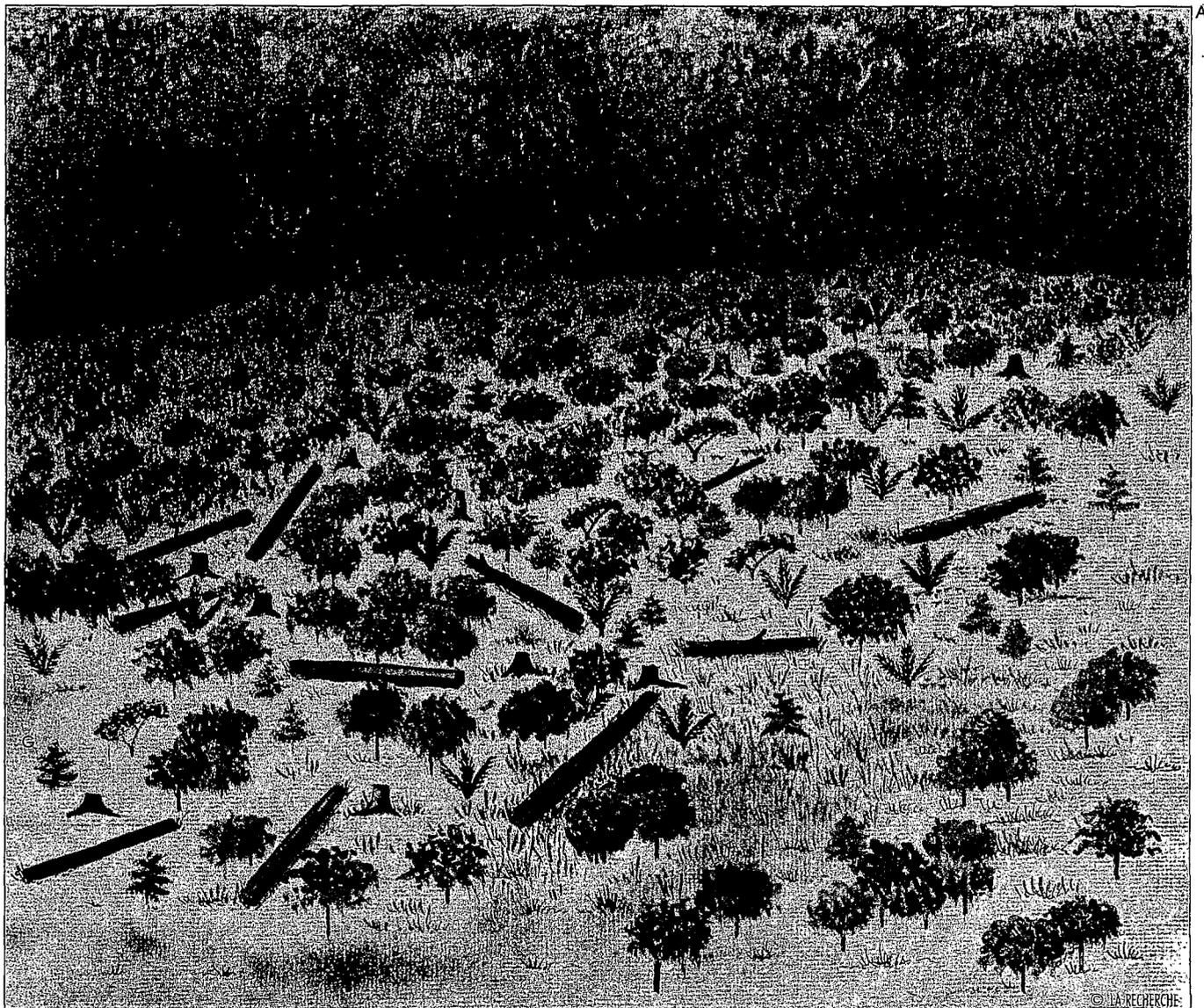
tale peut donc permettre d'aménager la forêt sans trop la dégrader ou de réhabiliter des zones biologiquement appauvries. Parmi les voies « biologiques », citons les semis de « cocktails » d'espèces pionnières sur des plages dénudées, la plantation de végétaux mycorhizés⁽²⁴⁾, l'introduction d'animaux fouisseurs dont les déblais sont autant d'îlots où des arbres peuvent s'installer, etc.

