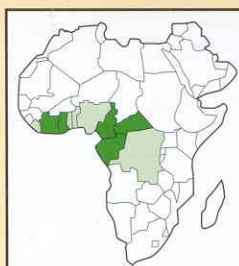


Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide africaine



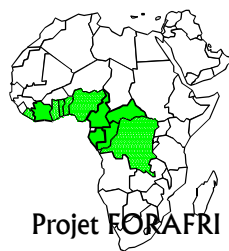
Série
FORAFRI
1998
Document
4



Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide africaine

Bernard DUPUY

1998



PREFACE

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

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

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

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

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

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

Jacques Valeix
Directeur du Cirad Forêt

***“Le peu que je sache, je veux le faire connaître,
afin qu’un autre, meilleur que je suis, découvre la vérité,
et que l’oeuvre qu’il poursuit sanctionne mon erreur.
Je m’en réjouirai pour avoir été, malgré tout,
cause que cette vérité se fasse jour”.***

(Albrecht Dürer)

La parution de ce document est l’occasion de remercier les personnes qui m’ont aidé dans sa réalisation. Sans pouvoir tous les citer, mes collègues “africains”, Doumbia Fako, Anatole N’guessan Kanga, Aimé Diahuissié, Ballé Pity, Tuo Naduclo, Patrice Mengin-Lecreulx, Renaud Brevet et bien d’autres m’ont permis de bénéficier de fructueux échanges de vue. Ils m’ont donné l’envie de les mettre en forme.

Patrice Mengin-Lecreulx, Pierre Détienne, Robert Nasi et Antoine Moutanda ont relu et corrigé le manuscrit avec patience et persévérance.

Sans Chantal Descormes, ce manuscrit ne serait jamais devenu document.

A tous, j’exprime ma profonde et sincère gratitude.

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

Table des matières

Résumé 2

Préambule 5

Chapitre 1 - Généralités

1. LES FORETS TROPICALES DENSES HUMIDES	10
2.LES FORMATIONS VEGETALES	10
21. Définitions	10
22. Les formations forestières fermées	11
23. Les formations mixtes forestières et graminéennes	11
3. LA REGION GUINEO-CONGOLAISE	12
31. Situation géographique	12
32. Physiographie	12
33. Caractéristiques climatiques	13
34. Les ressources forestières	16
35. Les aires protégées	18
4.LES FORETS PRIMAIRES OU PEU PERTURBEES PAR L'HOMME	20
41. Diversité floristique	20
42. Classification des forêts denses humides	21
421. La forêt dense humide sempervirente côtière hygrophile	21
422. La forêt dense humide sempervirente	22
423. La forêt dense humide semi-décidue	22
43. Caractéristiques dendrométriques des forêts denses humides	22
44. Richesse en essences commerciales des forêts denses humides.	25
45. Comportement sylvicole des espèces	31
451. La réaction vis à vis de la lumière	31
451.1. Essences d'ombre et essences de lumière	31
451.2. Essais de classification	31
452. L'eau et le sol	37
453. Distribution spatiale des espèces	38
5. LES FORETS SECONDAIRES	39
51. Espèces et comportements écologiques	39
511. Comportement des espèces pionnières	40
512. Comportement des espèces cicatriciennes ou nomades	40
52. Les séries de végétation	41

521. Séries évolutives et climax	41
521.1. Stades herbacé et sous-ligneux	41
521.2. Stade arbustif pionnier	42
521.3. Stade pré-climacique	42
521.4. Stade climacique	42
522. Séries régressives	43
53. Les formations végétales	44
531. Stade postcultural à nitrophytes	45
532. Fourré secondaire	45
533. Jeune forêt secondaire	45
534. Vieille forêt secondaire	45
534.1. Caractéristiques physionomiques de la vieille forêt secondaire	46
534.2. Caractéristiques écologiques de la vieille forêt secondaire	46
535. Forêt substituée	47
54. Richesse en espèces commerciales des forêts secondaires	47
6. LA FORET ET LE SOL	51
61. Fertilité des sols	51
62. Biomasse végétale et productivité primaire	52
621. Forêts denses primaires et peu perturbées	52
622. Forêts secondaires	53
63. Le rôle de la litière forestière	54
631. Forêts naturelles	54
632. Plantations	55
64. Fixation et cycle des éléments minéraux	56
641. Forêts naturelles et peu perturbées	57
642. Forêts secondaires	58
643. Plantations forestières	59
7. LA DEFORESTATION	61
71. Déforestation et modifications microclimatiques	61
72. Déforestation et érosion	62
73. Précautions conservatoires	64
74. Déforestation et biodiversité	65
75. Les mécanismes de la déforestation	67
751. Démographie et agriculture	67
752. Des mécanismes interdépendants	68

Chapitre 2 - L exploitation forestière	71
1. IMPACT DE L'EXPLOITATION FORESTIERE AU NIVEAU DU MASSIF	71
2. IMPACT DE L'EXPLOITATION FORESTIER AU NIVEAU DE LA PARCELLE	73
21. Impact au sol de l'abattage	73
22. Impact au sol du débardage	73
23. Impact global de l'exploitation forestière	74
24. Exploitation forestière et délianage	75
25. Impact de l'exploitation forestière sur la régénération naturelle	76
3. ENSEIGNEMENTS TECHNIQUES	78
4. REGLES SIMPLES D'EXPLOITATION	79

Chapitre 3 - Régénération naturelle et structure des peuplements forestiers

1. REGENERATION NATURELLE ET STRUCTURE DES PEUPEMENTS FORESTIERS	85
2. ELEMENTS DE LA DYNAMIQUE DES PEUPEMENTS NATURELS	86
21. Germination et lumière	86
22. Typologie dynamique du potentiel séminal	87
23. Germination et recrutement des espèces pionnières	88
3. STRUCTURE DE LA REGENERATION NATURELLE	89
31. Distribution des hauteurs et circonférences	89
32. Les différents types d'inventaires de la régénération	90
321. Les placettes d'inventaires	91
321.1. La forme des placettes	91
321.2. La tailles des placettes	92
322. Les taux de sondage	92
4. ETUDES DE CAS PAR PAYS	92
41. Côte d'Ivoire	93
411. Les inventaires de régénération en forêts peu exploitées	93
412. Influence des éclaircies sur la dynamique de régénération en forêt sempervirente	95
412.1. Yapo	95
412.2. Irobo	95
413. Influence des éclaircies sur la dynamique de régénération en forêt semi-décidue	98
413.1. Résultats quatorze années après éclaircie dans le périmètre de Mopri ..	99
42. Ghana	101
43. Nigéria	101
44. Cameroun	103
45. Centrafrique	103
46. Gabon	106
47. République Démocratique du Congo (ex. Zaïre)	106
48. Quelques exemples d'autres pays non africains	109

481. Malaisie	109
482. Surinam	110
5. METHODES DE REGENERATION NATURELLE EN FORET DENSE HUMIDE	110
51. L'amélioration des forêts naturelles ou régénération naturelle par coupe d'ensemencement et d'abri unique	111
52. Le Tropical Shelterwood System ou régénération naturelle par coupes progressives d'ensemencement et d'abri	111
53. La régénération avec coupe d'abri unique ou High Shade Shelterwood System ..	112
54. La conversion sur régénération installée	112
55. Classification des méthodes de régénération	112
6. SYLVICULTURE ET REGENERATION INSTALLEE	114
61. Influence des éclaircies sur la régénération naturelle	115
611. Forêt sempervirente	115
612. Forêt semi-décidue	117
62. Recommandations sylvicoles	118

Chapitre 4 - Les feux de forêts

1. LE FEU ET LE MILIEU	122
11. Caractéristiques des feux	122
12. Le feu et le sol	123
13. Incendies et effet de serre	125
2. DYNAMIQUE DE CROISSANCE DES FORETS INCENDIEES	126
21. Etude de l'impact des feux en forêt semi-décidue	126
211. Côte d'Ivoire	126
212. Ghana	128
22. Sensibilité au feu des espèces forestières	129
3. PROTECTION CONTRE LES FEUX ET RECONSTITUTION DE LA FORET ...	131
31. Influence des feux en zone de transition forêt/savane	131
311. Parcelles feux "Olokemeji Reserve" (Nigéria)	131
312. Parcelles feux "d'Aubréville" (Côte d'Ivoire)	132
32. Régénération forestière après incendie	134
321. Régénération artificielle	134
322. Régénération naturelle	135
4. FEUX ET STRATEGIES DE SURVIE DES VEGETAUX	137

Chapitre 5 - Les techniques et méthodes sylvicoles

1. LES INVENTAIRES FORESTIERS	141
11. Objectifs	142
12. Télédétection et cartographie	142
13. Les sondages	142
2. LES PRINCIPALES METHODES SYLVICOLES UTILISEES EN FORET NATURELLE	144
21. Les méthodes de futaie irrégulière	145
211 - L'amélioration des peuplements naturels	145
212 - Le Selective Management System	146
213 - La gestion sélective (Modified Selection System)	148
214 - La méthode Okoumé dite "d'amélioration des peuplements"	149
215 - La méthode "Celos" ou "système polyclique de coupe"	150
22. Les méthodes de conversion en futaie régulière	151
221. Le Malayan Uniform System	151
222. Le Tropical Shelterwood System	152
223. Le High Shade Shelterwood System	154
224. L'uniformisation par le haut	155
23. Futaie régulière ou irrégulière ?	155
24. Les éclaircies en forêt naturelle	156
241. Les techniques d'éclaircie	157
242. Les méthodes d'éclaircie par dévitalisation	157
243. Les méthodes d'éclaircie par abattage	158
25. Réaction des peuplements de forêt naturelle à l'éclaircie	159
251. Côte d'Ivoire	159
251.1. Les périmètres expérimentaux	160
251.2. Densité des espèces commerciales	162
251.3. Croissance moyenne en diamètre de quelques espèces commerciales	163
251.4. Croissance en surface terrière	166
251.5. Volume sur pied des espèces commerciales	167
251.6. Impact des éclaircies sur le peuplement commercial	168
251.7. Le peuplement commercialisable	170
251.8. Le peuplement d'avenir	170
251.9. L'ensemble du peuplement des espèces commerciales	171

252. Nigéria	171
253. Ghana	174
254. Centrafrique	176
255. Cameroun	178
256. Libéria	180
257. Uganda	181
26. Eclaircies systématiques ou sélectives ?	181
27. Préconisations sylvicoles	182

3. LES TECHNIQUES D'ENRICHISSEMENT	184
31. La méthode des grands layons	184
32. La méthode des placeaux	189
4. LES TECHNIQUES DE CONVERSION	189
41. La méthode du sous-bois	190
42. La méthode du recrû	191
43. La méthode mécanisée	192
44. La méthode Leucaena	193
45. L'association reboisement/agriculture	194
451. La méthode Taungya	195
452. Méthodes agrisylvicoles	196
452.1. Les jachères forestières améliorées	197
452.2. Les haies et brise-vents	201
452.3. Les cultures en couloir	203
46. Comparaison des méthodes de plantation	204
461. Plantations en layons et plantations serrées	205
462. Plantations en plein découvert	205
462.1. Plantations sur forêt défrichée	205
462.2. Plantations sur jachères	208
47. Etude de différentes méthodes de plantations monospécifiques	208
471. Le cas de l'acajou bassam (<i>Khaya ivorensis</i>)	208
472. Le cas du niangon (<i>Heritiera utilis</i>)	209
473. Plantations diverses d'espèces de forêt naturelle	210
474. Comparaison de croissance en plantation et en forêt naturelle	212
474.1. Jeunes arbres	212
474.2. Arbres adultes	213
475. Les plantations clonales	213
48. Les plantations mélangées	214
481. Des objectifs cultureux variés	215
483. L'architecture des mélanges : un outil sylvicole	216
483.1. Répartition topographique des plants	216
483.2. Structure verticale des peuplements	216
484. Les espèces à associer	217

484.1. Tempérament des espèces	217
484.2. Typologie	220
485. Sylviculture des plantations en mélange	221
486. Perspectives et contraintes des plantations en mélange	224
49. Plantations à vocation bois d'oeuvre en Afrique	225
491. Gabon	225
492. Congo (République Populaire du Congo)	226
493. République Démocratique du Congo (ex. Zaïre)	226
494. Cameroun	226
495. Nigéria	226
496. Bénin	226
497. Togo	227
498. Ghana	227
499. Côte d'Ivoire	227
500. Guinée	227
501. Autres pays : Sierra léone, Libéria...	228
5. ELEMENTS DECISIONNELS POUR LE CHOIX D'UNE TECHNIQUE SYLVICOLE	228
51. Typologie des peuplements de forêt naturelle	229
511. Principaux types de peuplements naturels	229
511.1. Forêt riche en équilibre	229
511.2. Forêt riche avec déficit en régénération	229
511.3. Forêt riche avec déficit en bois moyens	230
511.4. Forêt riche avec déficit en gros bois	230
511.5. Forêt déséquilibrée avec déficit en moyens bois et régénération	230
511.6. Forêt dégradée avec déficit en gros bois et régénération	230
511.7. Forêt dégradée avec déficit en gros bois et moyens bois	231
511.8. Forêt très dégradée	231
52. Objectifs et normes de densité des espèces commerciales dans les peuplements naturels améliorés	233
53. Les conditions d'intervention	234
54. Eléments de productivité	236

Chapitre 6 - Conclusions

1. UN CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE EN MUTATION	240
11. Droit coutumier et droit moderne	240
12. Le statut foncier de la forêt	240
2. FORET TROPICALE ET AMENAGEMENT FORESTIER	241
21. Nécessité d'une approche intégrée	241
22. L'équilibre forêt/agriculture	242
23. L'agronomie, clef de l'aménagement forestier	243
3. DES CONTRAINTES SYLVICOLES INDENIABLES ET TROP SOUVENT IGNOREES	243
31. Connaître l'état de la forêt et s'y adapter	243
32. Stimuler la croissance des peuplements forestiers	243
33. Exploiter durablement les forêts	243
34. Régénérer naturellement les forêts	243
35. Une sylviculture réaliste	243
4. UN ESPOIR POUR L'AVENIR	245

Bibliographie	247
Annexes	306
Annexe 1 : Liste des espèces commerciales en Côte d'Ivoire	307
Annexe 2 : Liste des essences commerciales en République Centrafricaine	310
Annexe 3 : Liste des essences commerciales au Cameroun	311
Annexe 4 : Etude des cernes annuels pour quelques espèces de bois d'oeuvre africaine (P. Detienne 1998).....	313
Glossaire	324

Résumé

La gestion durable des ressources forestières tropicales est une des priorités de cette fin de millénaire. De multiples initiatives visent à promouvoir l'aménagement des forêts denses humides pour assurer leur conservation au service des générations futures. A cet effet la sylviculture a la responsabilité de fournir les solutions techniques permettant la réalisation des objectifs de l'aménagement. Dans ce but, de multiples essais concernant la sylviculture en forêt dense ont été réalisés depuis le début du siècle en Afrique tropicale.

Des techniques diversifiées ont ainsi été élaborées avec plus ou moins de succès. Il semblait utile d'essayer de les décrire pour en tirer des enseignements propres à orienter une sylviculture qu'il reste encore à préciser dans l'avenir en valorisant l'acquis. Ce travail s'est donc limité volontairement à des aspects de méthodes sylvicoles susceptibles d'améliorer simplement la gestion des forêts naturelles de production efficacement protégées. L'objectif principal est de mobiliser les résultats sylvicoles acquis pouvant permettre d'appuyer et d'augmenter l'efficacité des actions d'aménagement forestier.

Il faut rappeler que l'exploitation des forêts denses humides africaines et la valorisation agronomique de ces zones sont deux phénomènes fortement interdépendants. Leurs conséquences doivent être appréhendées globalement dans la recherche des solutions permettant de pérenniser l'action forestière. Ensuite, il est aussi nécessaire de situer et d'insérer l'action du sylviculteur dans le contexte de l'aménagement d'un massif forestier. Les deux aspects sont en effet indissociables.

Dans un contexte foncier stable, les différentes techniques sylvicoles disponibles pour la gestion intégrée des massifs permettent aujourd'hui la mise en oeuvre d'une sylviculture rudimentaire dans les forêts denses humides. L'appauvrissement quantitatif et qualitatif de certaines de ces forêts doit inciter à une intensification des actions sylvicoles ainsi qu'à une réglementation de l'exploitation forestière pour permettre la pérennisation de l'aménagement des forêts de production.

L'Afrique a une superficie forestière estimée à 600 millions d'hectares dont environ 200 millions d'hectares de forêts denses. L'essentiel des forêts denses humides de production est concentré dans la zone guinéo-congolaise. La superficie totale de ces forêts denses humides de production guinéo-congolaise est estimée à environ 130 millions d'hectares. L'étude couvre les zones de forêt dense humide de l'Afrique de l'Ouest (Côte d'Ivoire, Ghana, Nigéria, Libéria, Sierra Léone...) et de l'Afrique Centrale (Cameroun, Gabon, Centre-Afrique, Congo, République du Congo "ex. Zaïre").

Les évolutions physiologique, structurale, dendrométrique... des forêts denses humides à différents stades d'évolution (forêt primaire, forêt secondaire) sont décrites afin de faciliter leur diagnostic sylvicole.

Les relations forêt/sol sont abordées par le biais de l'impact de la litière sur la fertilité. Les conséquences et mécanismes de la déforestation sur le milieu physique sont illustrés à travers différents exemples. Dans un cadre plus global, les causes et les processus de déforestation sont ensuite analysés afin de dégager des solutions au niveau des massifs forestiers.

L'impact de l'exploitation forestière sur le peuplement forestier fait l'objet d'une attention particulière. L'exploitation forestière modifie profondément le peuplement dans sa composition et sa structure. A l'échelle de la parcelle et du massif, des règles élémentaires d'exploitation forestière sont proposées pour limiter les dégâts d'abattage et d'exploitation et améliorer le rôle sylvicole de cette opération.

Une forêt exploitée doit être régénérée. Le rôle de la dynamique de la régénération naturelle est donc considéré dans le cadre de l'aménagement des forêts naturelles de production soumises à exploitation. L'effet des traitements sylvicoles sur la dynamique de la régénération naturelle est précisé et quantifié à travers différents exemples. Différentes méthodes de régénération naturelle sont examinées.

Les feux sont un important paramètre pour la compréhension de l'évolution des forêts denses humides et de leur dynamique. Le feu est en effet une des composantes majeures de la vie rurale africaine actuelle. L'impact des feux de brousse et des feux de forêts sur la composition et la nature des formations végétales est résumé. L'importance des mesures de protection est mise en évidence.

Les différentes techniques et méthodes sylvicoles en forêt naturelle sont ensuite décrites en fonction des contraintes inhérentes aux forêts africaines. Les méthodes de diagnostic élémentaire de l'état d'un massif forestier (cartographie, télédétection, inventaires) sont rappelées en premier lieu.

Le rôle et l'impact des éclaircies en forêt naturelle sont ensuite étudiés du point de vue de la croissance du peuplement commercial. Des données élémentaires sur la productivité des peuplements naturels sont fournies. Les réactions des principales espèces commerciales à l'éclaircie sont décrites et quantifiées.

Une analyse globale des différentes méthodes sylvicoles disponibles permet de dégager les grandes lignes directrices d'une sylviculture en forêt dense humide africaine. Le cas des plantations monospécifiques et des plantations en mélange est évoqué. Selon le degré d'appauvrissement des peuplements en essences commerciales, différentes possibilités d'intervention sylvicole sont étudiées : régénération naturelle, plantations d'enrichissement, reboisement extensif et intensif, associations agroforestières... Des prescriptions sylvicoles simples sont proposées pour la gestion sylvicole durable des peuplements naturels et artificiels.

En dernier lieu, les avantages et inconvénients des différentes méthodes sylvicoles sont comparés. Une typologie forestière élémentaire est ébauchée comme support au choix des méthodes sylvicoles et à l'aménagement des forêts de production.

Mots clés : Afrique - Tropiques Humides - Forêt Dense - Sylviculture - Aménagement.

Préambule

PREAMBULE

Notre planète est couverte à 71% par des océans et des mers. Les forêts couvrent près du tiers de la superficie des terres émergées. La forêt est une composante vitale pour l'humanité et son avenir.

Notre espèce est apparue il y a environ 500.000 ans. Lorsque fut inventée l'agriculture il y a environ 10.000 ans on comptait quelques millions d'êtres humains sur le globe. Cette population était estimée à une centaine de millions de personnes en l'an zéro de notre ère, 500 millions au quinzième siècle et 2,5 milliards en 1950 (Raven 1994). La population du globe est actuellement d'environ 5,5 milliards, en 2025 elle atteindra 8,5 milliards de personnes.

Environ 1,5 milliards de personnes vivent en zone tropicale humide dont seulement 150 millions en Afrique. En ce qui concerne les zones tropicales humides, l'Afrique est aujourd'hui encore peu peuplée, avec une densité moyenne de 37 habitants/km² contre 13 habitants/km² en Amérique du Sud mais 171 habitants/km² en Asie (G.R.E.T. 1993). L'essentiel de l'accroissement de la population à venir concerne les pays en voie de développement et plus particulièrement l'Afrique.

Tableau - 1 (Préambule)

Evolution de la population (en millions d'habitants et en pourcentage) en Afrique et dans le monde (Pilon 1992).

	1950		1990		2025	
	Pop.	%	Pop.	%	Pop.	%
Afrique	224	8,9	648	12,2	1581	18,7
Monde	2514	100	5292	100	8466	100

Pour cette même période, 2000-2025, la production alimentaire devra augmenter de plus de 70% pour satisfaire des besoins croissants. Les besoins en bois seront de l'ordre de 4 milliards de m³ en l'an 2000. L'augmentation des besoins se fera sentir tant pour les bois énergie, qui représentent 50% de la consommation, que pour les bois industriels, qui représentent l'autre moitié.

L'expansion démographique fait que près de trois milliards de personnes des pays en voie de développement seront forcées de consommer du bois énergie à un rythme supérieur à la capacité de régénération des ressources. La satisfaction de ces besoins en nourriture, fourrage, bois, eau potable et produits divers exercent une pression énorme sur les systèmes de production.

Dans un grand nombre de pays tropicaux l'autosuffisance et la production alimentaire nécessitent l'amélioration d'une agriculture dans un environnement écologique et économique difficile. L'essentiel des ressources biologiques disponibles est conservé dans les forêts, les pâturages et les champs. De nombreuses ressources sont fournies par le milieu naturel : matériaux de construction, énergie, aliments, fibres végétales, huiles, latex, résines, substances médicinales, engrais... Les ressources biologiques couvrent actuellement plus de 90% des besoins dans de nombreuses zones rurales.

C'est dans ce contexte que les arbres et les forêts peuvent jouer un rôle important en appui à l'agriculture. Les forêts sont un élément essentiel dans l'utilisation rationnelle des terres et le maintien des équilibres biologiques. Il existe une relation étroite entre les arbres et le sauvegarde à long terme de la production alimentaire. La sylviculture et l'agriculture ne doivent plus rivaliser mais se compléter harmonieusement.

A cette fonction élémentaire de production de la forêt, il faut ajouter une fonction primordiale de conservation de la diversité biologique et des équilibres écologiques. Les forêts denses humides tropicales sont des écosystèmes couvrant environ 7% de la superficie de la planète, et renfermant au moins 50% des espèces vivantes (C.G.I.A.R. 1994). Une grande partie de la biodiversité végétale et animale est donc située dans les écosystèmes forestiers tropicaux. Ce patrimoine mondial est peu connu, dans beaucoup de cas sa conservation est liée à celle des forêts.

Les forêts jouent un rôle de régulation atmosphérique et climatique. En outre, les forêts ont aussi une dimension culturelle, sociologique et esthétique. La gestion durable des forêts passe par la prise en compte de l'ensemble de ces fonctions de la forêt.

Mais aujourd'hui la protection des forêts tropicales est-elle un mythe ? 15,4 millions d'hectares disparaissent chaque année (Singh 1993).

(Préambule) . Tableau -2

Estimation des défrichements en zone tropicale (Singh 1993).

Année	Superficie forestière	Taux de déforestation	
	millions ha	millions ha	% par an
1980	1910	11.3	0,6 (1976-80)
1990	1756	15,4	0,8 (1981-90)

Durant la décennie 1980-1990, le taux moyen annuel de déforestation est de - 0,8% par an pour l'ensemble de la zone tropicale. Le déboisement a concerné 4,6 millions d'hectares/an de forêt dense sempervirente, 6,1 millions d'hectares/an en forêt dense semi-décidue, 2,2 millions d'hectares/an en forêt sèche et 2,5 millions d'hectares/an en forêt de montagnes.

Pendant cette même période, entre 1980 et 1990, la surface des plantations forestières s'est accrue en moyenne de 1,8 millions d'hectares/an (F.A.O. 1993) ce qui représente environ 12% des surfaces défrichées.

Parmi les forêts denses défrichées pendant cette décennie 1980-1990 on peut identifier différents processus et mécanismes de déforestation (Singh 1993) :

- 34,1% des défrichements sont imputables aux systèmes d'**agriculture itinérante avec des jachères courtes** ce qui traduit l'importance de la pression non planifiée due à la pression démographique ;

Préambule

- seule une petite partie des forêts, 5,4%, a été remplacée par l'**agriculture itinérante à jachères longues** correspondant à des systèmes cultureux classiques. Ces jachères peuvent donc en principe évoluer vers des formations forestières plus ou moins fermées ;
- une part considérable de la perte de terres forestières a été due à la "**fragmentation**", soit 19,0%. Le défrichement progressif de la forêt crée une mosaïque de zones boisées et déboisées sur les fronts de défrichement ;
- 24,8% de la variation des forêts s'est faite en faveur de "**forêts claires**" ce qui indique une dégradation de la forêt par perte de densité du couvert, probablement sous l'effet du pâturage et de la récolte de bois ;
- les **forêts converties de façon permanente au profit d'autres couvertures végétales** pour des utilisations non forestières représentent 16,1% du total des superficies de forêts défrichées.

(Préambule) . Tableau - 3

Evolution des taux de déforestation en forêt tropicale.

Continent	Surface forestière 1990 (millions d'hectares)	Taux de déforestation (%)
Amérique latine	918	- 0.7
Asie	311	- 1.1
Afrique	527	- 0.7
Total Tropiques	1756	- 0.8

En ce qui concerne le rôle et la place des forêts tropicales, les approches "développementaliste" et "conservationniste" s'affrontent (Huguet 1982, Buttoud 1991, Clément 1991, Cailliez 1991, Alexandre 1992, Sayer, Harcourt et *Al.* 1992, Huguet 1993, F.A.O. 1994). Chaque approche a ses limites et ses contraintes. La réalité forestière tropicale nous oblige à réagir rapidement pour essayer de concilier les deux approches avec réalisme.

L'exploitation intensive des forêts denses humides africaines et la valorisation agronomique de ces zones est un phénomène récent qui date du début du siècle. Nous verrons d'ailleurs que ces deux phénomènes sont fortement interdépendants. Leurs conséquences doivent être appréhendées globalement dans la recherche des solutions.

L'aménagement des forêts tropicales doit en particulier reposer sur un large consensus entre les paysans, les industriels, les aménagistes, les sylviculteurs et les exploitants forestiers. L'exploitation forestière est une des composantes décisives de l'avenir des forêts tropicales. Elle est à considérer comme une des interventions sylvicoles à améliorer dans le cadre de la gestion pérenne des forêts tropicales. L'importance des problèmes du monde paysan et de leur impact sur le défrichement des forêts n'est pas non plus à sous-estimer, lors de la mise en oeuvre des aménagements forestiers. Le choix d'une politique foncière est un préalable à l'action des aménagistes. Il faut souligner que ce choix est très souvent éminemment politique, il échappe souvent aux techniciens (en particulier

juristes) et plus généralement aux scientifiques. C'est en fonction de choix d'options et de stratégies générales de développement que le forestier pourra développer utilement son action technique.

Toutefois, notre propos se limitera volontairement à des aspects de méthodes sylvicoles susceptibles d'améliorer simplement la gestion des forêts naturelles de production efficacement protégées. L'objectif est de mobiliser les résultats sylvicoles disponibles pouvant permettre d'appuyer et d'augmenter l'efficacité des actions d'aménagement forestier. La sylviculture est la culture de la forêt. Elle repose sur le respect des lois naturelles (Bourgenot 1973). Elle étudie les phénomènes relatifs à la végétation de la forêt naturelle et l'art d'exploiter celle-ci sans entraver son fonctionnement (Lanier 1986).

Dans le cadre d'une gestion visant à pérenniser la forêt de production, après une exploitation de cette forêt, le sylviculteur peut et doit envisager l'utilisation de différentes techniques pour la reconstitution du patrimoine forestier. Le choix d'une technique dépendra d'une part des objectifs de l'aménagiste et d'autre part des contraintes techniques inhérentes aux peuplements existants.

L'objectif est de contribuer efficacement à gérer de façon durable des forêts naturelles ou plantées afin d'assurer leur renouvellement après exploitation.

Le choix d'une technique particulière repose sur l'appréciation des potentialités des peuplements après exploitation. Le sylviculteur doit évaluer la capacité de réaction du peuplement pour décider de l'opportunité d'une exploitation et déterminer la nature des interventions qu'il doit effectuer pour conserver ou reconstituer le capital ligneux.

"Toute sylviculture est simplificatrice, même la plus prudente, ménageant la diversité des espèces - ne serait-ce que par les dégagements de semis, les pratiques de régénération favorisant les arbres au détriment des autres formes (Bouvarel 1994)."

La diversité n'est pas pour cela synonyme de stabilité et d'immobilité. Une forêt dense humide naturelle, au-delà d'une apparente stabilité physiologique est en évolution permanente. La composition et la structure des populations végétales et animales la composant subissent des mutations continues et intenses. La sylviculture est donc un paramètre humain de mutation supplémentaire qui doit prendre en compte la dynamique naturelle de ces forêts.

Tout écosystème artificialisé est perturbé et évolue vers un nouvel état d'équilibre. Dans cette dynamique le sylviculteur cherche à privilégier l'arbre et plus particulièrement "l'arbre à bois". Cette approche l'oblige donc à favoriser cette catégorie de végétaux avec forcément une approche pragmatique facilement généralisable. Les plantations équiennes monospécifiques monoclonales sont une des expressions caricaturales de cette approche. A l'autre extrême nous trouverons les réserves intégrales. Dans les deux cas le gestionnaire est obligé d'exercer actuellement un choix.

Les possibilités des techniques sylvicoles en zone de forêts denses humides peuvent être choisies entre ces deux extrêmes. Notre souhait est d'essayer de présenter les différents itinéraires techniques possibles en se souvenant qu'aucun ne doit systématiquement exclure l'autre.

Généralités

Chapitre 1

1. LES FORETS TROPICALES DENSES HUMIDES

En zone intertropicale, deux principaux types de forêts denses humides de plaine sont habituellement distingués en fonction du régime et de l'intensité des précipitations : les forêts denses humides sempervirentes et les forêts denses semi-décidues (Aubréville 1957, Trochain 1957, Schnell 1971, White 1983). Ces deux types de forêts se distinguent aussi par leur composition floristique et leur structure.

Pour le sylviculteur, les études botaniques, physiologiques, structurales, architecturales, dendrométriques... des forêts naturelles primaires sont fondamentales pour la compréhension du fonctionnement de l'écosystème forestier. Ces forêts, peu ou pas exploitées pendant des siècles, reflètent un état proche de l'équilibre. Il est bien entendu hors de question, dans l'état actuel des choses, d'essayer de reconstituer en l'état ces forêts lorsqu'elles ont été exploitées et qu'un objectif de production leur est assigné. Toutefois leur analyse sylvicole (composition floristique, structure...) apporte de précieux renseignements. Elle permet en particulier d'appréhender les normes d'équilibre d'un peuplement de forêt naturelle et par comparaison, le niveau de dégradation des forêts secondaires.

2. LES FORMATIONS VEGETALES

La classification des formations végétales retenue et résumée ici est celle de Yangambi (Aubréville 1957, Schnell 1977, Letouzey 1968 et 1982). L'arbre peut répondre à plusieurs définitions : forestière, botaniste, anatomique, économique, géographique, historique... (Arnould 1992). D'une manière restrictive, c'est l'approche morphologique, physionomique et anatomique qui répond le mieux aux préoccupations des sylviculteurs.

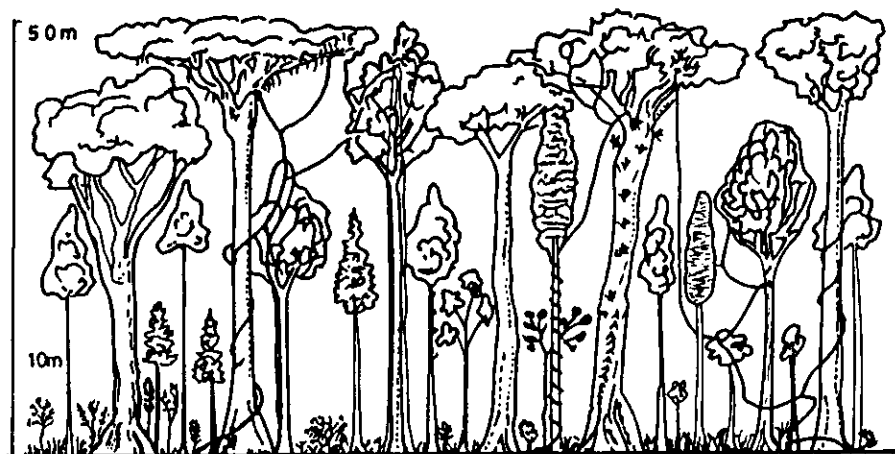
21. Définitions

A titre de rappel, quelques définitions élémentaires de termes très fréquemment employés sont mentionnées (Letouzey 1982) :

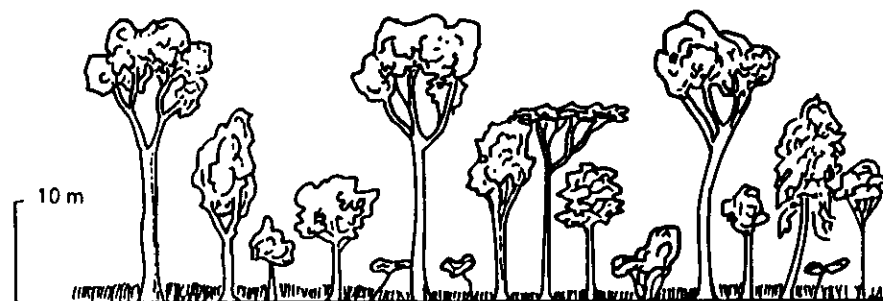
- **Arbre** (plante ligneuse de grande taille).
 - . petit arbre : 20 cm à 50 cm de diamètre ;
 - . arbre moyen : 50 à 100 cm de diamètre ;
 - . grand arbre : plus de 100 cm de diamètre.

- **Arbuste** (plante ligneuse de petite taille).
 - . petit arbuste : 1 à 2 m de hauteur totale ;
 - . arbuste moyen : 2 m de hauteur totale à 10 cm de diamètre ;
 - . grand arbuste : 10 à 20 cm de diamètre ;

T Y P O L O G I E F O R E S T I E R E



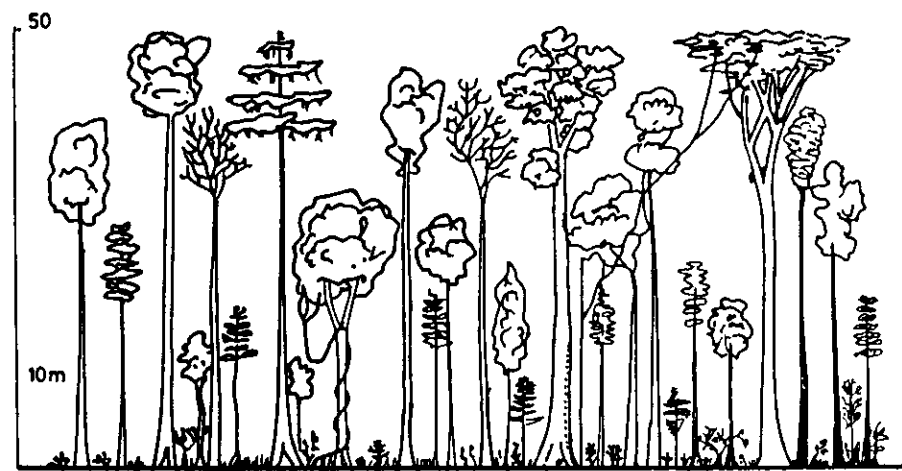
FORET DENSE HUMIDE SEMPERVIRENTE



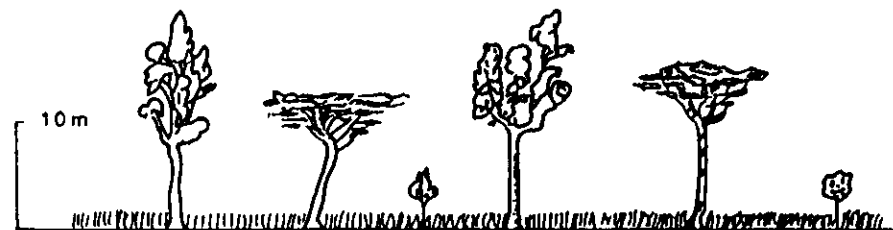
FORET CLAIRE



SAVANE BOISEE



FORET DENSE HUMIDE SEMI-DECIDUE



SAVANE ARBOREE



SAVANE ARBUSTIVE

SAVANE HERBEUSE

- **Plante suffrutescente** (toute plante à tige ligneuse de taille inférieure à 1 mètre).
- **Liane** (plante volubile ligneuse ou herbacée).

Les principales formations phytogéographiques, se distinguent en particulier par leur structure, leur physionomie et leur composition floristique. Classiquement sont distinguées : la forêt dense (humide et sèche), la forêt claire et la savane. Les quelques définitions qui suivent sont données à titre de rappel pour préciser notre champ de réflexion (Letouzey 1983, Okali 1981).

22. Les formations forestières fermées

Les forêts denses

Parmi les formations naturelles primaires, il faut distinguer les forêts denses humides et les forêts denses sèches.

La forêt dense humide : c'est un peuplement fermé avec des arbres et arbustes atteignant diverses hauteurs. Sur le sol, on rencontre le plus souvent des plantes suffrutescentes et plus rarement des plantes herbacées non graminéennes à larges feuilles. On distingue deux principaux faciès :

- la forêt dense humide sempervirente dont la majorité des arbres reste feuillée toute l'année ;
- la forêt dense humide semi-décidue dont une forte proportion d'arbres reste défeuillée une partie de l'année, pendant la saison sèche.

Certains auteurs distinguent parfois des faciès de transition en fonction de la durée de la saison sèche.

La forêt dense sèche : c'est un peuplement fermé avec des arbres et des arbustes atteignant différentes hauteurs. La plupart des arbres des étages supérieurs perdent leurs feuilles pendant une partie de l'année. Le sous-bois est formé d'arbustes soit sempervirents soit décidus et sur le sol se trouvent çà et là des touffes de graminées.

23. Les formations mixtes forestières et graminéennes

Ce sont des formations forestières plus ou moins ouvertes permettant le développement de strates herbacées d'importance variable.

La forêt claire : c'est un peuplement ouvert avec des arbres de petite et moyenne taille dont les cimes sont plus ou moins jointives, l'ensemble du couvert laissant largement filtrer la lumière. Au sol les graminées sont peu abondantes et peuvent être mélangées à d'autres plantes suffrutescentes ou herbacées.

La savane : c'est une formation herbeuse comportant un tapis de grandes herbes graminéennes mesurant au moins, en fin de saison de végétation, 80 cm de hauteur, avec des feuilles planes disposées à la base ou sur les chaumes, et des herbes et plantes herbacées de moindre taille. Ces herbes sont ordinairement brûlées chaque année. Parmi ce tapis graminéen se rencontrent des arbres et arbustes.

On distingue :

- la savane boisée (les arbres et arbustes forment un couvert clair laissant largement passer la lumière) ;
- la savane arborée (les arbres et arbustes sont disséminés parmi le tapis graminéen) ;
- la savane arbustive (elle est composée uniquement d'arbustes dispersés parmi un tapis graminéen) ;
- la savane herbeuse (les arbres et arbustes sont absents, seul le tapis graminéen subsiste).

3. LA REGION GUINEO-CONGOLAISE

Cette étude concerne essentiellement la région guinéo-congolaise où sont concentrées l'essentiel des forêts denses humides tropicales de plaines en Afrique.

31. Situation géographique

La principale zone forestière de la région guinéo-congolaise s'étend en une large bande au nord et au sud de l'équateur à partir du littoral atlantique jusqu'au versant occidental de la dorsale du Kivu à l'est, en passant par le bassin du Congo. Une zone plus petite s'étend de la république de Guinée au Ghana. Le couloir du Dahomey plus sec sépare les deux zones.

32. Physiographie

L'altitude est généralement inférieure à 1000 m. Le bassin du Congo a une altitude moyenne de 400 m et s'élève graduellement vers les hautes terres et les plateaux qui délimitent son pourtour. Dans ce bassin, les roches précambriennes sont recouvertes par des sédiments continentaux.

Tout autour du bassin du Congo se situent de hautes terres équatoriales. Vers l'est on trouve la dorsale du Kivu. Vers le nord-ouest, le plateau ondulé du Cameroun oriental s'élève à 600-800 m. A l'ouest le contact avec la plaine côtière atlantique est limité par les monts du Mayombe et les monts de Cristal.

En Afrique occidentale, la presque totalité de la région guinéo-congolaise repose sur des roches précambriennes. Le paysage est composé de plateaux relativement peu élevés et de plaines qu'entrecoupent des inselbergs résiduels et de petits plateaux plus élevés. Les plus importants de ceux-ci sont le Fouta Djallon, la dorsale Loma-Man et la chaîne du Togo-Atacora.

33. Caractéristiques climatiques

Les grandes unités de la végétation en Afrique tropicale sont étroitement liées au climat et en particulier aux précipitations. Toutefois les relations entre les conditions climatiques et les écosystèmes ne sont pas simples. Le climat évolue dans le temps.

Aux maxima glaciaires du quaternaire correspondent des phases d'aridification sous les tropiques pendant lesquelles la forêt ombrophile était considérablement moins étendue qu'actuellement. La dernière de ces grandes phases arides ne date que de - 20.000 ans à - 14.000 ans. Des dunes vives se trouvaient alors à Dakar. Cette période aride et froide a sans doute conduit à l'extinction de nombreuses espèces (Jenkins 1992). Ceci pourrait expliquer la relative pauvreté floristique des forêts denses humides africaines comparées aux forêts denses humides américaines et asiatiques.

Au sein de la période interglaciaire actuelle, on assiste depuis quelques siècles à une nouvelle aridification de l'Afrique. (Gillon 1992).

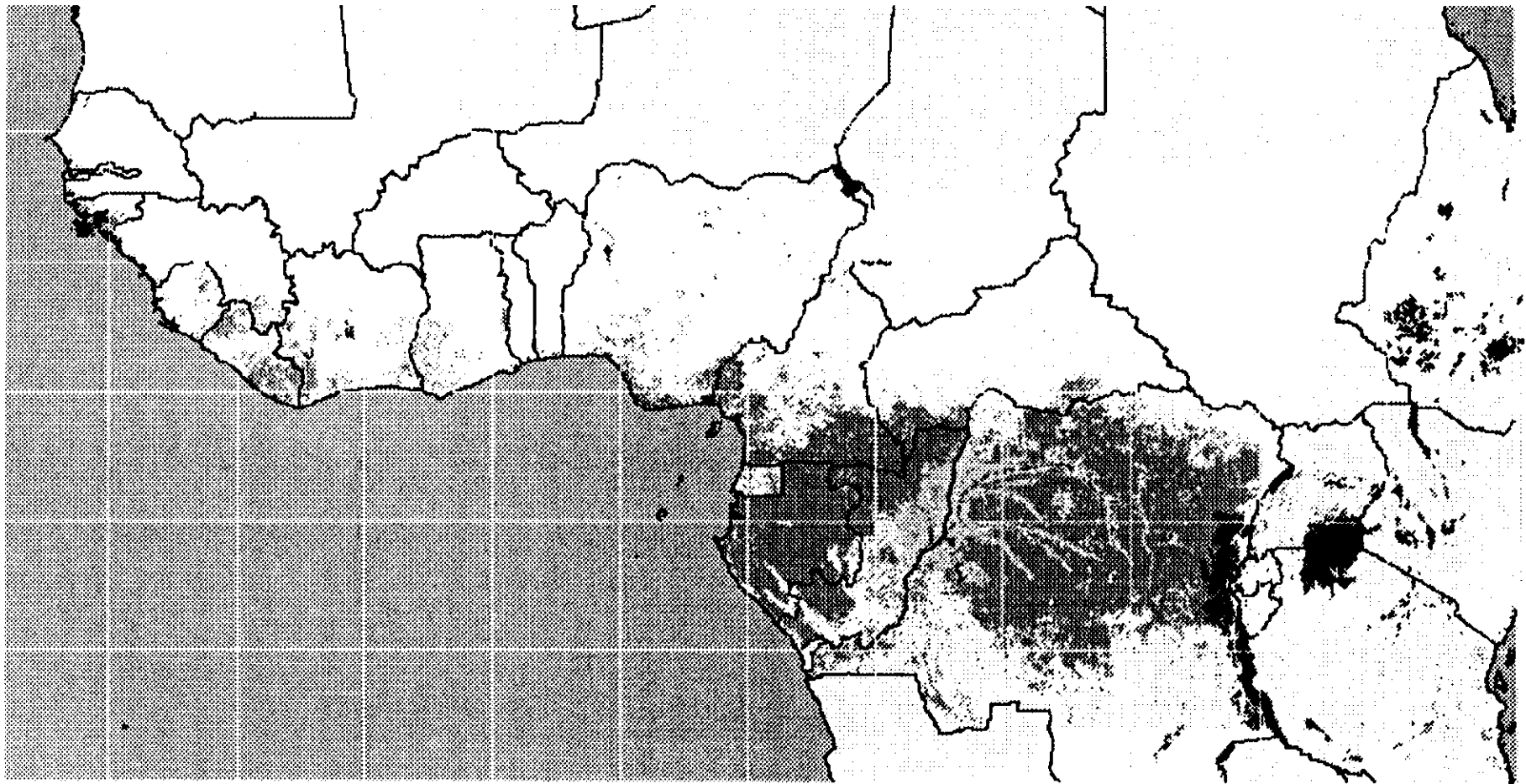
Pour les périodes géologiques récentes, des fluctuations climatiques de moindre durée ont été mises en évidence. Les résultats paléoclimatiques obtenus pour l'Holocène récent (Maley 1992) montrent des phases arides et froides entre 3000 et 4000 B.P. (Ghana) ainsi qu'entre 2500 et 2000 B.P. (Cameroun-Congo). D'autres phases de péjoration climatique ont été repérées notamment au Cameroun au XV^{ème} siècle. Ces phases s'accompagnent de nombreuses ouvertures dans le massif forestier et le développement de formations graminéennes. Dans beaucoup de cas, elles auraient aussi facilité la pénétration humaine.

Le lien entre forêts tropicales et stabilité des conditions climatiques locales, voire régionales est largement admis quoique encore mal connu. Si la plupart des stations synoptiques ont maintenant plus de 70 ans d'existence, il n'existe qu'une vingtaine de stations pour toute l'Afrique de l'Ouest pour apprécier la pluviométrie depuis le début du siècle et en particulier la sécheresse des "années 1913", considérée jusqu'au début des années 80 comme l'épisode le plus déficitaire du siècle. Il peut être distingué plusieurs périodes climatiques (Sircoulon 1992) :

- une période sèche de 1910 à 1916 remarquablement sévère et étendue qui se fait sentir jusqu'au bassin du Congo et sur le Haut-Nil ;
- une période humide de 1920 à 1935 ;
- une période sèche de 1940 à 1949 mais se présentant sous forme d'années déficitaires en série mais dont la répartition spatiale est hétérogène ;
- une période humide de 1950 à 1965 ;
- une période sèche de 1968 à nos jours. Cette période est la plus intense des trois.

La présence de tendances cycliques est souvent imputable à des cycles solaires (les taches solaires varient selon un cycle de 11 ans). En analysant des séries de pluviosité annuelle, des tendances négatives significatives ont été mises en évidence au Nigéria (Adjewon et *al.* 1990) pour la période 1922-1985. Des variations cycliques sur des périodes de 3 ans, 11 ans et 32 ans ont aussi été découvertes.

Tropical Forests of Africa



300 0 300 600 Kilometers
at equator



Vegetation Type

-  Mangrove
-  Inland Swamp Forest
-  Lowland Rainforest
-  Montane Rainforest
-  Degraded Rainforest

-  Cloud Covered (Obscured)
-  Non-Forest
-  No Data
-  Open Water

Sources: World Conservation Monitoring Centre's
Biodiversity Map Library and The World Bank.

Chapitre 1 : Généralités

Pour beaucoup de stations ivoiriennes (Servat et *al.* 1989) il a été démontré une baisse globale de pluviosité pour la période 1968-1972. Une étude ponctuelle, réalisée en Côte d'Ivoire forestière pour la période 1950-1986, confirme une augmentation des déficits hydriques en "zone de forêt sempervirente" dans les dernières décennies (Quencez 1989).

Chapitre 1 . Tableau 1

Evolution du déficit hydrique en Basse Côte d'Ivoire (zone de forêt dense sempervirente) pour la période 1950-1986.

Période	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1977-1986
Déficit moyen (mm/an)	212	270	320	416

Dans le sud ivoirien, le déficit hydrique a été multiplié par deux en trente ans. C'est souvent la disparition de la petite saison des pluies qui est la manifestation la plus visible de cette évolution. Les exigences climatiques de la forêt sempervirente (Eldin 1971) ne sont actuellement plus remplies pour sa régénération. Les caractéristiques du climat évoluent en effet vers celles de la forêt semi-décidue. Dans ces zones, cette évolution du climat est un paramètre important à prendre en considération dans le court et moyen terme, notamment pour orienter judicieusement le choix des espèces de reboisement.

Une classification générale des formations végétales tropicales en fonction du climat actuel peut être proposée (Lanly 1990) :

Chapitre 1 . Tableau - 2

Types de végétation tropicale humide et localisation géographique

Climat	Pluviométrie (mm/an)	Végétation	Localisation
Tropical Humide	1500-4000 + Bimodal-Unimodal Mois humides: 8 à 12	Forêt Tropicale sempervirente	Bassin de l'Amazone, Bassin du Congo, Malaisie, Philippines, Indonésie, Côte atlantique et d'Amérique centrale, Colombie, Côte d'Afrique de l'Ouest, Iles du Pacifique.
		Forêts de Montagne	Mexique, Guatemala, Cordilleres des Andes, Afrique centrale.
Tropical Sub-humide	500-1500 Bimodal-Unimodal Mois humides: 4 à 9	Forêt Tropicale Semi-Décidue et Sèches. Savanes.	Brésil, Colombie, Venezuela, Côte Pacifique d'Amérique centrale, Majorité de l'Afrique subsaharienne (sauf bassin du Congo et côtes du Golfe de Guinée). Majorité de la péninsule indienne, Nord Australie.

Comparée aux zones de forêts ombrophiles situées dans les autres continents, la région guinéo-congolaise est relativement sèche. Elle reçoit entre 1.600 et 2.000 mm de précipitations par an. Les contrées recevant davantage de pluies sont confinées en majorité aux zones côtières et aux montagnes.

Il ne tombe de précipitations supérieures à 3.000 mm/an que dans deux zones de superficies relativement restreintes, à savoir une bande côtière s'étendant de la République de Guinée au Libéria et une étroite région côtière du Cameroun adjacente au golfe du Biafra. Dans cette dernière région côtière, et de façon très localisée, au pied du mont Cameroun, la pluviosité annuelle dépasse 10.000 mm.

En zone guinéo-congolaise, les précipitations sont en général non seulement moins élevées que dans certaines régions de forêt ombrophile d'autres continents, mais leur répartition au cours de l'année est moins uniforme. Dans la zone équatoriale (Congo, Gabon, Sud-Cameroun...) un ou deux mois présentent une pluviosité inférieure à 100 mm. En s'éloignant de l'équateur mais aussi en certains points du littoral atlantique à des latitudes équatoriales, la longueur et l'intensité de la saison sèche augmentent.

Dans la partie centrale de la zone guinéo-congolaise (Nigéria, Ghana, Côte d'Ivoire) la pluviosité présente deux maxima séparés par des périodes de sécheresse, l'une relativement intense, l'autre moins prononcée. La saison sèche dure de 3 à 5 mois. Elle s'accompagne de vents desséchants (Harmattan) en provenance du nord-est (désert du Sahara) qui abaissent considérablement le degré hygrométrique de l'air.

Plus à l'ouest, au Libéria, en Sierra Léone et en Guinée, les précipitations se concentrent progressivement en une seule saison. Par endroits en Guinée, la pluviosité dépasse 4.000 mm, mais durant 4 mois il ne pleut pratiquement pas. Dans toute la région guinéo-congolaise, la température moyenne mensuelle demeure constante tout au long de l'année. Les tornades sont rares, toutefois de violentes rafales de vent sont fréquentes en début de saison des pluies (O.R.S.T.O.M. 1986).

Pour la Côte d'Ivoire, une classification plus fine de la végétation en fonction des zones climatiques a été effectuée en zone forestière (Eldin 1971). Elle confirme celle effectuée pour les forêts denses humides du bassin du Congo (Lebrun et al. 1954).

Chapitre 1 . Tableau - 3. Zones climatiques et végétation en Côte d'Ivoire.

Régime climatique			Pluviométrie (mm/an)	Déficit Hydrique (mm/an)	Durée grande saison sèche (mois)	Type De Forêt
Nombre de saisons		Harmattan (jour/an)				
Sèche	Pluie					
2	2	0-30	> 1500	150-250	2-4	Sempervirente
2	2	15-60	1200-1800	250-400	4-5	Transition
1-2	1-2	30-90	1100-1600	400-600	5-6	Semi-décidue
1	1	150-180	1100-1700	600-850	7-8	dense sèche

L'existence d'une formation forestière est sous la dépendance de nombreux facteurs climatiques parmi lesquels il faut citer :

- le nombre de saisons : saison des pluies et saisons sèches ;
- le nombre de jours de vents desséchants (Harmattan en Afrique de l'Ouest) ;
- la pluviométrie annuelle.
- le déficit hydrique ;
- la durée de la grande saison sèche.