En fait, la toute première priorité pour

tériels. L'évaluation des potentialités de production soutenue de la forêt et l'organisation internationale du commerce des produits forestiers (rotin, résines, noix, etc.) apparaît dans ce contexte comme prioritaire. Mais cela ne relève pas de l'écologie.

La sauvegarde des ressources génétiques obéit à une constatation qui vaut pour celle des civilisations : l'extinction est irréversible. Or dans l'état actuel des connaissances, nul ne peut envisa-

versité de Santa Barbara, en Californie, un certain degré de perturbation est nécessaire pour maintenir la richesse de la forêt⁽²⁵⁾. La perpétuelle évolution de la forêt est l'une des sources du maintien de sa diversité. L'absence totale d'agression tend au contraire à provoquer un appauvrissement en espèces. Dans un milieu constant, en effet, l'espèce la mieux adaptée au milieu élimine les autres selon le principe « une niche = une espèce ». On peut s'imagi-



la conservation des forêts tropicales est certainement la sauvegarde des civilisations forestières, car elles sont les plus aptes à gérer la forêt tout en la protégeant (voir l'encadré 3). Il s'agit d'un problème, essentiellement politique, de reconnaissance « nationale », du droit à l'existence de ces peuples. Leur indépendance locale est liée à leur intégration dans l'ensemble de la communauté humaine. Elle est donc soumise à l'existence d'échanges culturels et ma-

ger une quelconque forme d'intervention inoffensive sur le milieu. Le maintien de portions de forêts en réserves intégrales est donc une nécessité incontournable. Mais la conception de cette conservation doit être dynamique : la protection d'individus de toute façon mortels ne sert à rien ; il faut conserver l'espèce et donc sauvegarder une perpétuelle dynamique de reproduction. Comme l'ont montré J.H. Connell et R.O. Slatyer, de l'uni-

ner préserver les ressources génétiques dans un îlot laissé intact au milieu d'une mer de végétation « secondarisée ». C'est un leurre. Au cœur d'une forêt naturelle, ou très peu perturbée (on ne peut jamais parler de forêt véritablement vierge), les pionnières sont relativement rares et dispersées. Chaque clairière possède sa flore particulière, qui contribue au maintien de la diversité. En revanche, les lisières forestières, ou d'une manière plus générale toutes

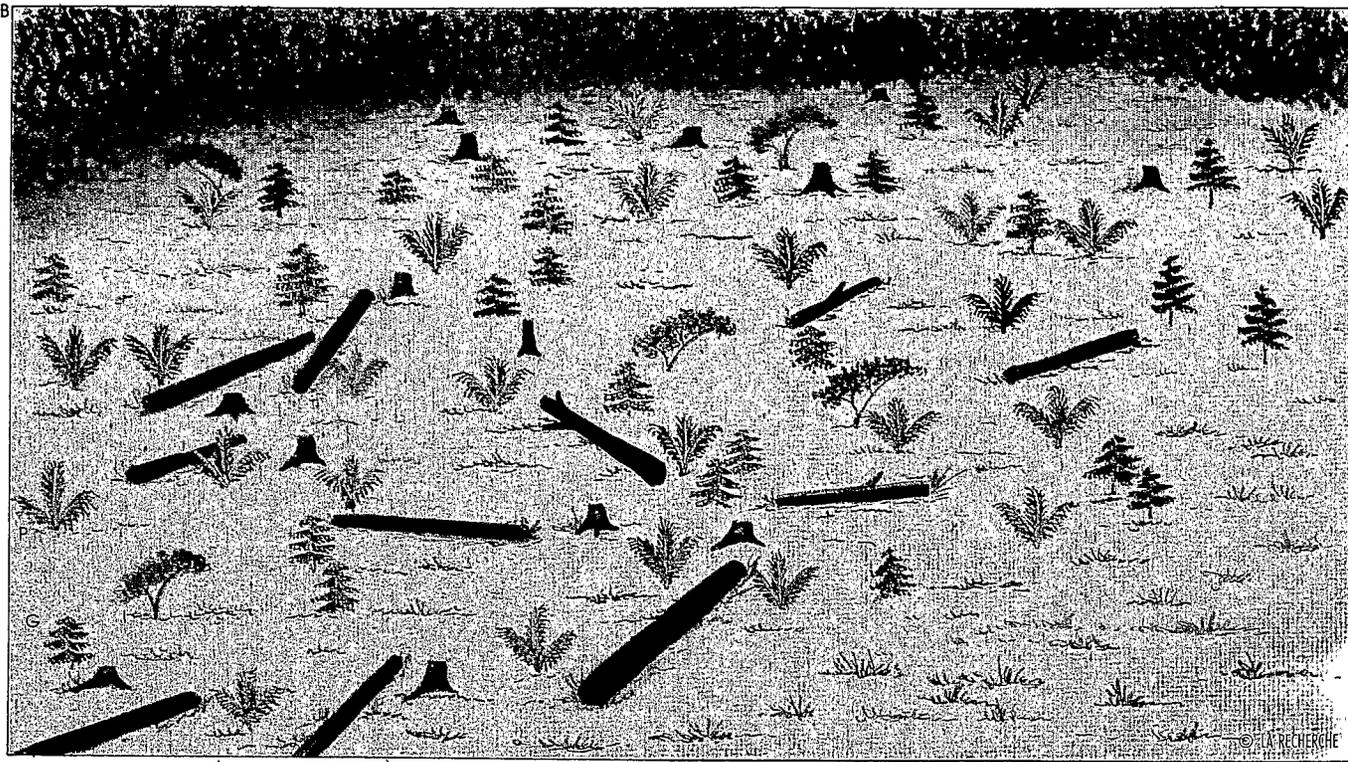
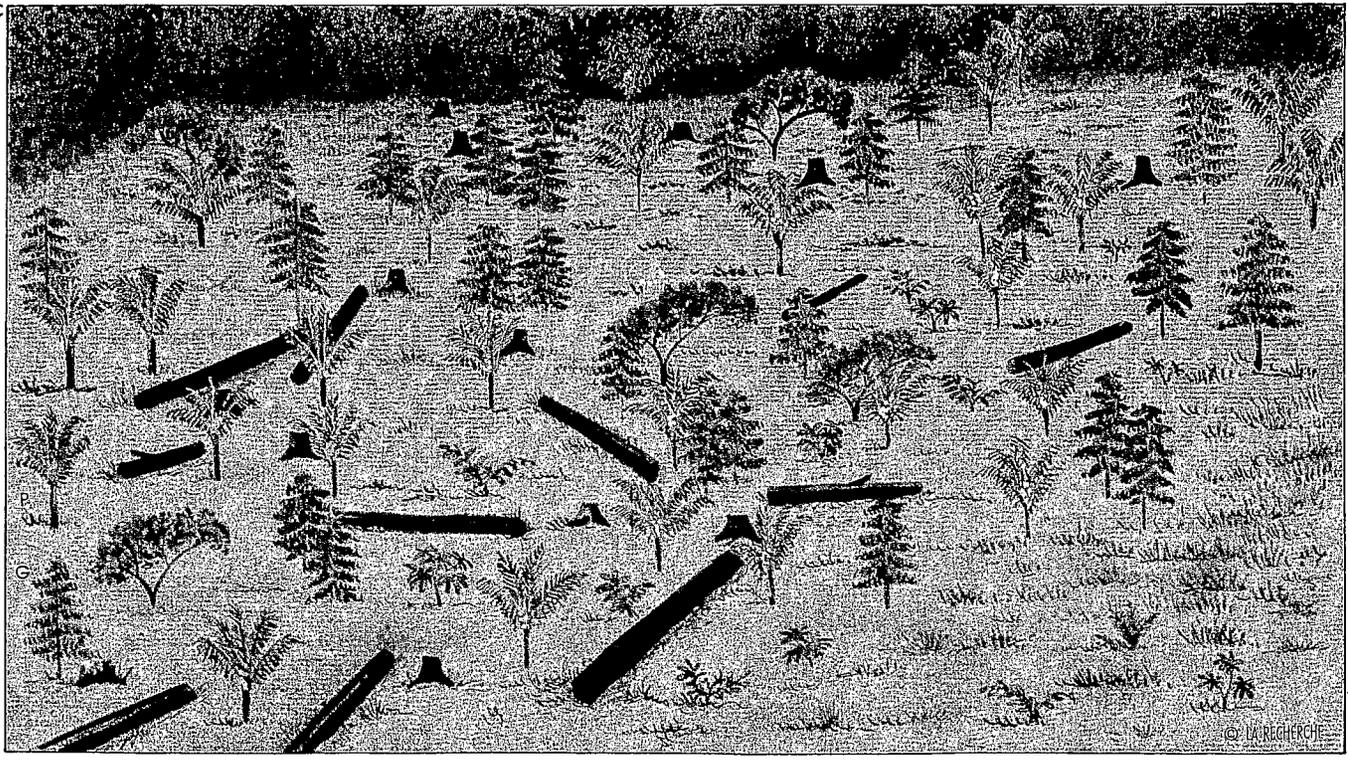