La transition entre forêt dense humide semi-décidue et savanes exprime l'interaction de causes climatiques, édaphiques et anthropiques (Aubréville 1947, Lebrun *et al.* 1954, Adjanohoun 1964, Miège 1966, Guillaumet 1967, Hall *et al.* 1968, Latham *et al.* 1970, Jordan 1993, Jenik 1994). La séparation n'est pas brutale mais se fait par l'intermédiaire d'une mosaïque d'îlots forestiers et de différents faciès de savane. A conditions climatiques égales, la forêt dense se maintient sur les meilleurs sols présentant notamment de bonnes réserves hydriques dans les cinquante premiers centimètres qui sont prospectés par les racines. En zone de transition forêt/savane, le développement de la forêt, installée sur les meilleurs sols, est limité par les caractères édaphiques défavorables des sols de savane (profondeur insuffisante, structure défavorable, fertilité chimique faible...) ainsi que par les feux de brousse.

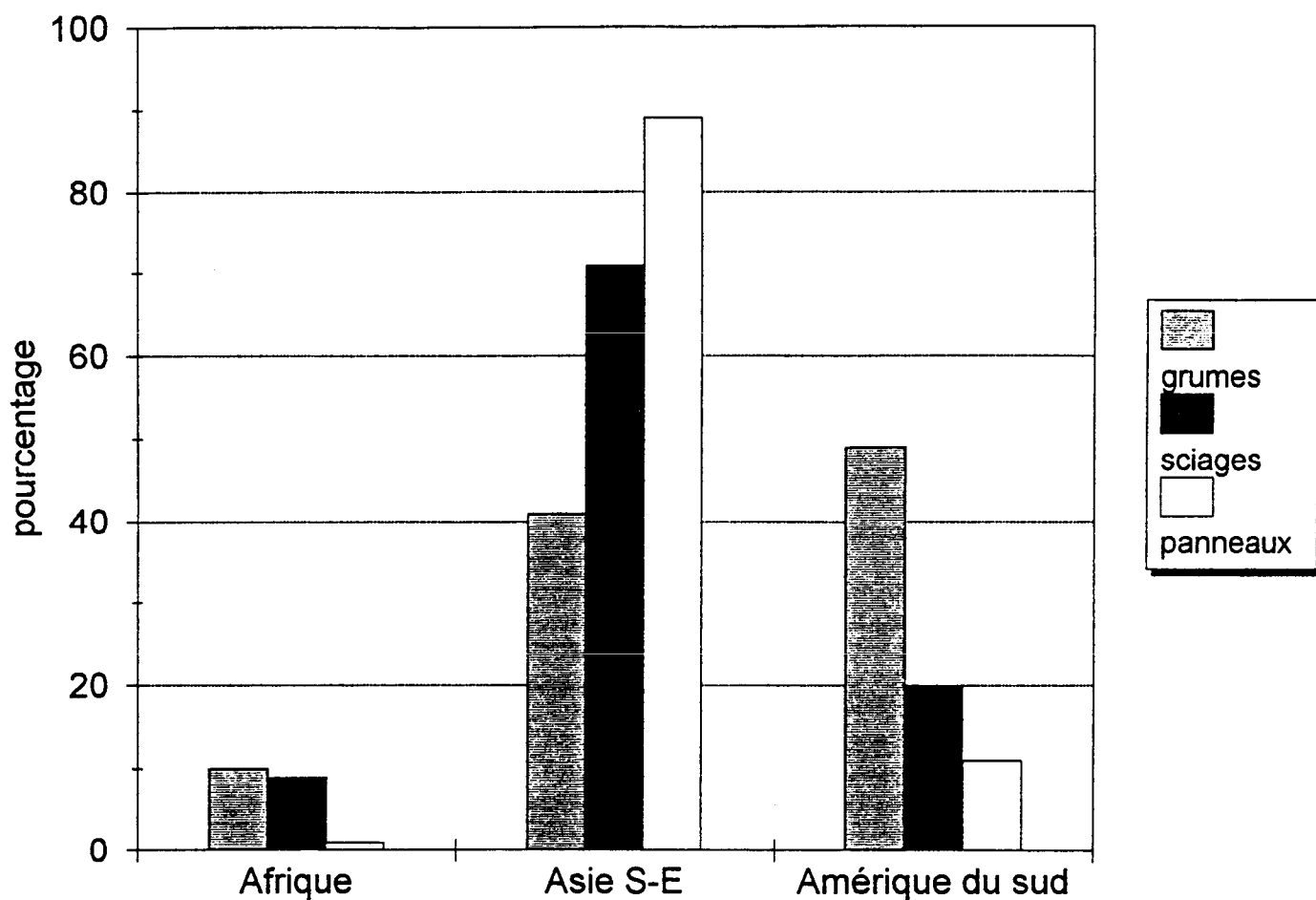
34. Les ressources forestières

La superficie totale des forêts dans le monde est évaluée à 1 700 millions d'hectares, soit approximativement 36% des terres émergées (F.A.O. 1992). L'Afrique a une superficie forestière estimée à 600 millions (F.A.O. 1992) d'hectares dont environ 200 millions d'hectares de forêts denses (O.A.B. 1991). L'essentiel des forêts denses humides de production est concentré dans la zone guinéo-congolaise. La superficie totale de ces forêts denses humides de production guinéo-congolaise est estimée à environ 130 millions d'hectares. En Afrique subsaharienne tropicale, la forêt dense tropicale humide de plaines constitue deux grands massifs inégaux, séparés par une étendue de savanes atteignant le golfe de Guinée : le massif forestier gabono-congolais et le massif forestier ouest-africain.

Ce dernier massif forestier est le plus réduit en superficie, il couvre le sud du Ghana et de la Côte d'Ivoire, une partie de la Guinée, du Libéria et de la Sierra Léone. Les forêts denses humides d'Afrique de l'Ouest représentent actuellement environ 8% des superficies de forêts denses humides africaines (Lanly 1990). L'essentiel des forêts denses humides sont en Afrique centrale. 75% des superficies des forêts denses humides africaines sont localisées dans le bassin du Congo.

Parmi ces forêts, il est important de distinguer les forêts de production des autres formations de forêts denses.

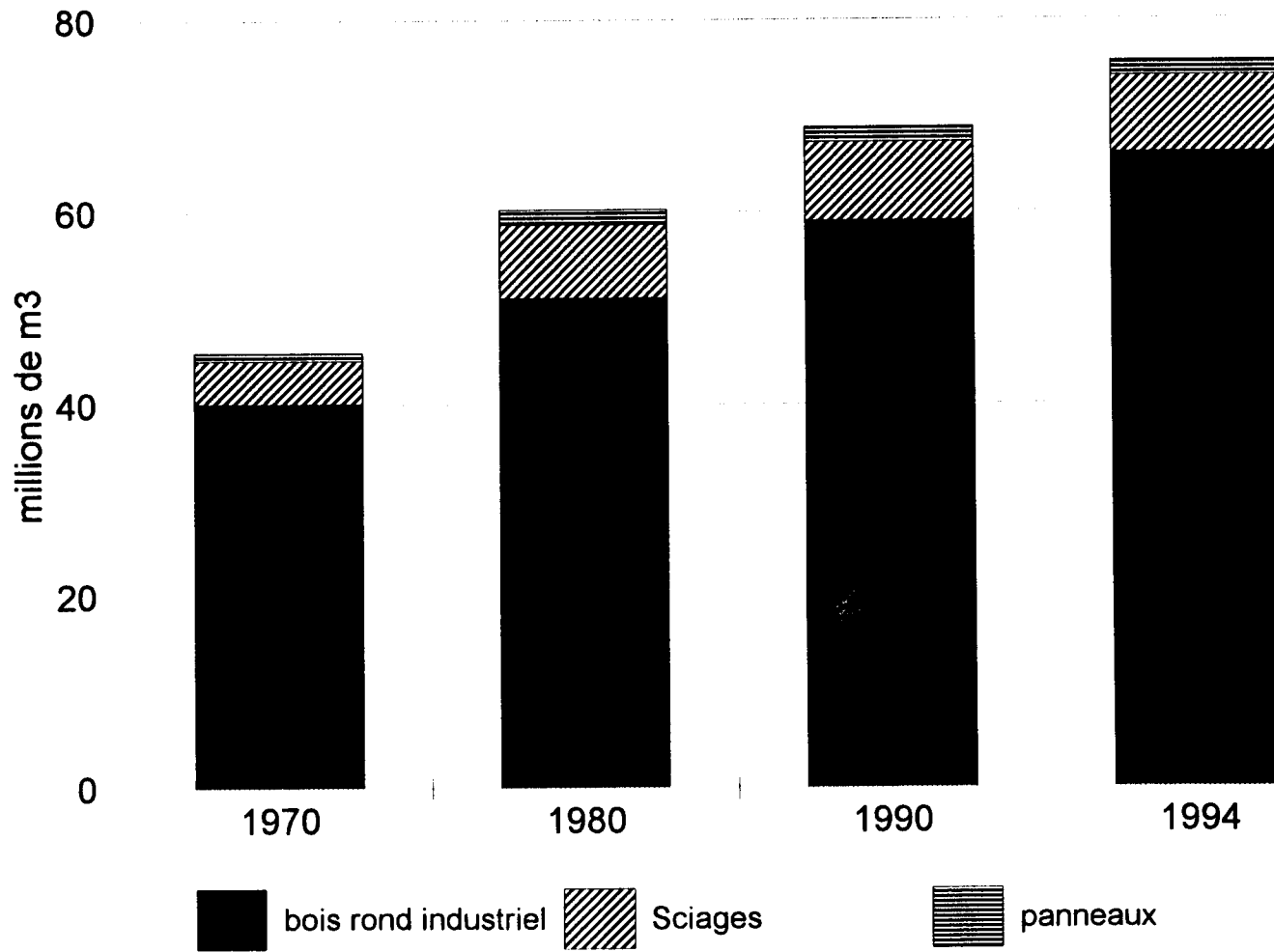
Production mondiale en bois tropicaux



50 millions de m³ bois d'oeuvre sont produits sous les tropiques, soit 10% de la production de bois dans ces régions.

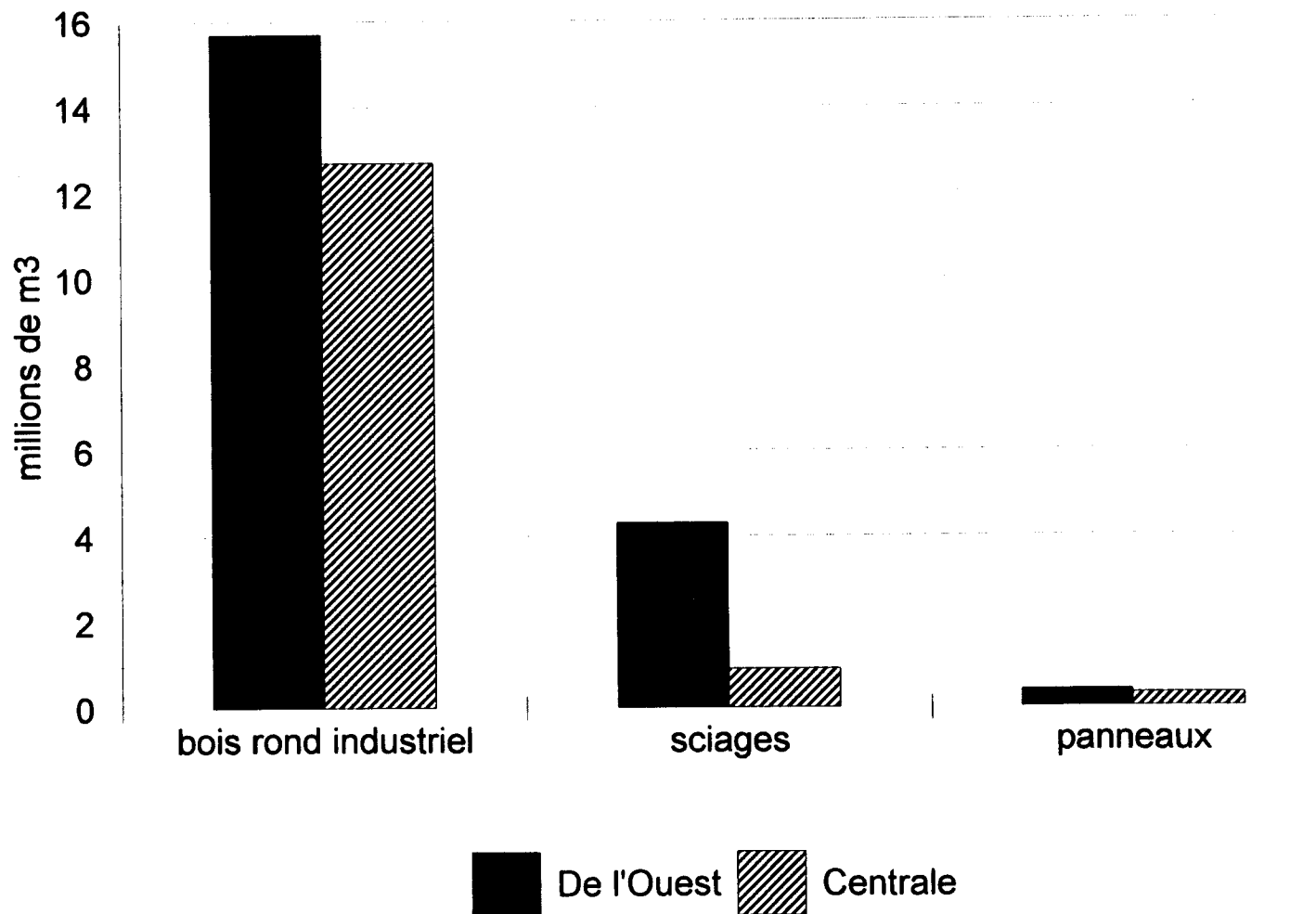
PRODUCTION EN AFRIQUE

Chiffres 1994 (FAO 1997)



PRODUCTION EN AFRIQUE TROPICALE HUMIDE

Chiffres 1994 (FAO 1997)



Chapitre 1 . Tableau - 2

Surfaces de forêts de production de la zone guinéo-congolaise en 1995.

Pays	Superficie des forêts denses de production
Cameroun	17, 0
Centrafrique	3, 5
R. P. Congo	11, 0
Côte d' Ivoire	1, 2
Guinée équatoriale	1, 1
Ghana	1, 6
Gabon	17, 7
Libéria	2, 0
Nigéria	2, 5
R. D. Congo	54, 2

Chiffres FAO 1997

Quatre pays d'Afrique centrale : le Cameroun, le Congo, le Gabon et la République Démocratique du Congo (ex. Zaïre) regroupent plus de 90% des forêts de production de cette zone d'Afrique tropicale.

La production globale annuelle de grumes à vocation bois d'oeuvre issue des forêts denses humides d'Afrique centrale et de l'Ouest est évaluée à environ 10 millions de m³/an en 1990 (Buttoud 1991, Garba 1993).

Chapitre 1 . Tableau - 3

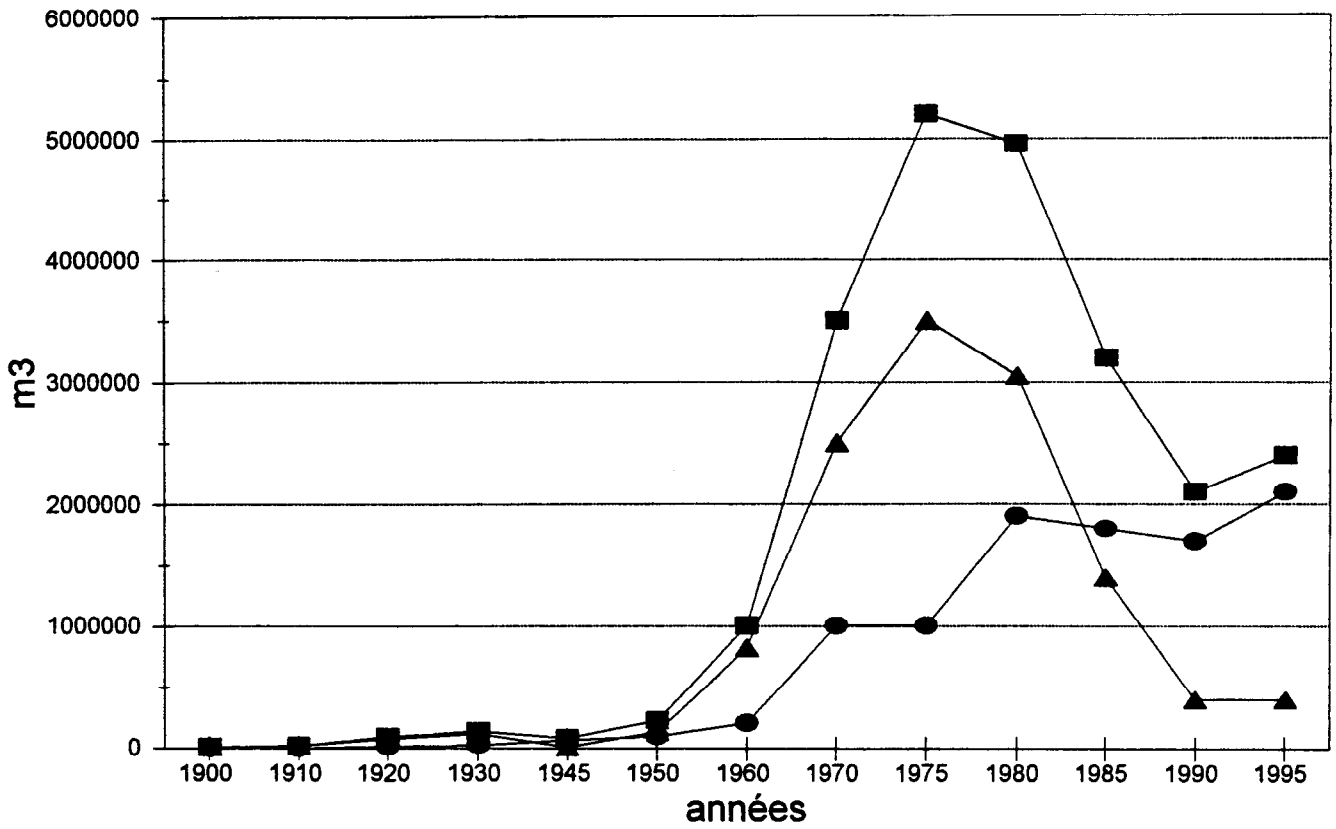
Production de grumes pour quelques pays de l'Afrique centrale et de l'Ouest.

Production	Grumes (million m³)	Total bois d'oeuvre (millions m³)
Cameroun	1, 2	2, 7
Centrafrique	0, 3	
R. P. Congo	0, 5	0, 7
Côte d' Ivoire	0, 3	2, 2
Gabon	1, 7	2, 2
Ghana	0, 9	1, 1
Libéria	0, 1	0, 1
R. D. Congo	0, 1	0, 3

Chiffres ITTO 1997

Pour la production de bois d'oeuvre, les principales espèces concernées par l'exploitation sont : l'Ayous (*Triplochiton scleroxylon*), le Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), l'Iroko (*Milicia spp.*), le Limba (*Terminalia superba*), l'Okoumé (*Aucoumea klaineana*), l'Acajou d'Afrique (*Khaya spp.*), l'Azobé (*Lophira alata*), le Framiré (*Terminalia ivorensis*), le Bété (*Mansonia altissima*), le Fromager (*Ceiba pentandra*), le Makoré (*Thiaghemella heckelii*), le Moabi (*Baillonella toxisperma*),

Grumes et produits transformés Côte d'Ivoire 1900-1995



● grumes transformées (m3) ▲ grumes exportées (m3)
■ production totale de grumes (m3)

le Bahia (*Hallea ciliata*), le Sipo (*Entandrophragma utile*), le Kosipo (*Entandrophragma candollei*), le Niangon (*Heritiera spp.*), le Badi (*Nauclea diderrichii*), l'Afromosia (*Pericopsis elata*), l'Agba (*Gossweilerodendron balsamiferum*), le Doussié (*Azizia spp.*), l'Ilomba (*Pycnanthus angolensis*), le Bossé (*Guarea cedrata*), le Wengé (*Milletia laurentii*), l'Ilomba (*Pycnanthus angolensis*), l'Ozigo (*Dacryodes buettneri*), l'Aniegré (*Aningeria spp.*), l'Ako (*Antiaris toxicaria*), l'Eyong (*Eribroma oblonga*), le Koto (*Pterygota spp.*), le Movingui (*Disthemonanthus benthamianus*), le Dibetou (*Lovoa trichilioides*)... (Buttoud 1991, Sayer et al. 1992).

A titre indicatif, les volumes échangés au niveau mondial sont de l'ordre de 1.000 milliards de m³/an. 140 millions de m³ de bois ronds industriels dont 50 millions de m³ de bois d'oeuvre sont exportés des forêts tropicales vers les pays développés (Huguet 1994, Karsenty et al. 1996).

La consommation locale de bois des pays tropicaux en voie de développement est estimée à deux milliards de m³/an, soit quarante fois le volume bois d'oeuvre exporté vers les pays développés. Les consommations intérieures de bois d'oeuvre et de bois-énergie vont croissantes avec le développement de la population. Dans beaucoup de cas le prélèvement en bois-énergie est fait au détriment de la production de bois d'oeuvre. Cette consommation, difficile à préciser compte-tenu du caractère informel de la filière bois-énergie, peut être estimée pour l'ensemble de la zone de la forêt dense humide tropicale africaine à une centaine de millions de m³/an, soit de l'ordre de dix fois la production de bois d'oeuvre (F.A.O. 1983, World Bank 1989, F.A.O. 1993).

35. Les aires protégées

Le terme d'aire protégée englobe une diversité d'approches de la protection et de la gestion des zones naturelles et semi-naturelles. L'objectif principal est de maintenir les processus écologiques propres des systèmes naturels, et de conserver la diversité de leurs ressources génétiques.

Le souci de la protection de certaines portions de forêts est un élément ancien de la culture traditionnelle africaine. Le premier parc national a été officiellement créé en 1920 dans la République Démocratique du Congo (ex.Zaïre) (Parc National Albert). Aujourd'hui, les aires protégées (réserves scientifiques, parcs nationaux, réserves de faune, réserves phytogénétiques, sanctuaires...) représentent environ 20% des superficies forestières en Afrique de l'Ouest et 7% des superficies forestières en Afrique Centrale (Sayer et al. 1992).

En Afrique tropicale, les aires protégées, comme celles de : Korup (Cameroun), Mpassa (Gabon), Taï (Côte d'Ivoire), Virunga (République Démocratique du Congo), Bia (Ghana), Sapo (Liberia), Omo (Nigeria) ... ont des objectifs et des statuts divers :

- les réserves intégrales. Elles visent à conserver les forêts en l'état en dehors de toute intervention humaine. Elles sont l'objet d'études scientifiques avec une valeur démonstrative et éducative ;
- les parcs nationaux. Ils visent à protéger à l'échelon national des formations naturelles caractéristiques avec un objectif scientifique, éducatif et touristique ;

- les réserves naturelles à vocation anthropologique, phytogénétique, faunistique... Elles visent à protéger une aire donnée des modifications imputables à une mise en valeur intensive.

Dans beaucoup de cas, ces aires protégées doivent être totalement exclues des forêts de production dont elles sont le complément indispensable pour l'avenir. Les réserves, en particulier, visent à concilier le développement rural et les objectifs de conservation par la création de "zones tampons". Ces "zones tampons" sont situées autour de massifs intégralement protégés (Batisse 1986, MacKinnon *et al.* 1986, U.I.C.N. 1990, Sayer 1991, F.A.O. 1994). La solution actuellement retenue par la majorité des aménagistes est donc une mosaïque ordonnée d'aires protégées intégrées dans des forêts de production aménagées, de telle sorte qu'elles constituent une capacité complémentaire pour la conservation globale de la diversité biologique en général, notamment des ressources génétiques de leurs essences importantes.

Des actions spécifiques ont aussi été menées sur l'initiative de l'U.N.E.S.C.O. en classant "patrimoine de l'humanité" certains massifs. Il faut citer ceux de Côte d'Ivoire (Réserve du Mont Nimba 1981, Parc national de Taï 1982), Guinée (Réserve du Mont Nimba 1981), Cameroun (Réserve forestière de faune du Dja 1987), (République Démocratique du Congo) (Parc National de Virunga 1979, Parc National de Kahuzi-Biéga 1980, Parc National de Salonga 1984). Ces réserves de la biosphère visent à préserver des écosystèmes rares et particulièrement menacés.

Il faut y ajouter les réserves M.A.B. (Man And Biosphere Program) qui sont des aires peu perturbées par l'homme représentatives d'écosystèmes-types. Elles sont aussi sélectionnées pour illustrer les relations possibles entre conservation et développement. en Centrafrique (forêt de la Basse Lobaye, 18200 ha), au Congo (parc national d'Odzala, 111000 ha), en Côte d'Ivoire (parc national de Taï, 330000 ha), au Gabon (réserve naturelle d'Ipasa-Makokou, 15000 ha), en Guinée (réserve du mont Nimba, 17000 ha et le massif de Ziama (116000 ha), au Ghana (parc national de Bia, 7700 ha).

De nouvelles zones forestières sont en cours de classement en Afrique centrale, pour compléter ce dispositif d'aires protégées.

4. LES FORETS PRIMAIRES OU PEU PERTURBEES PAR L'HOMME

D'une manière générale, une forêt naturelle comporte un ensemble de populations végétales et animales liées en un équilibre instable, à oscillations périodiques amorties de part et d'autre d'une limite qui à l'échelle d'une vie humaine paraît à peu près immuable. Le déclenchement des oscillations et leur amplitude résultent alors avant tout de l'action de facteurs extérieurs qui viennent modifier les interactions des populations les unes par rapport aux autres (Barthod 1994).

Les forêts tropicales dites "primaires" sont caractérisées par une grande diversité floristique et des arbres de fortes dimensions. Dans une optique sylvicole pratique, qui nous intéresse ici, sont donc regroupées sous ce vocable les forêts primaires et les forêts proches de l'état d'équilibre et peu perturbées par l'homme (agriculture, exploitation forestière).

Il est clair aujourd'hui que l'homme est, ou a été partout, présent en Afrique tropicale. Les forêts tropicales actuelles, y compris dans leur forme "climacique", résultent d'une longue confrontation avec l'homme comme avec tous les autres organismes vivants. Les forêts primaires correspondent à des phytocénoses ayant atteint un état d'équilibre relatif, sans rupture brutale ni catastrophes susceptibles d'être imputables à l'action directe de l'homme. Ce sont des forêts sans signe visible d'exploitation. De telles forêts tendent à disparaître actuellement (Devineau et Guillaumet 1992). En 1990, ces forêts représentaient environ 30% des superficies forestières de l'Afrique de l'Ouest et 50% des superficies forestières de l'Afrique centrale (Wilcox 1995).

41. Diversité floristique

La diversité floristique n'est qu'un des aspects de la diversité biologique existant dans les forêts tropicales : sur plus de trois millions d'espèces vivantes recensées, les végétaux n'en représentent que moins de 20%. Il faut cependant rappeler que les tropiques humides sont extrêmement riches en espèces végétales, plus des deux tiers des espèces connues en sont originaires. La flore africaine représente environ 20% des espèces végétales tropicales actuellement recensées (Whitmore 1990). Le nombre de taxons répertoriés en forêt dense humide tropicale africaine est élevé et nécessite des prospections permanentes car il est encore imparfaitement connu :

- en Côte d'Ivoire, 600 espèces d'arbres (Diamètre supérieur à 10 cm) avec 275 genres et 60 familles (Aubréville 1949) ;
- au Ghana, 2100 espèces pour les zones de forêts primaires (Hall et *al.* 1981) ;
- au Libéria, 2000 espèces (Arentz 1993) ;
- au Cameroun, 8000 espèces avec 1800 genres et 220 familles (Letouzey 1968) ;
- au Nigéria, 4500 espèces (Hall et *al.* 1975) ;
- en République Démocratique du Congo (ex. Zaïre), 11000 espèces (Lebrun et *al.* 1954).

A titre comparatif en Malaisie (CIFOR 1995), les arbres de plus de 90 cm de circonférence représentent 3000 espèces de 99 familles différentes. Les dicotylédones représentent 10000 espèces de 200 familles.

L'un des caractères fondamentaux des forêts denses africaines est leur grande richesse en Légumineuses (Caesalpiniacées et Mimosoïdées), qui les rapproche de celles d'Amérique et les différencie de celles d'Asie. Les familles les plus représentées dans les arbres sont les suivantes : Chrysobalanacées, Guttifères, Irvingiacées, Méliacées, Moracées, Myristicacées, Sapotacées, Sterculiacées et Ulmacées. Les plantes ligneuses de petites tailles sont abondamment représentées par les Anacardiacees, Annonacées, Apocynacées, Celastracées, Ebenacées, Euphorbiacées, Flacourtiacées, Guttifères, Icacinacées, Ochnacées, Olacacées, Rubiacées, Tiliacées, Sapindacées et Violacées (White 1986).

En forêt dense de Côte d'Ivoire (Aubréville 1938), les principales familles représentées sont, en ce qui concerne les arbres, les suivantes (le nombre d'espèces est indiqué entre parenthèses) : Légumineuses (97 dont 38 de première grandeur), Euphorbiacées (53), Rubiacées (46), Moracées (37), Sapotacées (31), Sterculiacées (26), Annonacées (24), Sapindacées (21), Méliacées (20), Rosacées (15), Apocynacées (15), Ebénacées (14), Rutacées (12), Anacardiacees (11), Myrtacées (10), Ochnacées (10), Ulmacées (9), Verbénacées (9), Mélastomatacées (9), Guttifères (8), Flacourtiacées (7), Combrétacées (7), Samydacées (7), Tiliacées (7), Bignoniacees (6), Rhizophoracées (6)...

En forêt dense humide du Ghana (Hall et al. 1981), les principales familles sont les Rubiacées (218 espèces) et les Orchidacées (148 espèces). Les Pteridophytes, toutes familles regroupées représentent 126 espèces. Les lianes, dont les familles les plus représentées sont les Celastracées, les Combretacées, les Connaracées, les Dichapetalacées et les Loganiacées comptent 115 espèces recensées.

42. Classification des forêts denses humides

Les principales variantes de la forêt dense humide guinéo-congolaise de plaine sont (White 1986) :

421. La forêt dense humide sempervirente côtière hygrophile

La pluviosité moyenne annuelle est souvent supérieure à 3000 mm/an, mais elle est parfois comprise entre 2000 mm/an et 3000 mm/an ; dans ce cas l'humidité atmosphérique est très élevée tout au long de l'année. La majorité des espèces arborescentes est sempervirente et ne perd ses feuilles que par intermittence. Là où la pluviosité est très élevée et où il y a également une saison sèche bien marquée (zones côtières du Libéria et du Gabon) de nombreuses espèces perdent tout leur feuillage au même moment et l'apparition des nouvelles feuilles se produit immédiatement après.

422. La forêt dense humide sempervirente

La pluviosité moyenne annuelle est comprise le plus souvent entre 1600 mm/an et 2000 mm/an ; soit elle est bien répartie (Bassin du Congo), soit la saison sèche est atténuée par l'air humide en provenance de la mer (Afrique occidentale). Ces conditions climatiques règnent dans la plus grande partie de la région guinéo-congolaise. Quelques espèces sont sempervirentes mais beaucoup sont brièvement décidues. Les forêts sempervirentes sont riches en légumineuses arborescentes. Les groupements d'épiphytes sont riches (Aké Assi 1992).

423. La forêt dense humide semi-décidue

La pluviosité est comprise entre 1200 mm/an et 1600 mm/an, mais l'humidité relative en saison sèche est très élevée. La plupart des pieds des grandes espèces arborescentes communes sont décidus et perdent leurs feuilles durant la saison sèche qui est bien marquée. Chaque pied ne reste sans feuillage que pendant une courte période, habituellement quelques semaines. Relativement peu de pieds sont dépourvus de leur feuillage au même moment. De nombreux pieds ne sont jamais complètement dénudés et renouvellent leur feuillage par groupes de branches successifs. Le sol est souvent mieux couvert que dans une forêt sempervirente. On y trouve souvent un tapis herbacé continu (Poacées, Acanthacées).

43. Caractéristiques dendrométriques des forêts denses humides

Les structures des forêts denses humides naturelles sont de type irrégulier. En général, le nombre de tiges va décroissant au fur et à mesure que le diamètre augmente.

Chapitre I . Tableau - 4

Répartition par classes de diamètre en forêt tropicale primaire (Rollet 1983, Brünig 1983).

Continent	Densité à l'hectare (tiges/ha)		
	Diamètre > 10 cm	Diamètre > 60 cm	Diamètre > 100 cm
Afrique	481	23,2	3,0
Amérique	499	17,4	2,8
Asie	585	22,2	3,4
Moyenne	522	20,8	3,0

Pour l'aménagiste, dans une optique de production bois d'oeuvre, interviennent des critères de richesse en essences technologiquement valorisables et de dimensions des produits. Il est utile, notamment pour essayer d'évaluer à posteriori l'état de dégradation d'une forêt naturelle, de connaître l'état des forêts primaires avant exploitation.

Chapitre 1 . Tableau - 5

Répartition de la surface terrière dans quelques forêts denses humides primaires ou peu perturbées en Afrique (Germain 1956, Bergeroo-Campagne 1958, Dawkins 1958, Aubréville 1967, Rollet 1974, Reitsma 1988, Lamprecht 1989, Swaine 1990, Tran-Hoang 1991, Parren 1991, Phillips *et al.* 1994).

Pays	Surface terrière (m ² /ha)		
	Diam>10 cm	Diam>60 cm	Total
Côte d'Ivoire			32,0
Ghana			32,5
Nigéria			32,2
Libéria	22,4	8,5	30,9
Cameroun	22,3	9,5	31,8
Congo	25,2	5,5	30,7
Centre-Afrique			32,5
Gabon	22,0	13,7	35,7
R.D. du Congo	22,3	10,3	32,6

Pour les forêts denses sempervirentes primaires africaines, la surface terrière totale est de l'ordre de 6-10 m²/ha pour les tiges de plus de 60 cm de diamètre. Si l'on considère l'ensemble des tiges de plus de 10 cm de diamètre, la surface terrière est de l'ordre de 30-35 m²/ha. Dans certains forêts du Libéria, elle atteint jusqu'à 40 m²/ha (Reitsma 1988, Lamprecht 1989).

En Côte d'Ivoire (forêts du Banco, de Yapo, de Taï et de Grand Bérébi), la surface terrière moyenne mesurée était de 31-34 m²/ha soit 350 à 450 tiges/ha (diamètre supérieur à 10 cm) (Lemée 1975).

Au Nigéria, pour une surface terrière moyenne de 32,2 m²/ha, la densité de tiges est de 520 tiges/ha (diamètre supérieur à 10 cm) (Dawkins 1958).

Au Ghana, en forêt dense semi-décidue, la densité des tiges de plus de 10 cm de diamètre est comprise entre 500 et 625 tiges/ha pour une valeur moyenne de 550 tiges/ha. La surface terrière est de l'ordre de 30-33 m²/ha. (Swaine *et al.* 1987, Phillips *et al.* 1994).

Au Gabon, en forêt dense sempervirente primaire, la densité des tiges de plus de 10 cm de diamètre est de 495 tiges/ha dont 22 tiges/ha de plus de 60 cm de diamètre et 32 tiges/ha de plus de 50 cm de diamètre (Aubréville 1967). En forêt des abeilles (Gesnot 1994), pour une densité de 458 tiges/ha de plus de 10 cm de diamètre, la surface terrière atteint 33 m²/ha.

En République Démocratique du Congo (ex. Zaïre), pour une surface terrière de 36 m²/ha, dans la région de Yangambi, la densité des tiges de plus de 10 cm de diamètre est de 680 tiges/ha (Germain *et al.* 1956).

Chapitre 1 : Généralités

Une description de la répartition diamétrique moyenne a été proposée pour l'Afrique (Rollet 1974) à partir de différents inventaires réalisés en Afrique de l'Ouest (Côte d'Ivoire) et en Afrique centrale (Cameroun, Gabon, Congo, République Démocratique du Congo (ex. Zaïre) sur une superficie totale de près de 1.300 hectares.

Chapitre 1 . Tableau - 6 :

Structure moyenne par classes de diamètre pour les forêts denses primaires humides africaines (Rollet 1974).

Classes de diamètre (cm)	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	>100
Densité (tiges/ha)	84,5	40,4	20,9	11,0	5,9	3,1	2,2	1,3	1,8

D'un point de vue commercial, il est nécessaire de distinguer les tiges de grosses dimensions susceptibles d'être exploitées dans un court délai.

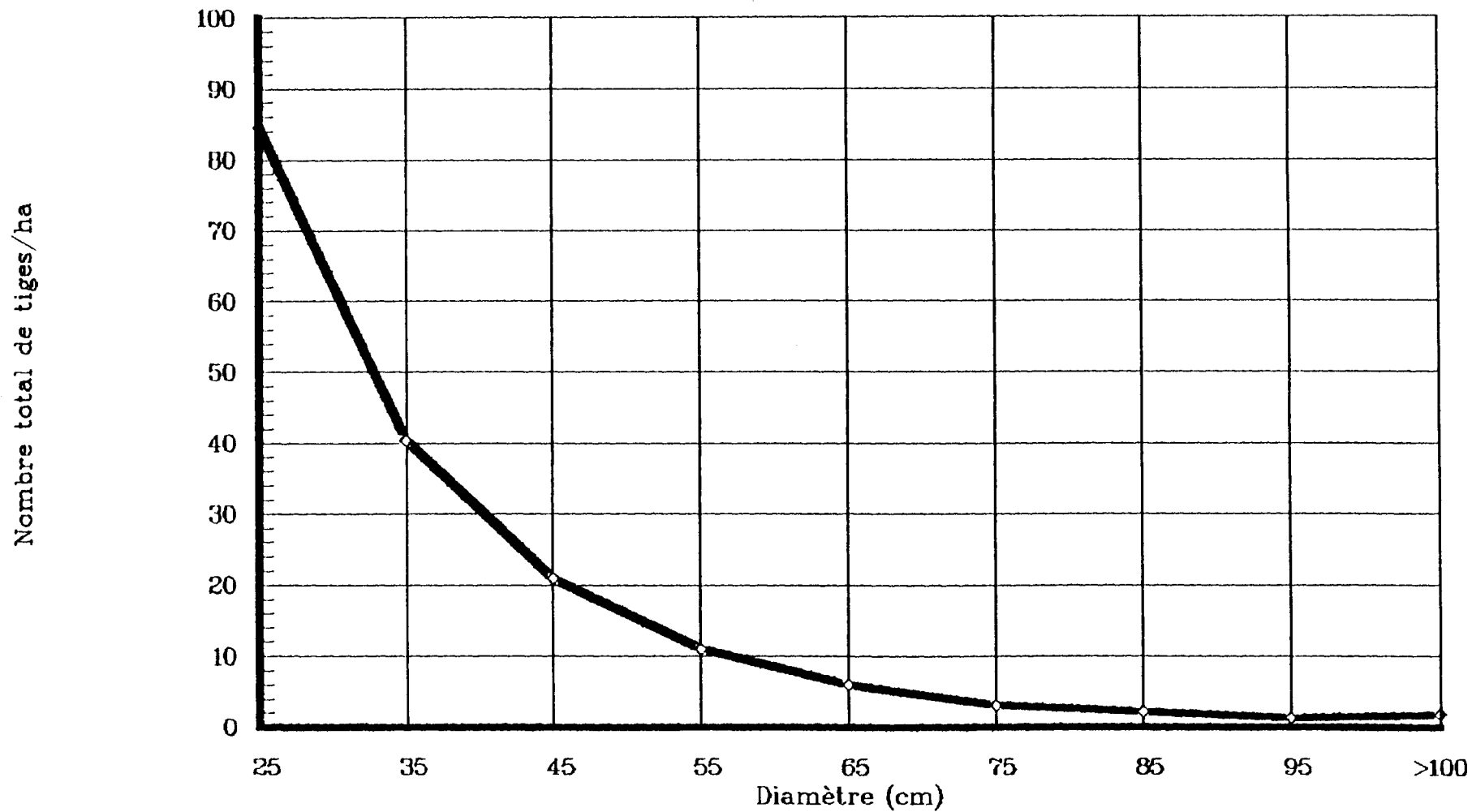
Chapitre 1 . Tableau 7 :

Nombre de grosses tiges/ha de diamètre supérieur à 55 cm et surface terrière correspondante pour quelques forêts denses humides primaires ou peu perturbées en Afrique (Bergeroo-Campagne 1958, Dawkins 1959, Aubréville 1967, Letouzey 1968, Rollet 1974, Huttel 1975, Parren 1991, Tran-Hoang 1991).

Pays	Nombre moyen de tiges/ha	Surf. terrière m ² /ha
Côte d'Ivoire	28	7 à 20
Libéria	24	4 à 15
Cameroun	19	-
Centre-Afrique	23	-
Congo	20	-
Gabon	27	9 à 11
R.D. du Congo	23	10 à 20

Toutes essences confondues, la densité de tiges de diamètre supérieur à 55 cm est de l'ordre de 20-30 tiges/ha en forêt dense primaire. La densité des tiges de diamètre supérieur à 40 cm est de l'ordre de 40-60 tiges/ha. Il faut toutefois distinguer les essences d'intérêt commercial des essences qui ne sont pas encore valorisables en bois d'oeuvre.

STRUCTURE DIAMETRIQUE MOYENNE DE LA FORET DENSE HUMIDE AFRICAINE
(d'après B. Rollet 1969)



44. Richesse en essences commerciales des forêts denses humides.

En forêt dense humide de production, les espèces commerciales qui sont utilisées pour la production de bois d'oeuvre sont couramment distinguées sous le vocable d'"essences commerciales ou principales".

44.1 - Principes généraux

En Côte d'Ivoire, dans le cadre d'une exploitation rationnelle pour la production de bois d'oeuvre et de l'élaboration de règles d'éclaircie, les essences forestières ont donc été regroupées en deux groupes en fonction de leur utilisation technologique (Cailliez et *al.* 1977) :

- **les espèces principales ou commerciales.** Elles tirent leur dénomination du fait qu'elles sont valorisables en bois d'oeuvre. Elles sont actuellement au nombre de 84 ;
- **les espèces secondaires** qui regroupent les arbres dont les caractéristiques technologiques ne permettent pas à ce jour une valorisation en bois d'oeuvre.

Cette démarche pragmatique a été adoptée dans la majorité des zones de forêts tropicales aménagées en Afrique, Asie et Amérique. Elle repose sur le constat d'une exploitation forestière sélective limitée à certaines espèces d'arbres qui entraîne un appauvrissement quantitatif et aussi qualitatif des forêts. Bien que beaucoup d'espèces d'arbres soient aujourd'hui exploitées, leurs valeurs commerciale et technologique sont variables en fonction de leurs caractéristiques technologiques et des besoins du marché.

Au Libéria, en forêt dense primaire de transition sempervirente/semi-décidue, la surface terrière est comprise entre 35 et 40 m²/ha pour une densité de 500-600 tiges/ha. La densité des essences commerciales, de diamètre supérieur à 50 cm, est de 25 à 30 tiges/ha (Parren 1991).

Pour des forêts denses humides semi-décidues primaires centrafricaines, la surface terrière totale est de 32-34 m²/ha soit 580 à 650 tiges/ha. La surface terrière des espèces commerciales dites principales est de 11 à 14 m²/ha, soit 100 à 130 tiges/ha (Tran Hoang 1991). Pour les essences commerciales, 33 tiges/ha ont dépassé le diamètre de 50 cm et 23 tiges/ha le diamètre de 60 cm. 14 tiges/ha ont un diamètre qui excède 80 cm.

En Côte d'Ivoire, les espèces commercialisées en bois d'oeuvre, sont regroupées en trois groupes en fonction de leurs valeurs technologique et commerciale décroissantes :

Catégorie 1 : 38 espèces dont l'Aboudikro, les Acajous, les Aniégrés, le Bété, le Bossé, le Framiré, le Fraké, le Koto, l'Iroko, le Lingué, le Samba, le Sipo, le Tiama...

Catégorie 2 : 18 espèces dont le Dabéma, l'Emien, le Iatandza, l'Oba, le Pouo...

Catégorie 3 : 26 espèces dont l'Adjouaba, l'Aribanda, le Lo, le Rikio, le Sougué...

Chapitre 1 : Généralités

Cette classification (voir liste ci-contre) est relativement homogène dans tous les pays de forêt dense humide d'Afrique. Les espèces les plus recherchées par les exploitants forestiers appartiennent à la première catégorie.

Tableau : Liste des espèces commerciales en Côte d'Ivoire.

Catégorie 1 :

Aboudikro (Sapelli)	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	Méliacées
Acajou bassam	<i>Khaya ivorensis</i>	Méliacées
Acajou blanc	<i>Khaya anthotheca</i>	Méliacées
Aiélé	<i>Canarium schweinfurthii</i>	Burséracées
Akatio (Longui)	<i>Gambeya africana</i>	Sapotacées
Ako	<i>Antiaris toxicaria</i>	Moracées
Akossika	<i>Scottellia klaineana</i>	Flacourtiacées
Amazakoué	<i>Guibourtia ehie</i>	Caesalpiniacées
Aniégré blanc	<i>Aningeria robusta</i>	Sapotacées
Aniégré rouge	<i>Gambeya gigantea</i>	Sapotacées
Assamela	<i>Pericopsis elata</i>	Papilionacées
Avodiré	<i>Turraeanthus africanus</i>	Méliacées
Azobé	<i>Lophira alata</i>	Ochnacées
Azodau	<i>Afzelia bella</i>	Caesalpiniacées
Badi	<i>Nauclea diderrichii</i>	Rubiacées
Bahia	<i>Hallea ciliata</i>	Rutacées
Bété	<i>Mansonia altissima</i>	Sterculiacées
Bossé	<i>Guarea cedrata</i>	Méliacées
Dibétou	<i>Lovoa trichilioides</i>	Méliacées
Difou	<i>Morus mesozygia</i>	Moracées
Faro	<i>Daniellia thurifera</i>	Caesalpiniacées
Fraké (Limba)	<i>Terminalia superba</i>	Combrétacées
Framiré	<i>Terminalia ivorensis</i>	Combrétacées
Fromager	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacacées
Ilomba	<i>Pycnanthus angolensis</i>	Myristicacées
Iroko	<i>Milicia regia, M. excelsa</i>	Moracées
Kondroti	<i>Rodognaphalon brevicuspe</i>	Bombacacées
Kosipo	<i>Entandrophragma candollei</i>	Méliacées
Kotibé	<i>Nesogordonia papaverifera</i>	Sterculiacées
Koto	<i>Pterygota macrocarpa</i>	Sterculiacées
Lingué	<i>Afzelia africana</i>	Caesalpiniacées
Makoré	<i>Thiagemella heckelii</i>	Sapotacées
Movingui	<i>Distemonanthus benthamianus</i>	Caesalpiniacées
Niangon	<i>Heritiera utilis</i>	Sterculiacées
Samba	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	Sterculiacées
Sipo	<i>Entandrophragma utile</i>	Méliacées
Tali	<i>Erythrophleum ivorense</i>	Caesalpiniacées
Tiama	<i>Entandrophragma angolense</i>	Méliacées

Catégorie 2 :

Abalé	<i>Petersianthus macrocarpus</i>	<i>Lecythidacées</i>
Ba	<i>Celtis mildbraedii</i>	<i>Ulmacées</i>
Bahé	<i>Fagara macrophylla</i>	<i>Rutacées</i>
Bi	<i>Eribroma oblonga</i>	<i>Sterculiacées</i>
Bodioa	<i>Anopyxis klaineana</i>	<i>Rhizophoracées</i>
Dabema	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	<i>Mimosacées</i>
Eho	<i>Ricinodendron keudelotii</i>	<i>Euphorbiacées</i>
Emien	<i>Alstonia boonei</i>	<i>Apocynacées</i>
Etimoé	<i>Copaïfera salikounda</i>	<i>Caesalpiniacées</i>
Iatandza	<i>Albizia ferruginea</i>	<i>Mimosacées</i>
Kroma	<i>Klainedoxa gabonensis</i>	<i>Irvingiacées</i>
Lohonfé	<i>Celtis adolphi-friderici</i>	<i>Ulmacées</i>
Lotopha	<i>Sterculia rhinopetala</i>	<i>Sterculiacées</i>
Melegba	<i>Berlinia confusa</i>	<i>Caesalpiniacées</i>
Melegba des galleries	<i>Berlinia grandiflora</i>	<i>Caesalpiniacées</i>
Oba	<i>Bombax buonopozense</i>	<i>Bombacacées</i>
Pouo	<i>Funtumia sp.</i>	<i>Apocynacées</i>
Vaa (Limbali)	<i>Gilbertiodendron preussii</i>	<i>Caesalpiniacées</i>

Catégorie 3 :

Adjouaba	<i>Dacryodes klaineana</i>	<i>Burséracées</i>
Adjouaba à racines aér.	<i>Santiria trimera</i>	<i>Burséracées</i>
Adomonteu	<i>Anthonota fragrans</i>	<i>Caesalpiniacées</i>
Aniando	<i>Gambeya subnuda</i>	<i>Sapotacées</i>
Aniando à petits fruits	<i>Gambeya taiense</i>	<i>Sapotacées</i>
Aribanda	<i>Trichilia tessmannii</i>	<i>Méliacées</i>
Aribanda des montagnes	<i>Trichilia dregeana</i>	<i>Méliacées</i>
Asan	<i>Celtis zenkeri</i>	<i>Ulmacées</i>
Bodo	<i>Detarium senegalense</i>	<i>Caesalpiniacées</i>
Dabé	<i>Erythroxylum mannii</i>	<i>Erythroxylacées</i>
Kékélé	<i>Holoptelea grandis</i>	<i>Ulmacées</i>
Kodabéma	<i>Aubrevillea kerstingii</i>	<i>Mimosacées</i>
Koframiré	<i>Pteleopsis hylodendron</i>	<i>Combrétacées</i>
Lati	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	<i>Caesalpiniacées</i>
Lo	<i>Parkia bicolor</i>	<i>Mimosacées</i>
Loloti	<i>Lannea welwitschii</i>	<i>Anacardiacees</i>
Ouochi	<i>Albizia zygia</i>	<i>Mimosacées</i>
Pocouli	<i>Berlinia grandiflora</i>	<i>Caesalpiniacées</i>
Poré-Poré	<i>Sterculia tragacantha</i>	<i>Sterculiacées</i>
Rikio des rivières	<i>Uapaca heudelotii</i>	<i>Euphorbiacées</i>
Rikio des marais	<i>Uapaca paludosa</i>	<i>Euphorbiacées</i>
Rikio	<i>Uapaca guineensis</i>	<i>Euphorbiacées</i>
Sougué des rivières	<i>Parinari congensis</i>	<i>Chrysobalanacées</i>
Sougué	<i>Parinari excelsa</i>	<i>Chrysobalanacées</i>
Tchiebuessain	<i>Xylia evansii</i>	<i>Mimosacées</i>
Zaizou	<i>Gymnostemon zaizou</i>	<i>Simaroubacées</i>

A ces espèces fournissant du bois d'oeuvre, il est important d'adjoindre dans le cadre d'un aménagement intégré la conservation de nombreuses plantes à usage multiples. Parmi ces plantes, il faut citer sans pouvoir être exhaustif (Aké Assi 1992, Haxaire 1994) :

Les plantes médicinales

Alafia multiflora, Bidens pilosa, Carpolobia lutea, Cnestis ferruginea, Desmodium adsendens, Corynanthe pachyceras, Holarrhena floribunda, Hoslundia oppositifolia, Lannea nigriflora, Leea guineensis, Monodora myristicata, Okoubaka aubrevillei, Pachypodanthium staudtii, Piper guineense...

Les plantes alimentaires de cueillette

Blighia sapida, Deinbollia pinnata, Dioscorea praehensilis, Irvingia gabonensis, Landolphia hirsuta, Myrianthus arboreus, Salacia owabiensis, Telfairia occidentalis, Trichoscypha arborea...

Les plantes utilisées dans le milieu rural et l'artisanat

Calamus deeratus, Enantia polycarpa, Entanda pursaetha, Eremosphata macrocarpa, Musanga cecropioides, Raphia hookeri, Strombosia glaucescens, Thaumatooccus daniellii,...

Chapitre 1 . Tableau - 8

Densité et surface terrière des essences commerciales et secondaires pour trois forêts denses humides en Côte d'Ivoire - Inventaire 1975 - Diamètre supérieur à 10 cm. (Miélot et al. 1980).

Forêt	Essences principales		Essences secondaires		Total	
	Densité (tiges/ha)	G (m ³ /ha)	Densité (tiges/ha)	G (m ³ /ha)	Densité (tiges/ha)	G (m ³ /ha)
sempervirente (Irobo)	106	8, 6	347	15, 9	454	24, 5
semi - déci due (Mbpri)	169	13, 5	192	9, 1	361	22, 6
semi - déci due (Téné)	208	20, 5	186	7, 4	394	27, 9

En fonction du diamètre des tiges, il est possible de distinguer trois grands types de peuplements :

- les tiges exploitables de diamètre supérieur à 60 cm.
- les tiges pré-exploitable ou de deuxième génération dont le diamètre est compris entre 40 cm et 60 cm. Ces tiges sont appelées à remplacer rapidement les tiges exploitées.
- les tiges de troisième génération dont le diamètre est compris entre 20 cm et 40 cm. Ces tiges sont l'avenir commercial à moyen terme du peuplement.

Ce type d'inventaire est couramment utilisé pour évaluer l'état de la ressource forestière et sa disponibilité à court et moyen terme.

Chapitre 1 . Tableau 9 : Nombre de tiges/ha d'espèces commerciales (Catégories 1,2 et 3) en fonction du diamètre pour quatre types de forêts secondaires riches en Côte d'Ivoire - Inventaire 1975 (Miélot et al. 1980).