Figure 5. L'utilisation de la dynamique naturelle de la forêt tropicale permet de l'aménager tout en la protégeant d'une dégradation importante. Elle sert également à réhabiliter des zones appauvries. La régénération naturelle produit en effet un recru formé d'espèces variées. L'aménagement d'une parcelle consiste alors à sélectionner dans ce recru un certain nombre d'espèces pour leurs propriétés écologiques et économiques. A titre d'exemple, ces schémas illustrent l'évolution d'une parcelle réalisée sur un brûlis de forêt (abattis ou essart) et utilisée pour une culture traditionnelle (riz, etc.). En A, l'abattis tel qu'il se présente après la récolte de l'espèce cultivée. On ne conserve alors parmi le recru (B) que trois ou quatre espèces d'arbres : le goupi (*Goupia glabra*) (G), arbre pionnier utile pour son bois et à croissance rapide (6 mètres en deux ans), des « pois-sucrés » (*Inga* spp.) (I), arbres fruitiers fixateurs d'azote, à croissance rapide également, et une ou deux espèces de palmiers (P), productrices de fruits. Quelques années plus tard (C), on obtient un peuplement arboré utilisable par l'homme et biologiquement encore relativement riche, tandis que d'autres espèces dont les graines ont été transportées par le vent, les chauves-souris ou les oiseaux s'installent. Il est alors possible de réaliser une deuxième sélection parmi les nouvelles espèces et le peuplement arboré si celui-ci est devenu trop dense. Ce schéma d'aménagement porte sur quelques espèces, mais il est bien sûr possible de compliquer l'expérience en en sélectionnant davantage.



(17) D.-Y. Alexandre et al., Observations sur l'aménagement agro-sylvo-pastoral du recru forestier en Guyane française, Atelier MAB, Cayenne, mars 1990.
 (18) D.-Y. Alexandre, in *Le risque en agriculture*, ORSTOM, 1989.
 (19) G. Michon et J.M. Bompard, *Revue d'Ecologie (Terre et vie)*, 42, 3, 1987.
 (20) J.L. Guillaumet et al., *Turrialba*, 40, 63, 1990.
 (21) S. Miquel et A. Hladik, *Bull. d'Ecologie*, 15, 163, 1984.
 (22) A. Hladik, in M. Malgouère et al. (eds), *Agroforesterie en zones forestières humides d'Afrique*, Rapport du séminaire sous-régional, Makokou, Gabon, UNESCO, 1986.
 (23) S. Miquel et A. Hladik, in *L'alimentation en forêt tropicale : interactions bioculturelles et applications au développement*, Symp. int., UNESCO, 1991.
 (24) W.T.M. Smits et al., *WOTRO Yearbook 1986*, p. 67, 1987.
 (25) J.H. Connell et R.O. Slatyer, *Am. Naturalist*, 111, 1119, 1977.
 (26) V. Rico-Gray et al., *Agroforestry Systems*, 14, 149, 1991.

les clairières qui se trouvent à portée d'ailes d'oiseaux de zones fortement perturbées, colonisées par des peuplements denses de pionnières agressives, sont envahies par ces mêmes plantes. Toute la régénération naturelle en est perturbée et banalisée. La distance de dispersion de chaque espèce est variable et dépend de l'animal disperseur ou du vent, quelques rares espèces pionnières étant anémochores, comme le balsa. Certaines pionnières ne sont dispersées qu'à très faible distance : une cinquantaine de mètres dans le cas des *Solanum* en Guyane, d'où un « effet lisière » très marqué, mais limité dans l'espace. Avec d'autres pionnières, telles les *Cecropia*, dispersées par les oiseaux et les chauves-souris, cet effet est sensible sur cinq, voire quinze kilomètres.