Cat.	Type de forêt	Densité en tiges/ha		
		Diam>60cm	40 cm<Diam<60 cm	20 cm<Diam<40 cm
P1	Sempervirente (Irobo)	2.00	4.00	18.25
	Semi-décidue (Mopri)	6.50	7.00	13.75
	Semi-décidue (Divo)	10.00	12.75	29.75
	Semi-décidue (Téné)	12.00	13.50	28.75
P2	Sempervirente (Irobo)	1.00	0.75	1.25
	Semi-décidue (Mopri)	3.50	5.50	26.75
	Semi-décidue (Divo)	4.00	13.25	56.00
	Semi-décidue (Téné)	2.75	8.75	40.25
P3	Sempervirente (Irobo)	2.75	3.50	16.00
	Semi-décidue (Mopri)	1.50	1.75	4.25
	Semi-décidue (Divo)	0.25	2.00	5.50
	Semi-décidue (Téné)	1.50	2.75	4.75
TOTAL	Sempervirente (Irobo)	5.75	9.25	35.50
	Semi-décidue (Mopri)	11.50	14.25	44.00
	Semi-décidue (Divo)	14.25	28.00	91.25
	Semi-décidue (Téné)	16.25	25.00	73.75

P1 : Espèces commerciales de première catégorie.

P2 : Espèces commerciales de deuxième catégorie.

P3 : Espèces commerciales de troisième catégorie.

On note donc un gradient croissant de richesse en espèces commerciales depuis les forêts sempervirentes jusqu'aux forêts semi-décidues. Il est important de noter que les espèces de première catégorie (les plus recherchées sur le plan technologique) sont plus abondantes dans les forêts semi-décidues.

45. Comportement sylvicole des espèces

En zone tropicale humide, les deux principaux paramètres qui influencent le comportement des espèces sont la lumière et l'eau. L'alimentation en eau, en particulier la pluviométrie et sa répartition joue un rôle important dans la répartition des espèces au sein d'aires de distribution en évolution plus ou moins rapide. Dans une aire donnée, les facteurs topographiques peuvent jouer un rôle sélectif vis à vis des espèces en influant sur les caractéristiques physico-chimiques des sols (hydromorphie, cuirasses...).

Le facteur lumière intervient principalement dans le rôle et la place des espèces au sein des successions de stades de développement et d'évolution d'une forêt donnée.

451. La réaction vis à vis de la lumière

Très souvent, il est fait référence à des essences d'ombre et de lumière en fonction de leur réaction à des variations d'éclairement. La lumière agit en particulier sur la germination et la croissance des plants. La composition floristique du peuplement évolue en fonction des variations de l'éclairement dans ses différentes strates.

451.1. Essences d'ombre et essences de lumière

Différents essais de classifications existent en fonction du comportement des espèces vis à vis de différents paramètres : lumière, qualité du bois, caractéristiques dendrométriques...

451.2. Essais de classification

En fonction de la dynamique de croissance il est possible de procéder à certains regroupements d'espèces basés sur des critères de comportement sylvicole (Jones 1950). Cet auteur a distingué six classes au Nigéria :

- les espèces qui peuvent atteindre les strates supérieures ou émergentes ;
- les espèces dominées du sous-bois ;
- les espèces de lumière à croissance rapide et à bois mou ;
- les espèces de lumière à croissance assez rapide et à bois dur ;
- les espèces tolérantes à l'ombre au début mais qui s'éliminent s'il n'y a pas d'éclairement par le haut ;
- les espèces pionnières.

Au Ghana (Hawthorne 1990 et 1993), une classification des espèces en fonction de leur aptitude colonisatrice et de leur tolérance à l'ombrage a été proposée. Elle repose sur la germination et le développement des espèces aux différents stades de croissance.

La première distinction est faite entre deux groupes :

- Les "espèces pionnières" qui germent uniquement dans les trouées. Dans ce groupe, sont distingués :
 - * les petits arbres de hauteur inférieure à 30 m à l'âge adulte qui ne supportent pas l'ombrage (ex : *Musanga cecropioides*) ;
 - * les espèces pouvant tolérer l'ombrage une fois qu'elles sont installées (ex : *Mareya micrantha*) ;
 - * les grands arbres, dont la hauteur excède 30 m à l'âge adulte (ex : *Terminalia superba*).
- Les "espèces post-pionnières" qui peuvent germer dans les sous-bois touffus. Ces dernières espèces sont ensuite subdivisées entre :
 - * les "espèces de lumière" ou héliophiles, qui végètent dans le sous-bois des zones de forêts fermées à sous-bois continu et dense (ex : *Khaya spp.*). Ces espèces une fois installées ont besoins de lumière pour vivre et se développer ;
 - * les "espèces tolérant l'ombrage" qui existent dans toutes les strates du peuplement. En fonction de la hauteur totale maximale pouvant être atteinte à l'âge adulte, sont distingués :
 - . les grands arbres, dont la hauteur totale est supérieure à 30 m (ex : *Guarea cedrata*).
 - . les petits arbres, dont la hauteur totale à l'âge adulte est inférieure à 30 m (ex : *Panda oleosa*).

Des sous-groupes peuvent encore être individualisés en fonction du diamètre maximum (inférieur ou supérieur à 70 cm) atteint par l'espèce (Hawthorne 1993).

Chapitre 1 . Tableau 10 :

Classification des espèces d'arbres de grandes dimensions en fonction de leur tolérance à l'ombrage et leur caractère pionnier au Ghana (Hawthorne 1993).

Espèces pionnières	Espèces post-pionnières	
	Espèces de lumière	Espèces tolérant l'ombre
<i>Alstonia boonei</i> , <i>Anthocleista</i> spp., <i>Bombax buonopozense</i> , <i>Bridelia grandis</i> , <i>Canarium schweinfurthii</i> , <i>Ceiba pentandra</i> , <i>Cleistopholis patens</i> , <i>Cordia platythyrsa</i> , <i>Erythroxylum manni</i> , <i>Ficus exasperata</i> , <i>Lophira alata</i> , <i>Milicia</i> spp., <i>Ricinodendron heudelotii</i> , <i>Nauclea diderrichii</i> , <i>Petersianthus</i> , <i>Sterculia tragacantha</i> , <i>Terminalia</i> spp., <i>Zanthoxylum gillettii</i> .	<i>Albizia</i> spp., <i>Amphimas Antiaris</i> , <i>Celtis adolfi-frederici</i> , <i>C. zenkeri</i> , <i>Pterygota</i> , <i>Disthemonanthus</i> , <i>Entandrophragma</i> spp., <i>Khaya</i> spp., <i>Mansonia Parinari excelsa</i> , <i>Piptadeniastrum</i> , <i>Pycnanthus</i> , <i>Sterculia oblonga</i> , <i>Thieghemella</i> , <i>Triplochiton</i> .	<i>Aningeria</i> spp., <i>Celtis mildbraedii</i> , <i>Dacryodes Dialium aubrevillei</i> , <i>Guarea</i> spp., <i>Guibourtia ehie</i> , <i>Hexalobus crispiflorus</i> , <i>Nesogordonia papaverifera</i> , <i>Scottelia</i> sp., <i>Strombosia</i> sp.

Les espèces pionnières ont une dynamique de régénération très forte dans les trouées. Elles réclament de grandes quantités de lumière à la fois pour germer et pour se développer. Les exigences de ces espèces vis à vis de la lumière se maintiennent tout au long de leur vie : *Milicia excelsa* et *Ceiba pentandra* sont de bons exemples d'espèces pionnières.

Les espèces post-pionnières peuvent exister à l'état de semis en sous-bois. Pour certaines, un fort éclaircissement est nécessaire à leur développement (*Albizia adianthifolia*). Ces espèces existent rarement à l'état adulte (diamètre > 25 cm) dans les sous-bois de forêt dense, l'absence de lumière conduit à leur disparition. D'autres peuvent croître en sous-bois (*Guarea cedrata*), elles existent à tous les stades de développement dans les peuplements âgés.

451.3 - Structure diamétrique et tempérament des espèces

Toutes les grandes espèces d'arbres qui peuvent devenir des codominants et des émergents ont besoin de la pleine lumière pour se développer mais dans le jeune âge elles sont plus ou moins tolérantes à l'ombre. La structure révèle très bien les différences de tempérament.

Alors que les essences d'ombre ont toutes un nombre élevé de tiges de petit diamètre qui va progressivement décroissant à mesure qu'augmente le diamètre, les essences de lumière ont peu ou pas de tiges dans les petits diamètres ; un nombre quelquefois soutenu, souvent erratique dans les diamètres moyens, avec parfois une fréquence maximale. Dans les forêts très perturbées (forêts à *Aucoumea klaineana*, à *Terminalia* spp. ou à *Terminalia spp./Triplochiton scleroxylon*), les espèces de lumière dominant. La distribution des tiges en classe de diamètre prend souvent une allure en cloche avec une fréquence maximale

correspondant à l'âge moyen des peuplements (Rollet 1974).

Les regroupements d'espèces peuvent aussi reposer sur des caractéristiques de croissance et de structure diamétrique qui expriment de manière simple des réactions et comportements particuliers quand leur environnement est modifié par l'éclaircie. C'est ainsi qu'en forêt dense humide d'Afrique centrale (Favrichon 1991) quatre groupes d'espèces ont été distingués :

- les "espèces dominantes mixtes" qui peuvent se développer à l'ombre dans le jeune âge et sans doute rester en phase d'attente : ces espèces tolèrent de rester à l'ombre. Dès que la lumière est suffisante (chablis, éclaircie), leur croissance des arbres devient forte. La structure diamétrique est en exponentielle décroissante dans les petits diamètres et se prolonge très loin dans les gros diamètres ;
- la survie et le bon développement des "espèces dominantes héliophiles strictes" nécessite impérativement un éclaircissement suffisant dès le jeune âge. La croissance initiale est alors très forte. La courbe de structure diamétrique est sub-horizontale avec autant de grosses tiges que de petites. Les diamètres maxima atteints sont importants comme dans le groupe précédent ;
- les "espèces édifcatrices" sont caractérisées par leur abondance dans la strate intermédiaire. Leur croissance est régulière. La courbe de structure diamétrique est décroissante, de type exponentiel négatif. Les diamètres maxima sont moyens ;
- les "espèces de sous-bois" sont abondantes dans les étages dominés et absentes dans les étages dominants. Les essences de sous-bois ont un caractère ombrophile. La structure diamétrique est en "L" très redressé. Cette structure est caractérisée par une très grande abondance de petites tiges, une décroissance rapide de la courbe et une absence de grosses tiges.

Chapitre 1 . Tableau 11 :

Regroupement d'espèces en fonction du comportement sylvicole en forêt semi-décidue. Forêt de Boukoko. R.C.A. (Favrichon 1991).

GROUPE	TYPE	ESPECES
1	Espèces dominantes mixtes	<i>Sapelli (Entandrophrama cylindricum)</i> , <i>Kosipo (Entandrophragma candollei)</i> , <i>Acajou blanc (Khaya anthothea)</i> .
2	Espèces dominantes	<i>Ayous (Triplochiton scleroxylon)</i> , <i>Limba (Terminalia superba)</i> , <i>Essessang (Ricinodendron heudelotii)</i> .
3	Espèces édificatrices	<i>Padouk (Pterocarpus soyauxii)</i> , <i>Ebène (Diospyros crassiflora)</i> , <i>Kotibé (Nesogordonia papaverifera)</i> , <i>Ako (Antiaris toxicaria)</i> , <i>Pri (Funtumia elastica)</i> , <i>Ilomba (Pycnanthus angolensis)</i> , <i>Eyong (Sterculia oblonga)</i> , <i>Aniégré (Aningeria sp.)</i> .
4	Espèces de sous-bois	<i>Niové (Staudia kamerunensis)</i> , <i>Colatier (Cola ballayi)</i> .

En République Démocratique du Congo (ex. Zaïre, dans le massif du Mayombe, quatre principales structures ont été retenues en fonction de stratégies démographiques et d'occupation de l'espace de chaque espèces (Pendje 1994).

- Les espèces sciaphiles et à faibles dispersion.

Elles ont des structures diamétriques se rapprochant d'une courbe linéaire dégressive. Tous les stades de régénération se trouvent agrégés sous le reproducteur et aux alentours immédiats. Cette distribution est favorisée par une grande taille de graines et des plantules, un tempérament sciaphile, des fructifications espacées dans le temps...

- Les espèces tolérantes à dispersion agrégative.

La structure diamétrique est en dent de scie. Les divers stades de croissance sont chacun concentrés sur une faible superficie, par exemple sous un arbre ayant servi de perchoir aux oiseaux qui disséminent les graines. L'ensemble de ces différents stades de croissance est regroupé autour d'un semencier donné dans un rayon de quelques centaines de mètres. Cette structure diamétrique est caractéristique d'espèces grégaires, tolérant l'ombrage et présentant une dynamique de renouvellement continue.

- Les espèces tolérantes à dispersion aléatoire.

Elles ont une structure en L très étalée, couvrant tous les stades de développement. Une forte mortalité des semis conduit à un déficit en tiges de petits diamètres. Les tiges sont souvent réparties en anneaux concentriques autour d'un semencier.

Ce type correspond à des espèces de la voûte tolérant l'ombrage dans le jeune âge pendant une courte période. Elles réagissent ensuite positivement à un apport lumineux s'il existe. Dans le cas contraire, elles disparaissent.

- Les espèces pionnières à dispersion efficace.

La structure diamétrique en cloche est typique des peuplements équiennes. La courte période de régénération correspond à une brusque ouverture du couvert. Grâce à une dispersion efficace des graines les espèces se régénèrent dans les trouées qu'elles colonisent.

451.4 - Structure diamétrique et évolution des conditions stationnelles

Pour une même espèce, des variations de la structure diamétrique ont été signalées (Hubbel et al. 1987, Poorter et al. 1996, Forni 1997). En fait, pour une même espèce, la structure diamétrique varie souvent selon l'échelle d'observation. La superficie considérée pour les observations influence la nature des structures diamétriques. Selon l'échelle considérée (trouée, parcelle, massif, région...), le phénomène décrit à l'aide de l'outil "structure diamétrique", devra être replacé dans son contexte évolutif.

Au Cameroun oriental, sur une superficie de 500 000 hectares, la structure de *Celtis zenkeri* et *Pycnanthus angolensis* (Forni 1997), espèces de forêts secondaires héliophiles, passe d'une forme en "J inversé" à une courbe en cloche en fonction du lieu d'observation. Des structures en cloches inhabituelles chez ces espèces correspondraient à des stations où les conditions écologiques ont évolué défavorablement pour son maintien.

Les variations de structures observées au sein d'une même espèce (*Celtis zenkeri*, *Pycnanthus angolensis*, *Terminalia superba*, *Triplochiton scleroxylon*...) sur plusieurs centaines de milliers d'hectares au Cameroun (Forni 1997) sont ainsi attribuées à des variations des conditions écologiques à l'échelle du massif.

Des hypothèses ont été formulées pour expliquer l'évolution d'une structure de type fonction décroissante (exponentielle, en L, en J inversé...) vers des structures en cloche. Un milieu devenu écologiquement défavorable (lumière, eau...) à la reproduction peut ainsi expliquer le manque de tiges de petits diamètres (Forni 1997). L'espèce ne se régénère plus ou insuffisamment, un déficit est enregistré dans les tiges de petits diamètres.

Dans le même ordre d'idée, la présence inhabituelle d'une espèce dans une zone biogéographique qui ne correspond pas à ses conditions de croissance peut être un indicateur de variation des conditions du milieu. C'est ainsi que l'existence de *Baillonella toxisperma* (Letouzey 1968) ou de noyaux de forêt sempervirente en forêt semi-décidue camerounaise pourrait être liée à la présence de sols localement plus humides (nappes phréatiques superficielles, sols à bonne capacité de rétention en eau...)

452. L'eau et le sol

L'alimentation en eau joue un rôle certain sur la dynamique de croissance et la répartition des espèces. A l'échelle stationnelle, des études réalisées en particulier dans le parc national de Taï (Côte d'Ivoire), en forêt dense humide ivoirienne, ont permis une classification de certaines espèces en groupements qui dépendent du régime hydrique des sols et de la topographie (Couteron et al. 1994) :

Sols à hydromorphie de surface

- Sols perhumides, faiblement submergés, même à la fin de la saison sèche :
Nauclea pobeguini, *Hallea ciliata*, *Raphia sassandraensis*, *Spondianthus preussi*, *Omphalocarpum ahia*.
- Sols hydromorphes à gley, s'asséchant superficiellement en saison sèche :
Hallea ciliata, *Raphia sassandraensis*, *Spondianthus preussii*, *Sacoglottis gabonensis*, *Heritiera utilis*, *Anthocleista nobilis*.

Sols à hydromorphie de profondeur :

Funtumia latifolia, *Lophira alata*, *Pentaclethra macrophylla*, *Sacoglottis gabonensis*, *Dacryodes klaineana*, *Heritiera utilis*, *Uapaca aesculenta*, *Diospyros sanza-minika*.

Sols gravillonnaires :

Anthonotha fragans, *Beilschmiedia sp.*, *Scottelia klaineana*, *Petersianthus macrocarpus*, *Calpocalyx brevibracteatus*.

Sols de versant :

- Sols profonds :
Azelia bella, *Bombax buonopozense*, *Memecylon sp.*, *Sterculia oblonga*, *Terminalia superba*.
- Sols à affleurements rocheux :
Syzygium sp., *Childlowia sanguinea*, *Erythroxylum mannii*.

La définition de l'autoécologie des espèces nécessite d'étendre ces observations à de nombreuses stations. Cela permettrait de mieux cerner les conditions de développement optimales des espèces et d'optimiser par exemple les conditions de leur régénération naturelle ou artificielle.

453. Distribution spatiale des espèces

La distribution d'une espèce dépend en particulier du mode de dissémination des graines. La nature et la composition de la faune et de la flore sont souvent interdépendantes. A ce propos, on cite volontiers l'exemple de l'éléphant (*Loxodonta africana cyclotis*) qui apporte une contribution majeure à la dissémination des gros fruits d'espèces comme *Thieghemella heckelii*, *Klainedoxa gabonensis*, *Balanites wilsoniana*, *Pentadesma butyracea*, *Panda oleosa*, *Wilsoniana*... (Aubréville 1959, Mensbruge 1966). Les éléphants couvrent des distances de plusieurs kilomètres quotidiennement et disséminent les graines non digérées. Dans le massif de Taï (Côte d'Ivoire), environ 30% des espèces sont disséminées par l'éléphant (Alexandre 1978). Pour les grands arbres cités, l'éléphant est sans doute le seul disséminateur, son absence freine leur régénération comme cela a été observé en forêt du Banco (Huttel 1975). Beaucoup d'autres espèces animales (mammifères, avifaunes, insectes...) participent aussi à la dissémination des graines forestières et jouent ainsi un rôle fondamental dans la dynamique forestière et la répartition spatiale des espèces. De nombreux facteurs peuvent jouer un rôle dans la dissémination des graines par les animaux : goût, couleur, odeur... Il est certain que la modification des écosystèmes forestiers par l'homme entraîne la raréfaction ou la disparition de certaines espèces animales. Ce phénomène, mal appréhendé jusqu'à ce jour, n'est pas sans conséquences sur l'évolution de la composition des formations végétales.

L'étude de la répartition spatiale des espèces est encore embryonnaire. Quelques observations réalisées sur la cartographie des espèces commerciales en Côte d'Ivoire dans les périmètres expérimentaux d'Irobo et de Mopri (Rimek 1993) montrent des variations abondantes dans l'abondance et la distribution des espèces dans un massif forestier donné.

- * Le Niangon (*Heritiera utilis*), l'Akossika (*Scottelia klaineana*), l'Aniégré (*Aningeria robusta*), le Kotibé (*Nesogordonia papaverifera*), le Ba (*Celtis milbraedii*), sont caractérisés par une grande abondance associée à un gréganisme moyen reflété par une dispersion spatiale continue et régulière.
- * Le Bahia (*Hallea ciliata*), le Bossé (*Guarea cedrata*), le Samba (*Triplochiton scleroxylon*), le Fraké (*Terminalia superba*), le Kondroti (*Rhodognaphalon brevicuspe*), le Koto (*Pterygota macrocarpa*), le Pouo (*Funtumia spp.*) sont caractérisés par une abondance moyenne avec un fort gréganisme que reflète leur dispersion en taches isolées de forte densité.
- * L'Aboudikro (*Entandrophragma cylindricum*), l'Ilomba (*Pycnanthus angolensis*), le Tiama (*Entandrophragma angolense*), le Makoré (*Thieghemella heckelii*)..., sont caractérisés par une abondance et un gréganisme moyen que reflète une dispersion régulière mais lâche.

- * Le Badi (*Nauclea diderrichii*), le Lingué (*Azelia africana*), l'Iroko (*Milicia spp.*), le Tali (*Erythrophleum ivorense*)..., sont caractérisées par une abondance faible avec un très faible gréganisme que reflète leur dispersion par pieds isolés et épars.

Cette répartition spatiale est à mettre en relation, pour une zone écologique donnée, avec le tempérament de chaque espèce ainsi que le degré de vieillissement du peuplement étudié.

5. LES FORETS SECONDAIRES

Les plus grandes modifications de l'écosystème forestier tropical sont, de loin, celles qui sont provoquées par l'homme. En Afrique, les changements et la destruction provoquée par l'homme au cours des dernières décennies sont spectaculaires. Si l'agriculture est un des principaux facteurs de la déforestation, l'exploitation forestière est la principale cause de l'appauvrissement qualitatif des forêts. Ces effets destructeurs sont aggravés par les techniques de brûlis et d'écobuage. Outre son rôle dans l'agriculture itinérante, le feu est en effet largement utilisé pour restaurer les pâturages et pour la chasse. L'homme amplifie ainsi l'évolution cyclique classique des forêts naturelles : le chablis naturel est relayé par la trouée artificielle qui se multiplie dans le temps et s'étend dans l'espace.

51. Espèces et comportements écologiques

Les espèces des forêts secondaires ont des caractéristiques communes qui diffèrent de celles des forêts primaires. Les arbres de la forêt secondaire typique sont héliophiles. La plupart des espèces ne peuvent se régénérer sous leur propre ombrage. Leur croissance initiale est rapide, de un mètre à quatre mètres par an pour la hauteur. Ces espèces reconstituent très rapidement une biomasse végétale importante. Elles concourent ainsi à un recyclage rapide des éléments minéraux du sol par le biais d'une litière abondante.

La floraison des espèces de forêt secondaire est précoce et la dissémination de leurs diaspores est efficace. Cette dissémination est en général effectuée par le vent ou les animaux (anémochorie ou zoochorie). La longévité des arbres de forêts secondaires est souvent faible, ils atteignent rapidement leurs dimensions maximales. Il s'agit souvent d'espèces grégaires avec un bois léger et tendre.

Les processus de reconstitution sont communs à toutes les régions tropicales humides. Les similitudes entre les forêts secondaires jeunes des différentes régions tropicales sont frappantes. "Il est remarquable de constater les homologues, non seulement physiologiques mais aussi floristiques, qui existent entre les formations secondaires jeunes" (Schnell 1971).

L'évolution de la forêt dense humide provoquée par l'homme peut se traduire de deux façons:

- la formation de forêts denses humides secondaires ;
- l'élimination de la forêt dense humide au profit des formations ouvertes dégradées.

Les approches analytiques et les essais de classification des espèces des forêts secondaires peuvent varier tout en présentant des points communs. Classiquement, il est souvent distingué parmi les espèces ligneuses :

511. Comportement des espèces pionnières

La notion de "pionnier" s'applique aux espèces susceptibles de participer les premières à la reconstitution du couvert végétal. Ces espèces sont caractérisées par une sexualité précoce continue et abondante. Par exemple, pour le Parasolier (*Musanga cecropioides*), une densité de 498 graines/m² a été mesurée dans une jeune forêt secondaire (Aubréville 1947). Les espèces pionnières ont très souvent un tempérament grégaire.

La croissance initiale en hauteur de ces espèces pionnières est très forte :

- au Nigéria (Coombe 1960), on a enregistré une croissance de dix mètres en cinq ans pour *Trema orientalis* (*T. guineensis*). La première année, cette espèce atteint deux mètres de hauteur (Guelly 1994) ;
- en quatorze ans, *Musanga cecropioides* forme un peuplement fermé de vingt cinq mètres de hauteur (Coombe et al. 1962) ;
- au Ghana, la croissance initiale mesurée pour beaucoup d'espèces pionnières excède quatre mètres/an (Swaine et al. 1983).

Toutefois ces espèces n'atteignent jamais de gros diamètres. Leur durée de vie excède rarement vingt ans (Baur 1968). *Musanga cecropioides*, en peuplement disparaît entre douze ans et vingt ans (Lebrun et al. 1954, Ross 1954, Taylor 1960, Leroy-Deval 1967, Kahn 1982). Les peuplements de *Macaranga* disparaissent entre dix ans et quinze ans (Kahn 1982, Jaffré et al. 1983). La durée de vie de *Trema orientalis* est évaluée à une dizaine d'années (Taylor 1960).

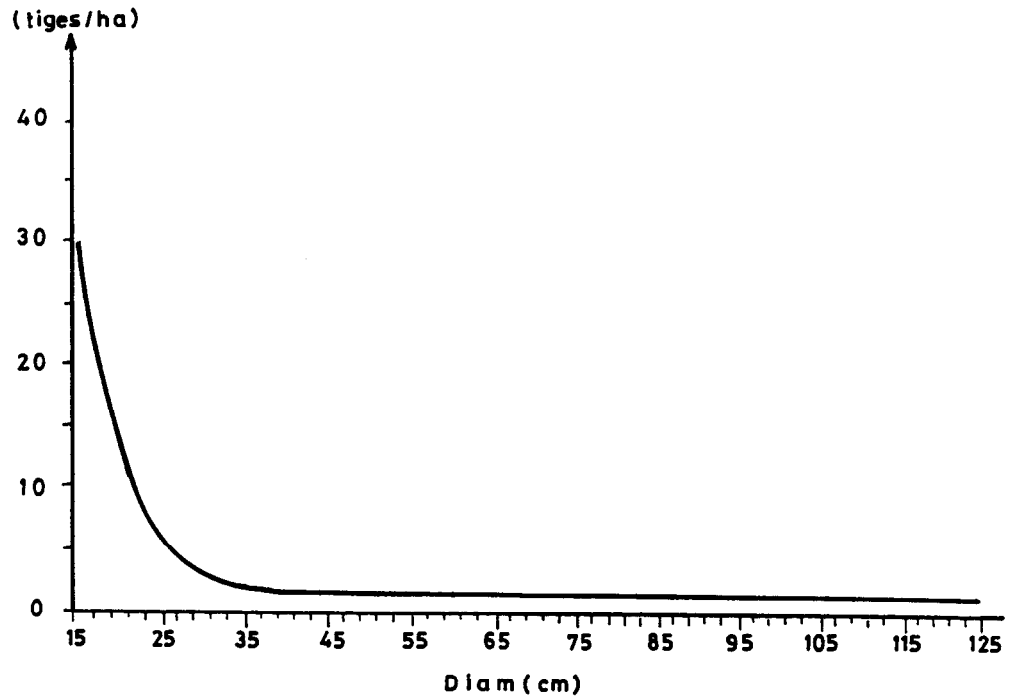
512. Comportement des espèces cicatriciennes ou nomades

Ce sont des espèces qui germent à la lumière mais qui présentent une croissance légèrement moins rapide que les espèces pionnières. Leur durée de vie est souvent plus longue que celle des espèces pionnières, elle est de l'ordre de quelques décennies.

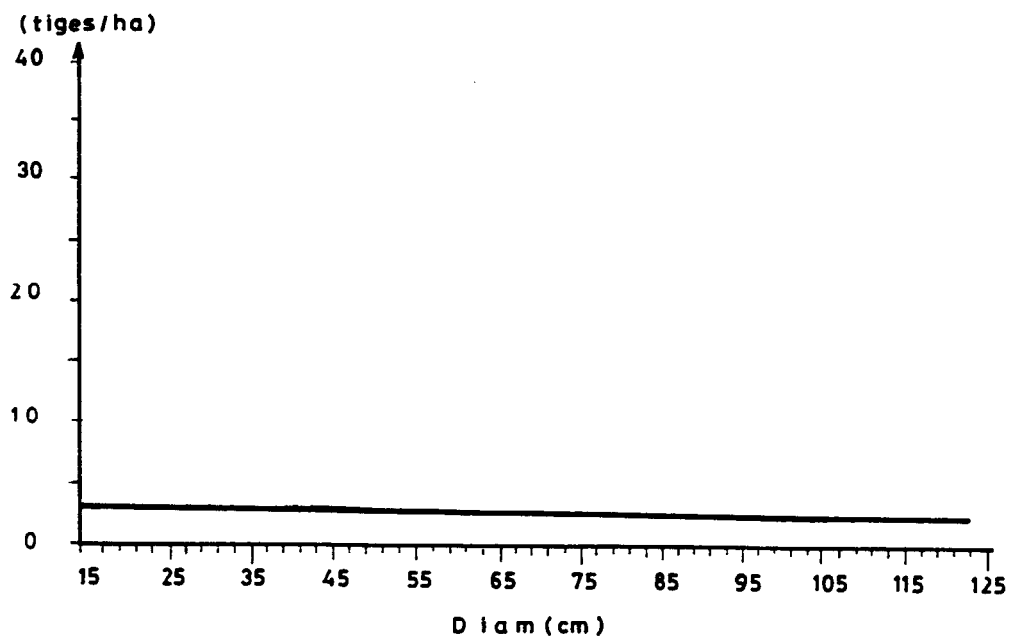
Les espèces cicatriciennes sont héliophiles. Leur croissance initiale est forte. Les espèces nomades diffèrent des espèces pionnières par une fructification souvent plus tardive et saisonnière. Appartiennent à ce groupe des arbres comme : *Terminalia superba*, *Terminalia*

STRUCTURE DIAMETRIQUE
CARACTERISTIQUE DE GROUPES D'ESPECES

ESPECES DOMINANTES MIXTES



ESPECES DOMINANTES HELIOPHILES STRICTES



ivorensis, Funtumia elastica, Bombax buonopozense, Ceiba pentandra, Lophira alata...

Ces espèces sont disséminées à la faveur d'ouvertures du couvert (chablis, défrichage, exploitation forestière). Elles sont largement réparties dans la forêt sans former toutefois des peuplements monospécifiques, d'où leur appellation de "nomade".

52. Les séries de végétation

D'un point de vue descriptif, l'approche "séries de végétation" est souvent privilégiée dans les diagnostics de peuplements en vue d'une classification préalable à leur analyse. Les groupements végétaux sont considérés dans le cadre de **l'évolution dans le temps** conduisant au climax (caractérisé par des groupements "en équilibre" avec le climat général). Il est distingué des séries évolutives et des séries régressives.

521. Séries évolutives et climax

Dans le cas extrême du défrichage total de la forêt, **les études botaniques** réalisées sur la reconstitution des forêts tropicales humides en Afrique tropicale (Aubréville 1947, Lebrun et al. 1954, Guillaumet 1967, Schnell 1976, Alexandre 1978, Kahn 1982) montrent que la reconstitution spontanée d'une forêt naturelle passe par plusieurs stades successifs d'une série évolutive.

Ces stades sont :

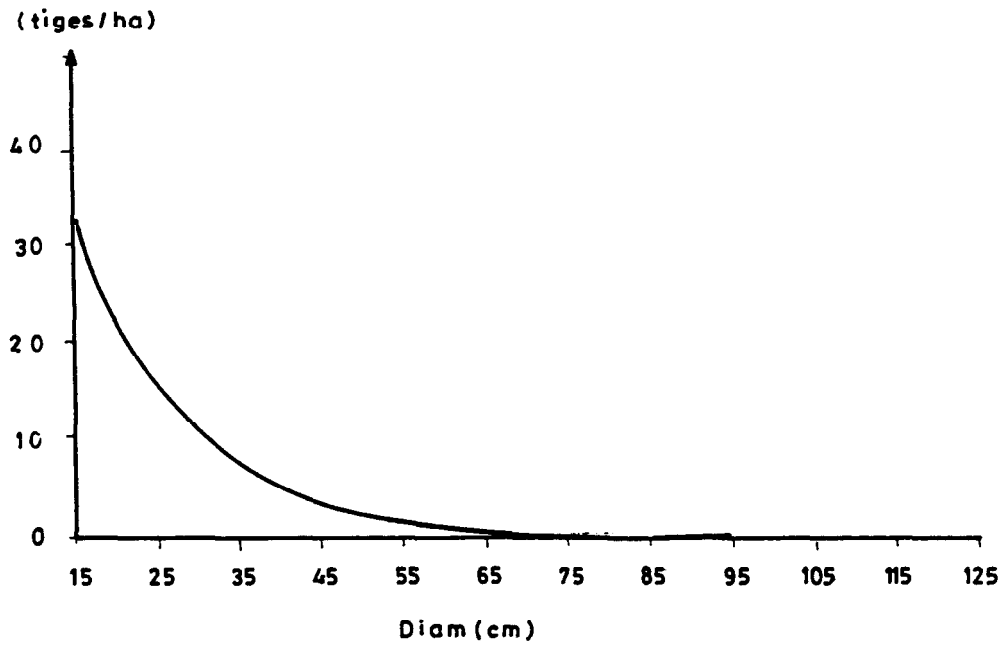
- le stade herbacé ;
- le stade sous-ligneux ;
- le stade arbustif pionnier ;
- le stade pré-climacique ;
- le stade climacique.

En l'absence de modifications brutales du milieu, l'évolution progressive de la végétation secondaire aboutit à la constitution d'une forêt climacique. En réalité, l'importance de l'action anthropique dans la majorité des forêts induit souvent une évolution vers une "forêt mosaïque" avec une juxtaposition de stades évolutifs.

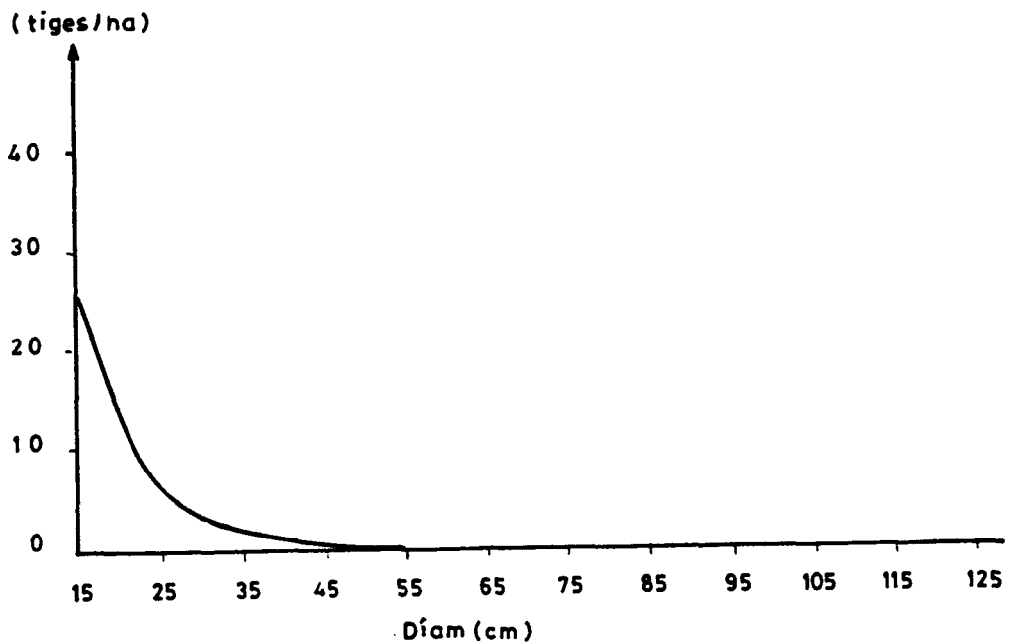
521.1. Stades herbacé et sous-ligneux

En Afrique de l'Ouest, les stades herbacés et sous-ligneux sont très éphémères dans les jachères de longue durée. Ils durent de quelques mois à quelques années. Le stade herbacé qui succède immédiatement au défrichage agricole est essentiellement graminéen (adventices). Très rapidement avec les cultures s'installent des espèces ligneuses comme *Chromolaena odorata* (stade sous-ligneux).

ESPECES EDIFICATRICES



ESPECES DE SOUS-BOIS



(d'après Favrichon 1991)

521.2. Stade arbustif pionnier

Apparaît souvent ensuite le stade arbustif pionnier (*Macaranga spp.*, *Musanga cecropioides*, *Anthocleista nobilis*, *Vismia guineensis*, *Trema orientalis*, *Solanum verbascifolium*) dont la durée est de l'ordre de deux décennies. L'une des phases cruciales de l'évolution du peuplement est celle du dépérissement du peuplement arbustif pionnier. Ce phénomène pourrait être notamment dû à une compétition excessive notamment au niveau racinaire combiné à une sénescence précoce des espèces concernées.

Deux principaux schémas d'évolution peuvent être retenus en fonction de la pression humaine (Kahn 1982) :

- dans les régions où la pression humaine sur le milieu est faible, les trouées sont colonisées par des arbustes forestiers pionniers dont la durée de vie est variable. Leur dépérissement est progressif, les arbustes sont remplacés au fur et à mesure par des espèces de longévité supérieure présentant souvent une phase sciaphile initiale. La structure globale de ces peuplements reste homogène dans le temps ;
- dans les zones où la pression humaine est intense et ancienne, certaines espèces arbustives sont inféodées aux milieux anthropisés. Ces espèces qui ont acquis le statut de rudérales, constituent des peuplements denses, de une ou deux espèces dominantes, dont la durée de vie n'excède pas dix ans (*Macaranga hurifolia*, *Trema orientalis*, *Chromolaena odorata*...). Le dépérissement de tels peuplements est rapide et massif. Il affecte l'ensemble du peuplement. La structure de ces peuplements est alors fortement perturbée.

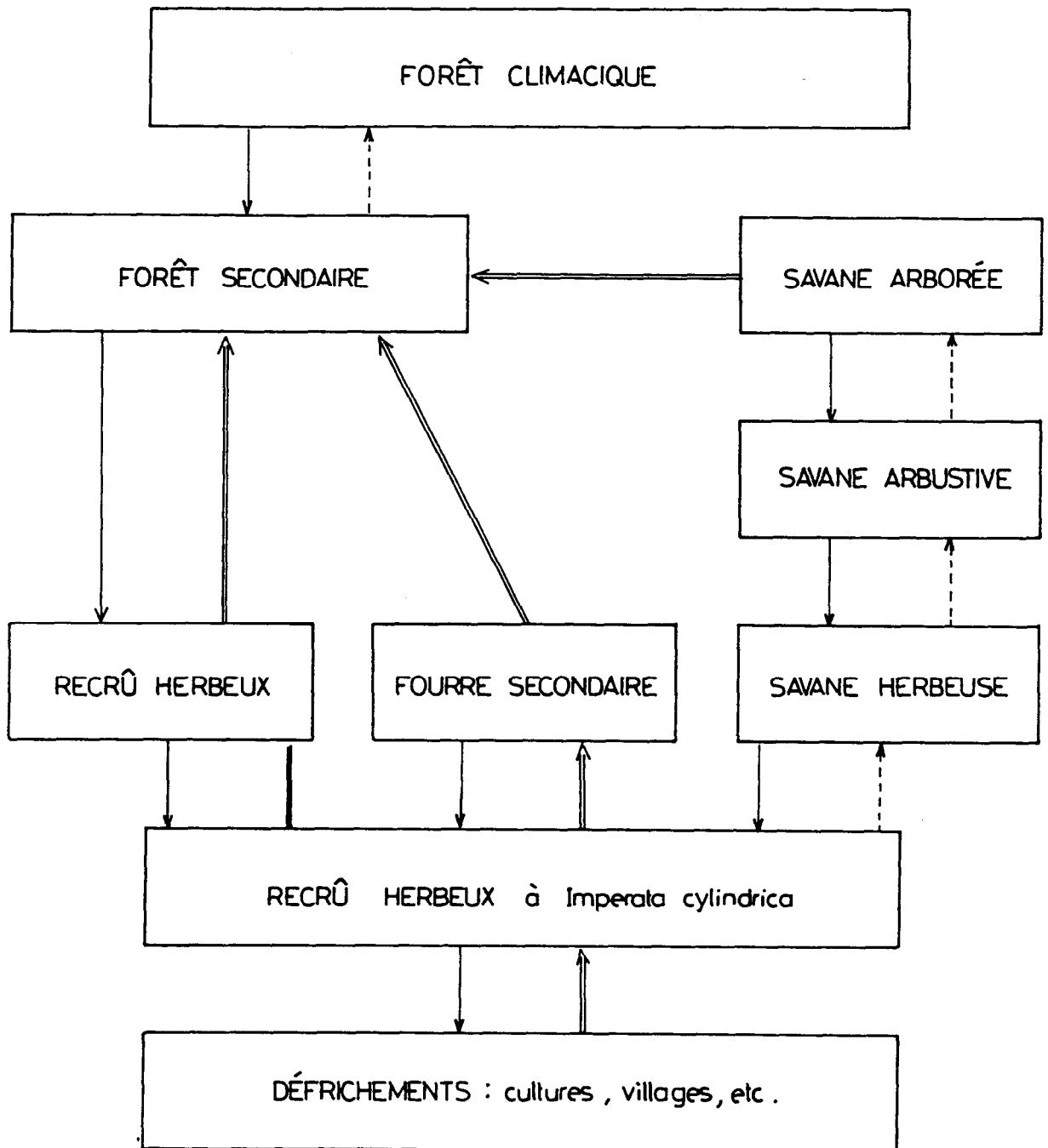
521.3. Stade pré-climacique

Le stade pré-climacique qui succède au stade arbustif pionnier est réalisé par le développement d'arbres à croissance rapide et de tempérament héliophile (*Fagara macrophylla*, *Piptadeniastrum africanum*, *Canarium schweinfurthii*, *Funtumia elastica*, *Cleistopholis glauca*, *Terminalia superba*, *Terminalia ivorensis*, *Triplochiton scleroxylon*, *Albizia zygia*, *Albizia adianthifolia*, *Sterculia tragacantha*, *Nauclea diderrichii*, *Milicia excelsa*, *Uapaca esculenta*, *Uapaca guineensis*...). Ces arbres reconstituent une charpente forestière dans un délai de trente à quarante ans. Ce sont des espèces à croissance rapide à moyenne. Ces espèces à forte croissance sont souvent caractéristiques des forêts semi-décidues. Elles peuvent aussi prospérer dans les zones sempervirentes à la faveur des interventions humaines (défrichement, exploitation forestière, feux).

521.4. Stade climacique

A des espèces d'arbres, de taille moyenne à grande, vont succéder progressivement des espèces de première grandeur. Ces dernières espèces sont plus longévives mais leur croissance est aussi plus lente. Le stade climacique caractérisé par la dominance d'arbres de grande taille se réalise par substitution progressive de flore. Les espèces d'arbres caractéristiques de ce stade sont caractérisées d'espèces "sédentaires, structurantes ou de soutien" (Puig 1992). Elles ont généralement une durée de vie assez longue pouvant dépasser le siècle. Le délai minimum

DYNAMIQUE DE LA VÉGÉTATION DANS LE SECTEUR MESOPHILE
(évolution progressive observée \Rightarrow , évolution supposée \leftarrow - - \leftarrow , dégradation \rightarrow).



d'installation de ce stade est en effet de l'ordre de soixante à cent ans (Kahn 1982). Ces espèces donnent à la forêt son aspect organisé dans tous les ensembles structuraux, depuis le sol jusqu'à la voûte.

Ce sont des espèces dont la fructification rythmique n'apparaît que chez des sujets âgés. Les germinations se produisent souvent au pied ou au voisinage de l'arbre semencier sous le couvert des arbres préexistants.

Naturellement, en l'absence d'intervention sylvicole, les forêts se reconstituent très lentement après destruction et défrichement total. A ce propos, il existe en Afrique de vastes zones forestières dont l'origine est sans doute secondaire, elles correspondent à des défrichements anciens ; c'est le cas notamment de la forêt littorale du Gabon à *Aucoumea klaineana* et *Sacoglottis gabonensis* (Aubréville 1938) ou de la forêt littorale du Cameroun à *Lophira alata* et *Sacoglottis gabonensis* (Letouzey 1957).

522. Séries régressives

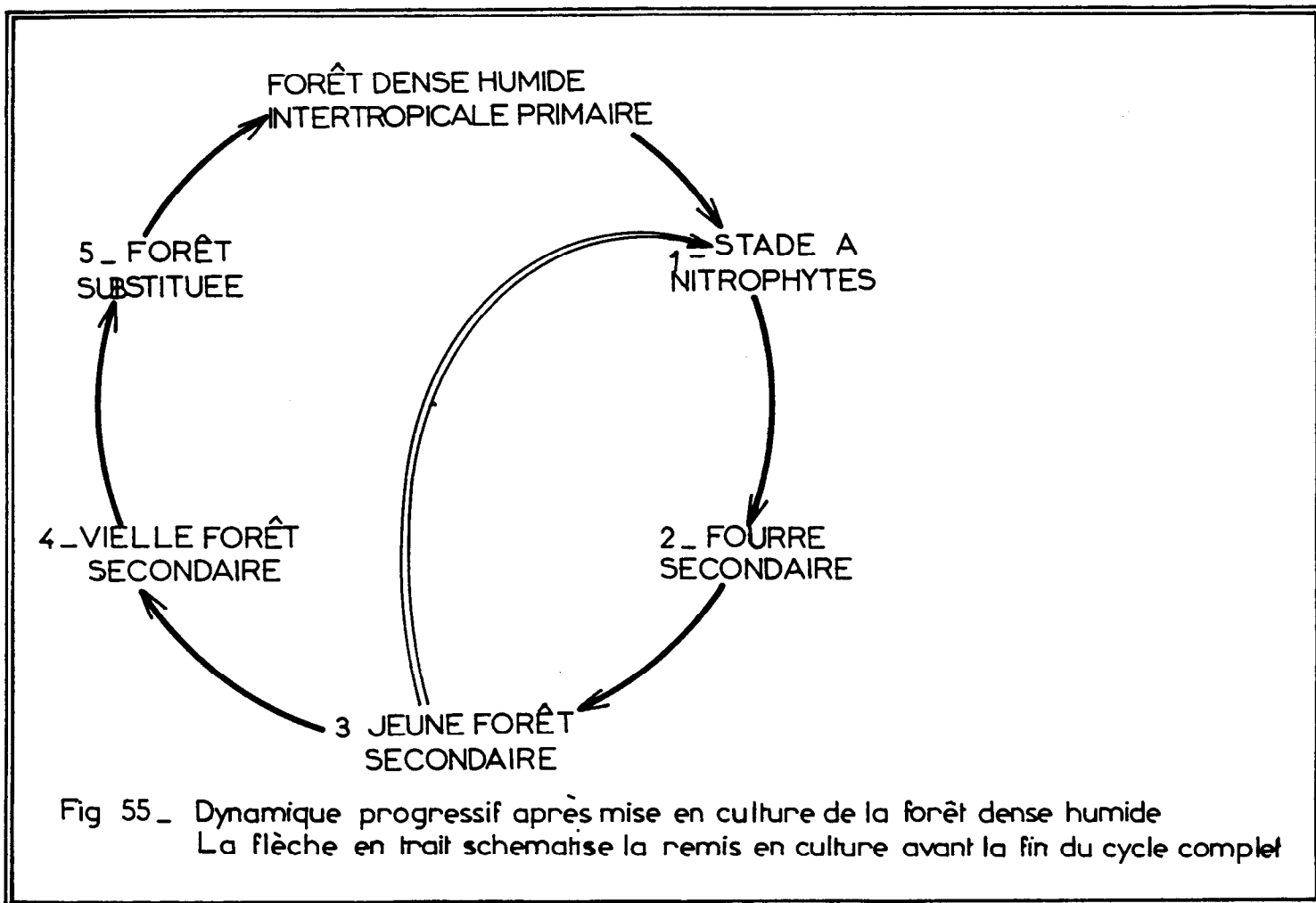
A l'évolution progressive des jeunes jachères vers la forêt climacique il faut opposer une évolution régressive aboutissant à des groupements de plus en plus dégradés dont le stade ultime est la savane (Aubréville 1947). La forêt dense humide ne peut se reconstituer et cède la place à des savanes. Les causes de cette dégradation sont souvent anthropiques : méthodes culturales inadéquates, feux... Elles peuvent être ensuite renforcées par des conditions climatiques défavorables au maintien des formations végétales les plus humides (diminution des précipitations, augmentation de la durée de la saison sèche).

Classiquement on observe en zone de forêt dense humide après défrichement le développement et le maintien de formations à *Chromolaena odorata* en lisière de forêt dense. Des cycles culturels trop courts et le passage répétés des feux bloquent la reconstitution des formations forestières et favorisent une rapide dégradation des sols. Une évolution régressive vers des formations graminéennes (à *Pennisetum sp.*, *Imperata sp.* ...) est souvent constatée.

Chapitre 1 . Tableau 12 :

Influence de la durée des cultures de riz pluvial sur la nature et la densité (sur 20 m²) des adventices. Casamance-Sénégal. (Dupriez 1993).

Formation végétale	sous forêt	dans les cultures			
		4	13	47	91
durée de culture (ans)	0	4	13	47	91
Type d'adventices					
Monocotylédones	602	184	1181	2327	3950
Dicotylédones	58	39	560	371	451



nombre de plantules germant sur le sol va croissant probablement avec le stock de semences des adventices indésirables. La jachère forestière change les conditions de reproduction des espèces notamment les espèces à cycle court comme les graminées. Dès qu'un couvert s'installe, le développement de ces espèces héliophiles va décroissant.

Les formations végétales à *Azelia africana*, *Erythrophleum suaveolens*, *Parinari excelsa*, *Terminalia glaucescens*, *Lophira lanceolata*, *Borassus aethiopum*, *Bridelia ferruginea*, *Lannea acida*... sont des faciès de transition climatique de la forêt dense vers les savanes. Leur existence en zone de forêt dense est souvent l'indice d'une évolution régressive ancienne et d'une reconquête forestière partielle. Ces formations ligneuses peuvent céder la place à des savanes arbustives à *Bridelia ferruginea*, *Albizia adianthifolia*, *Hymenocardia acida*... ou à des savanes herbeuses à *Pennisetum purpureum*, *Imperata cylindricum*. ... qui indiquent des stades de dégradation encore plus avancés.

Toutefois, dans de nombreux cas, un envahissement de la savane par la forêt a pu être observé à la faveur des défrichements culturels (Adjanohoun 1964, Aubréville 1947 et 1966, Miegue 1966, Spichiger et al. 1973, Peltre 1977, Spichiger et al. 1981, Devineau 1984, César 1990, Mitja 1992, Guelly et al. 1993). Les savanes en zone guinéenne, à climax fondamentalement forestier, favorisent ces processus de transformation des savanes. La protection contre les feux permet l'avancée des forêts dans ces zones édaphiquement et climatiquement favorables.

D'un point de vue strictement sylvicole, il est souvent intéressant de privilégier une approche "formation végétale" qui facilite la description de la physionomie des peuplements en vue de leur cartographie préalable à l'aménagement.

53. Les formations végétales

Pour décrire la végétation, les notions de formations végétales ont été souvent utilisées. Dans cette **approche physionomique**, après défrichement, les différents stades de reconstitution de la forêt décrits sont :

stade de nitrophytes ubiquistes postculturels => stade de friche préforestière => stade de "jeune forêt secondaire" => stade de "vieille forêt secondaire" => stade de forêt climacique (Aubréville 1947, Lebrun et al. 1954, Guillaumet et al. 1971, Trochain et al. 1980).

La durée de chacun de ces stades s'allonge régulièrement au fur et à mesure que la forêt vieillit. Ce phénomène correspond d'ailleurs à une évolution physionomique et structurale de la forêt. La durée de chaque stade est conditionnée par la durée de vie, le tempérament écologique et le degré de sociabilité des espèces le composant. Les premiers stades très rapides, sont quasi emboîtés les uns dans les autres. Les derniers stades durent beaucoup plus longtemps.

531. Stade postcultural a nitrophytes

Ce stade éphémère (moins de trois ans) correspond à l'enrichissement temporaire du sol en azote consécutif à la suppression du couvert forestier. Il est composé d'une flore d'espèces herbacées et suffrutescentes à caractère nitrophile et héliophile (*Rottboellia exaltata*, *Solanum spp.*, *Sorghum arundinaceum*, *Chromolaena odorata*, *Imperata cylindricum*, *Pennisetum purpureum...*).

En zone de contact forêt/savane, un stade ou la flore est dominée par des Astéracées (*Conizya bonariensis*, *Microglossa pyrifolia*, *Microglossa afzelii*, *Vernonia sp...*) a été identifié (Guelly et al. 1993).

532. Fourré secondaire

Ces fourrés difficilement pénétrables mesurent quatre à dix mètres de haut. L'aspect touffu est renforcé par l'existence de nombreuses lianes (*Mucuna spp.*, *Smilax spp...*).

Ils succèdent très rapidement au stade précédent. Le couvert est suffisamment clair pour permettre l'existence d'une souille de Zingibéracées et Maranthacées ainsi que de reliques du stade précédent. On peut y reconnaître un groupe d'espèces à aptitude écologique très large : *Anthocleista nobilis*, *Harungana madagascariensis*, *Macaranga hurifolia*, *Bridelia micrantha*, *Rauvolfia vomitoria*, *Trema orientalis...*

Ces fourrés créent un microclimat où vont germer et croître des espèces encore héliophiles mais qui demandent une certaine protection. A terme, certaines espèces surciment une partie du fourré : la physionomie de la formation devient alors nettement forestière.

533. Jeune forêt secondaire

Ce stade est caractérisé par une nette stratification verticale. La strate supérieure souvent monospécifique s'élève à quinze-vingt mètres de haut, elle est constituée d'espèces héliophiles pionnières naturelles : *Musanga cecropioides* (Parasolier), *Anthocleista nobilis* (Brobro), *Albizia zygia* (Ouochi), *Cleistopholis glauca* (Sobou), *Fagara macrophylla* (Bahé),... ou introduites (*Cecropia spp.*). Ces espèces produisent une abondante litière à décomposition rapide qui permet une rapide récupération des sels minéraux nutritifs solubilisés lors du défrichage. Très souvent, le paysan intervient à ce stade pour la remise en culture.