**LA SURVIE DE LA FORÊT
TROPICALE EST AVANT TOUT
UNE QUESTION POLITICO-
ÉCONOMIQUE ; L'ÉCOLOGIE
PEUT INDiquer COMMENT
LA PROTÉGER TOUT EN LA
GÉRANT DURABLEMENT**

Une simple piste forestière avec ses dégagements propices à l'installation et à la fructification des *Cecropia* a ainsi un impact néfaste sur la forêt, difficile à soupçonner au premier abord. Par exemple, la construction du barrage de Petit-Saut, en Guyane, a nécessité la percée d'une piste en forêt primaire longue de trente kilomètres. Conséquence : le recrû de bord de route a modifié la dynamique forestière sur une surface d'au moins trois cents kilomètres carrés, autant que la surface de la retenue. Dans la conception des réserves de flore, il faut donc tenir compte de cet effet de « pollution » du sol en prévoyant un « no pioneer's land » d'une largeur suffisante autour du cœur, resté intact. L'aménagement de la périphérie des réserves pourrait faire une large place aux arbres (agroforesterie, sylviculture) pour aider au fonctionnement du cœur forestier en lui donnant une « masse critique » et en l'isolant de l'invasion par des espèces agressives (voir l'encadré 2).

Compte tenu de ce que nous savons sur la dynamique des populations, l'équilibre des arbres avec les animaux vecteurs de la fécondation et de la dispersion, les réserves ne peuvent être purement floristiques et doivent englober impérativement la diversité des biotopes locaux, qui peuvent jouer des rôles complémentaires. Ainsi, en forêt

3

**L'exemple
des Mayas
du Yucatán**

Comme d'autres pays du tiers monde, le Mexique ne peut se payer le luxe de ralentir son développement économique, ce qui signifie qu'il doit pouvoir utiliser ses ressources naturelles. Mais l'exploitation et la protection d'une ressource ne doivent pas être des objectifs antagonistes. L'étude du système traditionnel d'exploitation de la forêt par les Mayas peut nous aider pour concevoir des systèmes plus efficaces de gestion et de protection des ressources forestières. De même que d'autres cultures indigènes, les Mayas de l'Etat du Yucatán se sont en effet appuyés sur une connaissance vaste et élaborée de l'environnement local, en le considérant comme une ressource potentielle à ménager pour les générations futures.

La majeure partie de la végétation du Yucatán a été profondément transformée et se trouve intégrée dans un système de production (agave, maïs, arbres fruitiers, pâturages). Les ressources du sol et la diversité biologique ont été énormément réduites. Cependant, une vaste étude récemment achevée nous a permis de mettre en évidence la richesse de la forêt tropicale de cet Etat et les multiples utilisations qu'en font les petits villages Mayas⁽²⁶⁾. Ainsi, parmi les 301 espèces d'arbres et d'arbustes présentes dans la forêt et les jardins de case, 74 % environ sont utiles. La plupart (70 %) ont des applications médicinales, d'autres sont destinées à l'apiculture (40 %) ou sont utilisées comme aliments (30 %) par les Mayas ou par les animaux sauvages qu'ils chassent, certaines servent à faire du feu (17 %), à construire des habitations (19 %) ou sont appréciées pour leur bois (12 %). Dans la région, les espèces végétales les plus communes sont celles qui sont bien adaptées aux conditions imposées par l'homme, c'est-à-dire qui supportent d'être coupées et brûlées régulièrement. Parmi ces espèces, beaucoup ont des graines qui résistent au feu ou dont la germination est favorisée par le feu, d'autres rejettent rapidement de souche. Pour gérer, à bas coût et sur le long terme, les ressources de la forêt tropicale du Yucatán, nous pensons qu'il faut maintenir en permanence des aires forestières d'âges différents, de façon à ce que les populations qui en vivent directement puissent disposer d'un revenu permanent qui s'ajouterait à celui tiré de la culture du maïs et des « jardins de case ». Plus précisément, une gestion intensive de ces aires forestières implique que les jeunes forêts soient exploitées et remplacées par des cultures, à la faveur de rotations intervenant tous les trente ans. Les espèces de ces jeunes forêts sont celles dont les abeilles extraient du pollen et du nectar et celles dont les fruits et les feuilles peuvent servir d'aliments aux animaux sauvages. Mais il faut également laisser certaines forêts se développer pendant au moins soixante ans, afin d'obtenir des arbres suffisamment grands fournissant des matériaux de construction. Ces forêts plus âgées pourraient servir également de réserves (d'une surface minimale de cinq cents à mille hectares), avant d'être finalement défrichées et cultivées à leur tour. Dans l'idéal, des forêts vieilles de cent ans et plus seraient en outre nécessaires pour maintenir et reconstituer la biodiversité du Yucatán.