534. Vieille forêt secondaire

Elle est formée d'espèces héliophiles tolérant un certain couvert, à croissance moyennement rapide, de taille élevée (30-35 mètres de hauteur totale) qui se sont installées sous le couvert de la jeune forêt secondaire. On y retrouve des espèces telles que *Ricinodendron heudelotii* (Eho), *Canarium schweinfurthii* (Aiélé), *Terminalia superba* (Fraké), *Terminalia ivorensis*

(Framiré), *Ceiba pentandra* (Fromager), *Pycnanthus angolensis* (Ilomba), *Khaya anthotheca* (Acajou blanc), *Milicia excelsa* (Iroko), *Triplochiton scleroxylon* (Samba), *Spathodea campanulata* (Tulipier du Gabon), *Trichilia tessmannii* (Aribanda), *Sterculia tragacantha* (Poré-Poré), *Fagara macrophylla* (Bahé), *Funtumia spp* (Pouo), *Morus mesozygia*...

534.1. Caractéristiques physiologiques de la vieille forêt secondaire

Les caractéristiques physiologiques de la vieille forêt secondaire sont (Budowski 1970, Trochain et al. 1980, White 1986) :

- une forte densité des strates inférieures ;
- l'absence de nombreux arbres à gros diamètres ;
- une relative pauvreté floristique avec tendance au grégarisme de certaines espèces : il y a environ deux fois moins d'espèces qu'en forêt primaire. La densité spécifique, nombre moyen d'espèces pour dix m², évolue comme suit en fonction du type de forêt (Mangenot 1955) :
 - * vieille forêt secondaire : 17 espèces/10 m² ;
 - * forêt semi-décidue primaire : 32 espèces/10 m² ;
 - * forêt sempervirente primaire : 50 espèces/10 m².
- la présence au sein de la forêt d'espèces héliophiles de lisières et de friches ;
- la présence d'espèces disséminées par l'homme comme le Palmier à huile (*Elaeis guineensis*) ;
- une haute concentration en espèces semi-caducifoliées dans le domaine sempervirent ;
- l'abondance de lianes de faibles diamètres ;

534.2. Caractéristiques écologiques de la vieille forêt secondaire

Les principales caractéristiques écologiques de la vieille forêt secondaire sont :

- la dominance d'espèces d'arbres à croissance rapide ;
- la dominance d'espèces à fort pouvoir de dissémination (espèces anémochores et endozoochores) ;
- le faible développement de l'épiphytisme du fait d'un milieu trop lumineux et trop sec ;
- la rareté des grosses lianes qui s'accommodent mal de la poussée rapide des essences secondaires. Celle-ci contraste avec l'exubérance des plantes grimpantes non ligneuses.

535. Forêt substituée

Cette forêt a repris l'allure d'une forêt dense humide primaire. Il y subsiste encore à l'état de reliques des essences héliophiles caractéristiques du stade précédent. Il faut citer le cas de *Lophira alata* (Azobé) qui caractérise les zones de forêts défrichées du Sud Cameroun (Letouzey 1968). Ses semis héliophiles n'existent pas sous les forêts primaires. Les forêts denses riches en Azobé sont des forêts secondaires plus ou moins anciennes.

L'abondance de certaines espèces anémochores (*Terminalia superba*, *Triplochiton scleroxylon*, *Alstonia boonei*, *Funtumia elastica*, *Petersianthus macrocarpus*...) atteste de l'intensité de leur secondarisation (Schnell 1976). Rien ne permet de déterminer avec précision la durée du cycle de reconstitution de la forêt : le siècle est une durée minimale (Trochain et al. 1980), que confirme les comptages de cernes (Detienne et al. 1975, 1976).

En République Démocratique du Congo (ex. Zaïre), la même dynamique a été observée et abondamment décrite (Tailfer 1989). Pour ses cultures, l'homme défriche et incinère là où le sol, protégé du soleil et des pluies, lui apparaît comme étant le plus fertile. Après l'abandon des champs, un sous-bois se reconstitue rapidement dominé par quelques espèces à bois très tendre (*Musanga*, *Oncoba*, *Trema*, *Myrianthus*, *Macaranga*, *Trilepisium*, *Ceiba*...). A ces essences héliophiles succèdent d'autres telles que *Ricinodendron heudelotii* (Essegang), *Alstonia boonei* (Emien), *Pycnanthus angolensis* (Ilomba), *Milicia spp.* (Iroko). *Terminalia superba* (Limba) et *Triplochiton scleroxylon* (Ayous) constituent eux des stades ultimes. Ainsi par paliers successifs s'interpénètrent progressivement, se reforme la "forêt remaniée" économiquement la plus riche. *Canarium schweinfurthii* (Aiélé), *Antiaris toxicaria* (Ako), *Pentaclethra macrophylla* (Mubala), *Heritiera utilis* (Nianganon), *Triplochiton scleroxylon* (Samba), *Nesogordonia papaverifera* (Kotibé), *Mansonia altissima* (Bété) ouvrant la voie aux grandes Méliacées et Caesalpiniées sous lesquelles germent des espèces sciaphiles à bois de plus en plus dur.

54. Richesse en espèces commerciales des forêts secondaires

L'exploitation forestière industrielle de bois d'oeuvre a très rapidement évolué en quelques décennies. Depuis très longtemps, l'exploitation de bois d'oeuvre est tournée essentiellement vers l'exportation. Les dernières décennies ont vu se développer un marché intérieur notamment avec l'urbanisation croissante en Afrique. Cette consommation croissante de bois d'oeuvre s'est accompagnée d'une explosion de la consommation de bois-énergie.

A titre d'exemple, au début du siècle en Côte d'Ivoire, l'exploitation forestière concernait une seule espèce : l'Acajou bassam ou Acajou d'Afrique (*Khaya ivorensis*). En 1925, quatre essences supplémentaires étaient utilisées : l'Iroko (*Milicia excelsa*), le Makoré (*Thieghemella heckelii*), le Bossé (*Guarea cedrata*) et le Tiama (*Entandrophragma angolense*). En 1936, trente cinq espèces étaient utilisées en Afrique tropicale (Aubréville 1936) dont vingt quatre en Côte d'Ivoire (Bergeroo-Campagne 1958). Elles sont au nombre de 75 en 1980 (Miélot et al. 1980) et atteignent quatre vingt quatre en 1992 (Dolumbia et al. 1992) dont plus de quarante commercialisées à l'échelle

industrielle (voir liste en annexe). Mais il faut encore rappeler que la production de bois d'oeuvre, qui est ici notre principal souci, doit s'inscrire dans un contexte de durabilité des forêts concernées. L'exploitation forestière entraîne un appauvrissement progressif de la forêt naturelle. Cet appauvrissement est dû, d'une part au prélèvement de l'exploitant forestier et, d'autre part, aux dégâts consécutifs à l'exploitation. L'intensité de l'exploitation forestière est variable. L'évolution régressive de la forêt peut être très rapide si le taux de prélèvement par exploitation est fort.

Au Libéria, après une première exploitation d'une forêt primaire riche en essences de valeur commerciale où le prélèvement lors d'une première exploitation a varié entre 10 m³/ha et 20 m³/ha, l'évolution du peuplement est la suivante :

Chapitre 1 . Tableau 13 :

Evolution des paramètres dendrométriques d'une forêt dense primaire au Libéria après exploitation forestière (Parren 1991).

	Forêt primaire	Forêt exploitée
Surface terrière (m ² /ha)		
* Totale	35-40	21-24
* Espèces commerciales	11-15	3-8
Densité (tiges/ha)		
* Totale Diam > 10 cm	500-600	310-370
* Espèces commerciales		
- Diam > 10 cm	80-100	35-60
- Diam > 50 cm	25-30	7-17

Le taux de disparition des tiges commerciales excède très largement le prélèvement par l'exploitation forestière. L'importance des dégâts occasionnés par l'abattage, le débardage des bois et l'ouverture du réseau routier sur les arbres non exploités vient s'ajouter au prélèvement par l'exploitation forestière. Dans ce cas d'espèce, environ 35% à 40% du capital d'espèces commerciales a disparu après la première exploitation (Parren 1991).

La richesse en essences commerciales exploitables diminue donc rapidement avec l'exploitation forestière.

Chapitre 1 . Tableau 14 :

Densité en tiges/ha des essences commerciales (75 espèces) de diamètre supérieur à 50 cm, 60 cm et 80 cm pour différents types de forêts secondaires riches en Côte d'Ivoire -Inventaire 1975. (Miélot et al. 1980).

Diamètre limite	Densité en tiges/ha		
	>50 cm	>60 cm	>80 cm
forêt sempervirente	10	6	2
forêt de transition	18	12	4
forêt semi-décidue	26	16	7

En Côte d'Ivoire des estimations récentes de massifs exploités à plusieurs reprises peuvent être comparées aux précédents chiffres qui concernaient des forêts peu exploitées.

Chapitre 1 . Tableau 15 :

Densité en essences commerciales (75 espèces) pour deux types de forêts denses aménagées - Inventaires 1987 - Côte d'Ivoire. (Mengin-Lecreulx 1990, Brevet 1991).

Diamètre limite	Forêt sempervirente (Yapo)			Forêt semi-décidue (Haut-Sassandra)		
	>40 cm	>50 cm	>60 cm	>40 cm	>60 cm	>80 cm
Densité (tiges/ha)	4 à 6	1 à 4	1 à 2	20 à 43	4 à 10	1 à 3

L'ensemble de ces données confirme, si besoin était, l'appauvrissement très rapide des forêts naturelles lorsqu'elles ne sont pas aménagées rationnellement.

Chapitre 1 . Tableau 16 :

Composition en essences commerciales (75 espèces) de quelques dispositifs expérimentaux en forêt naturelle. Côte d'Ivoire. (Miélot et al. 1980, Ledoux 1991, Brevet 1991).

	Espèces commerciales (tiges/ha)		
	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3
<u>Forêt sempervirente</u>			
1975 (Irobo) Diam.>50 cm	4,2	1,5	4,3
1987 (Yapo) Diam.>50 cm	2,6	3,5	5,0
<u>Forêt semi-décidue</u>			
1975 (Téné) Diam.>40 cm	25,5	11,5	4,3
1987 (Ht Sassandra)Diam.>40 cm	17,9	7,3	3,9

Ces chiffres concernent des dispositifs expérimentaux installés dans des "forêts riches" (périmètres, placeaux permanents et temporaires), contrôlés et suivis par la recherche. Pour le massif forestier du Haut-Sassandra d'une superficie de 105.000 hectares, situé en zone de forêt semi-décidue ivoirienne (C.T.F.T. 1974, Sodefor 1989, Brevet et *al.* 1993), il a été possible de comparer l'évolution de la composition en essences commerciales à quinze ans d'intervalle et d'évaluer ainsi l'impact de l'exploitation forestière sur les peuplements de quelques permis d'exploitation.

Entre 1973 et 1987, pour un prélèvement moyen estimé à 2 m³/ha/an, les effectifs du peuplement commercial (arbres de diamètre supérieur à 60 cm) ont fortement diminué à raison de 0,5 tiges/ha/an. Pour les espèces de première catégorie dont le diamètre est supérieur à 60 cm, la densité est passée de 7,4 tiges/ha à 1,1 tiges/ha dans les zones intensivement exploitées. Pour l'ensemble des espèces commerciales de diamètre supérieur à 60 cm, la densité est passée de 10,6 tiges/ha à 3,8 tiges/ha.

Chapitre 1 . Tableau 17 :

Effectifs /ha des essences commerciales en 1973 et en 1987. Sud de la forêt classée du Haut-Sassandra. (Diamètre supérieur à 60 cm). Côte d'Ivoire. (Brevet 1993).

Essences commerciales	Inventaire 1973	Inventaire 1987
Catégorie 1	7,43 tiges/ha	1,09 tiges/ha
Catégorie 2 et 3	3,19 tiges/ha	2,74 tiges/ha
Total	10,62 tiges/ha	3,83 tiges/ha

Bien que correspondant à des cas particuliers, ces exemples témoignent d'un appauvrissement qualitatif progressif mais rapide des forêts non aménagées. De telles observations sont confirmées dans l'Est ivoirien, à la frontière du Ghana. Par exemple, en forêt de Bossématié (département d'Abengourou), la surface terrière totale des tiges de diamètre supérieur à 10 cm n'est plus que de 16,5 m²/ha. La densité des tiges d'espèces commerciales de plus de 50 cm de diamètre est de 21 tiges/ha pour une densité de 182 tiges/ha d'espèces commerciales (diamètre supérieur à 10 cm).

6. LA FORET ET LE SOL

La forêt constitue la formation végétale la plus efficace pour la protection des terres (Bailly et al. 1979). Son action s'exerce par l'intermédiaire de plusieurs facteurs dont les principaux sont :

- le développement du système racinaire qui augmente la porosité et améliore la capacité d'infiltration du sol ;
- la présence des houppiers qui forment à une certaine hauteur, pour chaque strate, un véritable écran de protection et une surface d'évaporation ;
- les troncs le long desquels l'eau ruisselle et qui retiennent une partie de cette eau dans les écorces ;
- la litière dont l'épaisseur sur le sol peut atteindre plusieurs centimètres et qui constitue une couche absorbante, favorisant elle aussi l'infiltration de l'eau ;
- les sols forestiers ameublés par les racines et protégés par la litière qui joue le rôle d'une véritable éponge possèdent un pouvoir de rétention accru.

Les forêts denses humides fermées à plusieurs strates ont une action régulatrice plus marquée que les forêts claires ou les savanes. Les houppiers, en particulier, jouent un rôle important en interceptant une fraction importante des précipitations atmosphériques (25% à 35% de la pluviométrie totale). L'eau interceptée, maintenue à la surface des feuilles et des branches est évaporée. Le reste de l'eau arrive à la surface du sol avec une vitesse réduite et une faible énergie cinétique. Cette eau pénètre facilement dans le sol sans provoquer de ruissellement. La forêt régularise le régime des eaux en favorisant l'infiltration et le stockage de celles-ci dans le sol. La forêt enfin joue un rôle certain dans l'amélioration de la qualité de l'eau tant sur le plan physique que chimique.

61. Fertilité des sols

En zone de forêt dense humide, la fertilité des sols est le plus souvent médiocre. Elle réside largement dans le stock d'éléments minéraux contenu dans la matière organique et la biomasse végétale.

Beaucoup de sols des zones tropicales humides se caractérisent par une faible capacité d'échange cationique, par de faibles taux en éléments minéraux et par une acidité généralement marquée. Les propriétés physiques sont très variables mais la richesse chimique est souvent faible. L'horizon humifère est peu épais. Dans les sols acides, les phénomènes de toxicité aluminiques sont fréquents (Fallavier 1995). En milieu exondé, les sols sont essentiellement de type ferralitique. Ces sols ferralitiques sont moyennement désaturés. Leur fertilité est moyenne à médiocre. Le rôle des propriétés physiques est déterminant dans la fertilité des sols forestiers : présence d'éléments grossiers, de cuirasses... (Perraud 1971, Bertrand 1995). Indépendamment des zones climatiques, les propriétés physiques interviennent pour permettre une classification élémentaire des sols utilisables en particulier pour les plantations :

- les zones fertiles, avec des sols profonds pas ou peu gravillonnaires ;
- les zones à fertilité moyenne à médiocre avec des sols profonds gravillonnaires ;
- les zones à fertilité médiocre à mauvaise soit pour des raisons topographiques (relief accidenté), texturales (sols sableux), hydriques (sols peu profonds avec carapace ou cuirasse à faible ou moyenne profondeur).

62. Biomasse végétale et productivité primaire

Avant de nous limiter à une approche sylvicole, il est indispensable de rappeler la répartition de la productivité primaire nette en termes de biomasse végétale ou phytomasse. Ce paramètre est essentiel pour préciser la dynamique de croissance des forêts. L'aspect production de bois d'oeuvre, bien qu'économiquement capital, n'est qu'un des aspects de la productivité globale des forêts. L'arbre est à la fois une source et un puits de carbone grâce à la production photosynthétique du houppier. Cette production brute est ensuite répartie entre les différentes parties de l'arbre (houppier, tiges et racines).

Parmi les éléments minéraux, l'azote est celui qui est majoritaire dans les tissus végétaux. Les apports atmosphériques doivent pouvoir compenser les exportations (exploitation, lessivage, érosion...). Dans certains cas, compte-tenu que des capacités de stockage relativement faibles des sols tropicaux, l'azote est un facteur limitant de la croissance des peuplements forestiers.

621. Forêts denses primaires et peu perturbées

La phytomasse aérienne représente entre 200 et 500 tonnes/ha. La phytomasse racinaire représente de 25 à 50 tonnes/ha. La productivité primaire nette (troncs, branches, feuilles, fleurs, fruits, racines...) est en moyenne de 20 tonnes/ha/an. Elle varie entre 13 tonnes/ha/an et 32 tonnes/ha/an (Bartholomew *et al.* 1953, Lemée *et al.* 1975, Müller *et al.* 1965, Jordan 1985, Vitousek *et al.* 1986).

En zone de forêt dense sempervirente ivoirienne, l'accroissement annuel de la biomasse ligneuse aérienne (tronc et branche) est compris entre 1,6 et 6,1 tonnes/ha/an (Bernhard-Reversat *et al.* 1979). Pour la seule litière forestière, la production annuelle est comprise entre 9 et 12 tonnes/ha/an (Bernhard-Reversat 1970).

Chapitre 1 . Tableau 18 :

Biomasses végétales (en tonnes/ha) de forêts subéquatoriales de Côte d'Ivoire et du Ghana (Greenland et al. 1960, Huttel et al. 1975).

	Côte d'Ivoire			Ghana Greenwood
	Banco	Yapo	Anguededou	
Arbres				
Troncs et branches	360	330	}	173.6
Rameaux	105	95	}	}
Arbustes : tiges et rameaux	15	-	}	39.9
Lianes : tiges et rameaux	24	-	}	}
Feuilles	9	6	2.5	
BIOMASSE AERIENNE TOTALE	513	-	242.5	213.3
Racines	49	-	48	24.7
BIOMASSE TOTALE	562	-	290,5	238.2

En zone de forêt dense semi-décidue ivoirienne, l'accroissement annuel de la biomasse ligneuse aérienne est compris entre 5,2 et 8,5 tonnes/ha/an (Devineau 1976) :

622. Forêts secondaires

La phytomasse augmente régulièrement et progressivement au cours des différents stades de reconstitution de la forêt.

Chapitre 1 . Tableau 19 :

Phytomasse de différentes formations végétales en zone de forêt dense humide africaine (Bartholomew et al. 1953, Nye 1958, Greenland et al. 1960, Bernhard-Reversat et al. 1975, Jaffré 1983).

Formation végétale	Phytomasse totale (tonne/ha)
Recrû arbustif âgé de 1 an	8,8
Parasoleraies âgée de 2 ans	19,7
Parasoleraies âgée de 5 ans	112,3
Parasoleraies âgée de 8 ans	152,5
Vieille forêt secondaire âgée de 18 ans	175,1
Forêt substituée âgée de 50 ans	360,7

L'évolution très rapide de la phytomasse témoigne du dynamisme de croissance des formations végétales secondaires. En forêt ivoirienne, l'évolution de la végétation a été décrite dans une chronoséquence en forêt sempervirente de Taï (Jaffré et *al.* 1983) depuis le stade de friche succédant à une culture jusqu'au stade de reconstitution naturelle de la forêt quarante ans après. Cette chronoséquence est caractérisée par la dominance d'une Euphorbiacée, *Macaranga hurifolia*, dans les premiers stades pionniers.

63. Le rôle de la litière forestière

Les sols ferralitiques sont naturellement appauvris en éléments minéraux (P, K, Ca, Mg, Zn, S). Leurs constituants argileux sont classés comme argiles à faible activité du fait de leur faible capacité à stocker les éléments nutritifs échangeables. Du fait des températures élevées, la vitesse de minéralisation de la matière organique est élevée et la teneur en composés humiques est faible.

Ceci explique les faibles valeurs de la capacité d'échange des sols et des réserves en azote et phosphore. Cette rapide minéralisation ainsi que le lessivage explique le rôle fondamental de la litière dans le maintien de la fertilité des sols tropicaux.

La litière est la principale source d'approvisionnement en éléments biochimiques du sol. La matière organique est en particulier la principale réserve d'azote et de soufre du sol. Elle améliore de nombreuses caractéristiques du sol comme la capacité d'échange. Elle diminue la toxicité aluminique par complexation de l'aluminium libre et améliore le pH. La matière organique favorise l'activité de la faune tellurique et entretient la porosité (Gigou 1995). La production annuelle de litière, importante en zone tropicale, est fonction de la formation végétale.

631. Forêts naturelles

En forêt dense humide naturelle, la production totale de litière est de l'ordre de 6 à 14 tonnes/ha/an, les feuilles représentent 5 à 9 tonnes/ha/an (Laudelout et *al.* 1954, Hopkins 1966, Nye 1961, Bray 1964, Madge 1965, Hopkins 1966, Maldague 1970, Wanner 1970, Cornforth 1970, Misra 1972, John 1973, Bandhu 1973, Klinge 1974, Huttel 1975, Ramm 1975, Devineau 1976, Bernhard-Reversat 1976, Puig 1979, Vitousek et *al.* 1986, Sokpon 1995). Les feuilles représentent environ 80% de la biomasse produite (Sokpon 1995).

La production de litière sous recrû de Parasolier (*Musanga cecropioides*) est de 14-15 tonnes/ha/an (Laudelout et *al.* 1954).

Sous forêt claire ou savane forestière, la production de litière incluant la fraction épigée de la strate graminéenne est de 4 à 9 tonnes/ha/an (Makany 1976, Trochain 1980, Bernhard-Reversat 1993).

Chapitre 1 . Tableau 20 :

Production de litière (en tonne/ha/an). Forêt dense sempervirente et forêt dense semi-décidue. Côte d'Ivoire.

	Forêt Sempervirente				Forêt Semi-Décidue
	Banco plateau Thalweg		Yapo Plateau versant		
Feuilles	8,19	7,43	7,12	6,25	5,38
Fleurs et fruits	1,1	0,66	1,05	0,53	0,31
Branches	2,58	1,09	1,45	2,26	1,02
Total	11,87	9,18	9,62	9,04	6,71

La litière joue un rôle important dans le stockage des éléments minéraux et leur restitution au sol. Sa disparition ou sa destruction s'accompagne d'une chute brutale du stock d'éléments minéraux disponibles qui peut être un facteur limitant de la croissance des végétaux.

632. Plantations

A titre comparatif, les données de production de litière sous plantations sont les suivantes :

* Plantations "bois d'oeuvre"

- sous plantations forestières de Framiré (*Terminalia ivorensis*) de trente ans en Côte d'Ivoire, elle est de 8-9 tonnes/ha/an (Bernhard-Reversat 1976) ;
- sous plantation d'Okoumé (*Aucoumea klaineana*) adulte au Gabon, elle est de 10 tonnes/ha/an (Synnott et al. 1976) ;
- sous plantation adulte de *Gmelina arborea* en Sierra Léone, elle est de 4-6 tonnes/ha/an (Lamb 1968). Au Nigéria elle est de 2 à 3 tonnes/ha/an dans de jeunes plantations (Chijioke 1982) ;
- sous jeune teckeraie (*Tectona grandis*), âgée de quatre ans (Sénégal), la production de litière est de 5-6 tonnes/ha/an (Dommergues et al. 1960). Sous teckeraie adulte en Inde, la production de litière est de 6-7 tonnes/ha/an (Rao 1972).

* Plantation "biomasse"

- sous plantation d'*Acacia mangium*, (Côte d'Ivoire), la production de litière est de 5-6 tonnes/ha/an à quatre ans (N'guessan et al. 1990) et de 6-7 tonnes/ha/an à sept ans (N'guessan 1996). Au Congo, pour des plantations âgées de huit ans, la production de litière est de 7-8 tonnes/ha/an (Bernhard-Reversat et al. 1993) ;
- sous plantation d'*Acacia auriculiformis* âgées de sept-huit ans, la production de litière est de 5-6 tonnes/ha/an (Congo) à 6-7 tonnes/ha/an (Côte d'Ivoire) (Bernhard-Reversat et al. 1993, N'guessan 1996) ;
- sous plantation d'*Eucalyptus PFI* et d'*Eucalyptus saligna* au Congo, la production de litière est de 4-5 tonnes/ha/an (Bernhard-Reversat 1993) ;
- sous plantations de légumineuses âgées de sept ans (Côte d'Ivoire), *Leucaena leucocephala* et *Albizia lebbek*, la production de litière est de 6-7 tonnes/ha/an (N'guessan 1996).

* Plantation "agricole"

- sous cacaoyère âgée de trente ans (Cameroun), la production de litière est de l'ordre de 6 tonnes/ha/an (Boyer 1973) ;
- sous caféière, elle a été estimée à 7-8 tonnes/ha/an (Heuveldope 1985).

En basse Côte d'Ivoire, en zone de forêt dense humide sempervirente, le cycle de chute des feuilles comprend toujours un minimum pendant la grande saison des pluies (juin-octobre). Il comprend un ou deux maxima pendant la grande saison sèche (décembre-mai). Sur le sol, le maximum de litière est atteint en grande saison sèche (3-4 tonnes/ha) et le minimum en juillet-octobre (1 tonne/ha). La vitesse de décomposition de la litière est liée aux cycles climatiques (Huttel et al. 1975). La décomposition de la litière est complète dans un délai de cinq à onze mois selon la position topographique. Elle est la plus lente sur les stations de plateau plus sèches (Nye 1961, Madge 1965-1969, Huttel et al. 1975).

En forêt dense semi-décidue ivoirienne, deux maxima de production de litière sont observés : en décembre-janvier (début de grande saison sèche) et en juillet-août (début de petite saison sèche) lors de l'interruption des pluies (N'guessan 1994).

64. Fixation et cycle des éléments minéraux

La litière forestière est l'interface végétal/sol qui assure le maintien de la fertilité des sols. Sur sols ferrallitiques, le cycle biogéochimique joue un rôle considérable en concentrant les nutriments disponibles dans l'humus (Duchaufour 1988). Ceci explique les pratiques ancestrales de cultures itinérantes accompagnées de défrichement par feux de brousse, qui utilisent pendant quelques années, la faible réserve de nutriments de l'humus. Dans la mesure

du possible, il faut assurer le maintien ou, au pire, une reconstitution rapide d'un couvert végétal dense et continu. Ce couvert végétal permet d'assurer un enrichissement en matière organique et éviter un ensoleillement direct des sols qui augmente notamment la vitesse de minéralisation.

641. Forêts naturelles et peu perturbées

Dans différentes forêts africaines (Ghana, Côte d'Ivoire, Cameroun, Zaïre), pour une phytomasse aérienne de 230 à 510 tonnes/ha, les quantités d'éléments minéraux immobilisés sont (Bernhard-Reversat 1975, Vitousek et al. 1986).

- azote : 850-1400 kg/ha ;
- phosphore : 70-110 kg/ha ;
- potassium : 350-750 kg/ha ;
- calcium : 1000-2400 kg/ha ;
- magnésium : 170-530 kg/ha.

Les apports annuels par les agents météoriques (pluie, vent, brouillard) ont aussi pu être estimés (Vitousek et al. 1986) :

- azote : 6-21 kg/ha/an.
- phosphore : 0.1-2.3 kg/ha/an.
- potassium : 2-17 kg/ha/an.
- calcium : 4-30 kg/ha/an.
- magnésium : 1-11 kg/ha/an.

En forêt dense humide ivoirienne, l'apport annuel au sol d'éléments minéraux est le suivant (Laudelout et al. 1954, Nye 1961, Bernhard 1970) :

Chapitre 1 . Tableau 21 :

Restitution annuelle des éléments minéraux sous forêt primaire et parasoleraie. Côte d'Ivoire.

Kg/ha/an	Forêt dense primaire	Parasoleraie
azote	150-250	140
phosphore	7-10	4
potassium	40-90	104
calcium	80-110	124
magnésium	40-60	43

Ces chiffres témoignent de la capacité de mobilisation des éléments minéraux dans les formations pionnières à *Musanga cecropioides* (Parasolier) dont la dynamique sera décrite ultérieurement.

Après défrichement, dans les formations secondaires, la vitesse de reconstitution des stocks d'éléments minéraux dépend de l'état de fertilité au moment de la mise en jachère (Jean 1975).

L'érosion permet l'accès des racines à de nouvelles couches du sol, s'il n'y a pas de cuirasse, la reconstitution des réserves peut être complète si la jachère est assez longue. Des durées de jachères d'une dizaine d'années sont couramment admises (Nye et *al.* 1960, Jean 1975, Gigou 1995).

642. Forêts secondaires

Les forêts secondaires succèdent à des défrichements agricoles. Elles s'installent dans des jachères après abandon des cultures. Dans les systèmes traditionnels de cultures itinérantes (trouées temporaires de un à trois hectares), les modifications des propriétés physiques et hydriques apportées au sol par sa mise en culture puis sa recolonisation naturelle sont faibles et éphémères (Fritsch 1982, Mitja 1992, Brabant 1992). Cette évolution des sols suppose de courtes périodes de culture associées à de longues jachères. Les modifications induites par le défrichement et la mise en culture concernent les horizons superficiels sur une épaisseur de dix à vingt centimètres. Lors de la mise en culture, la fertilité des sols baisse. La suppression du couvert forestier induit notamment :

- une modification des conditions physico-chimiques (température, lumière, pH...). Des phénomènes d'acidification des sols sont fréquemment observés dans les sols cultivés de la zone forestière ;
- une dégradation de la structure (martèlement du sol par les pluies) avec parfois formation de croûtes. Cette dégradation qui se traduit d'abord par l'apparition de phénomènes de compaction des horizons superficiels est la cause primaire de l'érosion hydrique diffuse ;
- des phénomènes de ruissellement et d'érosion superficiels ;
- un ralentissement de l'activité biologique des sols ;
- une activation du processus de minéralisation de la matière organique ;
- une baisse des stocks en cations minéraux et matière organique ;

Chapitre 1 . Tableau 22 :

Comparaison de l'accroissement moyen annuel de la phytomasse épigée et de l'immobilisation annuelle de bioéléments dans des recrûs forestiers.

	Age	Accroissement annuel de la phytomasse épigée (tonne/ha/an)	Immobilisation annuelle moyenne (Kg/ha/an)			
			N	P	K	Ca+Mg
R.D. du Congo (Bartholomew 1953)	5 ans	15,3	61	4	64	43
	18 ans	6,7	24	4	36	24
Côte d'Ivoire (Jaffré 1983)	4 ans	5,4	35	3	44	46
	15 ans	5,2	31	2	18	36
Ghana (Nye 1958) (Greenland 1960)	20 ans	6,0	25	2	21	32
	50 ans	5,0	29	2	15	42

Les jachères traditionnelles induisent très rapidement une évolution positive des sols si elles sont suffisamment longues. Le stock de bioéléments contenu dans la phytomasse épigée s'accroît au cours de la succession de formations secondaires. L'immobilisation des bioéléments par la végétation est plus intense au cours des premiers stades de reconstitution de la forêt. Ce phénomène est imputable notamment à des différences d'accroissement ainsi que de constitution biochimique des tissus végétaux des différentes espèces qui se succèdent (Jaffré *et al.* 1983).

643. Plantations forestières

Des mesures réalisées dans différentes plantations d'espèces telles que *Tectona grandis*, *Pinus caribaea*, *Gmelina arborea* (Drechsel *et al.* 1993), âgées de dix-quinze ans, montrent que pour une biomasse aérienne de 100 à 200 tonnes/ha, les stocks d'éléments minéraux immobilisés sont de l'ordre suivant :

- azote : 200-650 kg/ha ;
- phosphore : 20-170 kg/ha ;
- potassium : 200-1200 kg/ha ;
- calcium : 200-700 kg/ha ;
- magnésium : 50-200 kg/ha.

Au Cameroun, en forêt de Melap (Njoukam *et al.* 1995), les études de minéralomasse réalisées dans des plantations de *Pinus kesiya* et *d'Eucalyptus saligna* âgées de quatorze à quarante ans confirment l'augmentation logique de l'immobilisation de la minéralomasse avec l'âge.

Chapitre 1 . Tableau 23 :

Quantité d'éléments immobilisés dans des peuplements *Eucalyptus saligna* et *Pinus kesiya*. Forêt de Melap. Cameroun.

Espèce	Age biomasse (ans) aérienne (tonne/ha)		Minéralomasse (kg/ha)				
			N	P	K	Ca	Mg
<i>Eucalyptus saligna</i>	14	148	302	42	203	329	49
	40	521	1046	100	561	616	135
<i>Pinus kesiya</i>	14	221	531	23	169	151	58
	36	560	998	33	353	614	156

Lors de l'exploitation, les quantités d'éléments minéraux restitués au sol par les résidus d'exploitation (branches, écorces, feuilles) représentent plus de 50% de la minéralomasse mobilisée par les arbres.

Pour de jeunes plantations de *Tectona grandis* au Nigéria, âgées d'une dizaine d'années (Nwoboschi 1984), les besoins en éléments minéraux ont été évalués de la manière suivante :

- azote : 160-330 kg/ha/an ;
- phosphore : 30-80 kg/ha/an ;
- potassium : 250-550 kg/ha/an ;
- calcium : 150-350 kg/ha/an ;
- magnésium : 45-60 kg/ha/an.

Il faut garder à l'esprit que toute exploitation s'accompagne d'une exportation d'éléments minéraux qu'il est nécessaire de reconstituer soit naturellement soit artificiellement. Par exemple, par rapport au stock initial d'une plantation d'*Eucalyptus deglupta*, les pertes en potassium sont évaluées à 44% en début de deuxième rotation (vingt ans) et 68% en début de troisième rotation (Zech et al. 1995). Dans le cas de courtes rotations culturales, comme les plantations d'espèces à croissance rapide, celles-ci ne permettent pas la reconstitution des stocks par les apports météoriques (pluie, vent, ruissellement...). De fait, il est nécessaire de procéder à des apports extérieurs pour compenser ces pertes si l'on désire optimiser la productivité des écosystèmes de substitution et assurer leur durabilité.

7. LA DEFORESTATION

Au début de ce siècle, la déforestation avait atteint son maximum dans le monde développé alors qu'elle était relativement limitée dans le monde tropical. Ce phénomène a été inversé au cours des cinquante dernières années (Lanly 1993) : les surfaces boisées augmentent dans les pays industrialisés et tempérés sous l'effet de la reforestation naturelle et des reboisements, alors que dans les pays tropicaux et méditerranéens la déforestation est allée en s'accéléralant.

C'est ainsi que chaque année disparaissent plus de quinze millions d'hectares de forêts tropicales soit plus de 40.000 hectares par jour ! Pour la seule Afrique de l'Ouest le taux moyen de déforestation annuel pour la période 1980-1990 est de 0,8% soit 600.000 hectares/an (Singh 1993).

Chapitre 1 . Tableau 24 :

Taux de déforestation annuel en Afrique tropicale (Singh 1993).

Afrique	Surface forestière 1990 (millions d'hectares)	Taux de déforestation 1981-90 (% par an)
A. Ouest Sahélien	40,8	- 0,7
A. Est Sahélien	65,3	- 0,8
A. Ouest	55,6	- 0,8
A. Centrale	204,1	- 0,5
A. Sud Tropicale	145,9	- 0,8
A. Insulaire	15,8	- 0,8

Pour l'ensemble de l'Afrique tropicale le taux moyen de déforestation est de -0,7% par an. Ce qui frappe surtout l'observateur est l'augmentation du taux annuel de déforestation. En une décennie il a augmenté de +40% (F.A.O. 1991). Cette accéléralation est préoccupante d'autant plus qu'elle est observée dans l'ensemble de la zone tropicale.

71. Déforestation et modifications microclimatiques

La déforestation surtout lorsqu'elle porte sur des superficies importantes a des impacts multiples et notamment microclimatiques. Ce sont notamment :

- la suppression du rôle de réservoir d'eau de la forêt avec comme corollaire : l'augmentation du ruissellement, des crues, de l'érosion et des déficits hydriques ;
- l'augmentation de la vitesse du vent et la diminution de l'hygrométrie ;
- l'accroissement des écarts thermiques et de l'albédo au niveau du sol ;
- la diminution du rôle de filtre (absorption des poussières et des aérosols)...

Compte-tenu des variations macroclimatiques cycliques, les effets climatiques dus à la déforestation sont difficiles à évaluer exactement. Pour mémoire, il faut rappeler les observations climatiques réalisées et exposées précédemment (voir Chapitre : les forêts secondaires - les séries régressives).

72. Déforestation et érosion

Le ruissellement sous forêt naturelle varie de 5% à 26% des précipitations pluvieuses. L'écoulement le long des troncs des arbres représente environ 1% de la pluie incidente (Roose 1967). Les pluies interceptées par le feuillage représentent environ 6 à 13% des pluies incidentes (Huttel 1962, Cardon 1989, Ducrey 1990).

L'érosion sous forêt est caractéristique d'un milieu en équilibre. Les transports solides en suspension et par charriage sont faibles et varient relativement peu avec les débits (de 100 kg à 500 kg). Le chiffre maximum de 1 tonne/ha a été mesuré sur des sols de bas de versant (Casenave et al. 1980). En effet, souvent le long d'une pente, la vitesse d'infiltration diminue depuis sommet vers le bas-de-versant. Ce fait est corrélé en particulier à une diminution de la porosité (accumulation d'éléments fins, diminution de l'activité biologique dans les sols...).

Le plus souvent, la forêt dense humide vit pratiquement en équilibre avec l'horizon superficiel. Les pertes chimiques par drainage sont faibles et compensées par les apports pluviaux et les échanges roche-mère/sol. L'érosion mécanique sous forêt est comprise entre 0,2 et 1,0 tonnes/ha/an, les matières en suspension représentent 17% à 77% de cette exportation. L'érosion chimique est de l'ordre de 0,5 tonnes/ha/an (Roche 1990).

Lors d'un défrichage, l'homme intervient à trois niveaux d'une façon plus ou moins radicale sur la dynamique des sols (Roose 1971) :

- il détruit la végétation, la brûle plus ou moins complètement et réalise ainsi une minéralisation accélérée de la matière organique. Sur le moment, cette minéralisation brutale modifie positivement la fertilité des sols. Mais l'usage abusif des feux entraîne à terme une évolution régressive des sols ;
- il décape l'horizon humifère ou détruit sa structure par le passage répété des engins lourds lors des défrichements mécanisés. Le sol perd une partie de son potentiel de fertilité ;
- il dénude le sol qui se dégrade sous l'action conjuguée des pluies et de l'augmentation de la température.

Les propriétés physiques et chimiques des sols tropicaux ainsi que leur bilan hydrique sont fortement affectés par la déforestation. Très souvent la déforestation conduit à une évolution régressive des sols car elle est insuffisamment contrôlée.

Des mesures réalisées en forêt de Taï (Collinet *et al.* 1979) ont mis en évidence une érosion superficielle sous forêt naturelle de 150-300 kg/ha/an. Sous culture vivrière traditionnelle (simple abattis) cette érosion superficielle est de 500 kg/ha/an, elle atteint 800 kg/ha/an lorsque le sol est remanié (arrachage des racines).

Chapitre 1 . Tableau 25 :

Effet de la déforestation sur le ruissellement et l'érosion des sols en zone de forêt dense humide africaine (Huttel 1975, Bailly *et al.* 1979, Collinet *et al.* 1979, Roose 1981, Robert 1992).

Méthode de déforestation	Erosion du sol (t/ha)	Ruissellement (% pluie annuelle)
Forêt intouchée	0.03 à 0.5	0,1 à 0,9
Coupe à blanc manuelle	30 à 150	15 à 35
Coupe à blanc mécanisée	250	30 à 65
Plantation de Teck	2 à 10	0,1 à 1,0
Cultures	0.10 à 90	0,3 à 30
* Sol nu	117 à 231	24 à 48
* Cacao	0.06 à 0.1	0,3 à 0,4
* Banane	0.70 à 4,5	5,5 à 12
* Hévéa	0.06 à 3	0,3 à 1
* Ananas	0.16 à 1.4	
* Prairie	1 à 10	2 à 5
* Flemingia	0.14 à 4,2	1,2 à 12,9
* Manioc	19,0	16,0
* Maïs	2,6 à 19,1	2,6 à 5,5
* Arachide	5,6 à 14,1	7,7 à 11,0
* Riz sec	6,2 à 11,4	20 à 30

La méthode de déforestation utilisée ainsi que les cultures de substitution jouent un rôle important sur l'intensité des phénomènes d'érosion. Les phénomènes de défrichement et de mise en valeur de la forêt dense humide s'accompagnent de modifications du régime hydrique. Après défrichement, le ruissellement augmente et l'érosion qui suit le défrichement est très forte (Roose 1971, Sarrailh 1991).

L'influence de l'inclinaison de la pente sur l'érosion est généralement déterminante. Les phénomènes d'érosion peuvent se manifester sur des pentes très faibles, en particulier sur les sols fragiles mal structurés. Pour des pentes de 4%, le ruissellement atteint 20% à 35% (Roose 1981).

La déforestation mécanisée s'accompagne d'un compactage des sols et d'une diminution de leur porosité. Sous forêt, l'espace poral des sols se divise en deux classes de pores : d'une part des pores très fins (quelques dizaines de nanomètres entre les particules d'argile) et d'autre part des fissures et des chenaux d'origine biologique, de taille beaucoup plus variable (0,1 microns à 100 microns), qui délimitent les micro-agrégats argileux. Seuls les fissures et chenaux sont affectés par le compactage. La diminution de leur volume peut atteindre fréquemment 80%,

ce qui diminue d'autant la réserve en eau utile du sol. Après déforestation mécanisée, l'infiltration de l'eau est dix fois plus lente sur des oxisols et latosols. Une autre conséquence du compactage est le ralentissement des transferts d'eau vers les systèmes racinaires des plantes ainsi que la diminution de l'eau biologiquement disponible (Grimaldi 1993).

La déforestation, même suivi d'une remise en culture, entraîne des bouleversements importants du bilan chimique des sols car les eaux de drainage très abondantes entraînent 50% à 70% des éléments minéraux (Godefroy, et *al.* 1970).

Il faut remarquer que le défrichage perturbe profondément le fonctionnement hydrique du système sol-végétation (Ducrey 1990). Les réserves en eau utilisables en saison sèche deviennent quasiment nulles sur les quarante premiers centimètres. L'extraction des racines par déssouchage aggrave ce déficit. Il faut aussi noter que le défrichage entraîne fréquemment une remontée de la nappe phréatique en saison des pluies. Des phénomènes d'hydromorphie temporaire peuvent apparaître dans les stations de bas de pente.

La prise en compte de ces paramètres est importante en particulier pour la réussite des reboisements, phase ultime de la reconstitution artificielle de la forêt.

73. Précautions conservatoires

Le principe de base de la réalisation des opérations de déforestation consiste à dégrader le moins possible l'horizon humifère. Les précautions conservatoires élémentaires à respecter lors des opérations de défrichage peuvent se résumer comme suit (Roose 1971) :

- Ne défricher mécaniquement que les sols :
 - * fertiles (profondeur supérieure à 40 cm, Taux de gravillons inférieur à 60%) ;
 - * bien drainés ;
 - * ni trop légers (Argiles+Limons+Matière organique supérieure à 20%) ;
 - * ni trop pentus (pente inférieure à 4% - 7%).
- Ne travailler qu'en dehors des périodes pluvieuses.
- Limiter l'opération de déssouchage.
- Ne pas décaper l'horizon humifère.
- Planter les andains en courbes de niveau.
- Reconstituer la couverture du sol le plus rapidement possible.

Il est important de signaler que des pratiques culturales adéquates renforcées par des dispositifs anti-érosifs simples (cultures en courbes de niveau, diguettes, terrasses, plantes de couverture, paillage...) limitent fortement l'érosion. En fait l'érosion est le produit de l'influence de différents facteurs (pente, sol, culture...) et non leur somme, si bien que lorsque l'un d'eux s'annule, l'érosion devient effectivement faible et peut être progressivement contrôlée (Bailly et *al.* 1979).

74. Déforestation et biodiversité

Le stress d'un écosystème forestier peut provenir de diverses sources : surexploitation, restructuration physique, introduction d'espèces exotiques... Le processus général de dégradation s'accompagne de différents phénomènes tels que : la réduction de la diversité des espèces, la raréfaction des éléments nutritifs des plantes, un changement structurel, une diminution de la productivité...

Les ressources forestières, comme toutes les ressources produites par les systèmes biologiques, sont renouvelables tant que leur capital biologique de reconstitution reste intact. La biodiversité et l'intégrité biotique sont interdépendantes mais il reste aujourd'hui très difficile d'appréhender ces problèmes dans leur globalité. Par exemple la faune forestière a un rôle particulièrement important pour la diversité des essences. Les modifications de la composition ou de la diversité des espèces qui consomment des fruits et des graines peuvent influencer sur la diversité des essences et même affecter leur régénération (Bawa et *al.* 1991). Les effets d'une réduction de la diversité des mammifères sur les quantités de fruits tombés ont ainsi été observés. Le déclin général de la diversité de la faune aura des effets considérables mais différés sur la phytodiversité. La déforestation est considérée comme une des causes majeures de cette érosion de la biodiversité.

Les estimations de cette perte de biodiversité sont difficiles à calculer, le nombre des espèces vivantes n'étant lui-même pas exactement connu. Ce nombre varie entre trois et trente millions. Les forêts tropicales contiendraient entre 50% et 90% de ces espèces bien qu'elles couvrent moins de 10% de la surface terrestre. Il a été estimé qu'avec le taux actuel de déforestation, 4% à 8% des espèces pourraient s'éteindre d'ici 2015 et 15% à 35% d'ici 2040 (Losch et *al.* 1996)!

Les risques visant la diminution de la biodiversité sont souvent considérés en terme de perte d'espèces relativement faciles à quantifier. Il est également important d'essayer de prendre en compte les effets du déboisement sur les fonctions de l'écosystème en termes de valeur biologique et de valeur d'usage. Il apparaît que l'appauvrissement biotique qui accompagne la dégradation de l'écosystème excède largement la perte d'espèces en elle-même. Il faut se souvenir en effet que le déboisement engendre des effets associés qui dépassent son propre écosystème forestier.

Par ailleurs, le déboisement actuel en zone tropicale humide est caractérisé par une extension du déboisement sans précédent dans l'histoire récente de l'humanité qui est à associer à des augmentations tout aussi extraordinaires des émissions de gaz carbonique dans les pays industrialisés. Ces deux paramètres concourent à aggraver le risque de modification du climat. A titre indicatif, il est estimé au niveau planétaire que 55% des émissions de CO₂ proviendraient des combustions fossiles, essentiellement en pays développés contre environ 35% issues de la déforestation tropicale (Losch et *al.* 1996). Il faut aussi rappeler que l'Afrique représente moins de 10% des superficies forestières défrichées annuellement. L'essentiel des défrichements est en effet actuellement réalisé en Asie et Amérique tropicales.

Déforestation et cycle du carbone dans les écosystèmes forestiers

Dans les écosystèmes forestiers, les estimations des différents flux entre l'atmosphère et les écosystèmes anthropisés permettent d'évaluer le flux net entre la biosphère et l'atmosphère à l'échelle planétaire (Hampicke 1979 *in* Locatelli 1996). Ce flux net peut être considéré comme un flux induit par l'homme même s'il ne s'applique pas seulement aux écosystèmes anthropisés mais à l'ensemble de la biosphère influencée par l'augmentation du taux de dioxyde de carbone.

Chapitre 1 . Tableau 26 :

Flux nets de carbone entre l'atmosphère et la biosphère, directement ou indirectement induit par l'homme, en milliards de tonnes/an dans les écosystèmes forestiers (Hampicke 1979 *in* Locatelli 1996).

Activité humaine	Flux de carbone
Déforestation tropicale	+ 3,6
Utilisation industrielle du bois	+ 0,3
Utilisation du bois comme combustible	+ 0,3
Décomposition de la matière organique des sols	+ 0,6
Reboisement volontaire	- 0,3
Reboisement spontané sous les tropiques	- 1,0
Entretien des forêts tempérées	- 0,5
Stimulation de la croissance par CO ₂	- 0,3
Stimulation de la croissance par NO _x	- 0,2
Total	+ 2,5

Ces résultats montrent que la biosphère est globalement une source de carbone émettant environ 2,5 milliards de tonnes par an sous forme de dioxyde de carbone. Ce chiffre varie selon les méthodes d'estimation et les auteurs entre 0,4 et 8,0 milliards de tonnes/an. Malgré l'incertitude de ces estimations, une tendance générale se dégage : la biosphère apparaît globalement comme une source de carbone. Il est extrêmement improbable qu'elle devienne un puits de carbone dans les décennies à venir (Locatelli 1996). Le poids relatif de la déforestation en zone tropicale montre l'impact actuel de ce phénomène dans les écosystèmes forestiers.

75. Les mécanismes de la déforestation

La déforestation rapide est le résultat d'un ensemble d'actions convergentes qui peuvent être globalement résumées ainsi :

- une pression démographique croissante due à une forte natalité et des migrations régionales importantes de population d'origine rurale ;
- l'ouverture d'un réseau routier dense et bien entretenu ;
- la course à la terre liée au problème d'appropriation foncière ;
- des techniques culturales inadéquates, notamment la pratique des brûlis, induisant une perte de fertilité des sols, l'envahissement par des adventices indésirables... et l'abandon en jachères des anciennes forêts défrichées au profit de nouveaux défrichements ;
- le développement de cultures d'exportation encouragées par la puissance publique (café, cacao, palmier à huile, hévéa, ananas, banane...) au détriment des surfaces de forêts naturelles ;
- des besoins en bois croissants (bois-énergie, bois de service et bois d'oeuvre) ;
- l'absence d'aménagement des forêts naturelles (prélèvement en bois trop important, délimitation des forêts non respectée...)
- la non-association des populations rurales à la gestion du patrimoine forestier.
- la transformation brutale des feux de brousse pratiqués en milieu paysan pour la remise en culture des jachères en feux de forêts suite à une ouverture trop importante des massifs et peuplements forestiers...

751. Démographie et agriculture

La déforestation en forêt dense humide découle largement d'une politique volontariste de mise en valeur agricole combinée à une carence de politique d'aménagement du domaine forestier classé de l'Etat. Jusqu'à ce jour, le "foncier forestier" est très souvent un foncier de l'Etat qui a limité, précarisé et réduit la légitimité de la gestion foncière traditionnelle des populations locales (Bertrand 1991). Cette démarche a favorisé une logique de réappropriation du foncier par le monde paysan à travers les défrichements pour la "course à la terre" et le développement de cultures de rente favorisées par les institutions publiques.

Le rôle de la démographie dans l'accélération des processus de déforestation est à souligner. Dans les années cinquante, Bellouard (1959) notait déjà en Côte d'Ivoire : "Le recul de la forêt se fait à partir des centres de peuplement, des fleuves et des routes. Bientôt, il ne reste que des masses de forêt irrégulièrement découpées englobant des galeries forestières ; à un stade plus évolué, seules subsistent les galeries forestières assez épaisses..."

La population africaine augmente au rythme annuel de 3,1% par an, elle aura doublé en vingt cinq ans. A l'heure actuelle, cette population est deux fois plus nombreuse qu'en 1965 et au moins cinq fois plus qu'au début du siècle. Ce paramètre démographique explique partiellement "la course à la terre" observée depuis plusieurs décennies. Celle-ci est notamment renforcée par le caractère extensif des cultures et les insuffisances du régime foncier.

752. Des mécanismes interdépendants

Les mécanismes de la déforestation sont souvent interdépendants. C'est ainsi que l'agriculture itinérante ne peut expliquer seule la disparition de la forêt. L'exploitation forestière principalement par le biais de l'ouverture d'un réseau routier peut jouer un rôle catalyseur. Les forêts naturelles, rendues accessibles par le biais des pistes forestières, sont souvent progressivement converties en plantations de rente (café, cacao). Celles-ci peuvent être installées en particulier sous le couvert des arbres forestiers qui sera ensuite progressivement éliminé.

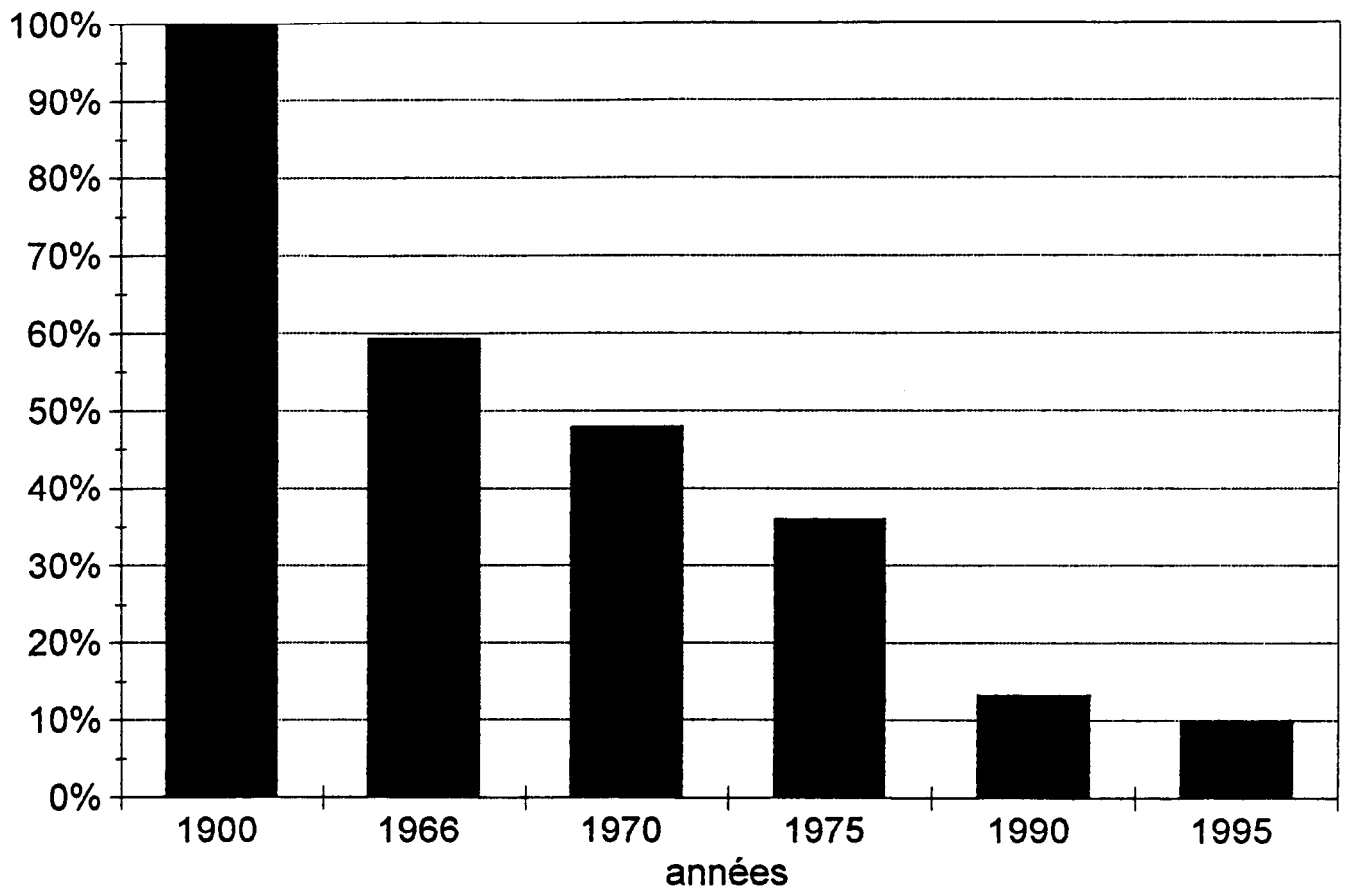
La déforestation peut selon les cas être le résultat d'une stratégie de survie (surpopulation) ou d'appropriation d'une rente forestière et foncière (migrations). Les populations forestières ont le plus souvent développé des systèmes de production associant les activités forestières et agricoles en les équilibrant. Ces systèmes sont souvent modifiés par des migrants qui peuvent privilégier l'utilisation immédiate de la rente forestière ou les stratégies spéculatives basées sur le foncier.

Les forêts denses humides ont le plus souvent été considérées par les exploitants forestiers comme des sources de produits forestiers et non pas des espaces à gérer. Du fait de l'explosion démographique, des besoins en bois-énergie croissants se sont rajoutés aux besoins en bois d'œuvre. Le prélèvement en bois sous toutes ses formes a ainsi souvent largement excédé les capacités de production des forêts. L'absence d'aménagement effectif des massifs forestiers en est la principale cause.

Une forêt dégradée, à couvert lacunaire du fait d'une exploitation trop forte combinée à une pénétration des agriculteurs, est sensible aux feux de brousse qui peuvent se transformer en feux de forêts et accélérer sa dégradation et sa disparition. La disparition des espèces arborées sensibles au feu entraîne une ouverture du couvert forestier et le développement des strates basses (*Chromolaena odorata*, graminées...) facilement inflammables à leur tour.

Or le feu est une technique culturelle ancestrale liée à la pratique des cultures itinérantes. Avec la combinaison de la répétition des feux et du retour rapide des cultures, la savane se substitue

Surface forestière conservée Forêt Dense Humide. Côte d'Ivoire



à la forêt. Ce recul de la forêt a d'abord affecté les lisières des massifs. Ensuite les cultures se sont généralisées et ont été installées à l'intérieur des massifs pour répondre à une demande croissante de terres fertiles. Depuis une décennie, les feux de brousse habituellement limités aux zones préforestières de savanes sont devenus des feux de forêts qui ont envahi les zones de forêts denses humides (Catinot 1986, Bertault 1992).

"La déforestation est en fait le résultat de processus organiquement liés dont chaque élément ne peut être tenu en soi pour responsable du phénomène, ce qui rend plus difficile l'application de remèdes à cette situation (Bertrand 1983)".

L'exploitation forestière, l'initiation des cultures de rente, d'abord du caféier et du cacaoyer, ensuite de l'ananas, du bananier, du palmier à huile, du cocotier, de l'hévéa ont largement consommé l'espace forestier. Les cultures sur brûlis se sont développées et étendues avec la pression démographique. Cette pression démographique entraîne une réduction du temps de jachère, dommageable tant pour la productivité que pour l'ensemble du milieu : diminution de la fertilité, prolifération des plantes adventices indésirables, aggravation de l'érosion... L'agriculteur à la recherche de nouvelles terres utilise les routes ouvertes par l'exploitant forestier dans les massifs récemment exploités. Leurs défrichements font disparaître les arbres, réserves potentielles des exploitants...

L'ensemble de ces processus repose sur des mécanismes d'appropriation de la terre. L'importance de ces mécanismes complexes et variés a trop souvent été négligée par le passé.

Par ailleurs, le problème foncier actuel est le fruit d'un affrontement entre des logiques différentes de société. A la conception réductrice moderne de la valeur de la terre, s'oppose souvent une conception communautaire plus ancienne mais vivace (Le Roy 1991). Les politiques foncières sont condamnées à l'innovation pour concilier les droits coutumiers et le monde moderne. Ce n'est qu'à ce prix que la forêt pourra acquérir un statut permettant son aménagement.

La mise en oeuvre d'un aménagement nécessite avant toute chose, une claire appréciation des problèmes fonciers (Aubréville 1958, Barnes 1990, Bertrand 1991 et 1992) ainsi qu'une gestion concertée de l'espace foncier avec les populations rurales concernées. La déforestation est un phénomène progressif évolutif avec de multiples facettes. C'est en réalité la résultante d'un ensemble de causes qui a permis un développement certain des pays concernés. Mais souvent les conséquences de ce développement agricole n'ont pas pu être limitées à temps par manque de moyens financiers et humains mais aussi par l'absence d'une volonté de résoudre le problème foncier de manière novatrice et originale.

La forêt apporte des avantages à l'agriculture, lesquels expliquent le système universel de "culture itinérante" (Ruf 1995). D'une façon paradoxale, ce système de culture dans son principe originel dépend de la régénération de la forêt. La raréfaction de la forêt, voire sa disparition conduit à l'émergence de nouvelles techniques agronomiques et à l'émergence de nouveaux itinéraires techniques. Les efforts réalisés pour faciliter la remise en culture des jachères sont déterminants pour la protection et le maintien du statut forestier de nombreuses zones.

L'exploitation forestière

Chapitre 2

L'exploitation forestière intensive en forêt tropicale africaine est un phénomène récent qui date du milieu du vingtième siècle. Cette activité s'est industrialisée depuis quelques décennies en zone de forêt dense humide africaine. L'exploitation forestière entraîne l'ouverture du couvert, la disparition de certains arbres ainsi que des dégâts dans le peuplement préexistant. C'est un des facteurs sylvicoles primordiaux de l'évolution ultérieure des peuplements forestiers tant sur le plan qualitatif que quantitatif.

Le contrôle de cette opération a trop souvent été négligé par le passé faute de moyens appropriés. Dès aujourd'hui, le contrôle de l'exploitation forestière doit faire l'objet de soins particuliers dans le cadre d'un aménagement des forêts denses humides.

Les deux dernières décennies ont vu l'intensification et la systématisation des procédés d'exploitation forestière : autrefois cueillette de quelques arbres de fortes dimensions, l'exploitation forestière s'est transformée en un prélèvement systématique des essences commercialisables. La fréquence des passages successifs en exploitation s'est accélérée ainsi que le volume des prélèvements réalisés.

L'exploitation forestière concernait par le passé essentiellement le bois d'oeuvre. L'exploitation de bois-énergie (bois de feu, charbon de bois) tend à se développer de plus en plus de nos jours pour répondre à des situations de pénurie (de Montalembert et *al.* 1983).

L'exploitation forestière est un des principaux outils à la disposition de l'aménagiste dans les forêts de production (Laurent et *al.* 1992). Son impact, aussi bien direct qu'indirect, sur l'écosystème forestier doit être évalué, quantifié et maîtrisé.

1. IMPACT DE L'EXPLOITATION FORESTIERE AU NIVEAU DU MASSIF

Les forêts denses africaines étaient considérées pendant longtemps comme relativement "pauvres" en espèces commerciales de bois d'oeuvre. Le prélèvement moyen par l'exploitation forestière était de 8 m³/ha, contre 13 m³/ha pour les forêts américaines et 27 m³/ha pour les forêts asiatiques (Bertrand 1986). Il était donc souvent nécessaire de parcourir de grandes superficies pour obtenir un approvisionnement suffisant pour des unités de type industriel. Avec la valorisation croissante de différentes espèces, on assiste à une régulière augmentation du prélèvement en volume.

En forêt dense intouchée, la mise en exploitation d'un massif intervient à trois niveaux (Estève 1983, Laurent 1992, CIRAD 1993) : la création de la base-vie, la constitution du réseau routier de vidange des bois et la réalisation des opérations d'exploitation (abattage et débardage). La création du campement induit la destruction de l'ordre de 0,04% du couvert. La mise en place du réseau routier correspond à la destruction d'environ 5% du couvert. Les superficies des trouées ou clairières d'abattage représentent environ 7,5% du couvert.

Chapitre 2 . Tableau 1 :

Evaluation au niveau du massif des dégâts consécutifs au passage en exploitation (Estève 1983).

Méthode d'exploitation	Pourcentage du couvert détruit			
	Débardage en une phase		Débardage en deux phases	
Richesse de la forêt (m ³ /ha)	8 - 10	15	5 - 6	10
Création du campement (%)	0,03 - 0,06	0,03 - 0,06	0,03 - 0,06	0,03 - 0,06
Création du réseau de route/pistes (%)	5	4,7	4,8	5,5
Clairières d'abattage (%)	1,25 - 2,50	1,90 - 3,75	0,62 - 1,25	1,25 - 2,5
	6,28 - 7,56	6,63 - 8,51	5,45 - 6,11	6,78 - 8,06

Ces estimations concernent des forêts primaires avec des bois de fortes dimensions (diamètre supérieur à 80 cm) et donc un volume unitaire important. Le prélèvement à l'hectare par l'exploitation est faible : une à deux tiges par hectare au maximum.

Différentes modalités de débardage sont utilisées. On distingue couramment :

- Le débardage direct ou en une phase :

Il correspond au débardage du pied de l'arbre jusqu'au parc de chargement bord de route. Ce débardage sur des distances courtes, 200 à 700 m environ, est normalement réservé aux forêts riches et facilement accessibles. La densité élevée du réseau routier qui en résulte, 10 km à 12 km pour 1000 hectares, est compensée par le volume récolté à l'hectare, 8 m³ à 15 m³. Le réseau complémentaire de pistes de débardage est estimé à 60 km à 80 km pour 1000 hectares.

- Le débardage en deux phases successives :

Il est utilisé lorsque la distance de débardage est trop importante (plus d'un kilomètre).

Il comprend deux opérations avec une rupture de charge :

- un débardage premier effectué sur une distance courte, 200 m à 500 m maximum, du pied de l'arbre jusqu'à un parc intermédiaire de tronçonnage en forêt. La densité des pistes de débardage primaire est de 80 m à 120 m par hectare ;
- un débardage second réalisé au moyen de tracteur à pneus sur des distances pouvant atteindre 2 km et évacuant les billes marchandes du parc intermédiaire au parc de chargement bord de route. Cette méthode est généralisée soit dans le cas de forêts pauvres soit d'accès difficile où le coût de construction unitaire des routes est élevé. La densité du réseau routier est comprise entre 5 km et 8 km pour 1000 hectares et celle des pistes de débardage second entre 6 km et 30 km pour 1000 hectares. Les pistes de débardage premier représentent entre 80 km et 100 km pour 1000 hectares.

2. IMPACT DE L'EXPLOITATION FORESTIERE AU NIVEAU DE LA PARCELLE

L'arbre, lors de son abattage, déracine, blesse, casse et écrase directement un certain nombre de tiges dans les différentes strates de la forêt. Le cas de figure souvent observé où les cimes des arbres sont reliées entre elles par des lianes ligneuses est à rappeler. Dans de telles conditions, l'arbre en cours d'abattage peut aussi entraîner avec lui des arbres voisins, les brisant ou les déracinant. Lors des opérations de débardage, de nouveaux dégâts sont occasionnés au peuplement par les engins de débardage. Ces dégâts concernent essentiellement les strates basses et en particulier la régénération naturelle.

21. Impact au sol de l'abattage

Lors de l'abattage d'arbres de grandes dimensions de l'étage dominant, les trouées au sol ont une surface moyenne qui varie de 150 m² à 350 m² par arbre exploité. Les dégâts sont variables en fonction de la taille de l'arbre mais aussi de son architecture.

Pour une exploitation de 8 à 10 tiges/ha, de diamètre moyen 50-60 cm, le taux de surface au sol endommagée varie entre 11% et 22% (Chatelperron et *al.* 1986, Brevet 1992, Laurent 1992). En forêt secondaire, pour des arbres de taille moyenne (40 à 50 cm de diamètre), issus des étages intermédiaires et à houppier étriqué, comme le Pouo (*Funtumia sp.*) par exemple, la surface moyenne de la trouée est d'environ 50 m² par arbre abattu (Sangaré 1989).

22. Impact au sol du débardage

La surface des dégâts occasionnés par le débardage varie entre 150 m² et 200 m² par arbre exploité. Pour un arbre abattu les dégâts sont bien entendu variables en fonction de la taille de l'arbre, de la taille du houppier, de la qualité du débardage... La densité des pistes est fonction du nombre de tiges débardées. Pour des arbres de diamètre 50-60 cm, l'impact au sol pour différentes intensités d'exploitation a été évalué (Brevet 1992).

Chapitre 2 . Tableau 2 :

Impact au sol du débardage pour différentes intensités d'exploitation.

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

La largeur des pistes de débardage est variable, entre trois mètres et six mètres selon le relief, le type de matériel utilisé, l'habileté du conducteur d'engin...

23. Impact global de l'exploitation forestière

Si les opérations d'abattage et de débardage sont regroupées, le nombre d'arbres endommagés varie entre 10 et 60 arbres endommagés par arbre abattu (Coïc 1990, Sangaré 1990, Tran-Hoang 1991, Laurent 1992).

Au Nigéria l'exploitation de 6 arbres/ha (soit 40 m³/ha) a endommagé 32 % des autres tiges (Baur 1962).

Dans une forêt dense riche centrafricaine, en moyenne 20% à 30% de la surface au sol est l'objet de dégâts pour une exploitation de 2,6 à 4 tiges/ha, 60 à 90 tiges/ha sont ainsi détruites soit une surface terrière comprise entre 2 à 3,5 m²/ha (Tran-Hoang 1991).

Une exploitation légère (2,6 tiges/ha) induit une disparition de 22% du potentiel sur pied soit 68 m³/ha (50 m³/ha exploité et 17,5 m³/ha détruit).

En forêt dense humide ivoirienne (forêt de Yapo), pour une densité de 9 à 13 tiges/ha exploitées environ 59 tiges/ha (2,8 m²/ha) sont totalement détruites soit 9% de la densité du peuplement avant exploitation (Brevet 1992). La mortalité concerne chaque classe de diamètre dans les mêmes proportions. Il faut ajouter à cette mortalité 92 tiges/ha endommagées par l'exploitation représentant 4,7 m²/ha de surface terrière. Les dégâts sont fonction de l'intensité d'exploitation (Brevet et al. 1992) :

- pour un prélèvement en exploitation de 5,5% de la surface terrière initiale (9 tiges/ha), la mortalité directe est de 5,4%. La surface terrière de peuplement irrémédiablement endommagé représente 3,5% de la surface terrière initiale (34 m²/ha). La surface terrière de peuplement d'avenir après exploitation représente 85,6% du peuplement initial ;
- pour un prélèvement en exploitation de 7,4% de la surface terrière initiale (13 tiges/ha), la mortalité directe est de 10,4%. La surface terrière irrémédiablement endommagée représente 6% de la surface terrière initiale (36 m²/ha). La surface terrière de peuplement d'avenir après exploitation représente 76,2% de la surface terrière initiale.

Au Cameroun oriental (Forni 1994), en forêt de Dimako, une exploitation a prélevé 0,35 arbres/ha soit environ 5 m³/ha. La superficie de la trouée moyenne est de 524 m²/arbre abattu. 5,5% de la surface totale a été perturbée par l'exploitation. 2,2 tiges/ha d'espèces commerciales ont été endommagées pour chaque arbre abattu.

En forêt secondaire déjà exploitée à deux reprises, 0,77 arbres/ha ont été prélevés, soit environ 11 m³/ha). 6,5 % de la surface totale a été perturbée par l'exploitation. 6,5% de la surface totale a été perturbée par l'exploitation.

L'exploitation forestière abusivement mécanisée peut aussi induire des phénomènes de compaction des horizons superficiels et une dégradation des qualités physiques des sols. La porosité des cinquante premiers centimètres du sol diminue de 20% à 50% dans les zones empruntées par les engins de débardage (Lamb 1990). Il en résulte une imperméabilisation des sols qui augmente le ruissellement superficiel de l'eau et donc l'érosion.

24. Exploitation forestière et délianage

L'effet d'un délianage préalable à l'exploitation minimise les dégâts sur le peuplement adulte conservé sur pied (Nicholson 1958, Wyatt-Smith et Foenander 1962, Fox 1968). Le nombre des lianes tend à augmenter avec l'ouverture du couvert. Dans les peuplements ouverts, elles prolifèrent et finissent par former de véritables rideaux qui relient étroitement les arbres entre eux.

Une étude comparative de l'influence du délianage avant exploitation, avec deux traitements, a été réalisée au Sabah (Fox 1968). Un traitement témoin a été comparé avec un empoisonnement des lianes avant exploitation. La parcelle unitaire a une surface de seize hectares. Le délianage a été réalisé un an avant l'exploitation. Les mesures ont concerné les tiges d'essences commerciales de plus de dix centimètres de diamètre.

Chapitre 2 . Tableau 3 :

Influence du délianage sur les dégâts d'exploitation dans les espèces commerciales (Fox 1968).

	Densité (tiges/hectare) d'espèces commerciales	
	Parcelle déliée	Témoin
Chablis ou volis	17.4	28.6
Blessures sur le tronc importantes	2.5	2.9
Houppier et écorce gravement endommagés	4.0	5.4
Total endommagé	23.9	36.9
Houppier très légèrement endommagé	4.3	5.1
arbres intacts	12.6	7.0
Total légèrement endommagé ou intact	16.9	12.1
Total	40.5	49.0

Après exploitation, 33% des tiges d'espèces commerciales sont intactes dans le traitement témoin contre 42% dans les parcelles préalablement déliées.

Des mesures concernant la régénération naturelle des espèces commerciales sont aussi citées à titre comparatif (Fox 1968).

Chapitre 2 . Tableau 4 :

Evolution de la régénération naturelle des espèces commerciales avant et après exploitation (Fox 1968).

Espèces commerciales	Avant Exploitation	Après Exploitation
Densité (tiges/ha)	1515	475
	Forêt non déliannée	
Densité (tiges/ha)	1635	520
	Forêt déliannée	

69% de la régénération des espèces commerciales a été détruit par l'exploitation. Le déliantage n'influence pas les dégâts dans la régénération naturelle. Par contre, le déliantage réduit considérablement les dégâts consécutifs à l'exploitation dans le peuplement adulte. Pour être efficace, le déliantage doit être réalisé suffisamment de temps avant l'exploitation.

25. Impact de l'exploitation forestière sur la régénération naturelle

L'exploitation forestière ne doit pas être un obstacle à la régénération naturelle ainsi qu'à la reconstitution qualitative et quantitative du peuplement adulte. Les arbres de petites dimensions sont très sensibles aux dégâts d'abattage. Lorsque le prélèvement est élevé, en moyenne 8 à 12 tiges/ha, les dégâts occasionnés aux peuplements sont très importants notamment dans les strates intermédiaires et la régénération. Dans les strates intermédiaires (diamètre 20-40 cm), environ 25% des tiges d'essences commerciales sont détruites et 20% endommagées. Les dégâts cumulés de l'abattage et du débardage concernent alors 40% à 50% de la surface au sol (Parren 1991).

Une étude de l'impact de l'exploitation sur la régénération installée (1 cm < diamètre < 10 cm) a été réalisée en forêt dense sempervirente ivoirienne (Brevet et al. 1992) immédiatement après l'exploitation.

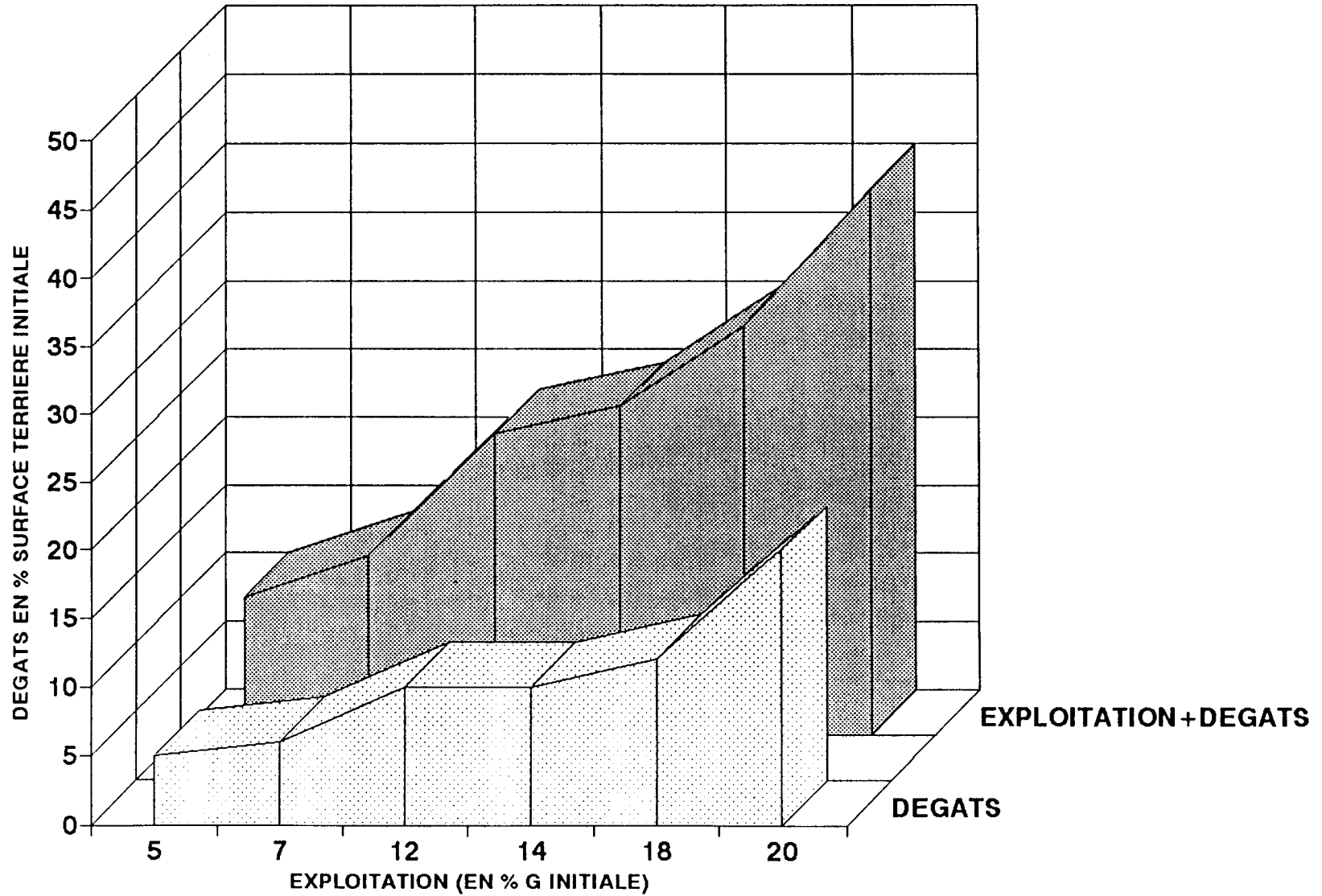
Chapitre 2 . Tableau - 5 :

Dégâts d'exploitation sur la régénération installée en forêt dense sempervirente - Yapo - Côte d'Ivoire.

	Densité de tiges/hectare		
	Mortes	endommagées	Intactes
Essences Commerciales	0 à 5	80 à 130	250 à 300
Secondaires	50 à 65	850 à 900	2500 à 3000

L'impact réel de l'exploitation est très important sur la régénération installée dont environ 25% des brins sont détruits ou endommagés par l'exploitation. 70% à 75% des brins endommagés sont cassés à moins de trois mètres du sol (Brevet et al. 1992).

DEGATS DE L'EXPLOITATION FORESTIERE EN FONCTION DU PRELEVEMENT



Chapitre 2 : L'exploitation forestière

Certaines espèces de la régénération installée rejettent de souche après exploitation et participent ainsi à la régénération après exploitation. Environ une tige sur deux qui a été endommagée par l'exploitation rejette ensuite de souche.

Chapitre 2 . Tableau 6 :

Nombre de rejets dans la régénération installée (1 cm < diamètre < 10 cm) après exploitation. Forêt de Yapo - Côte d'Ivoire - (Brevet et *al.* 1992).

Essences	Commerciales	Secondaires	Autres	Total
Densité (tiges/ha)	76	479	0	555

L'ouverture d'un réseau routier (routes, pistes) s'accompagne de l'apparition d'une régénération naturelle abondante. Des mesures ont été réalisées dans l'est Cameroun pour évaluer le degré de recolonisation des anciens réseaux routiers (Forni 1994).

Trente ans après avoir été abandonné, une régénération naturelle abondante s'installe sur la bande de roulement ainsi que sur les talus.

Les espèces commerciales représentent de 26% à 42% des tiges de la régénération naturelle. Ce sont principalement des espèces héliophiles : *Triplochiton scleroxylon*, *Mansonia altissima* et *Sterculia rhinopetala* représentent plus de 20% des tiges présentes sur la bande de roulement. Ces tiges ne dépassent pas quelques mètres de hauteur et sont toutes surcimées par des parasoliers.

La forêt se reconstitue avec des espèces cicatricielles après une phase de recolonisation par des pionnières héliophiles.

En forêt dense humide semi-décidue ivoirienne des comptages de régénération comparant des zones exploitées à des zones témoins (non exploitées) une dizaine d'années après exploitation ont été réalisés à un taux de sondage de 2%. Quarante cinq placettes de 0,02 hectares ont ainsi été inventoriées (Doumbia et *al.* 1994).

Chapitre 2 . Tableau 7 :

Densité de la régénération par catégorie d'essences dans des forêts exploitées et non-exploitées. Haut-Sassandra. Côte d'Ivoire. (Doumbia et *al.* 1994).

	Espèces Commerciales	Espèces secondaires	Lianes
Zone Exploitée	395	1563	200
Zone Non Exploitée	647	1674	167

Dans la régénération naturelle, les espèces commerciales de première catégorie sont représentées essentiellement par : *Mansonia altissima* (Bété), *Nesogordonia papaverifera* (Kotibé), *Aningeria robusta* (Aniégré blanc), *Gambeya africana* (Akatio) et *Scottelia klaineana*. (Akossika). Leur densité est seulement de 117 tiges/ha en zone exploitée contre 283 tiges/ha en zone non exploitée. La densité des espèces secondaires est ici peu affectée par l'exploitation.

Si les trouées créées par l'exploitation sont trop grandes, la régénération naturelle à venir est bloquée par le développement très rapide de fourrés à lianes ou d'autres adventices indésirables. Par conséquent il faut éviter l'ouverture de trouées trop grandes d'une part et d'autre part attendre la cicatrisation totale des anciennes trouées avant de procéder à de nouvelles exploitations.

3. ENSEIGNEMENTS TECHNIQUES

Plusieurs conclusions ont pu être mises en évidence à partir des dispositifs expérimentaux (Walton 1954, Nicholson 1958, Wyatt-Smith et al. 1962, Fox 1968, Baidoe 1972, Chatelperron et al. 1986, Coic 1988, Schmitt 1989, Sangaré 1989, Brevet 1992, Wencelius et al. 1992, Laurent 1992, Gartlan 1992, Dykstra et al. 1992, Sodefor 1993, Dupuy et al. 1993, Bruijnzeel et al. 1994, Bertault et al. 1995) :

- Le délianage préalable des parcelles réduit fortement les dégâts d'abattage dans le peuplement adulte ;
- Plus le prélèvement est fort et plus l'impact de l'exploitation sur le peuplement environnant augmente aussi bien en quantité qu'en intensité.
 - * pour un prélèvement direct de 5% de la surface terrière initiale, le peuplement final représente de l'ordre de 85-90% de la surface terrière du peuplement initial avant exploitation ;
 - * pour un prélèvement direct de 7-12% de la surface terrière initiale, le peuplement final représente de l'ordre de 80-85% du peuplement initial avant exploitation ;
 - * pour un prélèvement direct de 18% de la surface terrière initiale, le peuplement final représente de l'ordre de 70-75% du peuplement initial avant exploitation.
- A volume égal, plus les arbres exploités sont de petites dimensions plus les dégâts d'exploitation sont importants.
- La proportion d'arbres très abîmés ou détruits est davantage liée au type d'exploitation réalisé qu'à l'intensité du prélèvement effectué :
 - * pour une exploitation de bois d'oeuvre prélevant en moyenne 14% de la surface terrière initiale, le taux d'arbres endommagés gravement ou détruits est de 10% en moyenne ;

- * pour une exploitation mixte bois d'oeuvre/bois d'industrie prélevant 20% de la surface terrière, le taux d'arbres endommagés gravement ou détruits est de 20% en moyenne.
- Le nombre d'arbres abîmés par arbre abattu n'est pas proportionnel au nombre d'arbres abattus. Il dépend notamment de la topographie, du type de peuplement, de la densité des lianes, du type d'exploitation...
- L'impact global de l'exploitation est très important sur la régénération installée dont au moins 25% des brins sont détruits ou endommagés par l'exploitation.
- Environ une tige sur deux de la régénération installée qui a été endommagée par l'exploitation rejette ensuite de souche.
- L'amélioration des méthodes d'exploitation : déliantage, cartographie des arbres à abattre, abattage directionnel, planification du réseau de débardage... réduit de 30% à 50% les dégâts d'exploitation.

4. REGLES SIMPLES D'EXPLOITATION

Lors de l'exploitation quelques règles simples peuvent être proposées :

- lorsque cela est possible, inventorier et délianger deux ans à l'avance au minimum les arbres dont on envisage l'exploitation. L'importance du déliantage est double : d'une part il permet de limiter les dégâts de l'exploitation (chablis indirects) et d'autre part il peut être considéré comme une opération sylvicole d'amélioration des peuplements naturels ;
- fixer un diamètre optimum d'exploitabilité pour chaque espèce en fonction de critères technico-économique. En pratique, ce diamètre, sauf cas particulier, doit être d'au moins 60 cm ;
- au niveau du massif, garder des semenciers régulièrement répartis. A cet effet, s'assurer de la conservation de la diversité biologique à long terme en conservant au moins dix tiges/cent hectares de chaque espèce principale exploitée dont le diamètre est supérieur à 60 cm. Le chiffre minimum couramment admis pour assurer l'adaptabilité génétique à long terme (F.A.O. 1989 et 1994) est en effet de cinq cent individus adultes interféconds pour une surface unitaire de cinq mille hectares ;
- ne pas exploiter les espèces rares et ne pas intervenir dans les écosystèmes fragiles (forêt, galeries, zones hydromorphes, fortes pentes...) ;
- n'ouvrir à l'exploitation que les zones de forêts ayant une densité de régénération naturelle et/ou une densité de semenciers suffisantes (arbres de diamètre supérieur à cinquante centimètres cm). Cette densité minimum de semenciers est de l'ordre de douze tiges/ha en forêt sempervirente et de vingt tiges/ha en forêt semi-décidue. (Voir liste des espèces en annexe 1).

- Conserver tous les arbres de très grosses dimensions (diamètre supérieur à deux mètres) ;
- limiter le prélèvement afin d'une part de protéger le peuplement d'avenir et la régénération installée et d'autre part de limiter la prolifération des lianes et autres adventices indésirables dans les trouées d'exploitation. On n'exploitera pas deux arbres distants l'un de l'autre de moins de cinquante mètres pour éviter une ouverture trop importante du couvert ;
 - le maximum de volume exploitable à l'hectare est de 25-30 m³/ha, au-delà de ce seuil les dégâts d'exploitation deviennent très importants. Ce maximum doit impérativement tenir compte de l'accroissement du peuplement pendant la rotation choisie ;
 - cartographier les arbres à abattre et adapter le réseau de débardage en fonction de leur localisation et de la topographie ;
 - orienter l'abattage. L'orientation de l'abattage doit tenir compte de celle du réseau de débardage ainsi que de la localisation des arbres d'avenir ;
 - après exploitation, la superficie unitaire des trouées de régénération doit être de l'ordre de 500 m². Il faut ensuite travailler au profit de la régénération des espèces commerciales dans les trouées ;
 - s'assurer de l'existence d'une régénération installée (d'espèces commerciales) suffisante avant de déclencher les opérations d'exploitation forestière ;
 - les brins de la régénération endommagés par l'exploitation doivent être recépés ;
 - en pratique en forêt "primaire", il est nécessaire d'observer un délai minimum d'une vingtaine d'années entre deux exploitations successives pour permettre de réaliser les opérations sylvicoles qui garantissent la pérennité du peuplement : éclaircies, délianages, dégagements... En forêt secondaire, une rotation d'exploitation de l'ordre de trente ans à quarante ans est à rechercher aussi souvent que cela sera possible.

Favoriser un passage en coupe unique (coupe monocyclique). Le délai d'exploitation de la parcelle sera de deux à trois ans afin de conserver une certaine souplesse dans l'approvisionnement des industriels.

Le prélèvement par l'exploitation forestière doit être calculé en fonction de l'accroissement des peuplements dans le cadre d'un aménagement pérenne des forêts naturelles. En forêts appauvries, le prélèvement devra être adapté afin de rétablir une richesse et une diversité suffisante dans le peuplement commercial.

Toutefois de trop longues rotations (cinquante ans et plus) sont à prescrire pour de simples raisons. D'une part, il est très difficile en l'état actuel des choses de garantir l'intégrité d'une parcelle pendant de trop longues périodes. D'autre part de longues rotations supposent des prélèvements en bois importants qui induisent une ouverture du couvert difficile à contrôler et à doser. Les conséquences d'une forte ouverture du couvert sur l'avenir du peuplement sont en particulier

l'explosion d'une flore pionnière agressive et l'inhibition pendant plusieurs décennies la régénération de bon nombre d'espèces commerciales.

Une cartographie des peuplements, un marquage des arbres à abattre, des relevés de la régénération naturelle, une formation des conducteurs d'engins associée à une planification soignée de l'ouverture des routes et des opérations de coupe contribueront positivement à améliorer la pérennité des forêts exploitées.

L'exploitation forestière n'est pas sans impact sur la faune et la flore (Sayer 1991). En particulier l'exploitation sélective des tiges dominantes peut induire la disparition d'une faune spécifique à la canopée ainsi que de beaucoup d'épiphytes. Certains mammifères (singes, oiseaux, chauve-souris) voient ainsi disparaître une grande partie de leurs ressources alimentaires. De même au sol, son éclaircissement affecte le dynamisme de la faune (termites, fourmis...). De nombreuses interrogations subsistent dans ce domaine et doivent être levées.

La régénération naturelle en forêt dense humide

Chapitre 3

La forêt est une phytocénose (association de végétaux) en perpétuel renouvellement, mettant en jeu des processus de régénération. Ceux-ci apparaissent dans des conditions naturelles, principalement à la faveur de chutes d'arbres ou encore à la suite de perturbations souvent liées aux activités humaines. Ces processus se traduisent par l'apparition de trouées dans le couvert forestier. Le microclimat régnant en sous-bois forestier est ainsi périodiquement modifié par ces accidents naturels ou provoqués par l'homme. Ces trouées vont localement augmenter l'intensité de la lumière parvenant au sol : le rapport qui était de l'ordre de 1% en forêt non-perturbée atteint 2% à 5% après un volis et 5% à 30% après un chablis (Charles-Dominique 1992).

La compréhension des processus de régénération naturelle passe par la connaissance du potentiel floristique existant immédiatement après l'ouverture du couvert forestier. En effet, les modifications des conditions microclimatiques consécutives à la disparition de certains arbres engendrent une réactivation de la croissance du peuplement encore sur pied. Ce phénomène se poursuit jusqu'à la fermeture du couvert. Cette réaction est particulièrement nette dans les strates composées d'individus jeunes avec une forte capacité de réaction au changement. Dans ces strates inférieures, après la perturbation, le potentiel végétal (plantules et rejets) ainsi que le potentiel séminal édaphique présent dans le sol au moment de l'ouverture du couvert, apparaissent après l'ouverture du couvert peuvent être distingués (Puig 1992).

Pour des raisons sylvicoles pratiques, la régénération naturelle est étudiée restrictivement du point de vue de la composition floristique et de la distribution de la taille des individus. On distingue couramment parmi les semis et gaulis divers types biologiques : arbres, lianes, palmiers, espèces herbacées...

Les lianes méritent une étude particulière. 90% des espèces de lianes vivent en forêt tropicale. Elles sont particulièrement abondantes dans les forêts perturbées. Dans les forêts primaires, si les espèces sont nombreuses, elles ne sont pas représentées par beaucoup d'individus mais leur rôle n'est pas pour autant négligeable. Dans une forêt primaire au Gabon, il faut remarquer que si les lianes ne constituent que 2% à 4% de la phytomasse totale, elles produisent jusqu'à 36% des feuilles mortes parvenant au sol (Charles-Dominique 1992). La distribution de leur diamètre semble suivre des modèles voisins de ceux des arbres mais les constantes sont très différentes parce que le diamètre moyen d'un peuplement de lianes est beaucoup plus faible que celui du peuplement d'arbres au sein duquel elles vivent. Les diverses espèces de lianes présentent la même gamme de tempéraments que les espèces d'arbres.

Il est fréquent d'identifier la régénération naturelle en forêt tropicale aux semis ou également aux gaulis (par exemple les tiges de quelques centimètres de diamètre). La notion de régénération peut également s'exprimer par rapport au peuplement en opposant par exemple, les tiges inférieures à dix centimètres de diamètre, définies comme régénération, aux tiges supérieures à ce diamètre de référence constituant le peuplement. Cette distinction, si elle peut paraître artificielle et arbitraire, se justifie principalement par des raisons pratiques. Il y a environ cent mille tiges entre 10 cm et 100 cm de haut sur un hectare.

L'essentiel des études sylvicoles actuellement réalisées concerne la régénération installée. Cette régénération est définie comme l'ensemble des tiges de diamètre compris entre 1 cm et 10 cm de diamètre. Dans un objectif de production, les espèces "commerciales ou principales" seront distinguées des espèces dites "secondaires". L'intérêt immédiat pour ces espèces commercialement recherchées, ne doit toutefois pas occulter à terme l'importance des espèces dites "secondaires" ainsi que de nombreuses autres plantes à usage multiples : médicinal, alimentaire, énergie construction, artisanat... (Falconer 1992). Il ne faut jamais perdre de vue non plus que les espèces commerciales ou principales font l'objet d'une exploitation systématique intensive depuis plusieurs décennies. La connaissance de leur dynamique et de leur renouvellement est, et reste, une priorité pour le maintien de la productivité des forêts. Il est aussi apparu à cet égard que les lianes jouaient un rôle sylvicole certain. Elles peuvent en particulier poser de difficiles problèmes pratiques quand il s'agit d'exploiter et de conduire rationnellement l'exploitation et la régénération des forêts de production (Hall *et al.* 1981, Rollet 1983, Hawthorne 1993).

1. REGENERATION NATURELLE ET STRUCTURE DES PEUPELEMENTS FORESTIERS

En sous-étage, de très nombreuses tiges de diamètre inférieur à 10 cm sont présentes. Dans les inventaires forestiers, parmi les tiges passant à la classe de comptage (diamètre supérieur à 10 cm), il y a une certaine proportion de tiges d'espèces secondaires sans avenir commercial. Il est donc important de connaître la composition botanique de ce recrû qui est le potentiel d'avenir du futur peuplement adulte. L'objectif d'une sylviculture raisonnée est de maintenir un certain équilibre entre les différentes catégories d'espèces. L'exploitation forestière se faisant au détriment des espèces commerciales, il est important de se préoccuper de leur régénération.

La composition du peuplement initial peut être schématisée de la manière suivante :

- **Un étage dominant** plus ou moins ouvert et botaniquement partagé entre essences secondaires et commerciales. Les comptages en forêt peu dégradée ont montré que la proportion d'essences commerciales y était plus importante. La plupart des essences commerciales sont des essences atteignant de forts diamètres. Les essences secondaires sont, d'une part, les espèces à développement limité et d'autre part une proportion relativement faible d'essences atteignant des grandes dimensions.
- **Les étages intermédiaires**, composés de tiges de diamètre de 10 cm à 30 cm, et dans lequel, à l'inverse de l'étage dominant, il y a une plus grande proportion d'essences secondaires. Ces étages intermédiaires sont l'avenir à court terme de la forêt.
- **Un étage inférieur** composé de tiges de très petits diamètres (1 cm à 10 cm). Cet étage inférieur est la "réserve" en tiges de la forêt au cours des prochaines révolutions. Inhibées par le manque de lumière, ces tiges de faible diamètre végètent souvent depuis de nombreuses années avant de reprendre leur croissance à l'occasion d'une mise en lumière accidentelle ou provoquée. Ces tiges constituent "la régénération naturelle installée".
- **Un "stade séminal"** constitué de très jeunes brins, ainsi que de semis et de plantules.

- Un "stade séminal" constitué de très jeunes brins, ainsi que de semis et de plantules.

2. ELEMENTS DE LA DYNAMIQUE DES PEUPELEMENTS NATURELS

Causes physiques de la dynamique forestière

Les changements floristiques et structuraux sont d'origines diverses (Clark 1990, Whitmore 1991) :

- Changements dans le sol ou dans le climat entraînant un appauvrissement progressif de la flore une réduction de la hauteur et de la phytomasse des peuplements... C'est ainsi que des sécheresses ponctuelles peuvent favoriser des incendies de forêts sur des millions d'hectares comme en 1982-1983 en Afrique et en Asie.
- Glissement de terrains engendrés par tremblement de terre, typhons, éruptions volcaniques et les cyclones. Ces phénomènes sont peu fréquents et brutaux, ils affectent des surfaces de quelques centaines d'hectares.
- Ouvertures ponctuelles du couvert occasionnées par la chute d'arbres isolés. Elles sont fréquentes, d'origine naturelle ou humaine, et constituent le phénomène dynamique le plus général notamment à travers les chutes de branches, les volis, les chablis naturels et l'exploitation forestière. La surface affectée est de l'ordre de quelques centaines de m².

Le principal facteur physique de la dynamique forestière en forêt dense humide est une modification des flux lumineux.

21. Germination et lumière

La lumière joue un rôle fondamental sur la germination des graines existant au sol (Hall et *al.* 1981).

Chapitre 3 . Tableau 1 :

Nombre d'espèces (tiges/m²) existant au sol et germant en fonction de l'éclairement dans différents types de forêts au Ghana. (Hall et *al.* 1981).

Eclairement	Type de Forêt dense humide			
	Sempervirent	Transition	Semi-décidue	Préforestier
Plein découvert				
- plants/m ²	171	339	693	394
- espèces/m ²	21	31	36	42
Sous-bois				
- plants/m ²	12	37	29	21
- espèces/m ²	6	4	8	4

La mise en lumière du sol induit une très forte stimulation de la germination des graines déjà présentes mais à l'état dormant.

Dans un peuplement en équilibre, le sous-étage, par son couvert, empêche toute "percée" de ces jeunes tiges. Au cours d'une exploitation, ou d'un chablis, les arbres de l'étage intermédiaire se développent et reconstituent le couvert supérieur. Au fur et à mesure de ce développement des tiges des strates intermédiaires, des tiges des strates inférieures vont aussi se développer et accéder aux strates intermédiaires.

Avant l'exploitation dans l'étage dominant, il convient donc de se préoccuper de l'existence et de la nature des arbres qui vont succéder aux arbres morts, exploités ou détruits dans les différents étages du peuplement. Il est donc important de connaître aussi la nature botanique, la densité et la répartition des tiges qui forment ou vont former les étages inférieurs et notamment celles regroupées dans "la régénération installée".

22. Typologie dynamique du potentiel séminal

La régénération correspond à une phase de rajeunissement du peuplement consécutive à la disparition d'arbres adultes par chablis ou exploitation. L'origine des éléments floristiques de la régénération naturelle est multiple (Alexandre 1982), ils sont issus :

- du recrû préexistant ou potentiel végétatif ;
- des graines préexistantes dans le sol ou potentiel séminal édaphique ;
- des graines arrivant de l'extérieur après l'ouverture du couvert ou potentiel extérieur.

A chaque potentiel correspond une stratégie de développement. Cette stratégie permet de définir une typologie dynamique (Alexandre 1982) :

Chapitre 3. Tableau 2 : Typologie de la dynamique du potentiel séminal.

Potentiel	Stratégie	Stade Clef	Espèce type
Végétatif	Forêt-forêt	Petit plant	<i>Turraeanthus africanus</i>
Edaphique	Trouée-trouée	Graine	<i>Trema guineensis</i>
Extérieur	Forêt-trouée	Adulte	<i>Entandrophragma utile</i>

* Type forêt-forêt

Il est caractérisé par une très faible longévité des graines. Le cycle de développement de l'espèce comprend les deux principales phases suivantes :

- La germination et l'installation de la plantule sous forêt.
- La croissance à la faveur d'une trouée.

L'espèce est présente sous forme végétative au moment de l'ouverture du couvert. Présente dans la forêt, elle se régénère dans cette forêt en tolérant l'ombrage. Le cas du *Turraeanthus africanus* (ou Avodiré) peut être cité en guise d'illustration.

* Type trouée-trouée

Il est caractéristique des premiers stades de reconstitution de la forêt après destruction. Les graines présentent une dormance photolabile qui leur permet de rester en attente aussi longtemps que le couvert reste intact. Ces espèces héliophiles démarrent à partir de graines préexistantes dans le sol (potentiel séminal édaphique). Ces espèces pionnières ne sont souvent présentes qu'à l'occasion de l'ouverture de trouées (*Trema*, *Musanga*, *Macaranga*...).

* Type forêt-trouée

Les graines souvent légères (anémochores) de faible longévité sont apportées de l'extérieur au moment de l'ouverture du couvert. Le cycle vital est induit par un adulte présent à proximité de la trouée.

Les espèces concernées sont héliophiles et ne peuvent que subsister difficilement sous un couvert, citons par exemple : le Sipo (*Entandrophragma utile*), le Tiamia (*Entandrophragma angolense*), le Niangon (*Heritiera utilis*), le Framiré (*Terminalia ivorensis*), le Fromager (*Ceiba pentandra*)... Le développement des semis de ces espèces nécessite une ouverture préalable du couvert.

23. Germination et recrutement des espèces pionnières

Les études réalisées sur la germination des arbres tropicaux font apparaître différentes stratégies pour les espèces secondaires et pionnières (Alexandre 1982, Kahn 1982, Bazzaz 1991) :

- les espèces pionnières fleurissent tôt et fructifient annuellement. En zone humide la fructification a souvent lieu en fin de saison sèche ;
- la longévité des graines est souvent faible. La régénération installée a souvent un rôle plus important que la régénération à venir ;
- l'importance des rejets de souche issus de brins brisés naturellement (chablis) ou artificiellement (exploitation) est non négligeable ;
- Les variations de lumière et de température sont souvent des facteurs de levée de dormance des graines des espèces pionnières et secondaires. Les espèces qui leur succèdent dans le temps notamment les espèces climaciques supportent souvent un certain ombrage.

3. STRUCTURE DE LA REGENERATION NATURELLE

Cette structure a été étudiée globalement pour les forêts denses humides (Rollet 1974).

31. Distribution des hauteurs et circonférences

La distribution des hauteurs entre dix centimètres et un mètre (par classes de un décimètre), comme celle entre un mètre et dix mètres (par classes de un mètre), semble suivre une loi de type exponentiel.

Les diamètres compris entre un centimètre et dix centimètres (répartis par classes de un centimètre) semblent suivre une courbe similaire mais le phénomène se perçoit mieux quand ils sont groupés par classes de deux centimètres.

Le tableau ci-dessous exprime la variabilité de la richesse en effectifs sur plusieurs continents.

Chapitre 3. Tableau 3 :

Distribution des tiges (toutes espèces) par classes de un cm de diamètre dans seize stations (Rollet 1974).

Station	Surface m ²	H>1m D<1cm	1-2cm	2-0	3-0	4-0	5-0	> 6	Total 1<D<9	Total
2	80	57	4	10	6	4	2	10	29	93
3	100	145	30	28	5	3	2	4	68	217
4	100	63	29	7	7	3		9	52	118
5	100	82	26	17	11	5	1	7	62	149
6	100	86	39	17	11	3	2	3	74	161
7	50	48	13	15	7	3	1	4	41	91
8	100	100	36	12	11	8	4	7	77	178
9	100	53	24	21	18	8	3	9	80	136
10	70	53	18	12	10	8	4	6	57	111
11	110	114	48	34	19	7	3	11	113	236
12	100	68	44	27	12	3	5	17	96	176
13	150	240	97	41	12	8	4	28	175	430
14	170	85	32	17	14	9	8	18	90	183
15	100	134	58	20	11	7	3	7	105	240
16	90	52	26	11	12	5	3	7	63	116
17	100	52	21	15	7	3	2	6	51	106
TOTAL	1 620	1 432	545	304	173	87	47	153	1 233	2 741

2 : Palhào - Brésil

3 : Réserve Ducke - Brésil

4 : Venezuela - Guyane

5 : Gabon - Camp A4

6 : Gabon - Camp C4

7 : Gabon - Montagne de sable

8 : Edéa - Cameroun

9 : Banco - Côte d'Ivoire

10 : San-Pedro - Côte d'Ivoire

11 : Pasoh - Malaisie

12 : Rengam - Malaisie

13 : Bintulu - Sarawak

14 : Semengoh - Sarawak

15 : Sepilok - Sabah

16 : Perawang - Sumatra

17 : Samarinda - Kalimantan

Les lianes, par leur abondance caractérisent la forêt tropicale et plus particulièrement les forêts perturbées.

La distribution de leur diamètre et même des hauteurs pour les tiges inférieures à un mètre de haut semble suivre des modèles voisins de ceux des arbres mais les constantes sont très différentes parce que le diamètre moyen d'un peuplement de lianes est beaucoup plus faible que celui du peuplement d'arbres au sein duquel elles vivent. Les diverses espèces présentent la même gamme de tempéraments que les espèces d'arbres.

La distribution spatiale, en ce qui concerne la présence-absence paraît assez uniforme pour les semis d'arbres, un peu moins pour les lianes, mais la variabilité du nombre de tiges est forte d'un plateau à l'autre, même entre plateaux voisins.

32. Les différents types d'inventaires de la régénération

Deux types d'inventaires sont utilisés en forêt :

- L'inventaire en plein

Toute la surface concernée est étudiée et fait l'objet de mesures.

- L'inventaire statistique

Une fraction de la surface est étudiée. Ce deuxième type d'inventaire est utilisé lorsque le nombre de mesures à effectuer est très important (surface très grande ou variables très fortement représentées).

La densité de la régénération installée est, en forêt dense, elle est en moyenne de 1500 tiges/hectare mais peut excéder 5000 tiges/hectare. En raison du nombre très élevé de jeunes tiges à l'hectare, les études se font par échantillonnage.

Deux méthodes, qui peuvent se combiner, sont généralement utilisées :

- Les transects

Tout le long d'une ligne, on effectue des observations continues sur une largeur allant de quelques centimètres à plusieurs mètres en fonction de la nature de l'information à recueillir. Les transects peuvent être segmentés en placeaux afin de relier plus aisément les données relevées à un certain nombre de caractères mésologiques.

- **Les quadrats**

Les quadrats sont des petites superficies d'inventaires de forme carrée et de surface unitaire variable (10 m x 10 m à 2 m x 2 m). Leur répartition dans l'espace est discontinue.

Plusieurs modèles d'inventaires statistiques existent, selon le plan de sondage utilisé :

- **L'inventaire statistique systématique :**

Le plan de sondage permet d'installer des placettes de mesure non jointive d'une façon uniforme sur toute la surface étudiée.

- **L'inventaire statistique par layon :**

Les placettes sont installées d'une façon continue le long de layons positionnés préalablement sur plan et matérialisés ensuite sur le terrain.

Le choix du type d'inventaire statistique est surtout conditionné par l'accessibilité de la forêt à analyser. En forêt tropicale, l'inventaire par layon est le plus couramment utilisé du fait de la difficulté de positionner des points précis sur le terrain.

321. Les placettes d'inventaires

La taille et la forme des placettes sont des facteurs importants qui jouent sur la fiabilité des résultats obtenus.

321.1. La forme des placettes

Ce facteur est très important lorsque les placettes de mesure sont de petites tailles. En effet, les coefficients de variations sont fonctions des caractéristiques des données à mesurer, mais aussi du nombre d'arbres "limites". Il faut donc que les placettes aient le plus faible contour possible.

Pour une surface donnée, c'est le cercle qui a la plus petite limite, suivi du carré, puis du rectangle, puis des polygones.

Toutefois, il est souvent difficile, en forêt, d'installer des placettes circulaires. C'est pourquoi on préfère utiliser des parcelles carrées ou rectangulaires.

321.2. La tailles des placettes

Les coefficients de variation des variables mesurées dépendent beaucoup de la taille des placettes. En effet, ils varient lorsque la taille augmente, jusqu'à une taille limite où ils deviennent relativement constants. Le phénomène est déjà net à partir d'une taille de 2 m x 2 m.

322. Les taux de sondage

Le taux de sondage correspond à la surface effectivement inventoriée. Il s'exprime en pourcentage de la surface totale à étudier. Selon le niveau et la précision de l'information recensée, le taux de sondage d'un peuplement varie généralement en surface entre 0,2% et 2%.

4. ETUDES DE CAS PAR PAYS

Beaucoup de forestiers ont soutenu qu'il était impossible de faire de la sylviculture à partir des préexistants. Dans le même temps d'autres ont conçu et appliqué avec succès des systèmes précisément basés sur l'abondance des préexistants. De la conjonction d'un milieu donné avec un matériel végétal donné, il résulte que le travail du sylviculteur tropical peut être facile ou difficile. Tous les degrés intermédiaires possibles existent. Chaque type de forêt d'une région donnée est un cas particulier (Catinot 1965, Lamb 1968).