VICTOR RICO-GRAY
Institut d'Ecologie,
A.C., Xalapa,
Veracruz, Mexique

de Taï, en Côte-d'Ivoire, les éléphants, qui jouent un rôle important dans la régénération de certains arbres forestiers, se réfugient dans les zones de forêt inondable pendant les périodes de sécheresse, et les inselbergs semblent jouer un grand rôle dans leur vie sociale. Il faut donc protéger, avec la forêt dense, ces deux types de milieux. En outre, le maintien de la grande faune d'animaux disséminateurs demande une lutte appropriée contre le braconnage. Comme celui-ci répond à deux demandes complémentaires : sociologique de la part de consommateurs argentés, économique de la part des braconniers, le meilleur procédé est probablement l'élevage d'animaux « sauvages » en quantité suffisante. L'élevage d'animaux forestiers comme les céphalophes permettrait de valoriser les espèces spontanées du sous-bois, peu appréciées par les ruminants domestiques.

La trilogie : économie, sociologie, écologie, que l'on trouve dans le problème du braconnage s'applique dans la majorité des problèmes forestiers. Ceux-ci requièrent donc une recherche pluridisciplinaire difficile à mettre en œuvre et encore à ses débuts. La France, qui joue déjà un rôle très important dans la recherche tropicale (programme du Parc national de Taï, en Côte-d'Ivoire, de Makokou au Gabon, ECEREX en Guyane, coopération avec l'INPA à Manaus au Brésil, avec le Pérou à Iquitos, etc.) pourrait jouer un rôle bien plus grand encore avec l'atout de la Guyane. Ce morceau d'Amazonie, département français, est ressenti comme une colonie anachronique par les sud-Américains. Ne serait-il pas utile de l'ériger officiellement, et avec les moyens nécessaires, en un véritable laboratoire international d'étude de la forêt ? ■

POUR EN SAVOIR PLUS

- P.W. Richards, *The tropical rain forest, an ecological study*, Cambridge University Press, 1^{ère} éd. 1952; dern. éd. 1990.
- T.C. Whitmore, *An introduction to tropical forest*, Clarendon Press, 1990.
- S.L. Sutton et al. (eds), *Tropical rain forest : Ecology and management*, Blackwell, 1983.
- M. Hadley (ed.), « Rain forest regeneration and management », *Biology International*, 18, 1991.
- L.B. Holm-Nielsen et al., *Tropical forests : botanical dynamics, speciation and diversity*, Academic Press, 1989.
- H.H. Shugart (ed.), *A theory of forest dynamics. The ecological implications of forest succession models*, Springer-Verlag, 1984.
- A. Gomez-Pompa et al. (eds), *Rain forest regeneration and management*, UNESCO, MAB Series n° 6, 1991.
- *Atelier sur l'aménagement et la conservation de l'écosystème forestier tropical humide*, MAB/UNESCO/IUFRO FAO, Rapport final, 1991.
- *L'arbre en Afrique tropicale*, Cahiers ORSTOM, série Sciences humaines, 1980.
- N. Brown et M. Press, *New Scientist*, 11 mars 1992, p. 25.