Dans les pays à saison sèche courte et à forêts non (ou peu) perturbées, la grande majorité des espèces représentant la masse principale de la forêt ont des structures équilibrées, c'est-à-dire avec toutes les catégories de diamètre et une régénération spontanée abondante. C'est le cas de la majorité des Diptérocarpacées dans les parties équatoriales de l'Asie du Sud-Est, de nombreuses Lécythidacées, Sapotacées, Burséracées, Chrysobalanacées, Légumineuses, Olacacées d'Afrique et d'Amérique.

Par contre, dans les pays à saison sèche prononcée et à forêts très perturbées dans le passé, les peuplements d'espèces de lumière grégaires ont pris une grande extension, mais les espèces commerciales qui les composent n'ont pas de préexistants de petites dimensions.

Par exemple en Afrique : *Terminalia superba*, *Triplochiton scleroxylon*, *Aucoumea klaineana*, *Pycnanthus angolensis*, *Lophira alata* ou dans le Sud-Est asiatique : *Lagerstroemia spp.*, *Tetrameles nudiflora*.

De même les espèces de demi-lumière, assez abondantes mais disséminées se régénèrent faiblement en peuplement fermé :

- *Entandrophragma spp.* en Afrique ;
- *Hopea odorata*, *Shorea robusta* et de nombreuses Diptérocarpacées en Extrême Orient ;
- *Bombacopsis spp.*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora* en Amérique tropicale.

Dans tous les cas, il est utile d'étudier la structure diamétrique des espèces dans les peuplements afin d'imaginer leur avenir.

41. Côte d'Ivoire

Des résultats d'inventaire de régénération naturelle (Bergeroo-Campagne 1958) sont disponibles sur de grandes surfaces d'un seul tenant dans quatre régions avant intervention sylvicole. Alexandre (1982) a défini une typologie dynamique de la régénération. Des études de cas ont été réalisées en zone de forêt dense humide sempervirente et semi-décidue (Bertault 1986, Brevet et al. 1992, Doumbia et al. 1994, Dupuy et al. 1995).

411. Les inventaires de régénération en forêts peu exploitées

Les zones concernées par ces premiers inventaires sont les suivantes (Bergeroo-Campagne 1958) :

* **Forêt sempervirente :**

- Iles Boulay : sur sables littoraux à dominance de *Guarea cedrata*, *Khaya ivorensis*, *Milicia excelsa*, *Lophira alata* ;
- Téké : sur argiles provenant de schistes, dominance de *Heritiera utilis* ;
- Cosrou : sur sables miopliocènes à dominance de *Turraeanthus africanus*.

* **Forêt semi-décidue :**

- Mopri sur argiles provenant de schistes : forêt semi-décidue à *Guarea cedrata*, *Entandrophragma cylindricum*, *Entandrophragma angolense*, *Khaya anthotheca*, *Terminalia superba*, *Triplochiton scleroxylon*, *Milicia excelsa*.

L'auteur distingue les semis de moins de 50 cm de haut (densité simplement évaluée) ; les semis de plus de 50 cm de haut et moins de 2 cm de diamètre ; les tiges de 2 à 6 cm de diamètre. Il ne tient compte que des quinze espèces suivantes qui à l'époque sont d'utilisation commerciale courante: *Entandrophragma cylindricum*, *Entandrophragma angolense*, *Entandrophragma utile*, *Khaya anthotheca*, *Khaya ivorensis*, *Guarea cedrata*, *Turraeanthus africanus*, *Lovoa trichilioides*, *Thieghemella heckelii*, *Terminalia ivorensis*, *Terminalia superba*, *Lophira alata*, *Heritiera utilis*, *Triplochiton scleroxylon*, *Nauclea diderrichii*.

Chapitre 3. Tableau 4 :

Inventaires de régénération d'espèces commerciales dans différentes forêts de Côte d'Ivoire. (Bergeroo-Campagne 1958).

Forêt	Surface (ha)	Nbre moyen tiges/ha		Nombre de parcelles de 1ha avec		
		>50cmhaut <6cm diam	> 6 cm diamètre	> 200 tiges	> 100 tiges	< 100 tiges
Boulay	423	219	31	245	389	40
Corso	1412	242	37	697	1136	276
Téké	2575	144	17	716	1603	972
Mopri	400	63	26	12	126	264

La densité de la régénération des quinze espèces commerciales concernées varie entre 150 et 280 tiges/ha en forêt sempervirente.

Au début, dans les années 70, les études de la dynamique des forêts denses humides ont été concentrées essentiellement sur les tiges de diamètre supérieur à 10 cm. Toutefois, en sous-étage, de très nombreuses tiges de diamètre inférieur à 10 cm sont présentes. Il est apparu important aux sylviculteurs de mieux connaître la composition de ces strates basses qui sont l'avenir à long terme du peuplement. C'est en effet à partir de cette régénération naturelle que les peuplements adultes se reconstituent.

Compte-tenu du nombre très important d'individus de petites dimensions, il a été décidé de diviser la régénération naturelle en deux groupes (Bertault 1986) :

- la régénération naturelle installée qui regroupe les tiges dont le diamètre est compris entre 1 cm et 10 cm ;
- la régénération naturelle potentielle ou à venir dont le diamètre est inférieur à 1 cm.

Les espèces commerciales sont celles qui sont valorisables en bois d'oeuvre (voir chapitre "Richesse en essences commerciales des forêts denses humides"). Elles sont aujourd'hui au nombre de 84, regroupées en trois catégories en fonction de leur valeur technologique et commerciale (Miélot et *al.* 1980). La plupart des essences commerciales atteignent de forts diamètres (supérieur à 1 mètre). Les espèces secondaires regroupent les arbres dont les caractéristiques technologiques ne permettent pas à ce jour une valorisation en bois d'oeuvre. Beaucoup d'essences secondaires sont souvent de seconde grandeur (diamètre maximum de 50-60 cm), certaines peuvent toutefois atteindre de grandes dimensions.

412. Influence des éclaircies sur la dynamique de régénération en forêt sempervirente

Des études de cas ont été effectuées dans le périmètre d'Irobo en forêt dense sempervirente (Bertault 1986, Brevet et *al.* 1993) et de Yapo (Brevet et *al.* 1992). La densité des tiges de la régénération naturelle, toutes espèces confondues de diamètre compris entre 1 cm et 10 cm, est comprise entre 3.000 tiges/ha et 4.500 tiges/ha.

412.1. Yapo

Des comptages de la régénération installée (diamètre inférieur à 10 cm) ont été réalisés en forêt sempervirente de Yapo (Brevet et *al.* 1992) dans des parcelles plusieurs fois exploitées mais autrefois enrichies.

Chapitre 3. Tableau 5 :

Inventaires de régénération. Effectifs (tiges/ha) par classe de diamètre et par catégorie d'essence. Forêt de Yapo. Côte d'Ivoire.

Catégorie Essence		Classes de diamètres en cm							
		1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
Principales (P)	Cat 1	25.0	20.0	15.0	13.3	20.0	6.7	10.0	10.0
	Cat 1.2 et 3	143.3	73.3	70.0	46.7	35.0	26.7	25.0	18.3
Secondaires (S)		1643.3	763.3	343.3	255.0	130.0	118.3	95.0	78.3
Autres essences (D)		116.7	45.0	23.3	13.3	10.0	6.7	1.7	0
Total (P1+P2+P3+S+D)		1903.4	881.6	436.6	315.0	175.0	151.7	121.7	96.6

(Voir liste des espèces en annexe 1).

La densité des espèces commerciales de première catégorie est de 120 tiges/ha soit seulement 3% des tiges de la régénération installée. La densité de l'ensemble des espèces commerciales est de 438 tiges/ha ce qui représente environ 11% des tiges de la régénération installée.

412.2. Irobo

Dans cette forêt, deux intensités d'éclaircie ont été testées en 1978 et comparées à un traitement témoin : l'éclaircie forte qui prélève de 28% à 42% de la surface terrière initiale et l'éclaircie moyenne qui en prélève de 14% à 27%. Les éclaircies concernent en priorité les grosses tiges dominantes des essences secondaires. Pour les fortes éclaircies les tiges de moyennes et petites dimensions sont successivement supprimées si nécessaire. Nous donnons ici les résultats de deux campagnes d'observations réalisées six ans et quatorze ans après éclaircie.

Résultats six ans après éclaircie

Six ans après éclaircie, un accroissement du nombre de tiges de la régénération naturelle a été mis en évidence dans les parcelles éclaircies. Cet accroissement de la densité de la régénération naturelle apparaît principalement pour les essences secondaires avec toutefois un léger gain, d'environ 15%, pour les essences commerciales (Bertault 1986). Les calculs d'indices de diversité floristique traduisent principalement les variations de la présence d'une espèce envahissante, le *Scaphopetalum amoenum* (Aroro), qui regroupe à Irobo le tiers des effectifs totaux de la strate régénération.

Les relations topographie/régénération ont été abordées à différentes échelles (Bertault 1986) : les effectifs de la strate régénération sont légèrement supérieurs pour les stations de mi-pente et de bas de pente. Ces stations se sont caractérisées par des sols légers mais profonds. Elles représentent dans ce périmètre, les meilleures classes de fertilité. Sur les sols de sommet et de haut de pente très graveleux et peu profonds ainsi que dans les zones hydromorphes, la densité de la régénération naturelle diminue.

Après une étude de la diversité floristique, de l'abondance et de la fréquence des espèces, un groupe de vingt-neuf espèces constituant 81% des effectifs totaux de la strate régénération a été retenu pour la comparaison des zones traitées et témoins. Environ 80 % des espèces réagissent favorablement à l'éclaircie.

Un grand nombre des espèces présentes dans la régénération n'ont pas un potentiel de développement en diamètre élevé. Ceci a amené à poser le problème de la relation entre la strate supérieure et cette strate régénération.

Dans l'étage dominant, seize espèces totalisent près de 85% de la surface terrière totale et seulement 9% des effectifs de la régénération. Une tige sur cinq des effectifs de la régénération recensés, présente une aptitude à atteindre l'étage moyen ou supérieur. Une tige sur quinze environ appartient au groupe des essences commerciales, donc potentiellement exploitables.

Les essences commerciales occupent dans la strate régénération une place très limitée, oscillant entre 7% et 9% des effectifs. Six ans après éclaircie, le gain en effectif est modeste, environ 15%, en zone éclaircie par rapport aux parcelles témoins. Ce gain ne modifie pas le pourcentage d'essences commerciales dans les parcelles traitées. Ces espèces commerciales appartiennent pour 60% environ au groupe des espèces commerciales le moins intéressant technologiquement et constitué principalement par l'Adjouaba (*Dacryodes klaineana*), le Rikio *Dacryodes* (*Uapaca* spp.), le Lati (*Amphimas pterocarpoïdes*) et le Lo (*Parkia bicolor*). Le groupe des espèces commerciales de première catégorie, qui rassemble 35% des effectifs de ces espèces est dominé par deux espèces, le Niangon (*Heritiera utilis*) et l'Akossika (*Scottelia klaineana*). Par la dominance de ces essences et leur appartenance aux différents groupes, cette strate régénération est en étroite relation avec la composition floristique de l'étage supérieur.

Une étude menée sur trois espèces (Niangon, Rikio, Adjouaba) en relation avec la structure de l'étage supérieur, montre un effet très positif du traitement sur deux espèces, le Niangon (*Heritiera utilis*) et Rikio (*Uapaca* spp.), alors que pour la troisième espèce, l'Adjouaba

(*Heritiera utilis*) et *Rikio* (*Uapaca spp.*), alors que pour la troisième espèce, l'Adjouaba (*Dacryodes klaineana*), les conclusions sont moins évidentes.

Résultats quatorze ans après éclaircie :

Les études menées en forêt sempervirente d'Irobo, quatorze ans après éclaircie, confirment et précisent les résultats obtenus à six ans (Brevet et al. 1993).

Chapitre 3. Tableau 6 :

Composition comparée par catégories d'espèces et densité (en tiges/ha) de la régénération naturelle (1 cm < diamètre < 10 cm) et du peuplement adulte (diamètre > 10 cm) quatorze ans après éclaircie en forêt dense sempervirente d'Irobo pour différents traitements sylvicoles. Côte d'Ivoire.

Traitement	Peuplement	Espèces commerciales				Espèces secondaires			Total	Lianes
		Cat 1	Cat 2	Cat 3	Total	Autres	Aroro	Total		
Témoin	Diamètre > 10 cm	57.5	5.9	51.0	114.4	212.0		326.4	326.4	430.0
	Diamètre < 10 cm	82.5	7.5	162.5	252.5	2235.0	712.5	2947.5	3200.0	
Eclaircie Moyenne	Diamètre > 10 cm	51.1	6.9	49.6	107.6	176.3		283.9	283.9	497.5
	Diamètre < 10 cm	55.0	5.0	85.0	145.0	2745.0	740.0	3485.0	3630.0	
Eclaircie Forte	Diamètre > 10 cm	44.8	9.0	50.6	104.4	213.9		318.3	318.3	757.5
	Diamètre < 10 cm	117.5	10.0	255.3	382.5	3047.5	1225.0	4272.5	4655.0	

(Voir liste des espèces en annexe 1).

Quatorze ans après l'éclaircie, lorsque l'intensité de celle-ci est forte, un effet stimulant des éclaircies sur la régénération naturelle est constaté. Par rapport au témoin, la densité des lianes dans les peuplements fortement éclaircis est presque le double. Par contre, les éclaircies d'intensité moyenne n'ont qu'une faible influence sur le développement des lianes.

Le développement du *Scaphopetalum amoenum* (Aroro) est stimulé par les éclaircies fortes. Dans le cas d'une éclaircie forte, un effet positif de l'éclaircie apparaît nettement aussi sur la régénération des espèces commerciales de première catégorie (+35 tiges/ha par rapport au témoin) et de troisième catégorie (+92 tiges/ha par rapport au témoin).

L'étude de l'évolution dans le temps de la régénération naturelle a pu être réalisée sur trois parcelles à Irobo, six ans et quatorze ans après éclaircie (Brevet et *al.* 1993).

Chapitre 3. Tableau 7 :

Dynamique de la régénération installée par catégorie d'essences commerciales en fonction des traitements entre six ans et quatorze ans après intervention sylvicole. Irobo. Côte d'Ivoire. (Diamètre de passage à la futaie = 10 cm).

Dynamique de la régénération (tiges/ha/an)									
Parcelle (Traitement)	Catégorie 1			Catégorie 2			Catégorie 3		
	Gain Régénération	Passage à la futaie	Total	Gain Régénération	Passage à la futaie	Total	Gain Régénération	Passage à la futaie	Total
8 (Témin)	0,0	+ 0,3	+ 0,3	+ 0,6	+ 0,1	+ 0,7	+ 6,2	+ 0,4	+ 6,6
4 (Eclaircie Mbyenne)	- 0,6	+ 0,3	- 0,3	+ 0,6	0,0	- 0,6	- 0,6	+ 0,5	- 0,1
1 (Eclaircie Forte)	+ 6,9	+ 1,0	+ 7,9	- 1,9	+ 0,5	- 1,4	+ 24,8	+ 1,1	+25,9

Dans la parcelle étudiée, l'éclaircie forte induit un gain positif sur la dynamique d'évolution de la régénération des essences commerciales de première catégorie et de troisième catégorie. Ce gain se retrouve dans le passage à la futaie (tiges atteignant le diamètre de 10 cm).

En forêt dense humide sempervirente, les fortes éclaircies stimulent le dynamisme de la régénération naturelle de toutes les espèces. Ce phénomène se retrouve d'ailleurs dans les strates dominantes (Dupuy et *al.* 1993). Cependant il est important de noter que les espèces commerciales ne représentent que 7% à 9% des tiges présentes dans la régénération. Les espèces de première catégorie ne représentent qu'environ 2% à 3% des tiges présentes dans la régénération naturelle. Les fortes éclaircies stimulent la régénération des espèces adventices dont les lianes. D'un point de vue sylvicole, dans les peuplements fortement éclaircis, il faut donc prévoir de limiter le développement des espèces adventices (lianes et *Scaphopetalum amoenum* en particulier) afin de faciliter la régénération naturelle des espèces commerciales.

413. Influence des éclaircies sur la dynamique de régénération en forêt semi-décidue

Des études de cas ont été effectuées dans le périmètre de Mopri (Dolumbia 1993) et de Téné (Miezan 1993) en forêt dense semi-décidue. Dans ce massif, deux intensités d'éclaircie ont aussi été testées en 1977-1978 et comparées à un traitement témoin : l'éclaircie forte qui prélève de 35% à 50% de la surface terrière initiale et l'éclaircie moyenne qui en prélève de 25% à 35%. Comme à Irobo, les éclaircies ont porté prioritairement sur les grosses tiges dominantes des essences secondaires. Pour les éclaircies fortes les tiges de moyennes et petites dimensions ont été successivement supprimées si l'intensité de l'éclaircie le nécessitait (Miélot et *al.* 1980, Maitre et *al.* 1985).

413.1. Résultats quatorze après éclaircie dans le périmètre de Mopri

Des inventaires de la régénération naturelle ont été effectués sur six parcelles représentatives des traitements sylvicoles dans le dispositif de Mopri. Quatorze ans après éclaircie (Dolumbia 1994), l'effectif total des espèces arborescentes (diamètre compris entre 2 cm et 10 cm) est de 3.342 tiges/ha auquel il faut rajouter 658 pieds/ha de lianes. Les essences commerciales (toutes catégories confondues) représentent 521 tiges/ha, elles sont réparties en fonction de leur catégorie de la manière suivante : première catégorie (P1) 42,6%, deuxième catégorie (P2) 39,2%, troisième catégorie (P3) 18,2%.

Les effectifs moyens par classe de diamètre de 1 cm (tous traitements confondus) sont décroissants au fur et à mesure que le diamètre augmente. Les pourcentages calculés par classes de diamètre sont les suivants : classe 2 cm (39,3%) - classe 3 cm (22,9%) - classe 4 cm (13,5%) - classe 5 cm (9,4%) - classe 6 cm (5,7%) - classe 7 cm (4,2%) - classe 8 cm (3,2%) - classe 9 cm (1,4%).

Ensuite, parmi les espèces comptabilisées de diamètre inférieur à 10 cm, les mieux représentées avec plus de 10 tiges/ha par catégorie d'essences commerciales sur l'ensemble des trois traitements, sont les suivantes :

- **Espèces commerciales de première catégorie :**

Kotibé (*Nesogordonia papaverifera* ; 99,2 tiges/ha soit 19%) - Bossé (*Guarea cedrata* ; 25 tiges/ha soit 4,8%) - Aniégé blanc (*Aningeria robusta* ; 19,2 tiges/ha soit 3,7%) - Ako (*Antiaris toxicaria* ; 17,5 tiges/ha soit 3,4%) - Akossika (*Scottellia klaineana* ; 13,3 tiges/ha soit 2,5%) - Akatio (*Gambeya africana* ; 12,5 tiges/ha soit 2,4%) et autres espèces de première catégorie ; 35,3 tiges/ha soit 6,8% .

- **Espèces commerciales de deuxième catégorie :**

Ba (*Celtis mildbraedii* ; 84,2 tiges/ha soit 16,2%) - Pouo (*Funtumia africana* ; 30,8 tiges/ha soit 5,9%) - Mélégba (*Berlinia confusa* ; 24,2 tiges/ha soit 4,6%) - Bi (*Eribroma oblonga* ; 23,3 tiges/ha soit 4,5%) - Lotofa (*Sterculia rhinopetala* ; 10,8 tiges/ha soit 2,1%) et autres espèces de deuxième catégorie ; 30,9 tiges/ha soit 5,9%.

- **Espèces commerciales de troisième catégorie :**

Anandio (*Gambeya subnuda* ; 34,2 tiges/ha soit 6,6%) - Loloti (*Lannea welwitschii* ; 10,8 tiges/ha soit 2,1%) - Ouochi (*Albizia zygia*) ; 10 tiges/ha soit 1,9%) et autres espèces de troisième catégorie ; 39,8 tiges/ha soit 7,6%.

On note un effet positif des éclaircies sur la régénération naturelle des essences commerciales de première catégorie et des lianes. L'impact des éclaircies sur la dynamique de la régénération augmente avec leur intensité.

Résultats quatorze ans après éclaircie dans le périmètre de Téné :

Le périmètre de la Téné, situé en forêt dense humide semi-décidue, a été parcouru par un incendie en 1982-83. Cet accident a induit une forte mortalité dans le peuplement adulte. En terme d'effectif, le taux de mortalité deux ans après le passage du feu est de 23% pour les parcelles témoins et de 53% pour les parcelles éclaircies. Dans ces précises, les arbres éclaircis, abandonnés sur le parterre de la coupe, ont servi de combustible, amplifiant ainsi l'effet du feu sur le peuplement sur pied.

L'effet du feu sur la régénération naturelle a été évalué six ans après l'incendie (Bertault 1992). Une deuxième série d'observations complémentaires a ensuite été réalisée dix ans après incendie (Miezan 1993).

L'impact du feu est sensible dans toutes les strates du peuplement. Dans le peuplement de futaie, l'évolution de la forêt est différente selon le degré d'ouverture du couvert, la croissance la plus forte a été enregistrée dans les peuplements les moins ouverts qui ont le mieux réagi après les feux. Immédiatement après l'incendie, le parterre de la forêt a été rapidement envahi par des adventices indésirables : lianes (*Parquetina sp.*, *Adenia sp.*, *Ampelocissus sp.*, *Combretum sp.*), Maranthacées (*Thaumatococcus sp.*, *Maranta sp.*, *Trachypogon sp.*), Solanacées (*Solanum verbascifolium*), Zingibéracées (*Costus sp.*, *Aframomum sp.*), sans oublier les Astéracées avec *Chromolaena odorata* (Bertault 1992, Hawthorne 1994).

Dix ans après l'incendie l'étude de composition de la régénération naturelle installée montre que : 298 tiges/ha d'essences commerciales et 1.000 tiges/ha d'essences secondaires appartenant à 75 espèces sont représentées dans le traitement "témoin".

Dans le traitement "éclaircie", 64 espèces ont été rencontrées avec des densités de 293 tiges/ha d'essences commerciales et 656 tiges/ha d'essences secondaires.

Dans le traitement "exploitation + éclaircie", 82 espèces sont présentes avec des densités de 358 tiges/ha d'essences commerciales et 1.181 tiges/ha d'essences secondaires.

Les essences commerciales les mieux représentées (densité supérieure à 6 tiges/ha) dans la régénération naturelle installée, sont dans l'ordre décroissant de leurs effectifs :

- le *Mansonia altissima* (Bété), le *Nesogordonia papaverifera* (Kotibé), l'*Antiaris toxicaria* (Ako), le *Triplochiton scleroxylon* (Samba), le *Gambeya africana* (Akatio), le *Ceiba pentandra* (Fromager), le *Morus mesozygia* (Difou), le *Distemonanthus benthamianus* (Moungui) et le *Pterygota macrocarpa* (Koto) pour les essences commerciales de première catégorie (P1) ;
- le *Celtis mildbraedii* (Ba) et le *Bombax buonopozense* (Oba) pour les essences commerciales de deuxième catégorie (P2) ;
- le *Lannea welwitschii* (Loloti) pour les essences commerciales de troisième catégorie (P3).

42. Ghana

Les travaux sylvicoles ont reposé sur l'utilisation du " Tropical Shelterwood System " (Foggie 1959) ou de ses variantes : le " Selection System " (Baidoe 1970). Cette méthode n'est appliquée que dans les peuplements qui possèdent suffisamment de porte-graines d'essences commerciales. Des comptages de régénération (toutes espèces confondues) ont été réalisés dans différents types de forêts (Hall et al. 1976). Les tiges de hauteur comprise entre 0,5 m et 3 m ont été mesurées.

Chapitre 3. Tableau 8 :

Densité de la régénération naturelle (0,5 m < hauteur < 3 m) dans différents types de forêts denses humides du Ghana.

Type de forêt	Densité (tiges/ha)
Forêt dense humide sempervirente	3000 à 5500
Forêt dense humide semi-décidue	6000 à 7000

Les opérations employées pour stimuler la régénération naturelle sont : les délianages, les éclaircies progressives par dévitalisation, les dégagements, les recépages après exploitation. Les études réalisées sur la reconstitution de la forêt après défrichement (Swaine et al. 1983, 1990) confirment les résultats obtenus dans des zones homoécologiques d'autres pays. En particulier, il est noté le développement dans certaines zones de peuplements quasi monospécifiques de *Scaphopetalum amoenum* qui forment un sous-étage dense et continu sous lequel rien ne s'installe (Hall et al. 1981).

43. Nigéria

L'influence sur la régénération naturelle du " Tropical Shelterwood System " a été étudiée avant et après les opérations de régénération assistée (Kennedy 1935, Jones 1950).

Chapitre 3. Tableau 9 :

Nombre de semis d'espèces commerciales (en tiges/ha) avant l'ouverture du couvert et deux ans après. Nigéria.

Bloc	Avant l'ouverture du couvert	2 ans après l'ouverture du couvert	
	Bloc 86	Bloc 65	Bloc 53
H _t < 3 mètres	60	55	38
TOTAL	112	125	220

L'ouverture du couvert favorise en premier lieu le développement de la régénération préexistante dans le sous-bois notamment les espèces tolérant un certain couvert dans le jeune âge (*Entandrophragma spp.*, *Khaya ivorensis*, *Guarea cedrata*, *Diospyros spp.*). Après exploitation, la régénération d'espèces héliophiles à graines légères telles que *Terminalia spp.*, *Ceiba pentandra*,

pentandra, *Lophira alata*... est favorisée par l'ouverture du couvert au détriment des *Méliacées*. Or ce sont ces espèces qui ont été le plus exploitées et qui devraient être régénérées en priorité.

Ces résultats sont confirmés sur le site de la Réserve d'Omo en zone de forêt semi-décidue (Okali et al. 1987) pour treize espèces commerciales : *Azelia bipindensis*, *Antiaris toxicaria*, *Brachystegia africana*, *Milicia excelsa*, *Entandrophragma angolense*, *Guarea cedrata*, *Guarea thompsonii*, *Khaya ivorensis*, *Lovoa trichilioïdes*, *Nauclea diderrichii*, *Sterculia rhinopetala*, *Terminalia ivorensis* et *Terminalia superba*.

Chapitre 3. Tableau 10 :

Nombre de semis d'espèces commerciales par hectare avant l'ouverture du couvert et sept ans après (Omo Forest Reserve). Nigeria.

Classes de hauteur (mètres)	Avant l'ouverture du couvert	7 ans après l'ouverture du couvert
0,1 m < H < 1 mètre	1	168
1 m < H < 3 mètres	1	92
H > 3 mètres	2	140
Total	4	400

Cette régénération concerne principalement trois espèces héliophiles : *Nauclea diderrichii* (200 tiges/ha), *Terminalia superba* (98 tiges/ha) et *Sterculia rhinopetala* (75 tiges/ha).

Le traitement de la forêt par la méthode du " Tropical Shelterwood System " stimule la croissance de la régénération installée, mais pas le recrutement de nouvelles tiges (Lawton 1978).

Chapitre 3. Tableau 11 :

Effet du Tropical Shelterwood System (T.S.S.) sur la densité (en tiges/ha) de la régénération installée en espèces commerciales. Nigeria.

Hauteur (mètres)	0 à 1 m	1 à 3 m	> 3 m (ou 30 cm de circ.)
Forêt non traitée	877	187	50
Forêt exploitée et traitée par le T.S.S.	315	150	260

Les tentatives d'influer sur la régénération naturelle par une manipulation du couvert et des dégagements furent abandonnées dans les années soixante en faveur des plantations.

Le bilan de cette méthode (Kio 1978, 1979) conduit à préconiser des déliangages pendant les cinq premières années pour ouvrir le couvert et assister la régénération naturelle. Cette opération doit ensuite être complétée par des éclaircies pour favoriser la croissance de la régénération naturelle.

Quelques conclusions ont été mises en évidence récemment (Hawthorne 1993) :

- de grandes trouées dans le couvert montrent une régénération médiocre des essences commerciales et une faible diversité spécifique ;
- la régénération de la plupart des essences de bois d'oeuvre, en particulier des essences non pionnières, exige le maintien de semenciers régulièrement disséminés dans la forêt, par exemple sous la forme de bouquets non exploités à l'intérieur des parcelles exploitées ;
- les petites trouées et les pistes de débardage contribuent à accroître la diversité spécifique d'ensemble.

44. Cameroun

Les services forestiers du Cameroun se sont attachés à conduire des expériences sylvicoles visant à l'utilisation de la régénération naturelle pour l'enrichissement de la forêt dense (Morellet 1958). L'effet des dégagements de la régénération naturelle et notamment des délianages a permis de faire passer la régénération en espèces commerciales de 176 tiges/ha à 450 tiges/ha en cinq ans en forêt de Koumou.

En forêt de M'balmayo, des opérations simples de délianage et de dévitalisation ainsi que de dégagements de la régénération ont induit une réaction positive de la régénération.

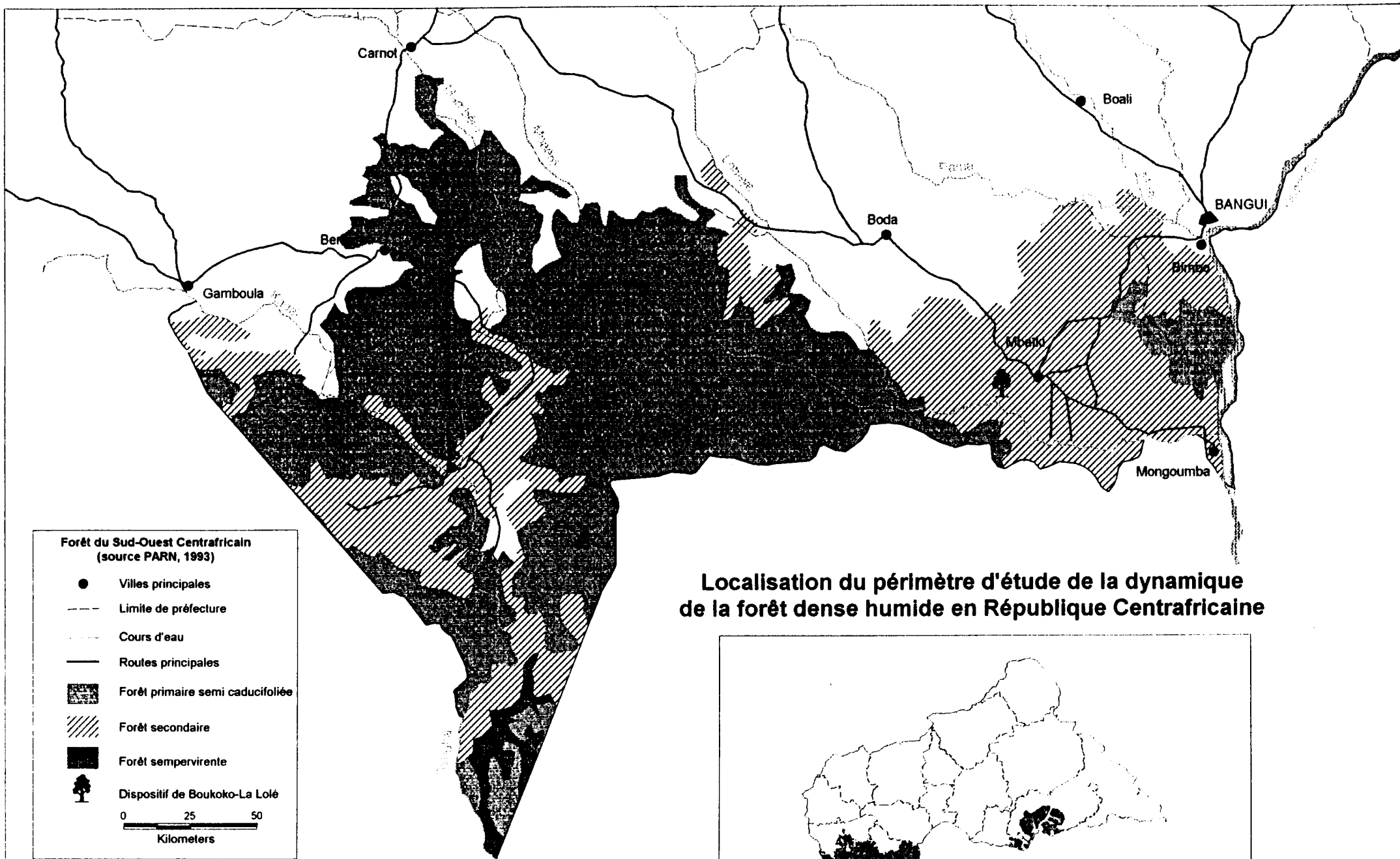
Après trois ans de régénération assistée :

- le nombre des semis (hauteur inférieure à 1,5 m) a été multiplié par trois. Le dégagement facilite l'ensemencement ;
- le nombre de gaules (hauteur supérieure à 1,5 m, diamètre inférieur à 10 cm) a été multiplié par 2,8. La croissance des semis a été stimulée (Morellet 1958).

45. Centrafrique

L'impact de l'exploitation sur la régénération naturelle a été évalué à partir de différents comptages dans les deux massifs de Boukoko et de la Lolé quatre ans après exploitation (Tran-Hoang et al. 1989). Les espèces commerciales sont réparties en deux catégories :

- **catégorie A** : Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), Sipo (*Entandrophragma utile*), Kosipo (*Entandrophragma candollei*), Tiama (*Entandrophragma angolense*), Acajou (*Khaya anthotheca*), Dibétou (*Lovoa trichilioïdes*), Iroko (*Milicia excelsa*), Padouk (*Pterocarpus soyauxii*), Tali (*Erythrophleum ivorense*) et Bossé (*Guarea cedrata*).



Chapitre 3 : La régénération naturelle en forêt dense humide

- **catégorie B** : Ayous (*Triplochiton scleroxylon*), Limba (*Terminalia superba*), Ilomba (*Pycnanthus angolensis*), Essessang (*Ricinodendron keudelotii*), Niové (*Staudtia kamerunensis*), Aiélé (*Canarium schweinfurthii*), Eyong (*Eribroma oblonga*), Ebène (*Diospyros spp.*), Kotibé (*Nesogordonia papaverifera*), Aniégré (*Aningeria spp.*), Angueuk (*Ongokea gore*), Essia (*Petersianthus macrocarpus*), Ako (*Antiaris toxicaria*), Pri (*Funtumia elastica*) et Colatier (*Cola ballyi*).

Trois faciès sylvicoles de forêt sont distingués : Forêt intouchée, Forêt exploitée et Trouée.

Chapitre 3. Tableau 12 :

Influence de l'exploitation forestière sur la densité de la régénération naturelle (en tiges/ha) quatre ans après exploitation. Forêt de Boukoko et de la Lolé. Centrafrique (Tran-Hoang et al. 1989).

	Espèces commerciales		Parasoliers	Lianes
	Catégorie A	Catégorie B		
Forêt de Boukoko				
Forêt intouchée	92	193	21	1736
Forêt exploitée	86	251	52	1174
Trouée	35	345	338	1131
Forêt de la Lolé				
Forêt intouchée	215	370	36	848
Forêt exploitée	54	390	642	505
Trouée	49	368	827	288

L'exploitation forestière affecte en premier lieu les espèces commerciales les plus recherchées (catégorie A). L'ouverture du couvert induit un fort développement des parasoliers. L'étude de la composition de la régénération avant exploitation révèle que la densité de la régénération des tiges commerciales est de l'ordre de 300 à 600 tiges/ha dans des forêts proches de l'état d'équilibre.

Des comptages incluant les essences secondaires ont donné la répartition suivante de la régénération :

Chapitre 3. Tableau 13 :

Composition de la régénération naturelle (en tiges/ha) par catégorie d'espèces en forêt centrafricaine intouchée ou peu perturbée (1 cm < diamètre < 10 cm). Massif de Boukoko et de la Lolé. Centrafrique (Tran-Hoang et al. 1989).

Massif Forestier	Espèces commerciales		Espèces secondaires	Parasoliers
	Catégorie A	Catégorie B		
Boukoko	85	270	3865	5
La Lolé	35	265	3555	105

Chapitre 3 : La régénération naturelle en forêt dense humide

La densité des espèces commerciales considérées représente de l'ordre de 6% à 7% de la densité totale des tiges de la régénération naturelle inventoriée.

Neuf ans après exploitation (soit aussi sept ans après l'éclaircie), les inventaires montrent que ces opérations stimulent la régénération des espèces commerciales diversement selon les traitements.

Chapitre 3. Tableau 14 :

Densité (en tiges/ha) de la régénération sept ans après éclaircie et neuf ans après exploitation. Boukoko-la Lolé (1 cm < diamètre < 10 cm). Centrafrique (Petrucci et al. 1994).

Traitement	Espèces commerciales		Espèces secondaires	Lianes
	Cat A	Cat B		
Témoin	175	496	8360	2404
Exploitation	148	735	7877	3593
Exploitation + Eclaircie	313	692	8717	1948

L'exploitation favorise la régénération des espèces commerciales de catégorie B et des lianes. L'exploitation associée à une éclaircie favorise préférentiellement la régénération des espèces commerciales de catégorie A et les espèces secondaires. Ces phénomènes n'apparaissent pas clairement quatre ans après intervention sylvicole.

Des données sont disponibles sur le diamètre minimum à partir duquel des fructifications ont été observées (Morel et al. 1995).

Chapitre 3. Tableau 15 :

Diamètres minimums des arbres sur lesquels des fructifications ont été observées. Boukoko-La Lolé. Centrafrique (Morel et al. 1995).

Essence	Diam (cm)	Essence	Diam (cm)
Entandrophragma angolense	55	Entandrophragma cylindricum	35
Terminalia superba	35	Triplochiton scleroxylon	65
Pycnanthus angolensis	35	Erythrophleum ivorense	35
Milicia regia	25	Nauclea diderrichii	45

Il est probable que l'éclaircie du houppier est aussi un des facteurs déterminant de la floraison et de la fructification des espèces. De nombreuses observations restent à faire dans ce domaine de la phénologie pour améliorer la compréhension des mécanismes de la fructification et de la régénération naturelle.

46. Gabon

Des études ont été réalisées notamment sur l'Okoumé (*Aucoumea klaineana*). Cette espèce grégaire et sociale est une pionnière. Elle se régénère très bien et recolonise rapidement les trouées naturelles ou artificielles grâce à des graines anémochores facilement dispersées par le vent.

Cette régénération naturelle est facilitée si le sol de la trouée est propre ce qui est le cas avec les défrichements agricoles (Biraud 1959). L'Okoumé est une essence de pleine lumière qui dans les taches de régénération atteint couramment 5.000 tiges/ha. Cette espèce colonise aussi les savanes à partir des lisières de forêt (Brunck et al. 1990, Rivière et al. 1990, Rivière 1992). En fait, la régénération naturelle la plus importante est constatée dans les terrains de cultures annuelles (manioc) ou semi-pérennes (bananier) abandonnés après quelques années de culture (Rivière 1992).

Des comptages de régénération plus généraux, portant sur l'ensemble des espèces d'arbres, ont été réalisés en forêt dense sempervirente primaire à Makokou (Aubrèville 1967). Ils montrent que la densité de jeunes arbres dont le diamètre est compris entre 5 et 10 cm est de 300 tiges/ha.

47. République Démocratique du Congo (ex. Zaïre)

Donis et Maudoux (1951) ont étudié les tiges de la régénération (tiges de hauteur inférieure à 4 m) dans 164 placeaux (dimensions 10 m x 10 m) équidistants de 100 m sur une surface de 177 hectares de la Réserve de la Luki, dans le Mayumbé (forêt semi-décidue).

Pour la régénération il a été distingué les peuplements de sommet, de versant et de vallée, et calculé pour chaque espèce la présence (%) dans l'ensemble des placeaux, le nombre moyen de tiges par are pour les placeaux où l'espèce est présente, le maximum observé par are, enfin le nombre moyen de tiges par hectare.

Les arbres dominés et sous-dominants, les arbres dominants, les arbustes, les lianes et les plantes herbacées sont notés séparément. Une liste par ordre décroissant de fréquence est donnée pour les espèces distribuées régulièrement ; huit essences apparaissant dans plus de 60% des placeaux peuvent être considérées comme des espèces d'avenir pour la sylviculture.

Chapitre 3. Tableau 16 :

Abondance des brins de régénération de 0 m à 4 m de haut . Forêt dense humide semi-décidue du Mayumbé. République du Congo (ex. Zaïre). (Donis et *al.* 1951).

Régénération Tiges 0 à 4 m de haut	Fréquence %	Nbre tiges par are	Maximum par are	Moyenne ha
<i>Deinbollia laurentii</i>	93,2	10,2	31	950
<i>Dialium yambatense</i>	90,9	7,8	54	709
<i>Gossweilerodendron balsamiferum</i>	90,8	85,9	1758	7799
<i>Polyalthia suaveolens</i>	89,6	5,8	18	519
<i>Corynanthe paniculata</i>	81,1	6,2	61	502
<i>Nesogordonia leplaei</i>	66,5	6,2	33	412
<i>Guarea cedrata</i>	63,4	2,0	345	126
<i>Hylodendron gabonense</i>	63,4	4,7	71	297

On juge de l'intérêt des préexistants d'une espèce par trois caractères : abondance, fréquence des présences et distribution des diamètres. Les études s'étant poursuivies, Maudoux (1954) donne des résultats plus généraux pour un échantillon à 1% d'une surface d'environ 600 hectares dans la même zone. Les chiffres rapportés à l'hectare sont les suivants :

Chapitre 3. Tableau 17 :

Nombre de tiges par hectare, par classes de 1 m de hauteur en forêt dense humide semi-décidue. République Démocratique du Congo (ex. Zaïre). (Maudoux 1954).

Classes de hauteur(m)	dominants + sous-dominants	Total y compris dominés+arbustes
0-1 m	7 464	14 406
1-2	558	1 660
2-3	272	859
3-4	121	389
> 4	301	856
Total / ha	8 716	18 164

La forêt considérée a été perturbée par des cultures itinérantes et se présente comme un mélange hétérogène. Elle est en voie de vieillissement car il y a absence à peu près complète d'essences héliophiles : *Ricinodendron spp.*, *Ceiba pentandra*, *Terminalia spp.*, *Pteleopsis spp.*, *Milicia spp.*... La quantité de semis dépend de l'état de vieillissement ; ils sont d'autant moins nombreux que le vieillissement est plus avancé. Il y a une forte et précoce sélection naturelle : une très faible proportion de semis dépasse un mètre de haut, surtout parmi les espèces de lumière. Les nombres de tiges des dominants et sous-dominants rapportés à l'hectare pour six espèces de lumière et neuf espèces d'ombre sont les suivants :

Chapitre 3. Tableau 18 :

Nombre de tiges par hectare, par classe de hauteur des essences de lumière et d'ombre. Forêt dense humide semi-décidue. République Démocratique du Congo (Maudoux 1954).

Classes de hauteur (m)	dominants + sous-dominants	Total y compris dominés+arbustes
0-1 m	4 711	1 832
1-2	88	342
2-3	27	178
3-4	11	76
> 4	18	186
Total / ha	4 855	2 614

Les différentes études de régénération naturelle ont permis de dégager les conclusions suivantes (Maudoux 1958) :

- des opérations favorisant l'ensemencement (délianages, éclaircies, dégagements) peuvent multiplier les semis naturels dans une proportion moyenne de un à quatre et même plus ;
- les rapports de fréquence d'espèce sont similaires dans toutes les strates ;
- le couvert de la coupe d'abri favorise la régénération naturelle.

En ce qui concerne la richesse en essences commerciales, des estimations ont été faites en fonction des 43 espèces commerciales les plus recherchées (Wolter 1993).

Chapitre 3. Tableau 19 :

Richesse relative en semis pour 43 espèces commerciales. Cuvette centrale du Congo. (Wolter 1993).

Hauteur (mètres)	0-1 m	1-4 m	> 4m
Espèces commerciales	30%	23%	29%
Espèces secondaires	70%	77%	71%

Pour 43 espèces commerciales, 170 espèces secondaires ont été inventoriées. Dans la régénération naturelle, les deux catégories d'espèces se retrouvent globalement dans les mêmes proportions que dans les étages supérieurs.

48. Quelques exemples d'autres pays non africains

A titre de comparaison, un exemple en Asie (Malaisie) et un exemple en Amérique du Sud (Surinam) sont brièvement traités.

481. Malaisie

Les méthodes sylvicoles élaborées dans ce pays sont originales et peuvent être étendues avec profit aux forêts africaines. Il faut signaler en particulier une méthode d'échantillonnage pour évaluer la régénération dite "linear regeneration sampling". Cette méthode comprend trois phases (Barnard 1950) :

- Avant l'exploitation forestière, la forêt est sondée à 0,5% par placeau de 2 m x 2 m (une bande de 2 m de large tous les 400 m) ou à 2% (une bande de 2 m de large tous les 100 m).

Selon une liste d'espèces désirables établie, on note dans chaque quadrat l'espèce qui a la tige mieux venante, de moins de 1,50 m de haut, son abondance au moyen d'un code, plus une deuxième tige (hauteur supérieure à 1,50 m) de l'espèce la plus précieuse et la mieux venante.

- Trois à cinq ans après l'exploitation la forêt est sondée à 5% par placeau de 5 m x 5 m (une bande de 5 m de large tous les 100 m) ou à 2,5% (une bande de 5 m de large tous les 200 m) en prenant comme ci-dessus une seule tige (hauteur supérieure à 1,50 m et diamètre inférieure à 5 cm) et une deuxième tige.
- Huit à dix ans après l'exploitation la forêt est sondée à 10% par placeau de 10 m x 10 m (une bande de 10 m de large tous les 100 m) ou à 5% (une bande de 10 m de tous les 200 m) en prenant une seule tige de diamètre inférieur à 5 cm, la mieux venante parmi les espèces (même liste que ci-dessus) et une deuxième tige.

La première phase vise à s'assurer de l'importance et de la répartition des préexistants. Elle permet de choisir les lots à mettre en exploitation, c'est à dire ceux suffisamment pourvus en semis. L'expérience a permis de fixer pour une bonne réussite des opérations ultérieures les valeurs minimums suivantes concernant les inventaires de régénération :

- **Premier inventaire :**

La proportion des placeaux ayant une tige adéquate de régénération dont la hauteur est inférieure à 1,50 m doit être de 40% du nombre total des placeaux inventoriés (ce qui équivaut à 1.000 tiges/ha).

- **Deuxième inventaire :**

La proportion des placeaux ayant au moins une tige d'avenir de régénération dont la hauteur est supérieure à 1,50 m et le diamètre inférieur à 5 cm est de 60% (soit 240 tiges/ha).

- **Troisième inventaire :**

La proportion des placeaux pourvus d'une tige au moins de diamètre supérieur à 5 cm est de 75% (soit 75 tiges/ha).

482. Surinam

Plusieurs types d'études ont été entrepris (Schulz 1960, de Graaf 1990), notamment de régénération ont été faites en forêt dense non perturbée. Environ 200 ha ont été inventoriés par échantillonnage à 5% en bandes équidistantes de 5 m de large subdivisées en placeau 5 m x 5 m. Quarante espèces ont été prises en compte (hauteur supérieure à 2 m, diamètre inférieur à 5 cm). On note aussi par classes décimétriques de diamètres les tiges de 5-15 cm, 15-25 cm etc... Ce matériel comporte 13 bandes de 1,3 km à 1,8 km de long subdivisées en quadrats (5 m x 5 m) en forêt dense et pourrait permettre des études de distributions spatiales et des phénomènes de gréganisme.

Des études de régénération ont aussi été réalisées avec des placeaux 2 m x 2 m en prenant tous les semis de 25 cm de haut et plus. Dans ces méthodes sylvicoles de coupes polycycliques (de Graaf et *al.* 1990) on considère que la régénération est installée. Les sylviculteurs travaillent à son amélioration par une série d'éclaircies sélectives.

5. METHODES DE REGENERATION NATURELLE EN FORET DENSE HUMIDE

Le sylviculteur se doit de faire face à de nombreuses difficultés pour assurer la régénération des forêts denses humides. Parmi ces difficultés il faut citer (Aubréville 1957, Banergi 1958, Dawkins 1958, Catinot 1965, Baidoe 1970, Lawton 1978, Bertault 1992, F.A.O. 1994) :

- le faible pourcentage d'espèces commerciales dans la forêt naturelle.
- l'irrégularité des fructifications et le caractère aléatoire des coupes d'ensemencement.
- la répartition irrégulière des plants.
- la prolifération des adventices indésirables lors de l'ouverture du couvert.
- les problèmes de dosage de l'éclairage au sol.
- les différences de tempérament et de vitesse de croissance des essences commerciales.
- la mortalité naturelle des jeunes semis et plants.
- les dégâts dus à l'exploitation dans la régénération naturelle préexistante.

Un classement des méthodes de régénération naturelle déjà expérimentées peut être proposé. Quatre principaux types de méthodes peuvent être retenues en Afrique tropicale humide (Haig 1959, Catinot 1965, Neil 1981) :

- l'"Amélioration des Forêts Naturelles" ou régénération naturelle par coupe d'ensemencement et d'abri unique.
- le "Tropical Shelterwood system" ou régénération naturelle par coupes progressives d'ensemencement et d'abri.
- la "Régénération avec coupe d'abri unique" ou "High Shade Shelterwood System".
- la "Conversion sur régénération installée".

51. L'amélioration des forêts naturelles ou régénération naturelle par coupe d'ensemencement et d'abri unique

Cette méthode a été appliquée en Côte d'Ivoire, Cameroun, Gabon, Congo... Le couvert est ouvert une première fois lors de l'exploitation commerciale. Une éclaircie sélective complémentaire est ensuite pratiquée immédiatement dans les espèces secondaires dominantes afin de favoriser la croissance des espèces commerciales dominantes.

Cette coupe mixte régénération/abri a aussi pour but de stimuler à terme la régénération en essences commerciales. Les essences secondaires appartenant aux strates inférieures sont conservées pour ne pas hypothéquer l'avenir. Les travaux sont réalisés sur la régénération considérée à priori comme acquise. La structure irrégulière du peuplement est conservée. Dans certains cas des opérations de régénération assistée peuvent être entreprises : dégagements, déliantages, éclaircies... (Dawkins 1958).

52. Le Tropical Shelterwood System ou régénération naturelle par coupes progressives d'ensemencement et d'abri

Le "Tropical Shelterwood System" en Afrique (Nigéria, Ghana) est basé sur la sylviculture des Méliacées commercialisées : *Entandrophragma spp.*, *Khaya spp.*, *Lovoa trichilioides* et *Guarea cedrata* (Taylor 1954). Ces espèces fructifient abondamment et fournissent chaque année de nombreux semis. La plupart des semis meurent par manque de lumière. Les travaux en faveur de la régénération commencent cinq ans avant l'exploitation. Une ouverture progressive du couvert est réalisée par déliantage et dévitalisation partielle des essences secondaires dans les strates basses et intermédiaires. Ces coupes d'ensemencement ont pour but de favoriser la régénération naturelle en essences commerciales. L'exploitation n'est déclenchée que si la régénération est suffisante.

Au Nigéria, la densité minimum de la régénération considérée comme nécessaire pour assurer la pérennité du peuplement est de 100 tiges/hectare distantes de 1,80 mètres au moins ; ceci pour tenir compte des dépressages ultérieurs (Douay 1954).

Des travaux préliminaires pour assister la régénération naturelle sont prévus avant exploitation (délianages, dégagements, recépages) ; ils se poursuivent après celle-ci. Il faut prévoir entre trois et cinq dégagements de la régénération avant exploitation.

Une éclaircie est réalisée dans les essences secondaires dominantes par dévitalisation lorsque l'exploitation est terminée. La structure du peuplement, à terme, est irrégulière avec un enrichissement du peuplement en essences commerciales.

53. La régénération avec coupe d'abri unique ou High Shade Shelterwood System

L'exploitation concerne à la fois les espèces bois d'oeuvre et bois-énergie. La majorité du peuplement préexistant est exploitée. Seul un peuplement d'abri constitué de tiges des strates intermédiaires est conservé temporairement pendant quelques années pour protéger une régénération considérée comme acquise. La structure du peuplement est régularisée.

On obtient à terme une futaie équienne à plusieurs étages compte-tenu des différences de croissance des espèces régénérées.

54. La conversion sur régénération installée

Cette méthode peu utilisée est toutefois citée pour mémoire. Après exploitation du capital commercial toutes les espèces secondaires sont éliminées par dévitalisation. Les travaux sont réalisés sur régénération installée avec éventuellement des plantations d'enrichissement. La structure du peuplement est régularisée à terme.

55. Classification des méthodes de régénération

Ces méthodes diffèrent à la fois dans les modalités d'ouverture du couvert du peuplement préexistant ainsi que dans la conduite de la régénération. La structure du peuplement final est fortement conditionnée par la méthode de régénération adoptée. Dans tous les cas il s'agit de favoriser la dynamique des essences commerciales par élimination ou réduction de l'importance des essences secondaires.

La majorité des méthodes s'attachent à conserver une structure "jardinée" ou irrégulière proche de celle des formations naturelles. Les tentatives de régularisation de la structure des forêts naturelles (expérimentées notamment en Asie) par régénération naturelle à de rares exceptions près concernant des essences grégaires (Niangon ou Okoumé par exemple) sont en effet un échec en Afrique tropicale (Aubréville 1957).

Chapitre 3. Tableau 20 :

Classement et typologie des principales méthodes de régénération naturelle des forêts tropicales.

Pays d'origine	Côte d'Ivoire Cameroun. Gabon Ouganda. Inde	Malaisie	Nigéria Ghana	Trinidad
Méthode	Amélioration des Forêts Naturelles	Conversion sur Régénération acquise	Tropical Shelterwood System	High Shade Shelterwood
Année				
n-5		Délianage Nettoyage du sous-bois	1 ^{er} empoisonnement partiel sous-bois et délianage	
n-4			2 ^{ème} délianage et 1 ^{er} comptage régénération 2 ^{ème} empoisonnement partiel strates intermédiaires	
n-3			1 ^{er} dégagement de la régénération-dépressage	
n-2			2 ^{ème} dégagement dépressage sélectif 2 ^{ème} comptage régénération	
n-1	Délianage Inventaire commercial	Inventaire commercial	3 ^{ème} dégagement	Délianage
n	Exploitation	Empoisonnement de toutes les secondaires	et marquage Recépage des tiges commerciales endommagées	des arbres conservés. Mise en place peuplement d'abri. Carbonisation rémanents
r	Délianage 1 ^{ère} éclaircie par dévitalisation		4 ^{ème} dégagement 3 ^{ème} comptage régénération	1 ^{er} dégagement
r+1	Délianage 2 ^{ème} éclaircie par devitalisation		Empoisonnement partiel strate dominante	Délianage et dépressage
r+2	Dégagements	Inventaire régénération Enrichissements éventuels		Délianage et dépressage
r+3				Dévitalisation du peuplement d'abri
r+4			5 ^{ème} dégagement	Délianage
r+5	Dépressage			Délianage et dépressage Dévitalisation complémentaire

n : année du début de l'exploitation. r : année du début des opérations de régénération.
n et r peuvent être différente du fait de l'exploitation polycyclique.

6. SYLVICULTURE ET REGENERATION INSTALLEE

La capacité de régénération naturelle des peuplements doit être conservée dans sa diversité en conservant un nombre suffisant de semenciers : l'exploitation forestière doit être contrôlée. Les données actuellement disponibles sur la dynamique de la régénération sont incomplètes mais convergent quant aux enseignements recueillis. Il est illusoire de croire que la régénération naturelle ne doit pas être assistée par le sylviculteur : comme l'exploitant intervient pour récolter, le sylviculteur doit agir pour accélérer et orienter la régénération naturelle.

Chapitre 3. Tableau 21 :

Composition de la régénération installée (1 cm < diamètre < 10 cm) pour deux types de forêts aménagées en Côte d'Ivoire. (Bertault 1986 et 1992, Brevet 1992, Doumbia 1993, Dupuy et al. 1995).

Effectif en tiges/ha (1 cm < Diam < 10 cm)	Espèces commerciales	Total
Forêt sempervirente	150 à 400	2500 à 4500
Forêt semi-décidue	250 à 600	3000 à 5000

L'ensemble des tiges d'espèces commerciales (voir annexe 1) représente entre 5 et 10 % du total des tiges de la régénération installée en forêt sempervirente. En forêt semi-décidue, la densité des essences commerciales peut atteindre jusqu'à 20% de la densité totale des tiges de la régénération installée.

Ces chiffres sont du même ordre que ceux mesurés en Amazonie où les espèces commerciales représentent environ 15% de la régénération installée (Rollet 1983).

En forêt dense humide non dégradée, la densité de tiges commerciales dans la régénération naturelle est comprise entre 150 et 400 tiges/ha, elle peut atteindre exceptionnellement 600 à 1000 tiges/ha.

Les seuils minimums de densités en espèces commerciales de la régénération naturelle (tiges de diamètre compris entre 1 cm et 10 cm) sont de l'ordre de (Taylor 1954, Douay 1954, Donis 1958, Morellet 1958, Rosevear 1958) :

- 150 tiges/ha en forêt sempervirente ;
- 250 tiges/ha en forêt semi-décidue.

Ces valeurs correspondent aux densités minima des tiges d'espèces commerciales dans la régénération naturelle des forêts non dégradées. Elles peuvent être considérées comme un minimum de régénération indispensable pour assurer l'avenir du peuplement.

61. Influence des éclaircies sur la régénération naturelle

L'ouverture du couvert par les éclaircies favorise en premier lieu le développement de la régénération préexistante dans le sous-bois notamment les espèces tolérant un certain couvert dans au moins dans le jeune âge (*Aningeria spp.*, *Entandrophragma spp.*, *Guarea cedrata*, *Diospyros spp...*).

Après exploitation, la régénération d'espèces héliophiles à graines légères telles que : *Terminalia superba*, *Terminalia ivorensis*, *Ceiba pentandra*, *Lophira alata*, *Aucoumea klaineana*, *Funtumia elastica*... est favorisée par l'ouverture du couvert au détriment de la régénération des Méliacées qui sont souvent exploitées préférentiellement.

611. Forêt sempervirente

Ce phénomène se retrouve d'ailleurs dans les strates dominantes (Bertault 1986, Maitre 1988, Brevet 1992, Dupuy et al. 1993). Dans des forêts denses déjà exploitées, la réaction de la régénération aux éclaircies est positive.

Chapitre 3. Tableau 22 :

Effectifs (en tiges/ha) de la régénération installée (1 cm < diamètre < 10 cm) pour une forêt dense sempervirente éclaircie. Résultats quatorze ans après éclaircie. Irobo - Côte d'Ivoire. (Brevet 1993).

Catégorie d'espèces	Commerciales			Total Commerciales	Secondaires
	Cat.1	Cat 2.	Cat 3.		
Sans éclaircie	82.5	7.5	162.5	252.5	2947.5
éclaircie moyenne	55.0	5.0	85.0	145.0	3485.0
éclaircie forte	117.5	10.0	255.0	382.5	4272.5

Voir annexe 1 pour les espèces commercialisables des catégories 1, 2 et 3

Ces éclaircies stimulent aussi fortement la régénération des espèces secondaires éliminées par l'éclaircie dans les étages supérieurs.

Une étude comparative réalisée six ans et quatorze ans après éclaircie sur les trois même parcelles en forêt d'Irobo, confirme la nécessité de fortes éclaircies pour stimuler la dynamique de la régénération (Brevet 1993).

Chapitre 3. Tableau 23 :

Dynamique de la régénération naturelle (en tiges/ha/an) des espèces commerciales entre six et quatorze ans après éclaircie en forêt dense sempervirente ivoirienne (Irobo).

Traitement	Gain régénération 1 cm < Diam < 10 cm	Passage à la futaie Diam > 10 cm
Témoin	+ 6,8	+ 0,8
Eclaircie moyenne	- 0,6	+ 0,8
Eclaircie forte	+ 29,7	+ 2,6

Sur une période de huit ans, les fortes éclaircies multiplient le gain d'espèces commerciales dans la régénération naturelle par trois. Dans un intervalle de huit ans, la densité des espèces commerciales dans la régénération naturelle passe de 225 à 465 tiges/ha dans les parcelles fortement éclaircies dont environ 120 tiges/ha d'espèces de première catégorie. Il est important de rappeler que les espèces commerciales, en forêt sempervirente, ne représentent que 7% à 9% des tiges présentes dans la régénération naturelle totale. Les espèces commerciales de première catégorie ne représentent qu'environ 2% à 3% des tiges présentes dans la régénération naturelle.

Les fortes éclaircies stimulent aussi bien la régénération des espèces commerciales que celle des espèces secondaires ou indésirables comme les lianes ou le *Scaphopetalum amoenum* (Aroro).

Chapitre 3. Tableau 24 :

Effectif moyen des lianes dans différents types de forêts denses humides sempervirente de production (Rollet 1974, Hall et al. 1981, Brevet et al. 1993).

Type de forêt dense sempervirente humide	Densité moyenne de lianes (tiges/ha)
Primaire	150-400
Secondaire riche non traitée	400-450
Secondaire riche éclaircie	500-750
Secondaire pauvre	900
Secondaire enrichie par plantations en layons	250

D'un point de vue sylvicole, dans les peuplements fortement éclaircis, il faut donc prévoir de limiter le développement des espèces indésirables afin de faciliter la régénération naturelle des espèces commerciales. Il faut aussi souligner l'impact positif sur le contrôle du développement des lianes d'opérations élémentaires de dégagements dans les peuplements enrichis par des plantations en layons.

Forêt de transition

En forêt dense humide de transition sempervirente/semi-décidue, les fortes éclaircies stimulent le dynamisme de la régénération naturelle de toutes les espèces. Des mesures de régénération réalisée en République Centrafricaine révèlent l'effet positif d'une éclaircie réalisée après exploitation sur la régénération naturelle d'une forêt proche de l'état primaire.

Chapitre 3. Tableau 25 :

Composition de la régénération naturelle en Méliacées neuf ans après exploitation et sept ans après éclaircie. Forêt de Boukoko-La Lolé . Centrafrique (Petrucci et *al.* 1994).

Traitement	Témoin	Exploitation	Exploitation + Eclaircie
Espèces de catégorie A			
Densité (tiges/ha)	175	148	313
% régénération arborée totale	1.9	1.7	3.3
Total des espèces commerciales			
Densité (tiges/ha)	671	883	1005
% régénération arborée totale	7.4	10.1	10.4

Espèces de catégorie A : *Entandrophragma cylindricum*, *E. angolense*, *E. utile*, *Azelia africana*, *Khaya anthotheca*, *Lovoa trichilioides*, *Milicia excelsa*, *Pterocarpus soyauxii*, *Nauclea diderrichii*, *Autranella congolensis*, *Morus mesogya*, *Lophira alata*, *Erythrophleum suaveolens*, *Guarea cedrata*.

L'exploitation combinée à une éclaircie dans les espèces secondaires a un impact positif sur le dynamisme de la régénération naturelle des espèces de catégorie A, qui sont les plus recherchées.

612. Forêt semi-décidue

Au Cameroun (forêt de Koumou), les dégagements de la régénération naturelle et les déliantages ont permis de faire passer la densité de la régénération en espèces commerciales de 176 tiges/ha à 450 tiges/ha en cinq ans.

En forêt de M'balmayo (Cameroun), des opérations simples de déliantage et de dévitalisation ainsi que de dégagements de la régénération ont induit une réaction positive de la régénération. Après trois ans de régénération assistée, le nombre de semis des espèces commerciales (hauteur < 1,5 m) et le nombre de gaules (hauteur > 1,5 m, diamètre < 10 cm) a été multiplié par trois (Morellet 1958).

En forêt semi-décidue de Mopri (Côte d'Ivoire), quatorze ans après éclaircie, cette intervention sylvicole induit un gain dans la régénération des essences commerciales. En particulier, il faut noter que l'effectif des espèces commerciales de première catégorie a été multiplié par deux pour la modalité "éclaircie forte" (Doumbia 1993).

Les éclaircies stimulent aussi la régénération naturelle des espèces secondaires ainsi que celle des lianes.

Chapitre 3. Tableau 26 :

Effectifs (en tiges/ha/an) de la régénération installée (1 cm < diamètre < 10 cm) pour une forêt dense semi-décidue éclaircie. Résultats quatorze ans après éclaircie. Mopri-Côte d'Ivoire. (Doumbia 1993).

Catégorie d'espèces	Commerciales			Total Commerciales	Secondaires	Lianes
	Cat.1	Cat 2.	Cat 3.			
Sans éclaircie	150	185	130	465	2872	482
éclaircie moyenne	200	243	70	513	3280	690
éclaircie forte	308	188	83	579	3315	783

(Voir liste des espèces commerciales en annexe 1).

Les effectifs moyens par classe de diamètre de un cm (tous traitements confondus) sont décroissants au fur et à mesure que le diamètre augmente. Les pourcentages calculés par classe de diamètre de 1 cm sont les suivants : classe 2 cm (39,3%) - classe 3 cm (22,9%) - classe 4 cm (13,5%) - classe 5 cm(9,4%) - classe 6 cm (5,7%) - classe 7 cm (4,2%) - classe 8 cm (3,2%) - classe 9 cm (1,4%).

La réaction de la régénération à l'ouverture du couvert tend à favoriser les essences à croissance relativement rapide (voir § 413.1). Les essences à croissance lente ("bois rouges") seront donc à favoriser lors des dégagements ou éclaircies. Ceci d'autant plus que ce sont des essences commerciales exploitées en priorité et dont la densité de semenciers décroît le plus rapidement.

62. Recommandations sylvicoles

En ce qui concerne la régénération naturelle, l'ouverture du couvert par l'exploitation forestière et les éclaircies engendre une augmentation rapide et brutale de la lumière qui parvient jusqu'aux strates inférieures. Cette ouverture s'accompagne souvent du développement d'espèces secondaires et de lianes. Ce développement ne doit pas être un obstacle à l'enrichissement du peuplement en espèces commerciales qui est l'objectif des forêts denses humides de production. Deux principaux cas doivent être envisagés :

- la régénération installée en essences commerciales (tiges de diamètre compris entre 1 cm et 10 cm) est suffisante (densité supérieure à 150-250 tiges/ha selon le type de forêts). Il suffit alors d'effectuer des dégagements dans cette régénération naturelle installée.

- la régénération installée en essences commerciales est insuffisante. Le sol est souvent envahi par des espèces indésirables (Parasolier, lianes, *Scaphopetalum amoenum*, *Chromolaena odorata*, *Solanum sp...*) qu'il faut éliminer mécaniquement ou chimiquement. L'effet inhibiteur de ces adventices sur la régénération a été mis en évidence (Bertault 1986 et 1992, Dupuy et al. 1995). Pour limiter les coûts d'intervention, les travaux d'élimination des adventices indésirables peuvent être, par exemple, réalisés sur des bandes d'une cinquantaine de mètres de largeur séparées par des interbandes de forêt naturelle non traitées de même largeur.

Concernant la régénération naturelle, quelques conclusions générales ont été mises en évidence à partir de différents dispositifs expérimentaux (Catinot 1965, Lamb 1968, Baidoe 1972, Kio 1978, Chatelperron et al. 1986, Schmitt 1989, Gartlan 1992, Laurent et al. 1992, Sangaré 1989, Wencelius et al. 1992, Hawtorne 1993, Bruijnzeel et al. 1994, Dupuy et al. 1995). Lors de l'exploitation, quelques règles simples peuvent être ainsi proposées en faveur de la régénération naturelle :

- s'assurer de l'existence d'une régénération installée (d'espèces commerciales) suffisante (1 cm < diamètre < 10 cm) avant de déclencher les opérations d'exploitation forestière. Les espèces commerciales représentent entre 5% et 20% des tiges de la régénération installée. A l'image des peuplements adultes, la régénération installée en essences commerciales des forêts sempervirentes est toutefois moins riche que celle des forêts semi-décidues ;
- pour les espèces commerciales, il est nécessaire de garder des semenciers régulièrement répartis pour l'ensemble des espèces. La régénération de la plupart des essences de bois d'oeuvre, en particulier des essences non pionnières, exige le maintien de semenciers régulièrement disséminés dans la forêt, par exemple sous la forme de bouquets non exploités à l'intérieur des parcelles exploitées ;
- les déliantages constituent une opération sylvicole d'ouverture du couvert propre à favoriser la régénération naturelle.
- les éclaircies ont un effet positif sur le recrutement de nouvelles tiges dans la régénération installée des essences commerciales. Les éclaircies stimulent aussi la régénération naturelle des espèces secondaires ainsi que celle des lianes ;
- le prélèvement doit être dosé afin d'une part de protéger le peuplement d'avenir et la régénération installée et d'autre part de limiter la prolifération des lianes et autres adventices indésirables dans les trouées d'exploitation. On n'exploitera pas deux arbres distants l'un de l'autre de moins de cinquante mètres pour éviter une ouverture trop importante du couvert. De grandes trouées dans le couvert montrent une régénération médiocre des essences commerciales et une faible diversité spécifique ;
- on cherchera à réduire les dégâts d'exploitation qui peuvent détruire ou endommager une grande partie de la régénération. Un déliantage des arbres à abattre devrait être réalisé quelques années avant l'abattage (deux ans au moins) pour limiter l'effet d'entraînement des arbres exploités et la création de grandes trouées. L'essentiel des dégâts dans la régénération

intervient lors du débardage qui doit être soigneusement contrôlé. Les brins de la régénération endommagés par l'exploitation doivent être recépés car ils rejettent souvent bien de souche.

Ces interventions répétées dans le temps doivent avoir pour but la reconstitution d'un peuplement d'avenir dans des délais raisonnables. Il est certain qu'il faut dans ce domaine distinguer les forêts en particulier en fonction de leur état de dégradation. De simples opérations de délianage et de dégagement peuvent favoriser une régénération installée "en attente de lumière". Il en est autrement lorsque la régénération est absente ou insuffisante même au stade séminal. Il faut alors essayer de la provoquer et de favoriser son installation pérenne. De très nombreuses inconnues subsistent en particulier concernant le déterminisme de la floraison, de la fructification et de la dissémination des semences. C'est sans nul doute un champ d'exploration à développer pour essayer d'optimiser les interventions sylvicoles.

Les feux de forêts

Chapitre 4

Depuis plusieurs millions d'années, le feu est un important facteur de l'écologie des formations végétales tropicales. La présence de charbon de bois dans les sédiments géologiques témoigne d'incendies importants qui ont affecté les formations végétales à travers les temps. Avec l'arrivée de l'homme le cycle naturel des incendies a été modifié. Chasseurs, nomades et cueilleurs, les premiers hommes se déplaçaient régulièrement en petits groupes tribaux ou familiaux. Ils pratiquaient souvent le brûlis afin de faciliter la chasse et la cueillette.

1. LE FEU ET LE MILIEU

L'existence des feux de brousse dont l'origine est actuellement le plus souvent anthropique est ancienne. Avec l'homme, le feu a en effet été érigé en technique culturelle pour éliminer les formations naturelles ligneuses ou limiter leur développement. Déjà en 1917, Swynnerton signalait pertinemment " The prompt advance of forest that follows the cessation of fire...".

11. Caractéristiques des feux

La vitesse de propagation des feux est un paramètre qui dépend de plusieurs facteurs dont la vitesse du vent, la nature et la quantité de matière végétale, le degré hygrométrique de l'air et des végétaux, la topographie... Le feu avance comme une barrière rectiligne et en chaque point son action est rapide et fugace. La vitesse des feux varie entre 300 mètres/heure et 1800 mètres/heure (Monnier 1990). La température varie entre 75°C et 600°C selon la position au-dessus du sol (Gillon 1970).

Chapitre 4. Tableau 1 :

Mesures de températures de feu de brousse. Lamto (Côte d'Ivoire).

Hauteur au-dessus du sol (m)	0	0,2	0,8	1,5	2	3	4
Température (°C)	75-350	600	350	300	200	120	75

La température diminue très rapidement avec la hauteur. A la surface du sol, elle peut s'élever à plus de 100°C, elle redevient normale dans un délai de quelques dizaines de minutes. L'élévation de température dans le sol est négligeable. A deux centimètres de profondeur, l'augmentation de température n'est que de quelques degrés (Monnier 1968).

Il peut être distingué différents types de feux (Poilecot 1991) :

- **Les feux d'humus :**

Ces feux pénètrent la couche humifère en la consommant lentement. Ils se développent de préférence dans les milieux relativement humides quand le feu de surface a du mal à progresser. Lorsque la xéricité du milieu augmente, ils se transforment brutalement en feux de surface.

- **Les feux de surface :**

Ils intéressent la strate herbacée et buissonnante. Ces feux sont très fréquents dans les formations forestières très ouvertes en début de saison sèche. Les arbres sont le plus souvent peu affectés par ce type de feux.

- **Les feux de cime :**

Dans les formations où les ligneux sont plus denses, les cimes des arbres jointives peuvent permettre la progression du feu d'un individu à l'autre. Ces feux sont caractéristiques de milieux secs et sont fréquemment observés en fin de saison sèche même dans les formations forestières relativement ouvertes.

12. Le feu et le sol

Le feu est une technique culturelle ancestrale liée à la pratique des cultures itinérantes. Les meilleurs sols sont en effet ceux qui proviennent des récents défrichements de forêt. Le feu est depuis longtemps un outil de défrichage et de préparation du sol des parcelles forestières récemment abattues. Le feu mobilise rapidement les éléments minéraux stockés dans les végétaux. Ces éléments, notamment l'azote, sont en partie perdus car ils se volatilisent. Le retour au sol de ces éléments sous forme de litière et leur mise à disposition par minéralisation ne se produit pas (Abbadie 1984, Gnahoua 1993).

Chapitre 4. Tableau 2 :

Impacts du brûlis sur les apports de la litière au sol. Forêt de Sangoué (Côte d'Ivoire).

Type de Préparation	Matière organique (tonnes/ha)	Azote (Unités/ha)	P205 (Unités/ha)
Mulch	9.5	200	17
Brûlis	3.5	75	25

Dans le cas cité, procéder à une incinération des rémanents et de la litière correspond à perdre environ 60% des apports en matière organique et azote. Par contre, les cendres contribueraient à relever le niveau de P_2O_5 d'environ 50%.

La technique ancestrale de brûlage des rémanents avant culture augmente brièvement les rendements cultureux en permettant une rapide mobilisation de certains des éléments minéraux mis immédiatement à la disposition de la culture pratiquée. Elle permet surtout d'éliminer rapidement et simplement l'essentiel des rémanents qui encombrant le sol. Des mesures réalisées en Côte d'Ivoire (Van Reuler et *al.* 1992) quantifient l'influence des brûlis sur le rendement cultural.

Chapitre 4. Tableau 3 :

Influence du brûlis de forêts secondaires âgées de quatre et vingt ans sur le rendement (en tonnes/ha) de cultures de riz pluvial dans la région de Taï (Côte d'Ivoire).

Age de la forêt secondaire	pas de brûlis	brûlis
4 ans	0,83	1,46
20 ans	0,73	1,53

Le brûlis associé à une culture vivrière temporaire de courte durée (quelques années) est un élément ancestral de la dynamique des formations naturelles de forêt dense humide. Si la durée de la culture est courte et celle de la jachère suffisamment longue, une forêt secondaire peut se reconstituer.

Si l'agriculteur cultive plusieurs années de suite la même parcelle, il épuise sa fertilité. Mise en jachère, cette parcelle est souvent envahie par les graminées très sensibles aux feux. La parcelle peut être parcourue par les feux de brousse et la régression de la forêt est amorcée. Très tôt toutefois, Aubréville (1938) avait écrit : "Si les effets heureux des feux de brousse sont encore à démonter, leurs effets nuisibles (sur la forêt) sont patents et considérables..."

Avec la combinaison de la répétition des feux et du retour rapide des cultures, la forêt régresse et disparaît. Ce recul de la forêt a d'abord affecté les lisières des massifs. Ensuite les cultures se sont généralisées et ont été installées à l'intérieur des massifs pour répondre à une demande croissante de terres fertiles. En Afrique de l'Ouest, du fait de l'accroissement des populations, le phénomène d'ouverture et de régression des formations forestières tend aujourd'hui à s'étendre et à se généraliser à l'ensemble de la zone de forêt dense.

Par ailleurs, depuis plus d'une décennie, les feux de brousse habituellement limités aux zones préforestières de savanes sont devenus des feux de forêts qui ont envahi les zones de forêts denses humides (Catinot 1984). L'ouverture croissante des forêts denses humides naturelles par les paysans et l'exploitation forestière a atteint un seuil où cette forêt ne joue plus son rôle de barrière naturelle permettant de bloquer les feux de brousse à la lisière des massifs forestiers. A son tour, la forêt non ouverte par l'agriculture, est parcourue par des feux courants qui induisent des pertes

de production importante et la disparition de nombreuses forêts. Les feux en zones de forêts denses sont devenus un facteur important de la dynamique de la végétation à ne pas sous-estimer.

13. Incendies et effet de serre

En forêt, les incendies induisent un déstockage brutal du carbone. Les émissions de carbone par la biomasse terrestre sont de l'ordre de 1,8 à 4,7 milliards de tonnes/an. Environ 80% de ce flux provient des changements d'utilisation des terres sous les tropiques (Locatelli 1996). Compte-tenu de l'importance de la biomasse sur pied qui varie entre 100 et 800 tonnes/ha, ce déstockage de carbone est en moyenne de l'ordre 200 tonnes/ha. A titre de comparaison, la capacité de fixation d'une plantation d'essences à croissance rapide est évaluée dans le meilleurs des cas à seulement 10 tonnes/ha/an. Reconstituer les stocks d'éléments minéraux des sols à l'aide de plantations forestières est donc à cet effet une entreprise de longue haleine !

En zone tropicale, la déforestation et plus particulièrement les incendies jouent donc un rôle important dans le déstockage du carbone et par conséquent sur la production de gaz à effet de serre. Ce phénomène va s'ajoutant à la combustion massive des carburants fossiles. La prise de conscience de l'importance du premier étant une conséquence directe du deuxième.

Les récentes observations confirment en effet l'impact des feux de brousse et incendies de forêt sur l'augmentation des émissions de gaz (gaz carbonique, monoxyde d'azote, méthane, composés azotés, vapeur d'eau...).

En Afrique, la part des incendies de forêt et des feux de brousse est importante, elle représente 57% de la biomasse brûlée annuellement dans le monde soit l'équivalent de 500 millions de TEP. Les émissions gazeuses consécutives à la combustion de cette biomasse sont évaluées à 5-10% des gaz concourant à l'effet de serre (Riedacker 1991, FAO 1993, Goldammer et *al.* 1996).

Environ 90% de la biomasse est brûlée lors des feux de brousse et des incendies, 4% lors des défrichements consécutifs à l'agriculture itinérante et 6% pour la cuisson domestique. C'est dire l'importance relative du phénomène des incendies de forêts et des feux de brousse.

2. DYNAMIQUE DE CROISSANCE DES FORETS INCENDIEES

L'action des feux sur l'évolution régressive de la végétation forestière a été soulignée depuis longtemps par de très nombreux auteurs (Swynnerton 1917, Chevalier 1933, Mackay 1936, Mac Gregor 1936, Aubreville 1938, 1945, 1947, 1949, 1957, 1971, Adam 1948, Donis 1958, Killick 1958, Bellouard 1959, De La Mensbrugge 1962, Hopkins 1965, Collet 1966, Guillaumet 1967, C.T.F.T. 1968, Monnier 1968, Lanly 1969, Dereix et *al.* 1976, Catinot 1978 et 1984, Bailly 1979, Trochain et *al.* 1980, Huguet 1982, Kahn 1982, Bertrand 1983, F.A.O. 1985, White 1986, Baumer 1987, Monnier 1990, Nadjombe 1992, Bertault 1992, Mitja 1992, Louppe 1995).

Dans un premier temps, cette action des feux s'exerce le plus fortement dans la zone de contact forêt-savane par l'élimination des espèces arborées de forêt dense humide les plus sensibles au feu.

Dans un deuxième temps, la disparition des espèces arborées sensibles au feu entraîne une ouverture du couvert forestier et le développement des strates basses facilement inflammables. La sensibilité au feu de ces forêts denses humides ouvertes est forte. Enfin, en l'absence de protection elles disparaissent rapidement ou subsistent sous forme de reliques. Elles sont progressivement remplacées par des formations ouvertes (savanes arborées, arbustives ou graminéennes).

21. Etude de l'impact des feux en forêt semi-décidue

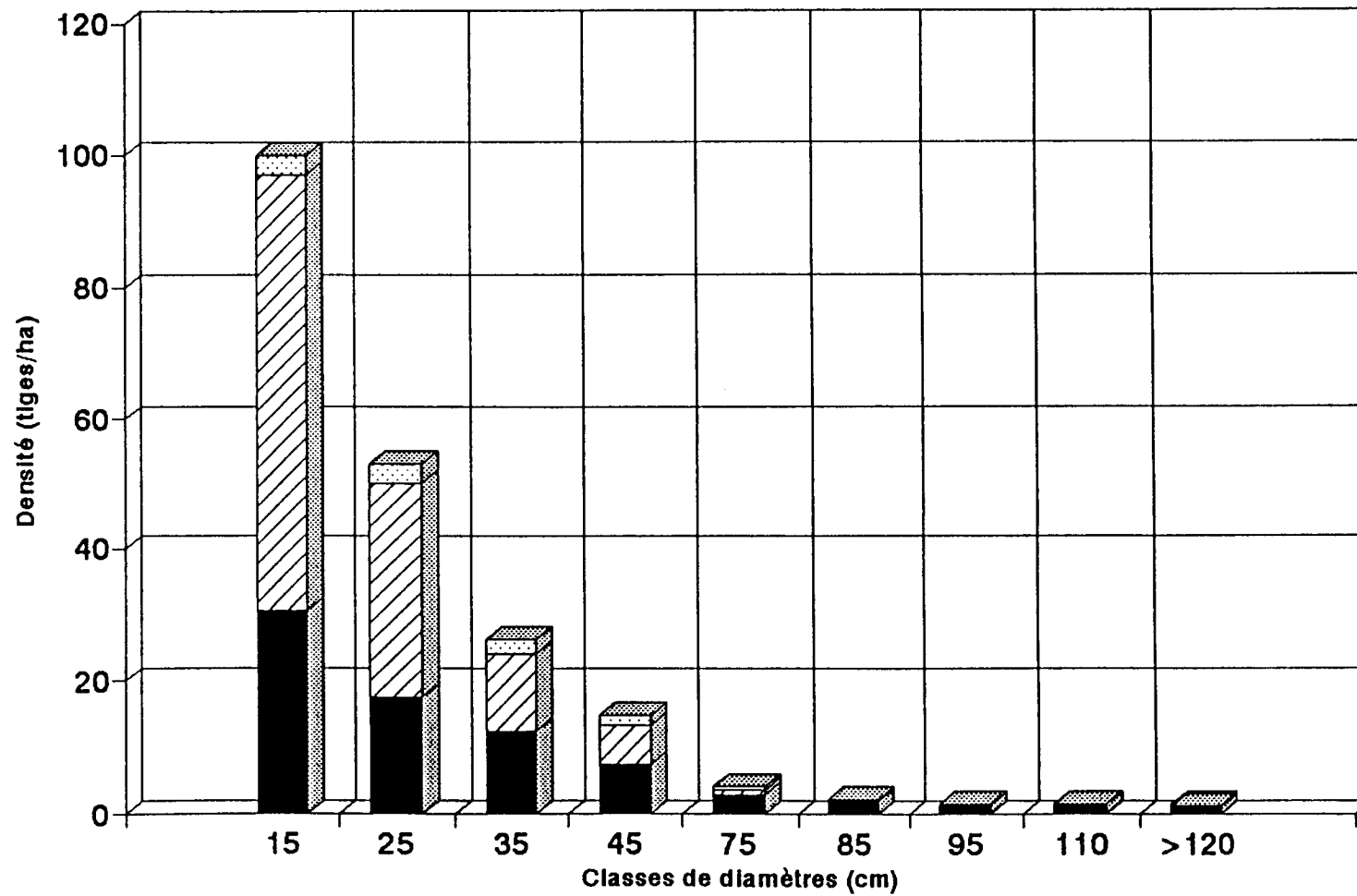
En Afrique de l'Ouest, d'importants incendies ont affecté des millions d'hectares de forêt dense en 1982-1983. Ces incendies ont été notamment amplifiés par l'ouverture préalable des forêts consécutive à la surexploitation forestière de certaines zones ainsi que le développement des jachères agricoles en leur sein. Des données sont disponibles pour la Côte d'Ivoire et le Ghana.

211. Côte d'Ivoire

En 1982-83, d'importants incendies de forêts ont parcouru plus de deux millions d'hectares de forêts denses, détruisant de nombreuses plantations forestières et agricoles. Environ 100.000 hectares de plantations agricoles pérennes (café, cacao) ont ainsi été détruites.

Une étude réalisée sur une forêt semi-décidue quantifie l'impact des feux de forêts sur la dynamique de croissance de peuplements adultes de forêts naturelles de production traités ou non en éclaircie (Bertault 1992, Miezán 1993).

DENSITE DES ESPECES PRINCIPALES EN FORET SEMI-DECIDUE DE TENE



■ 1ère catégorie ▨ 2ème catégorie ▩ 3ème catégorie

Chapitre 4. Tableau 4 :

Influence des incendies sur la mortalité dans une forêt semi-décidue. Forêt de la Téné. Côte d'Ivoire.

Traitement	Année après incendie	G (m ² /ha)	Mortalité (m ² /ha)
Témoïn	0	22.04	
	2	18.06	4.73
	4	17.17	1.70
Eclaircie moyenne	0	18.98	
	2	11.68	8.09
	4	10.12	2.16

Cette étude réalisée sur les essences commerciales de plus de 10 cm met en évidence la mortalité induite par le feu. Cette mortalité est particulièrement forte dans les deux années qui suivent l'incendie de forêt. Les éclaircies avaient été réalisées quatre années avant le passage du feu (notée ci-dessus année 4). Elles induisent une mortalité beaucoup plus forte du fait de la présence de bois morts sur pied après dévitalisation ainsi qu'une ouverture plus forte du couvert.

En terme d'effectif, le taux de mortalité à deux ans est de 23% pour les parcelles témoins et de 53% pour les parcelles éclaircies (Bertault 1992, Miezan 1993). En terme de volume des espèces commerciales, l'influence des feux est la suivante :

Chapitre 4. Tableau 5 :

Influence du feu sur la croissance en volume (en m³/ha) des espèces commerciales après le passage du feu. Forêt semi-décidue. Téné. Côte d'Ivoire.

Année	TEMOIN				ECLAIRCIE MOYENNE				EXPLOITATION			
	P1	P2	P3	TOTAL	P1	P2	P3	TOTAL	P1	P2	P3	TOTAL
0	180,2	76,6	20,7	277,5	185,4	50,4	0,2	236,0	99,7	69,6	15,7	185,0
2	145,6	64,2	17,5	227,2	116,3	30,4	0,3	147,0	71,8	48,9	11,0	131,7
4	139,1	60,9	15,9	215,9	100,0	26,9	0,3	127,3	66,4	45,4	10,0	121,8

P1 : Espèce de 1ère Catégorie, P2 : Espèce de 2ème Catégorie, P3 : Espèce de 3ème Catégorie. (Voir liste en annexe).

La mortalité induite dans les espèces commerciales quatre ans après le passage du feu est de :

- forêt non éclaircie : 15,4 m³/ha/an soit 22% du volume sur pied avant incendie ;
- forêt éclaircie : 27,1 m³/ha/an soit 46% du volume sur pied avant incendie ;
- forêt exploitée : 15,8 m³/ha/an soit 34% du volume sur pied avant incendie.

Chapitre 4 : Les feux de forêts

L'éclaircie par dévitalisation qui s'accompagne d'une accumulation de bois morts sur le parterre de la coupe induit une mortalité (exprimée en volume) presque double de celle enregistrée en peuplement non éclairci. Dans le cas des forêts exploitées, la mortalité exprimée en volume est identique à celle enregistrée dans le peuplement témoin. Il est donc fortement recommandé d'évacuer les rémanents et bois éclaircis pour limiter les risques consécutifs au passage éventuels des feux. Ces bois d'éclaircie pourront être valorisés sous forme de bois-énergie.

Chapitre 4. Tableau 6 :

Bilan de croissance en surface terrière après incendie. Périmètre de la Téné. Espèces commerciales de diamètre supérieur à 10 cm. Traitement témoin, Eclaircie moyenne et Exploitation.

Année	G Total (m ² /ha)	Mortalité (m ² /ha)	Passage à la futaie (m ² /ha)	Croissance (m ² /ha)
TEMOIN				
0	22.04	- 4.73	0.03	0.71
2	18.06	- 1.70	0.04	0.79
4	17.17		0.02	
ECLAIRCIE MOYENNE				
0	18.98	- 8.09	0.10	0.73
2	11.68	- 2.16	0.05	0.57
4	10.12		0.04	
EXPLOITATION				
0	15.58	- 5.33	0.04	0.66
2	10.93	- 1.52	0.03	0.69
4	10.14		0.04	

Dans le peuplement adulte, la croissance la plus forte a été enregistrée dans les peuplements témoins qui ont le mieux réagi après les feux.

212. Ghana

Après les sécheresses des années 80, le Ghana, comme la Côte d'Ivoire, a été affecté par de grands incendies de forêts (Hawthorne 1994) qui ont modifié la structure et la composition de plus de 30% des forêts semi-décidues.

Une évaluation globale a été réalisée sur l'ensemble de la zone de forêt dense. Plus de quatre millions de m³ de bois ont été détruits. Toutes les strates ont été affectées, Dans la strate dominante 33% des arbres de diamètre supérieur à 70 cm, potentiellement exploitables ont ainsi été détruits. Dans les forêts incendiées, 35% à 40% des tiges sur pied ont disparu du fait de l'incendie.

Chapitre 4. Tableau 7 :

Influence du feu sur la structure diamétrique des forêts denses humides semi-décidues au Ghana (Hawthorne 1994).

Densité (tiges/ha)	Classes de Diamètre (cm)						
	5-10	10-30	30-50	50-70	70-90	90-110	>110
Forêt non incendiée	279	311	56	25	13	5	9
Forêt incendiée	214	140	28	18	3	3	6

La composition floristique de la forêt a été aussi modifiée par l'incendie. Les espèces pionnières sont 1,5 fois plus abondantes dans les forêts incendiées que dans les forêts non-incendiées. Quelques années après l'incendie, il a été aussi noté un envahissement des cimes des arbres de toutes les strates par les lianes (Hawthorne 1994).

22. Sensibilité au feu des espèces forestières

Les feux affectent la composition floristique des forêts. Les espèces sont en effet plus ou moins résistantes au feu. La disparition des espèces sensibles est un profond facteur de modification de l'évolution ultérieure des forêts.

L'action destructrice des feux répétés s'exerce en plusieurs étapes. On observe d'abord une élimination rapide des espèces sensibles au feu dans toutes les strates de la forêt. Ensuite, si les feux se répètent, une destruction progressive de la régénération naturelle des espèces ligneuses est constatée. Elles sont rapidement remplacées par des espèces herbacées.

La grande majorité des espèces de forêt dense humide est très sensible au feu, citons parmi ces espèces sensibles (Bertault 1992, Hawthorne 1993) : *Ricinodendron keudelotii*, *Entandrophragma utile*, *Entandrophragma cylindricum*, *Funtumia africana*, *Terminalia superba*, *Guibourtia ehie*, *Eribroma oblonga*, *Khaya spp.*, *Scottelia klaineana*, *Aningeria robusta*, *Gambeya africana*, *Guarea cedrata*, *Morus mesogya*, *Turraeanthus africanus*...

D'autres espèces comme *Ceiba pentandra*, *Pericopsis elata*, *Nauclea diderrichii*, *Milicia excelsa*, *Mansonia altissima* ont montré une sensibilité au feu inférieure à la moyenne.

Quelques années après incendie, on note en particulier un développement des espèces "pionnières" dans la classe 5-10 cm, qui compense la mortalité enregistrée dans cette classe. Les espèces pionnières ont une dynamique de régénération très forte dans les trouées. Elles réclament de grandes quantités de lumière à la fois pour germer et ensuite se développer. Les exigences de ces espèces vis à vis de la lumière se maintiennent tout au long de leur vie : *Milicia excelsa* et *Ceiba pentandra* sont de bons exemples d'espèces "pionnières".

Chapitre 4. Tableau 8 :

Influence des feux sur la structure et la composition du peuplement quelques années après incendie. Ghana (Hawthorne 1993).

Densité (tiges/ha)	Classes de Diamètre (cm)						
	5-10	10-30	30-50	50-70	70-90	90-110	>110
	Forêt non incendiée						
Espèces pionnières	49	43	14	5	5	4	0
Espèces héliophiles non pionnières	62	79	11	8	7	0	3
Espèces sciaphiles	168	189	31	12	1	1	2
Total	279	311	56	25	13	5	9
	Forêt incendiée						
Espèces pionnières	125	22	8	5	3	3	5
Espèces héliophiles non pionnières	25	24	6	5	0	0	1
Espèces sciaphiles	64	94	14	8	0	0	0
Total	214	140	28	18	3	3	6

Les espèces post-pionnières peuvent exister à l'état de semis en sous-bois. Pour certaines (espèces héliophiles non pionnières), un fort éclaircissement est nécessaire à leur développement (*Albizia adianthifolia*). Ces espèces existent rarement à l'état adulte (diamètre supérieur à 25 cm) dans les sous-bois de forêt mûre, l'absence de lumière conduit à leur disparition. D'autres (espèces "sciaphiles") peuvent croître en sous-bois (*Guarea cedrata*), elles existent à tous les stades de développement dans les peuplements âgés.

Si les feux se répètent fréquemment, la reconstitution de la forêt d'origine est entravée, les flores forestières humides sont remplacées par des flores savaniques plus ou moins xériques. Dans les reliques forestières hygrophiles, plus ou moins protégées des feux, cohabitent encore des espèces arborées. Dans les zones parcourues régulièrement par les feux depuis de nombreuses années, ces reliques cèdent souvent la place à des formations ouvertes de savanes (arborées ou arbustives) ou l'on rencontre des espèces ligneuses résistantes au feu comme : *Piliostigma thonningii*, *Erythrina senegalensis*, *Hymenocardia acida*, *Lannea acida*, *Lophira lanceolata*, *Parkia biglobosa*, *Uapaca togoensis*, *Pterocarpus erinaceus*, *Terminalia glaucescens*, *Anogeissus leiocarpus*... L'action modificatrice des feux sur la nature des groupements végétaux induit une régression des formations de forêts denses humides au profit des savanes. Cette évolution régressive peut être inversée par des mesures de protection appropriées.

Le défrichement de la forêt conjuguée avec les feux de brousse bloque la reconstitution de la forêt. Cela entraîne la raréfaction ou la disparition de nombreux produits de cueillette traditionnellement utilisés en zone forestière. C'est le cas de certaines plantes alimentaires telles les ignames sauvages (*Dioscorea spp.*), les graines (*Irvingia gabonensis*), les feuilles (*Amaranthus spinosus*). Se raréfient les chenilles alimentaires (*Lépidoptères*, *Notodontidae*) abritées par *Triplochiton scleroxylon*, certaines plantes à usages technologiques (comme les roseaux de *Megaphrynium distans* utilisés pour faire les nattes), certaines plantes médicinales

formations forestières secondaires sont transformées en brousses à *Chromolaena odorata* (Gautier 1992, Roussel 1994) où cette espèce bloque durablement tout processus d'évolution des jachères vers une forêt dense.

3. PROTECTION CONTRE LES FEUX ET RECONSTITUTION DE LA FORET

Dans les régions de savanes guinéennes, on rencontre souvent des îlots boisés composés d'espèces de forêts denses plus humides. Ces peuplements reliques ont laissé supposer une régression des formations de forêts denses consécutives à l'action répétée des feux.

Les feux ont modifié l'équilibre naturel entre la végétation et les facteurs climatiques. Au climax ils ont substitué une végétation nouvelle (paraclimax) maintenue par le passage régulier des feux (Chevalier 1933, Mackay 1936, Aubréville 1948, Adam 1948, Schnell 1950, Adjanohoun 1964, Aubréville 1966, Miège 1966, Letouzey 1968, C.T.F.T. 1968, Vuattoux 1968, Spichiger et al. 1973, Boulvert 1980, Devineau 1984, Catinot 1984, Mitja 1992, Louppe 1995).

Les premières observations de protection contre les feux de brousse réalisées au Nigéria (Mac Gregor 1936), confirmèrent que les incendies empêchent le développement des arbres et de nombreuses espèces. Les zones de savanes guinéennes protégées contre les feux évoluent rapidement vers des formations forestières fermées voire des formations de forêt dense semi-décidue. La mise en défens combinée à l'élimination des graminées consécutives aux sarclages des cultures annuelles entraîne la création d'un fourré ligneux secondaire lorsque la parcelle cultivée est mise en jachère. L'"équilibre" des savanes préforestière guinéenne est rompu lorsque les feux sont supprimés (Spichiger et al. 1973, Vuattoux 1976). En zone de forêt dense, les savanes actuelles auraient une origine relictuelle. Elles résulteraient en fait de la transformation par le feu d'une flore beaucoup plus sèche résultant d'un paléoclimat beaucoup plus sec que le climat actuel. Leur maintien est dû à l'homme par l'action des feux périodiques (Geny et al. 1992).

31. Influence des feux en zone de transition forêt/savane

L'efficacité de la protection contre les feux de brousse a été mise en évidence très tôt (Mac Gregor 1936, Aubréville 1938). Les premiers dispositifs d'étude ont été mis en place dans les années trente notamment au Nigéria et en Côte d'Ivoire.

311. Parcelles feux "Olokemeji Reserve" (Nigéria)

En 1929, un dispositif d'étude de l'impact des feux a été mis en place au Nigéria dans la zone de contact forêt dense humide/savane (précipitations annuelles moyenne de 1.300 mm/an). Mac Gregor (1936) notait qu'alors que la transition forêt sempervirente/forêt semi-décidue était progressive, il existait une rupture brutale entre la forêt semi-décidue et les savanes arborées qu'il imputait aux feux de brousse d'origine anthropique. Le dispositif étudie la reconstitution de la

forêt après abattage et brûlage des rémanents selon trois modalités : feux précoces (décembre), feux tardifs (mars) et protection intégrale. La superficie de la parcelle unitaire est de 0,2 hectares.

Chapitre 4. Tableau 9 :

Reconstitution de la forêt six ans après abattage en fonction des traitements. Olokemeji Reserve. Nigéria. (Mac Gregor 1936).

Traitement	Feux précoces	Feux tardifs	Protection intégrale
Espèces savaniques (tiges/ha)	3170	1888	4505
Espèces forestières (tiges/ha)	435	82	2094

Les feux tardifs ont un effet très négatif sur le développement des essences forestières. Les feux précoces, bien qu'ayant un impact négatif sur la végétation ligneuse, entravent beaucoup moins la reconstitution de l'état forestier que les feux tardifs.

312. Parcelles feux "d'Aubréville" (Côte d'Ivoire)

Ce dispositif est situé en zone préforestière ivoirienne des savanes guinéennes. Il a été mis en place en 1930 sur d'anciens champs de coton dans la région de Bouaké dans la forêt de Kokondekro. Trois traitements simples ont été appliqués pendant soixante ans : protection intégrale, feux précoces (début de saison sèche : Décembre) et feux tardifs (fin de saison sèche : Mars). La surface de la parcelle unitaire est de deux hectares.

Les principaux résultats quarante ans après l'installation du dispositif montrent nettement que (Dereix et *al.* 1976) :

- les feux tardifs ont un impact excessivement négatif sur la végétation ligneuse. La population ligneuse vieillit et se déséquilibre de plus en plus. Les feux tardifs interdisent la reconstitution d'un peuplement ligneux conséquent et une savane arborée s'installe ;
- les feux précoces ont un impact négatif moins important que les feux tardifs sur les formations forestières. Ce sont souvent des feux rampants qui rencontrent un matériel végétal encore riche en eau et par conséquent moins inflammable. Ces feux tardifs ralentissent la reconstitution de l'état boisé. Celui-ci se reconstitue lentement au fil des ans, une savane arbustive arborée et boisée succède progressivement à la savane herbeuse ;

Chapitre 4 : Les feux de forêts

- la protection intégrale contre les feux permet une évolution de la savane herbeuse vers la savane arborée, la savane boisée et... en quelques décennies vers une forêt dense à composante semi-décidue.

Chapitre 4. Tableau 10 :

Evolution dans le temps de la répartition en classes de diamètre du dispositif d'étude de protection contre les feux de Kokondekro. Côte d'Ivoire.

Année	0-2 cm	3-5 cm	6-10 cm	11-15 cm	16-20 cm	> 21 cm	Total
Protection Intégrale							
1937	2373	3455	1098	67	11	1	7005
1953	6324	2792	2393	418	132	34	12093
1976	16934	2188	1569	530	301	316	21838
Feux Précoces							
1937	3259	3073	676	55	10	1	7074
1953	11319	1377	1517	350	69	25	14729
1976	16148	1491	1295	433	216	94	19677
Feux Tardifs							
1937	2719	3016	1062	70	15	6	6888
1953	4681	190	260	118	64	28	5341
1976	5374	36	83	129	70	77	5769

L'influence des feux sur la composition floristique est très net. Les relevés floristiques réalisés après quarante ans d'expérimentation contrôlée le montrent (Dereix et al. 1976).

Les feux tardifs ont en particulier une influence négative sur la richesse floristique. Ils éliminent très rapidement la majorité des espèces ligneuses.

Chapitre 4. Tableau 11 :

Influence des feux sur la richesse floristique après quarante ans. Dispositif d'étude de Kokondekro. Côte d'Ivoire.

Traitement	Protection intégrale	Feux précoces	Feux tardifs
Nombre d'espèces	139	135	71
Densité (tiges/ha)	10.919	9.838	2.884

Le passage répété des feux élimine de nombreuses espèces. Les plantes herbacées survivent grâce à leurs graines ou leurs organes souterrains. Le feu détruit essentiellement leurs parties aériennes souvent desséchées en saison sèche. Les arbres et arbustes sont fortement affectés par le feu. Ceux qui résistent au feu ont une écorce épaisse et une forte capacité à rejeter de souche.

Après soixante cinq ans de protection, la surface terrière atteint 27,8 m²/ha dans la parcelle intégralement protégée contre 15,6 m²/ha dans la parcelle parcourue par des feux précoces et 3,0 m²/ha dans la parcelle parcourue par les feux tardifs (Louppe et *al.* 1995).

Dans les zones de savanes humides, à période de végétation longue, il apparaît que les formations préforestières se maintiennent grâce au feu sous un climat propice au développement d'une forêt dense semi-décidue (Devineau et *al.* 1992).

Les observations réalisées sur la zone de contact forêt/savane en Côte d'Ivoire montrent que le cultivateur peut être un facteur de développement de la forêt si certaines conditions sont réalisées (Spichiger et *al.* 1973) :

- la lisière de la forêt est parcourue plus ou moins profondément par les feux qui limitent la reconstitution de la forêt ;
- le cultivateur installe ses champs en lisière de forêt pour des raisons de fertilité ;
- après défrichage, les cultures induisent l'élimination des graminées et une diminution des risques de feu. Cette évolution a souvent un effet positif sur le développement et la régénération des espèces forestières.

Si la protection contre les feux est réalisée pendant une période suffisante et si les durées de jachères sont suffisamment longues, alors la culture itinérante peut être un facteur indirect de reforestation progressive dans les zones climatiquement favorables.

32. Régénération forestière après incendie

Après le passage des feux, les actions de protection permettent une reconstitution forestière des zones incendiées. La reconstitution de la forêt est toutefois un processus relativement lent qui doit pouvoir le cas échéant être assisté.

321. Régénération artificielle

Une étude réalisée au Nigéria (Kemp 1963) a permis de comparer cinq traitements sur un dispositif de parcelles exploitées en coupe rase en zone préforestière.

Les traitements comparés sont les suivants :

- protection intégrale contre les feux ;
- feu précoce annuel ;
- un passage en travail manuel du sol après coupe rase et une protection intégrale contre les feux ;

- travail manuel du sol (un passage/an) pendant quatre ans et une protection intégrale contre les feux ;
- plantation à large écartement (9 m x 9 m) de *Senna siamea* (= *Cassia siamea*).

Cinq ans après la coupe rase, le recrû et la régénération naturels ont évolué différemment en fonction des traitements.

Chapitre 4. Tableau 12 :

Evolution naturelle de la végétation ligneuse en zone préforestière cinq après coupe rase en fonction de quatre traitements. Nigéria. (Kemp 1963).

Traitement	Densité (tiges/ha)		Hauteur moyenne (m)
	Avant coupe rase	Après coupe rase	5 ans après coupe rase
Protection intégrale	925	1407	1.3
Feu précoce	958	458	0.7
Travail du sol (1 an) + Protection intégrale	1025	2350	1.4
Travail du sol (4 ans) + Protection intégrale	1008	2442	1.4
Plantation de <i>Cassia siamea</i> (9 m x 9 m)	-	120	6.0

Les feux précoces ont un effet négatif sur le développement du recrû ligneux. Le travail du sol (40 hommes/jour) associé à une protection intégrale favorise l'installation et le développement des ligneux.

La répétition du travail manuel pendant quatre ans n'induit pas de gain supplémentaire dans le développement de la végétation ligneuse. La vitesse de croissance du *Senna siamea* (= *Cassia siamea*), introduit après déssouchage et préparation mécanisée du sol, est quatre fois plus forte que celle du recrû naturel ligneux.

322. Régénération naturelle

Le passage du feu induit une ouverture du couvert dans les différentes strates. Cette ouverture s'accompagne du développement d'une flore de substitution dont la composition est souvent fort éloignée de celle de la forêt d'origine.

Au Ghana, les estimations réalisées quelques années après les incendies dans la régénération naturelle montrent un effet nettement dépressif des feux. Lors du passage du feu, de nombreuses tiges ont en effet été éliminées dans les strates basses.

Chapitre 4. Tableau 13 :

Influence du feu sur la structure de la régénération naturelle des forêts denses humides semi-décidues au Ghana (Hawthorne 1994).

Densité (tiges/ha)	Classes de Hauteur (m)				Total
	0-1 m	1-2 m	2-5 m	> 5 m	
Forêt non incendiée	9774	3599	3139	1323	17835
Forêt incendiée	4100	971	1531	526	7128

Les espèces pionnières, représentent 34% de la régénération naturelle dans les forêts incendiées contre 6% dans les forêts non incendiées. Ces chiffres reflètent parfaitement la dynamique de reconstitution des forêts mais aussi leur évolution floristique.

Des études ont aussi été menées en zone de forêt dense humide semi-décidue ivoirienne. Dix ans après un incendie de forêt (Miézan 1993) une étude de la régénération naturelle des espèces commerciales dans le périmètre expérimental de Téné (Côte d'Ivoire) montre que celle-ci est bloquée par le développement des adventices indésirables (*Solanum verbascifolium*, *Chromolaena odorata...*), ceci quelle que soit la richesse en semenciers dans l'étage supérieur.

La densité de la régénération naturelle (1cm < diamètre <10 cm) d'espèces commerciales au sein de la souille est de 200 à 400 tiges/ha dont 150 à 250 tiges/ha d'espèces commerciales de première catégorie. La densité totale des tiges de la régénération naturelle est comprise entre 1000 et 3000 tiges/ha, dont environ 10% de lianes.

Chapitre 4. Tableau 14 :

Influence du feu sur la structure de la régénération naturelle des forêts denses humides semi-décidues en Côte d'Ivoire 10 ans après incendie (Miezan 1993).

Densité (tiges/ha)	Classes de Diamètre (cm)								Total
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	7-8	8-9	9-10	
Forêt non incendiée	182	78	60	55	33	28	12	17	465
Forêt incendiée	117	62	48	12	12	17	15	15	298

L'effet du feu est sensible dans toutes les strates du peuplement. Le parterre de la forêt est souvent envahi par des adventices indésirables qui bloquent la régénération : Lianes (*Parketina sp.*, *Adenia sp.*, *Ampelocissus sp.*, *Combretum sp.*), Maranthacées (*Thaumatococcus sp.*, *Maranta sp.*, *Trachypodium sp.*), Solanacées (*Solanum verbascifolium*), Zingibéracées (*Costus sp.*, *Aframomum sp.*), sans oublier *Chromolaena odorata* (Astéracées).

L'évolution de la forêt après le feu est différente selon le degré d'ouverture du couvert (Miezan 1993).

- les parcelles non préalablement éclaircies ou exploitées ont bien résisté à l'envahissement par les adventices pionnières indésirables (*Solanum sp.*, *Trema sp.*). Dans la régénération naturelle, on compte 298 tiges/ha d'espèces commerciales, soit 23% des tiges d'espèces arborées (1300 tiges/ha) ;
- les parcelles éclaircies ont davantage été envahies par des adventices sylvicolement indésirables, notamment *Solanum verbascifolium*. Dans la régénération naturelle, on compte 293 tiges/ha d'espèces commerciales, soit 30% des tiges d'espèces arborées (950 tiges/ha).

Les essences commerciales les mieux représentées (densité supérieure à six tiges/ha) dans la régénération naturelle installée, dans l'ordre décroissant de leurs effectifs, sont : *Mansonia altissima*, *Nesogordonia papaverifera*, *Antiaris toxicaria*, *Triplochiton scleroxylon*, *Gambeya africana*, *Ceiba pentandra*, *Morus mesozygia*, *Distemonanthus benthamianus*, *Pterygota macrocarpa*, *Celtis mildbraedii*, *Bombax buonopozense* et *Lannea welwitschii*.

Le développement de l'ensemble de ces tiges est bloqué par les adventices qui les surciment et souvent les étouffent. L'existence de cette régénération naturelle est toutefois un indice d'évolution progressive de ces formations forestières fortement dégradées. Il faudrait envisager des opérations sylvicoles de dégagement permettant d'accélérer ce processus de reconstitution de la forêt dense. Dans beaucoup de cas, en particulier lorsque l'ouverture du couvert est importante, le parterre des parcelles est envahi par *Chromolaena odorata*. Cette plante qui peut se maintenir pendant de nombreuses années ralentit l'installation et le développement d'une régénération arborée suffisante susceptible de reconstituer rapidement un état forestier satisfaisant. Il faut aussi souligner qu'une telle espèce, facilement inflammable, est un risque potentiel permanent d'incendie. Son éradication et son contrôle apparaissent comme une contrainte sylvicole incontournable.

4. FEUX ET STRATEGIES DE SURVIE DES VEGETAUX

Après incendie accidentel (feux de brousse) ou volontaire (culture sur brûlis), la jachère est souvent formée d'une mosaïque de petites parcelles plus ou moins dégradées. Les ligneux, présents sous forme de rejets ou de graines, vont être soumis à des conditions écologiques différentes et vont croître plus ou moins rapidement en compétition avec la végétation herbacée (César 1987).

Les plantes ont développé certains mécanismes pour résister aux feux qui parcourent régulièrement la zone préforestière. Les structures xéromorphes qui assurent une protection contre la dessiccation, donnent aussi une protection contre les feux. Chez les arbres, la présence d'une couche subéreuse épaisse et la forte aptitude à la régénération végétative par rejets de souche sont des caractères qui permettent de résister au feu.

Les stratégies de reproduction pour se maintenir dans les jachères ou pour coloniser de nouvelles zones sont variables : la "stratégie" graine, la "stratégie" rejets de souche et la "stratégie" drageon (Mitja 1992). Certaines espèces s'installent dans le milieu grâce à leurs graines (*Trema orientalis*, *Uapaca togoensis*, *Pterocarpus erinaceus*, *Piliostigma thonningii*).

D'autres espèces déjà présentes s'y maintiennent par les rejets de souche (*Terminalia macroptera*, *Bridelia ferruginea*, *Hymenocardia acida*, *Lophira lanceolata*, *Terminalia glaucescens*).

Un dernier groupe d'espèces, enfin, utilise leurs drageons pour envahir le milieu (*Afrormosia laxiflora*, *Parinari curatellifolia*, *Daniellia oliveri*). En fait, la plupart des espèces développent plusieurs stratégies avec souvent une nette préférence pour l'une d'entre elles (Mitja 1992).

En conditions climatiques favorables, la simple protection continue contre les incendies permet souvent une évolution des formations savaniques dégradées vers des formations de forêts denses humides fermées en quelques décennies.

Dans les zones protégées, la raréfaction des feux devrait conduire à de nouveaux équilibres floristiques avec notamment une extension des espèces sensibles au feu. Dans la zone de contact forêt/savane ivoirienne, l'impact indirect des cultures pérennes de café, qui limitaient le développement des feux de brousse deux décennies (1951-1975), a été une extension notable des formations forestières aux dépens des savanes à *Pennisetum purpureum* (herbes à éléphant).

Par exemple, sur un terroir de 2.550 hectares, la superficie des formations forestières est passée de 395 hectares à 579 hectares tandis la superficie des blocs culturels passait de 0 à 312 hectares (Spichiger et Lassalle 1981) et celles des savanes à *Pennisetum* de 848 à 396 hectares. Cet exemple d'une synergie forêt/agriculture suppose toutefois un strict contrôle des défrichements dans les zones de forêt en reconstitution.

Il faut aussi rappeler le risque d'invasion par les "mauvaises herbes". Les savanes guinéennes protégées des feux peuvent aussi être envahies par certains adventices indésirables comme *Chromolaena odorata* qui deviennent dominantes et modifient ainsi la succession floristique de la reconstitution forestière (Vuattoux 1976).

D'une façon paradoxale, le feu peut être un instrument de contrôle du feu. En l'absence d'une réelle politique de protection des forêts contre les incendies, le recours à des brûlages contrôlés permet de réduire une trop forte accumulation de matière ligneuse dans certaines zones difficiles à protéger. Le principal rôle dévolu au "brûlage dirigé à faible intensité" (F.A.O. 1993) dans la réduction des combustibles consiste donc à réduire l'intensité, la fréquence et l'étendue des feux de saison sèche.

Le feu peut aussi être considéré comme partie intégrante de certains écosystèmes. Il agit en permanence comme facteur de sélection. Il en résulte alors des communautés adaptées au feu, non seulement au niveau des espèces mais également au niveau des mécanismes (Gillon 1990). Le feu est devenu un élément de référence dans la gestion forestière. Fléau ou catastrophe écologique pour les uns, élément participant aux cycles naturels de la vie pour les autres, le feu doit être considéré comme un élément dominant de l'évolution des formations forestières.

Le feu est donc devenu aujourd'hui un des éléments de référence des écosystèmes de forêt dense humide qui doit être soigneusement pris en compte dans toute action d'aménagement. De son contrôle dépend la pérennité des forêts denses humides en particulier dans la zone de la forêt dense humide semi-décidue.

Les techniques et méthodes sylvicoles

Chapitre 5

Très souvent, les coupes réalisées en forêt naturelle dense humide sont encore des coupes d'écrémage limitées à un petit nombre d'espèces. Le prélèvement sélectif concerne donc uniquement un petit nombre de tiges dépassant un diamètre d'exploitabilité donné.

En fonction de la richesse des forêts après exploitation, diverses méthodes sylvicoles peuvent être mises en oeuvre pour les gérer. Les premiers essais datent du début du siècle. Dans les différentes zones géographiques, les problèmes rencontrés sont globalement identiques. Ils tiennent notamment à la complexité de la dynamique forestière, à l'hétérogénéité floristique des peuplements naturels, à l'abondance et au dynamisme des lianes et adventices indésirables... Le principal objectif sylvicole à atteindre, dans ces forêts naturelles de production appauvries en essences commerciales et très hétérogènes, est d'essayer de les enrichir naturellement ou artificiellement en essences commerciales pour améliorer leur productivité.

Les techniques sylvicoles disponibles peuvent être regroupées en trois groupes principaux :

- **Les techniques de régénération naturelle.**

Elles visent à favoriser par des coupes d'exploitation et des soins culturaux, la régénération et le développement des espèces commerciales tout en conservant au peuplement sa structure et sa diversité d'origine.

- **Les techniques d'enrichissement.**

Elles consistent à des introductions de plants d'une ou plusieurs essences commerciales données dans une forêt naturelle appauvrie en essences commerciales.

- **Les techniques de conversion.**

Elles ont pour but de remplacer la forêt naturelle par des plantations équiennes souvent monospécifiques.

1. LES INVENTAIRES FORESTIERS

L'importance accrue des problèmes d'environnement et de développement nécessite l'intégration progressive des politiques forestières dans des approches plus globales, et conduit à ne plus limiter les inventaires aux seules parcelles forestières. La prise en compte des besoins locaux et des autres utilisations du territoire, ainsi que la nécessité de répondre à de nouvelles questions (changement climatique, prévisions de récolte...) rendent aujourd'hui nécessaire une approche interdisciplinaire.

La micro-informatique, les techniques statistiques de modélisation et la télédétection ont considérablement accru les performances techniques des inventaires. Néanmoins pour valoriser efficacement tous ces outils, il faut en priorité favoriser le travail concerté entre aménageurs, planificateurs et spécialistes des inventaires. Les inventaires forestiers au sens restrictif du terme ont pour but de permettre d'établir un diagnostic sylvicole de l'état de la forêt en vue de la programmation des interventions à effectuer (Lanly 1969).

11. Objectifs

Les inventaires forestiers doivent être des outils de diagnostic et de suivi des écosystèmes forestiers, bien au-delà des mesures sur les seuls bois commerciaux.

Les objectifs généraux des inventaires forestiers en zone tropicale sont (Clément *et al.* 1973) :

- la connaissance de la composition floristique des massifs inventoriés ;
- la connaissance des volumes disponibles pour l'exploitation ;
- la connaissance de la ressource à moyen et long terme.

Les travaux à réaliser peuvent se classer en trois grandes catégories :

- des travaux de télédétection et de cartographie ;
- des travaux de terrain axés sur la réalisation de sondages en forêt et l'acquisition des données nécessaires à l'estimation des paramètres forestiers étudiés ;
- des travaux de calcul et de traitement des données installées au cours des deux phases précédentes.

12. Télédétection et cartographie

Une étude préliminaire sur des documents traduisant le paysage géographique, ses caractéristiques, ses contraintes est une aide précieuse pour le déroulement des opérations au sol. Cette démarche est possible grâce aux photographies aériennes et aux images satellites. L'objectif est l'établissement de cartes fiables permettant la mise en oeuvre de l'inventaire de terrain (échelle 1/50.000).

13. Les sondages

Les sondages les plus couramment utilisés pour des inventaires de terrain concernant des surfaces inférieures à un million d'hectares sont les sondages systématiques au sol à un degré (Lanly *et al.* 1969). Dans le cas des forêts fortement dégradées par l'activité humaine il faut procéder à une stratification préalable par types de peuplements homogènes préalablement cartographiés.

L'échantillon systématique est supporté par des layons parallèles d'une largeur de vingt cinq mètres environ. Des cubages d'arbres sur pied et des cotations qualitatives sont aussi réalisés pour estimer les volumes commerciaux.

Pour un aménagement de forêt de production, il est nécessaire de distinguer les espèces commerciales et secondaires. Ensuite, au sein des espèces commerciales, il est utile de répartir les tiges en plusieurs groupes en fonction du diamètre. Couramment on distingue :

- la régénération installée de diamètre compris entre 1 cm et 10 cm,
- les arbres de diamètre compris entre 10 cm et 40 cm qui constituent le peuplement d'avenir à moyen terme,
- les arbres d'un diamètre supérieur à 40 cm qui pourront être exploités dans un délai de quelques décennies. C'est le peuplement pré-exploitable ou peuplement d'avenir à court terme,
- les arbres de diamètre supérieur à 60 cm qui peuvent être exploités immédiatement sous réserve de l'existence d'une régénération installée suffisante. C'est le peuplement exploitable.

Il est souvent nécessaire de procéder à des inventaires à plusieurs degrés. L'ensemble de ces opérations nécessite différents taux de sondage. Pour l'estimation des volumes commercialisables (arbres de diamètre supérieur à 40 cm), la surface élémentaire de sondage varie entre 0,5 hectares et 1 hectare. L'unité de sondage est le massif d'une superficie de quelques dizaines de milliers d'hectares. Les taux de sondage varient de 0,4% à 1%. Cet inventaire permet une approche globale de la forêt et d'estimer les caractéristiques des peuplements par grandes zones de référence. Il permet d'estimer la possibilité de production régulière du massif.

Pour la mise en oeuvre de l'aménagement et notamment la détermination de la possibilité ainsi que le classement des parcelles, des inventaires de détail sont réalisés (arbres de diamètre supérieur à 10 cm). Le taux de sondage est de l'ordre de 10%. L'unité d'inventaire est de l'ordre du millier d'hectares soit la taille d'une unité de gestion. Cet inventaire permet de déterminer le nombre d'unité de gestion à mettre en exploitation chaque année en accord avec la possibilité du massif.

Pour les évaluations de régénération, la surface élémentaire minimum est de 2 m x 2 m, elle peut atteindre 10 m x 10 m. L'unité de sondage est la parcelle. Le taux de sondage est de 0,2% à 2%.

Pour les études floristiques incluant de très grands arbres (diamètre supérieur à 70 cm), il est admis que la taille minimum de la parcelle unitaire d'étude en forêt dense humide est de l'ordre de deux hectares (Van Rompaey 1993, Couteron 1994).

Chapitre 5. Tableau 1 :

Différentes modalités d'inventaires statistiques utilisées en forêt dense humide.

Objectif	Unité de sondage	Unité d'inventaire	Taux de sondage
Volumes commercialisables	Massif forestier (10.000 Hectares)	0,5 à 1 hectare	0,4% à 2,5%
Possibilité et Classement des Parcelles	Série (1.000 hectares)	0,5 à 1 hectare	10 %
Régénération	Parcelle (100 hectares)	2 m x 2 m	0,2 à 2 %

Les valeurs des taux de sondage fournies sont des ordres de grandeur à adapter bien entendu en fonction des cas de figure.

Le rôle de l'alimentation en eau des arbres peut aussi avoir des conséquences dendrométriques intéressantes. Chez certaines espèces, citons sans être exhaustif : *Aucoumea klaineana*, *Terminalia superba*, *Heritiera utilis*, *Guarea cedrata*, *Entandrophragma spp.* ..., une saison sèche marquée provoque des arrêts de croissance qui induisent l'apparition de cernes annuels. L'analyse anatomique permet ainsi une appréciation du rythme et de la vitesse de croissance en diamètre des arbres. Par contre, d'autres espèces, comme *Khaya ivorensis* et *Lovoa trichilioides*, ne produisent pas de cernes d'accroissement facilement identifiables (Détienne et Mariaux 1975 ; Détienne 1998, voir annexe 4).

2. LES PRINCIPALES METHODES SYLVICOLES UTILISEES EN FORET NATURELLE

Les méthodes sylvicoles préconisées visent à maintenir le régime de la futaie dans les peuplements naturels. Ces techniques expérimentées au début de la mise en valeur des forêts denses humides consistent à :

- **d'une part, essayer de favoriser la croissance de tiges d'essences commerciales préexistantes par des éclaircies ;**
- **et d'autre part, assurer la régénération naturelle des peuplements en qualité et quantité.**

Par conséquent elles s'adressent à des peuplements encore suffisamment riches en essences commerciales. Pour ces méthodes, la chronoséquence des interventions sylvicoles proposée nécessite une grande continuité d'action qui a souvent fait défaut par le passé. Les principales méthodes sylvicoles utilisées sont ici examinées. Leur diversité a conduit à de très nombreuses variantes en fonction des pays. Ces méthodes seront classées en deux grands groupes en fonction

de l'évolution de la structure du peuplement naturel : les méthodes de futaie irrégulière et les méthodes de futaie régulière.

21. Les méthodes de futaie irrégulière

Elles sont caractérisées par un système de récoltes successives des bois commercialisables. La rotation des coupes est courte, une vingtaine d'années. La structure des peuplements est irrégulière. Ces méthodes s'inspirent des observations de la sylvigénèse des peuplements naturels qui se renouvellent progressivement dans le temps et dans l'espace.

Ces méthodes mises en oeuvre très tôt reposent sur un système de coupes polycycliques avec un diamètre d'exploitabilité technique des espèces commerciales suffisamment élevé pour conserver un potentiel sur pied assurant la pérennité commerciale du peuplement. Elles s'adressent à des peuplements relativement pauvres en essences commerciales mais avec des volumes unitaires importants.

Les principales méthodes sylvicoles sont :

- l'Amélioration des Peuplements Naturels ;
- le "Selective Management System" ;
- la Gestion Sélective ou "Modified Selection System" ;
- la Méthode Okoumé dite "D'Amélioration Des Peuplements" ;
- la Méthode "Celos" ou "système polycyclique de coupe".

Ces méthodes sylvicoles ou leurs variantes, ont été appliquées à différentes échelles. En favorisant la diversité des essences, on se ménage la possibilité de produire des essences de toutes sortes et de toutes dimensions. La futaie irrégulière est supposée dégager une plus grande souplesse par rapport aux demandes de toutes natures. Il est certain que les demandes de produits forestiers évoluent profondément dans le temps. L'irrégularité et la diversité apparaissent comme un gage de stabilité de revenus.

211 - L'amélioration des peuplements naturels

Cette méthode sylvicole a notamment été utilisée en Côte d'Ivoire, Cameroun, Gabon... (Martinot-Lagarde 1957, Aubréville 1958, Catinot 1965) sur des superficies de plusieurs dizaines de milliers d'hectares. Elle s'adresse à des forêts dont la structure est irrégulière mais qui, en dépit d'une grande richesse botanique, sont relativement pauvres en essences commercialisables. Deux objectifs sont poursuivis en priorité :

- d'une part, on cherche à "améliorer" la composition de la forêt par des opérations simples destinées à favoriser la régénération naturelle préexistante en essences commerciales ;
- d'autre part, on cherche à stimuler la croissance du peuplement adulte d'essences commerciales par des éclaircies en leur faveur. Ces éclaircies jouent aussi le rôle de coupes d'ensemencement.

Cette méthode repose sur la succession suivante d'interventions sylvicoles :

- Année n-3. - Identification des espèces commerciales.
- Inventaire des peuplements.
- Année n-2. - Adjudication de la coupe.
- Année n-1. - Martelage en réserve.
- Délianage.
- Année n. - Abattage.
- Récolement.
- Définition du taux d'éclaircie.
- Eclaircie dans les espèces non commerciales par dévitalisation des tiges de diamètre supérieur à 30 cm.
- Eclaircie sanitaire dans les espèces commerciales.
- Année n+5. - Entretiens (délianage, recépages, travaux de régénération...).
- Année n+10. - Evaluation de la régénération et entretiens.
- Année n+15. - Entretiens et travaux de régénération.
- Année n+20. - Récolte intermédiaire.

De multiples variantes ont été utilisées en fonction de cas spécifiques rencontrés dans différents pays (Aubréville 1945, Grandclément 1947, Taylor 1954-1962, Aubréville 1957, Martinot-Lagarde 1957, Catinot et *al.* 1965, Miélot 1977, Schmidt 1987...).

En fonction des législations en vigueur dans les différents pays, les diamètres minimums d'exploitabilité technique varient. Le diamètre d'exploitabilité est de 60-70 cm au moins. Les principaux obstacles à l'application de cette méthode résident dans son caractère extensif, l'irrégularité de la régénération naturelle, le dosage de la lumière au sol et des besoins en main d'oeuvre élevés.

212 - Le Selective Management System

Le "Selective Management System" (ou "Malayan Uniform System Modified"), est une variante actualisée du "Tropical Shelterwood System" pour les forêts irrégulières. Il repose sur les principes de base suivants (Barnard 1950, Fox 1972, Thang 1987, Schmidt 1991, Mok 1992) :

- la régénération installée doit être suffisante ;
- une éclaircie doit être réalisée dans les strates supérieures ;
- le diamètre d'exploitabilité technique est de 50 cm pour les Diptérocarpacées et de 45 cm pour les autres essences ;
- le matériel sur pied résiduel après exploitation devrait comprendre au minimum 32 tiges d'essences commerciales de diamètre supérieur à 30 cm ;

- avant et après exploitation, la proportion des Diptérocarpacées de diamètre supérieur à 30 cm doit être maintenue ;
- les dépressages ne sont déclenchés que lorsque la régénération est affranchie des lianes ;
- la régénération est évaluée régulièrement ;
- la rotation est de 25-30 ans.

La séquence des opérations sylvicoles est la suivante :

année n-5.	:	Délianage.
année n-3.	:	Inventaire.
année n-2.	:	Attribution de la coupe.
année n-1.	:	Marquage en délivrance et délianage.
année n.	:	Exploitation.
année n+0-1 mois.	:	Récolement après exploitation.
année n+0-2 mois.	:	Evaluation de la régénération.
année n+3-6 mois.	:	Eclaircie par dévitalisation et délianage.
année n+10 à n+15.	:	Evaluation de la régénération. Eclaircie par dévitalisation des espèces secondaires et des tiges mal conformées si nécessaire. Délianage.
année n+22.	:	Inventaire avant exploitation.
année n+25 à n+30.	:	Exploitation.

En fonction des conditions stationnelles des variantes ont été élaborées. Pour les zones vallonnées (forêts à Diptérocarpacées de Malaisie) où les risques d'érosion sont à prendre en considération, la méthode préconisée est la suivante (Burgess 1970) :

année n-1.	:	Nettoyage du sous-bois.
année n.	:	Inventaire. Exploitation (Diamètre > 40 cm). Annélation des espèces non-commerciales (Diam > 10 cm).
année n+5.	:	Evaluation de la régénération. - Régénération suffisante : annélation des arbres dominants. - Régénération insuffisante : Enrichissement.
année n+40.	:	Exploitation.

Actuellement, cette méthode est couramment utilisée en Malaisie, Sarawak, Philippines, Papouasie-Nouvelle Guinée... avec des rotations de 30-35 ans correspondant à des diamètres minima d'exploitabilité de 45-50 cm (Poore et al. 1989). Des études prospectives concernant la biomasse (Appanah et al. 1990) montrent qu'un délai de 100 ans entre deux exploitations successives est nécessaire pour permettre à la forêt de retrouver son stock initial de jeunes tiges ainsi que sa biomasse d'origine. Ces observations plaident en faveur de longues rotations.

213. La gestion sélective (Modified Selection System)

Cette méthode fut surtout utilisée au Ghana à partir de 1956 (Lamb 1967, Baidoe 1970, François 1977, Nolan *et al.* 1992). Elle a été adaptée aux différentes situations rencontrées dans le temps au fur et à mesure de sa mise en oeuvre. C'est une méthode de gestion cherchant impérativement une production soutenue et essayant d'associer exploitation et régénération. Elle repose sur une coupe sélective avec un choix par le gestionnaire des arbres à abattre (martelage). Au départ (période 1956-1970) les principales caractéristiques du "Modified Selection System" étaient : une cartographie des arbres de plus de sept pieds (210 cm) de circonférence et des coupes de jardinage à une rotation de vingt cinq ans. A partir de 1970, un diamètre d'exploitation a été fixé pour chaque espèce. Pratiquement il correspondait au diamètre pour lequel les classes de diamètre immédiatement inférieure et supérieure comptent au moins 0,02 tiges/ha et les classes supérieures suivantes moins de 0,02 tiges/ha (Mengin-Lecreux 1992). Selon les espèces, les diamètres minimums d'exploitabilité sont de 110 cm (Méliacées), 90, 70 ou 50 cm (Baidoe 1970).

L'intensité des travaux est dosée en fonction des revenus générés par les coupes.

La chronoséquence des opérations est la suivante :

année n-3.	:	Inventaire.
année n-2.	:	Martelage.
année n-1.	:	Attribution de la coupe.
année n.	:	Exploitation.
Année n+1.	:	Eclaircie d'amélioration. Cette éclaircie comprend les opérations suivantes :
		- un délianage ;
		- une éclaircie par abattage et dévitalisation au profit des essences commerciales(10<Diam<50cm) ;
		- un recépage des brins de la régénération d'espèces commerciales endommagés par l'exploitation forestière.
Année n+10.	:	Eclaircie d'amélioration.
Année n+20	:	Nouveau cycle d'exploitation forestière.
à n+40.		

Pendant très longtemps, les durées de rotations les plus courantes ont donc été de vingt cinq ans car le volume de bois mobilisé devait être suffisant pour permettre de financer les opérations sylvicoles de gestion sélective. A partir de 1989, pour des raisons d'aménagement soutenu, la durée de la rotation est portée à quarante ans (Nolan *et al.* 1992).

214. La méthode Okoumé dite "d'Amélioration des Peuplements"

Pour amener ces peuplements à la densité optimale et abaisser leur âge d'exploitabilité, l'intérêt d'une éclaircie a été soulevé par les forestiers du Gabon dès le début des années 30 (Biraud 1959 : Leroy Deval, 1976 ; Brunck et al, 1990). De 1950 à 1957, 75 000 ha de forêts riches en peuplements purs d'Okoumé furent ainsi classés en "réserves provisoires" dites d'amélioration. Différentes interventions y furent réalisées selon le diamètre moyen à 1,30 m des individus du peuplement : du dégagement de recrû accompagné d'un dépressage dans les jeunes peuplements denses de moins de 10 cm de diamètre moyen, à l'éclaircie sélective par le haut pour les peuplements de 20 à 40 cm de diamètre moyen.

Au-delà, l'intervention était considérée comme délicate, la simple observation montrant qu'à partir de 40 cm de diamètre, les Okoumés appartiennent à l'étage dominant et ont presque leur forme définitive. L'éclaircie risquait alors d'entraîner une perte importante de volume commercialisable. Jusqu'à 60 cm de diamètre moyen, elle se réduisait à une annélation sur pied des Okoumés sans avenir, de mauvaise forme ou tarés, ou des espèces diverses de l'étage dominant sans valeur commerciale.

Au delà, les Okoumés exploitables étaient simplement comptés et déliés. Faute de recherches préalables, on espérait de façon empirique un effet bénéfique de l'opération sur la dynamique et la productivité du peuplement.

Ces travaux **d'Amélioration des Peuplements Naturels d'Okoumé** ont été abandonnés à la fin des années cinquante, au profit de plantations. Les forestiers ont considéré qu'au lieu d'éparpiller leurs efforts sur l'amélioration des peuplements dont ils ne pouvaient justifier ni le bien fondé ni les résultats, il était préférable de concentrer les efforts sur des sites de reboisement proches des voies d'accès et de vidange.

Cette méthode a été utilisée sur de grandes surfaces atteignant environ 130.000 hectares (Biraud 1959, Catinot 1965, Brunck et al. 1990, Rivière et al. 1990, Rivière 1992). Elle repose sur la régénération naturelle existante. Les travaux de terrain reposaient sur des critères de diamètres. Une cartographie préalable des peuplements est réalisée avec identification des taches d'Okoumé (*Aucoumea klaineana*), de leur étendue et du diamètre moyen. Cette méthode s'inspire de la futaie irrégulière par parquets. Les travaux de sylviculture et d'inventaire comprenaient d'une part le comptage des okoumés exploitables et d'autre part des éclaircies. En fonction de la nature des peuplements, les opérations sylvicoles prévues étaient les suivantes :

- peuplements denses d'Okoumé de moins de 10 cm de diamètre moyen : dégagement du recrû et dépressage en cas de trop forte densité (supérieure 5.000 tiges/ha) ;
- peuplement d'Okoumé de diamètre compris entre 10 cm et 20 cm de diamètre : éclaircie par abattage dans les tiges d'Okoumé ramenant la densité à 400 tiges/ha. Une éclaircie complémentaire par annélation des espèces secondaires dominantes est aussi réalisée ;

- peuplement d'Okoumé de diamètre moyen compris entre 20 cm et 40 cm : éclaircie ramenant la densité à 80 tiges/ha par abattage des tiges de moins de 30 cm de diamètre et annélation des tiges plus grosses ;
- peuplement d'Okoumé de diamètre compris entre 40 cm et 60 cm : éclaircie sélective par annélation des sujets mal conformés ou tarés et des espèces secondaires dominantes .

Le diamètre technique d'exploitabilité est de 70 cm. Les interventions en éclaircie doivent être menées de façon à ramener la densité finale des tiges d'Okoumé autour de 80 tiges/ha. Dans l'étage dominant, l'accroissement moyen en diamètre est constant jusqu'à soixante ans, de l'ordre de 1 cm/an. Il diminue progressivement pour atteindre 0,5 cm/an à 100-120 ans (Bedel 1969, Cailliez et *al.* 1969).

215. La méthode "Celos" ou "système polycyclique de coupe"

Au Surinam, une méthode simple de gestion a été proposée (De Graaf 1981, 1990) à titre expérimental. Ce système polycyclique d'exploitation repose sur un diamètre minimum d'exploitation de 45 cm. La durée de la rotation entre deux coupes d'exploitation successives est de 20-25 ans (de Graaf 1986). Le volume exploité correspond à 8-10 arbres/ha (Henderson 1990).

La croissance des essences principales est favorisée par les éclaircies successives des essences secondaires réalisées à une périodicité de huit ans. La chronoséquence des opérations est la suivante :

- Année 0. - Eclaircie par dévitalisation. La surface terrière est ramenée de 28 à 12 m²/ha.
- Année 8. - Eclaircie par dévitalisation. La surface terrière est ramenée de 20 à 10 m²/ha.
- Année 16. - Eclaircie par dévitalisation. La surface terrière est ramenée de 18 à 15 m²/ha.
- Année 20. - Récolte de 20 m³/ha au diamètre d'exploitabilité physique de 45 cm soit environ 50% de l'accroissement du volume exploitable.

Cette méthode basée sur des éclaircies répétées et un contrôle de la surface terrière suppose la régénération installée. A terme les arbres de gros diamètre sont éliminés pour limiter les dégâts d'abattage (de Graaf 1981). La croissance des arbres est stimulée par les éclaircies. Le diamètre d'exploitabilité technique est faible (45 cm).

22. Les méthodes de conversion en futaie régulière

Elles sont caractérisées par une récolte unique des bois commercialisables. Le volume mobilisé est important. L'exploitation est suivie d'opérations sylvicoles d'amélioration et de régénération. La structure du peuplement est régularisée progressivement autour d'une même classe d'âge. La durée de la rotation est longue, supérieure à cinquante ans.

Très souvent, la dégradation des peuplements naturels, les contraintes économiques... ont obligé le sylviculteur à modifier profondément la structure du peuplement. Les méthodes de conversion s'adressent à des peuplements où la nécessité d'un volume commercialisable (bois d'oeuvre, bois-énergie) important est incontournable. Les coupes sont de type monocyclique. Les principales méthodes de conversion en futaie régulière sont :

- le Malayan Uniform System ;
- le Tropical Shelterwood System ;
- l'High Shade Shelterwood System ;
- l'Uniformisation Par Le Haut.

Ces méthodes nécessitent beaucoup plus d'interventions sylvicoles que les précédentes. Elles répondaient aux préoccupations légitimes des sylviculteurs souvent alarmés par le très rapide appauvrissement en essences commerciales des peuplements naturels exploités. L'approche privilégiée alors était directement inspirée par les méthodes de futaie régulière classiques où l'essentiel des efforts est concentré sur un petit nombre d'espèces d'une même classe d'âge (ou de diamètre).

221. Le "Malayan Uniform System"

Le "Malayan Uniform System" est une conséquence des coupes rases réalisées par les Japonais en Malaisie durant la seconde guerre mondiale (Barnard 1950). La vigueur de la régénération naturelle à partir du potentiel séminal existant dans le sol a généré de nombreux espoirs.

Le succès de cette méthode supposait la réalisation préalable de quatre conditions :

- l'existence d'un potentiel séminal suffisant d'espèces commerciales de valeur ;
- la suppression totale du couvert préexistant ;
- l'absence de dépressage avant que la régénération ne se soit affranchi du recrû ;
- le contrôle des lianes par un couvert suffisamment dense.

La chronoséquence des opérations est la suivante :

- année n-5. : Abattage des espèces secondaires (diamètre supérieur à 30 cm).
Délianage et nettoyage.
- année n-2. : Délianage.
- année n-1. : Evaluation de la régénération.

- année n. : Exploitation.
Dévitalisation des espèces secondaires (diamètre supérieur à 15cm).
Recépage de la régénération endommagée par l'exploitation.
- année n+5. : Inventaire de la régénération.
Dépressage si nécessaire.
- année n+10. : Eclaircie si nécessaire.
- année n+70. : Récolte.

Les rotations de longue durée (cinquante ans à soixante dix ans) sont des conditions difficiles à faire respecter dans les zones tropicales et ont souvent conduit à l'abandon ou à l'échec de ces méthodes.

222. Le "Tropical Shelterwood System"

Cette méthode de régénération par coupes d'abri compte de multiples variantes. Mise au point en Malaisie pour les forêts de Diptérocarpacées, elle a notamment été adaptée aux forêts africaines au Ghana et Nigéria par les forestiers formés en Asie (Jones 1950, Rosevear et *al.* 1952, Foggie 1959). L'objectif est de provoquer une régénération en essences commerciales d'âge homogène avant l'exploitation.

L'ouverture du couvert par dévitalisation des espèces secondaires est commencée cinq ans avant l'exploitation. L'éclaircie est surtout réalisée d'abord dans les strates basses et moyennes de manière à faciliter la régénération des espèces commerciales. La régénération est assistée pendant cinq ans par des délianages, dégagements et dépressages. L'objectif est d'obtenir au moins 100 tiges/ha d'essences commerciales de plus de un mètre de haut dans la régénération installée. Après l'exploitation, une éclaircie par dévitalisation est alors réalisée dans les tiges des espèces secondaires dominantes de façon à ouvrir progressivement le couvert. La régénération installée est assistée pendant encore une dizaine d'années (Jones 1950, Banerji 1958, Haig 1959).

La succession des opérations sylvicoles est la suivante (Rosevear et *al.* 1952, Barnard 1955) :

- année n-5. - Délianage et dévitalisation des secondaires dans le sous-bois (diamètre inférieur à 10 cm).
- année n-4. - Comptage de régénération. Dévitalisation d'une partie des secondaires dans les strates intermédiaires (hauteur supérieure à 20 mètres).
Délianage complémentaire.
- année n-3. - Dégagement de la régénération des espèces commerciales (hauteur supérieur à 50 cm).
- année n-2. - Dégagement et comptage de régénération.
Plantations d'enrichissement si nécessaire.

- année n-1. - Dégagement de régénération.
- année n. - Exploitation.
Recépage des essences commerciales endommagées.
- année n+1. - Dégagement et comptage de la régénération.
Eclaircie par dévitalisation des espèces secondaires dominantes.
- année n+5. - Dégagement de la régénération.
- année n+10 .- Travaux de régénération assistée. Déliauges.
- année n+20. - Eclaircie.
- année n+40 .- Eclaircie.
- année n+70 .- Récolte.
à n+100.

A terme la structure est régularisée au profit des espèces commerciales issue de la régénération naturelle. Toutefois, contrairement au "Malayan Uniform System" les tiges d'espèces commerciales de taille intermédiaire sont conservées. La régularisation du peuplement est donc progressive. Le dosage de la lumière par éclaircies successives devait éviter l'envahissement du parterre de la coupe par les espèces indésirables.

Il faut aussi citer une variante utilisée en Afrique (Uganda) dite "Monocycle Natural Regeneration System" (Dawkins 1958). La succession des opérations est la suivante :

- année n-5. à n-2. - Déliauge et nettoyage du sous-bois.
- année n. - Exploitation de toutes les espèces commerciales dépassant le diamètre d'exploitabilité technique.
Recépage de la régénération commerciale endommagée.
Nettoisement du sous-bois et du parterre de la coupe.
- année n+5 à n+10. - Inventaires de régénération.
Déliauges, dégagement de la régénération.
- année n+10. - Eclaircie dans les strates supérieures avec un objectif de récolte de 50 tiges commerciales par hectare.
- année n+40 à n+80. - Récolte.

Cette méthode, aujourd'hui délaissée en Afrique, prend grand soin de la régénération. Elle suppose des interventions répétées sur de longues périodes, de longues rotations ainsi que des moyens humains très importants. Très souvent les bois éclaircis ont été valorisés d'abord en charbon de bois ensuite en bois de service et en bois d'oeuvre.

223. Le "High Shade Shelterwood System"

L'Aménagement en futaie régulière avec régénération par coupe d'abri est résumé ici pour mémoire (F.A.O. 1985). Il a été utilisé notamment à Trinidad et Tobago ainsi qu'au Ghana. L'objectif est une régularisation brutale de la structure du peuplement pour obtenir une futaie équiennne à deux ou plusieurs étages. Cette méthode aujourd'hui abandonnée repose notamment sur le postulat de l'absence de corrélation directe entre la nature de la régénération et la composition du peuplement préexistant.

La chronoséquence des opérations est la suivante :

- Année n-2. - Délianage.

- Année n. - Récolte des essences commerciales.
 - Abattage des arbres des étages inférieurs jusqu'à 15 cm de diamètre.
 - Marquage en réserve de 70-80 tiges/ha de perchis et empoisonnement du reste du peuplement.
 - Carbonisation des essences secondaires utilisables.

- Année n+1. - Nettoyage du parterre de la coupe.
 - Recépage des espèces commerciales de la strate basse.

- Année n+2. - Dégagement de la régénération.

- Année n+3. - Dégagement de la régénération.
 - Empoisonnement du peuplement d'abri.

- Année n+4. - Dégagement de la régénération.

- Année n+6. - Nettoiement et dégagements.

- Année n+20.- Eclaircie.

- Année n+40.- Eclaircie.

- Année n+70.- Récolte.

Cette méthode a été abandonnée en raison de la prépondérance des essences secondaires dans la régénération et la nécessité de recourir le plus souvent à des plantations complémentaires. Cette technique peut être utilisable pour des forêts très riches en essences commerciales ce qui est rarement le cas en Afrique tropicale.

224. L'uniformisation par le haut

Cette méthode vise à la conversion de futaies d'arbres d'âges multiples, répartis par groupes ou pieds d'arbres, en une futaie tendant vers la régularité en vue d'en améliorer les conditions de productivité et d'exploitation (Donis et *al.* 1951, Maudoux 1958). Elle repose sur l'identification du potentiel d'avenir le mieux représenté (brins, baliveaux, moyens). Ensuite, une éclaircie est réalisée au profit de ce peuplement d'avenir par régularisation de la structure et réduction des écarts d'âges. Les espèces secondaires sont éliminées lorsqu'elles sont un obstacle à la croissance des espèces commerciales. L'éclaircie est accompagnée d'un déliantage systématique. Cette intervention entraîne une modification de la composition floristique et de la structure dans un sens de simplification au sein d'une parcelle. La sélectivité des interventions peut en outre, corriger la composition floristique et favoriser certaines essences. Cette méthode peut s'appliquer à des forêts non exploitées ou compléter une exploitation par ses interventions structurales. Elle nécessite d'importants sacrifices d'exploitabilité au profit du peuplement uniformisé.

En principe l'uniformisation par le haut a pour objectif de créer la situation suivante :

- une absence de gros bois, sauf en ce qui concerne les espèces commerciales ;
- la présence de bois moyens d'âges divers ;
- l'uniformisation de la lumière destinée à favoriser les régénérations existantes et nouvelles.

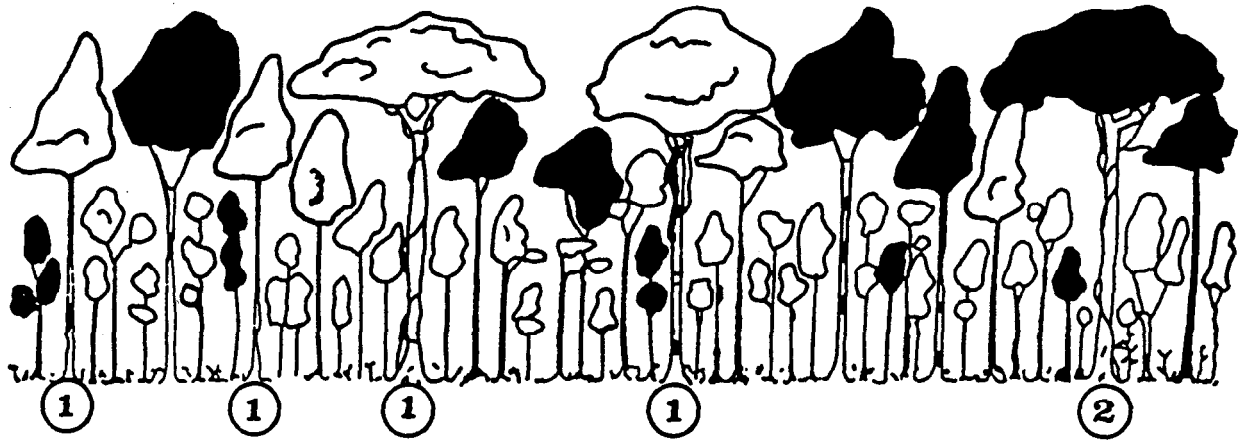
Des répétitions quinquennales d'inventaires sont prévues afin de suivre l'évolution des peuplements et de décider de l'opportunité de nouvelles interventions. L'application extensive de cette méthode en Afrique centrale (République Démocratique du Congo, ex-Zaïre) s'est heurtée aux problèmes de moyens et de suivi dans le temps. Elle a été rapidement abandonnée.

23. Futaie régulière ou irrégulière ?

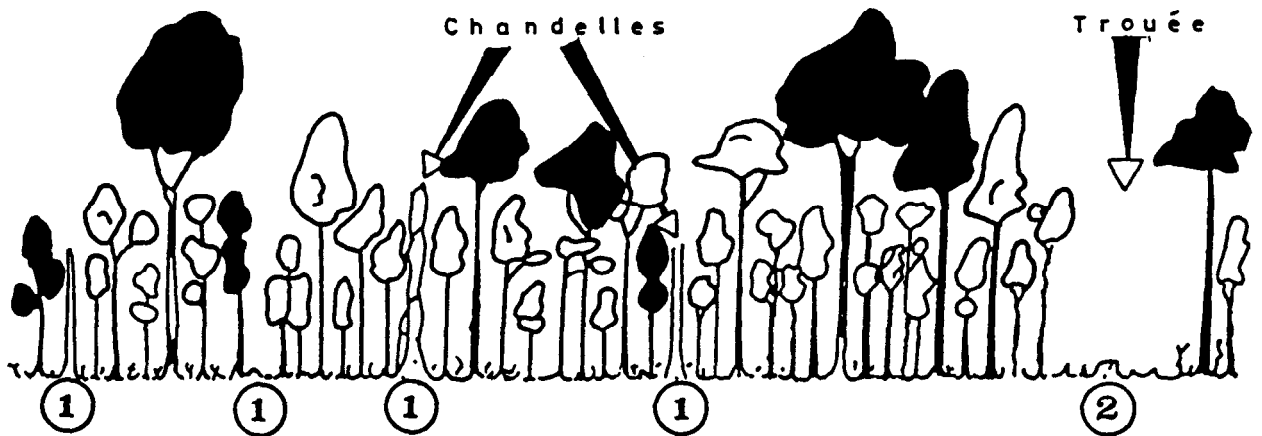
C'est un débat passionnel fertile en idée et réalisations. En forêt, c'est la distribution verticale des arbres dans l'espace qui définit le mieux la structure. Il en découle la notion de fermeture du couvert qui est "la façon dont les houppiers des arbres d'un peuplement s'agencent dans l'espace (Schütz 1990)".

Les peuplements réguliers sont caractérisés par des strates facilement identifiables à l'intérieur desquelles la taille des houppiers est homogène. La fermeture horizontale du couvert est assurée. Dans les structures irrégulières, les houppiers de tailles très variables ne laissent pas percevoir de stratification verticale. La fermeture du couvert est irrégulière (Duchiron 1994).

ECLAIRCIES EN FORET NATURELLE



AVANT EXPLOITATION ET ECLAIRCIE



APRES EXPLOITATION ET ECLAIRCIE

- ① Espèces secondaires de grande taille dévitalisées
- ② Espèce commercialisable abattue et débardée



Espèce principale



Espèce secondaire

La sylviculture en forêt dense africaine est récente, elle a seulement quelques décennies d'expérimentation derrière elle. La structure de la forêt a été peu modifiée par l'homme. Les diverses tentatives de conversion de ces forêts denses humides ont révélé la complexité de ces milieux. A leur arrivée, les forestiers européens ont transposé en Afrique les acquis dont ils disposaient en essayant de les adapter. Les différentes sylvicultures mises en oeuvre visaient à améliorer la productivité des forêts denses mais aussi à maintenir leur statut de forêt. Elles répondaient souvent à une inquiétude des forestiers face à l'appauvrissement des forêts exploitées.

A cet égard, la tentation de la conversion en futaie régulière était une volonté de simplifier un écosystème peu ou mal connu. Ceci dans l'espoir d'apporter plus rapidement des solutions sylvicoles dans un contexte écologique quasiment inconnu. Cette volonté réductrice apparaît encore dans les méthodes de futaie irrégulière. En effet dans les deux cas, les efforts sylvicoles sont concentrés sur un groupe d'espèces avec une vocation sylvicole précise, en l'occurrence la production de bois d'oeuvre. Il apparaît à l'usage que la sylviculture en forêt naturelle demande une continuité d'efforts difficile à mettre en oeuvre. Les durées d'intervention nécessaires qui s'étalent sur des décennies sont rarement compatibles avec les moyens humains et matériels disponibles actuellement. Il est nécessaire d'adapter la sylviculture à ces contraintes.

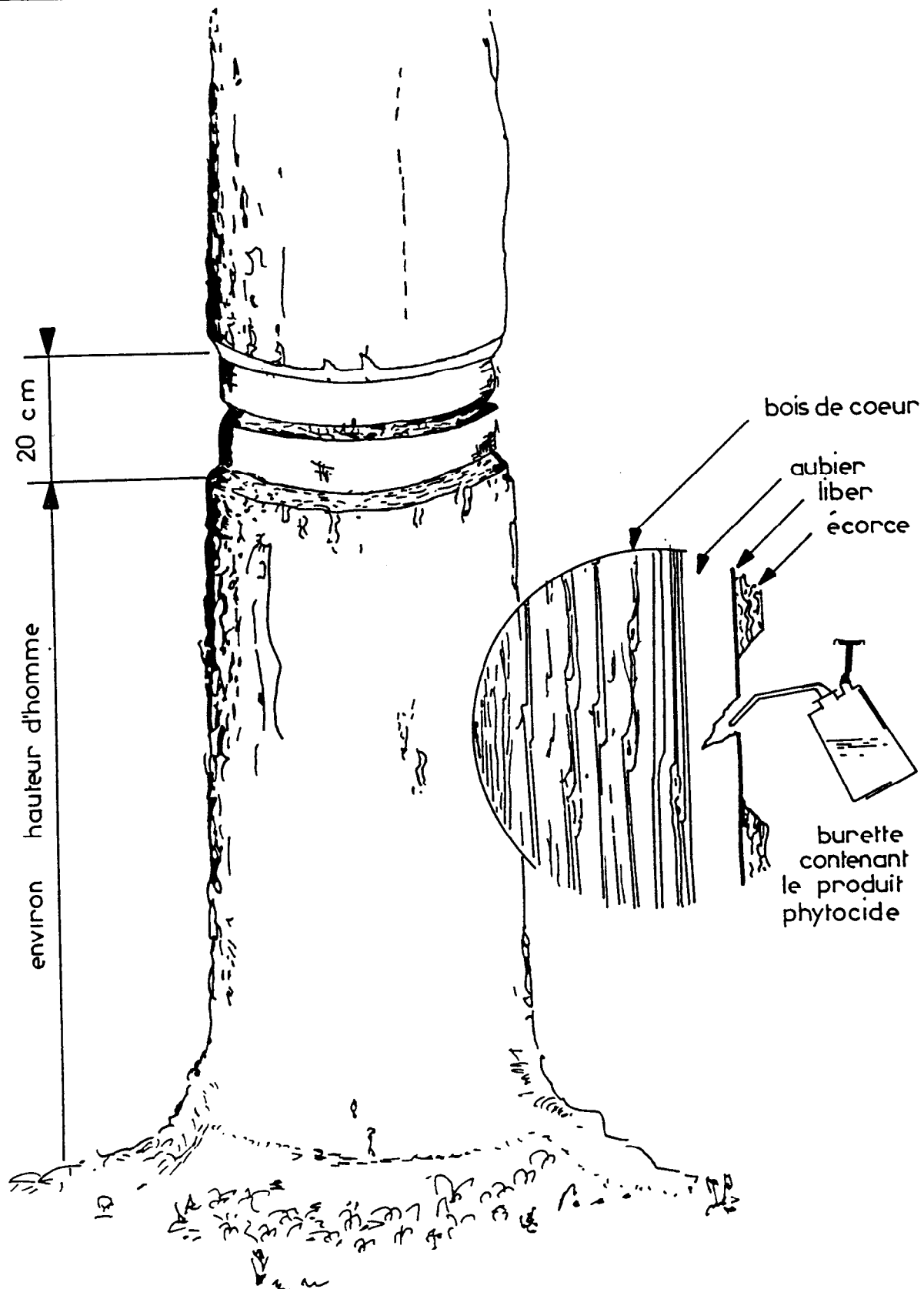
Par ailleurs, la diversité de la composition des forêts denses introduit une forte résistance à des sylvicultures trop dirigistes. Il s'avère difficile de modifier durablement la structure des peuplements de forêt naturelle dans le sens de la futaie régulière. La dynamique de la régénération naturelle est en effet encore mal connue. De fait, dans l'état actuel des connaissances, il apparaît impossible de prévoir la composition floristique future d'une parcelle donnée. Par ailleurs, les différentiels de croissance entre espèces rétablissent rapidement une hétérogénéité certaine de la structure quel que soit le type de sylviculture appliqué.

La futaie irrégulière reste aujourd'hui la solution pour intégrer les contraintes biologiques et techniques propres aux forêts denses humides africaines.

24. Les éclaircies en forêt naturelle

Une forêt exploitée est de fait éclaircie. Cette opération d'éclaircie peut être orientée par le sylviculteur. L'éclaircie sélective, au profit d'un groupe d'essences donné, conduit à terme à une réduction de l'hétérogénéité des peuplements naturels, tout au moins dans l'étage dominant (Aubréville 1953, Letourneux 1956, Catinot 1965, Miélot et *al.* 1980, Maître 1986, Mallet et *al.* 1989, Dupuy et *al.* 1992). L'objectif de cette intervention est de stimuler la dynamique de croissance du peuplement éclairci.

SCHEMA VISUALISANT LA METHODE DE
DEVITALISATION PAR ANNELATION COMPLETE



241. Les techniques d'éclaircie

En forêt dense humide, les éclaircies sont réalisées soit par dévitalisation soit par abattage.

242. Les méthodes d'éclaircie par dévitalisation

Ces méthodes permettent l'élimination des tiges indésirables. Elles sont faciles à mettre en oeuvre et causent moins de dégâts au peuplement d'avenir que l'exploitation par abattage. En effet, l'arbre dévitalisé se délite progressivement. Durant les premiers mois qui suivent la dévitalisation, les branches tombent à la verticale du houppier suivies, plusieurs années après, du tronc. Cela permet de limiter l'intensité des dégâts directs imputables au houppier et aussi de les étaler dans le temps. Bien entendu cette méthode ne concerne que les arbres non commercialisables en bois d'oeuvre. Le bois mort peut ensuite être ramassé au sol et être utilisé en bois-énergie.

Deux méthodes de dévitalisation des arbres sur pied sont couramment utilisées :

- la dévitalisation "mécanique" : elle consiste en un arrachage de l'écorce ou en une annélation faite à la hache. Cette technique a montré très rapidement ses limites (résultats irréguliers suivant les essences). D'où la nécessité de nombreux passages supplémentaires pour obtenir l'effet désiré. Cette méthode efficace n'est pas applicable sur des grandes surfaces ;
- la dévitalisation par empoisonnement dite aussi "éclaircie chimique" : elle correspond à l'utilisation de produits phytocides injectés dans l'arbre suivant différentes techniques.

C'est cette dernière méthode qui a été étudiée et utilisée en Côte d'Ivoire (Mallet et *al.* 1989). Les techniques "d'injection" des produits phytocides utilisées en Côte d'Ivoire sont au nombre de deux :

- la dévitalisation sur "entailles malaises" ;
- la dévitalisation par la méthode des entailles discontinues.

Chapitre 5. Tableau 2 :

Caractéristiques des méthodes de dévitalisation par empoisonnement.

Caractéristiques	"Entailles Malaises"	Entailles discontinues
Préparation du tronc	Annélation complète	Entailles tout les 15 cm
Application	Pulvérisation sur l'annélation 0,5-0,7 l/annélation	Dépôt à la burette dans les entailles 1-2 ml/entailles
Solution 10 m ³ /ha éliminée (45 arbres/ha)	25 à 30 litres/ha	2 à 3 litres/ha

La méthode des "entailles malaises" présente de nombreux inconvénients, aussi bien économiques que pratiques (temps de préparation de l'arbre important, grande quantité de produit utilisée, pénibilité et toxicité importantes pour les travailleurs...). De plus, son efficacité n'est pas significativement différente de celle de la méthode par entailles discontinues. La méthode dite "des entailles discontinues" a donc été retenue très rapidement.

D'autre part, plusieurs produits phytocides ont été testés avec les deux méthodes, afin de remplacer le 2.4.5 T. (Acide 2.4.5. Trichlorophénoxyacétique) utilisé jusqu'alors et retiré du marché.

De plus, il a été tenu compte de l'aspect économique, les éclaircies par dévitalisation devant être appliquées sur de grandes surfaces au moindre coût. Trois produits phytocides ont ainsi été retenus :

- le Tordon 101 (Piclorame 64 g/l + 24 D 240 g/l) ;
- le Garlon 4 E (Triclopyr 480 g/l ester butylglycol) ;
- le Round Up (Glyphosate 360 g/l matière active).

Ce sont le "Garlon 4 E" dilué à 50% dans du distillat de pétrole (DD0) et le "Tordon 101" dilué à 50% dans de l'eau qui ont donné les meilleurs résultats avec la méthode des entailles discontinues (Mallet et *al.* 1989).

La mortalité moyenne est supérieure à 90% au bout d'un an et demi. Toutefois deux remarques sont à faire :

- certaines essences sont plus sensibles au traitement que d'autres : forte mortalité du Poto-Poto (*Strephonema pseudocola*) avec plus de 95% de tiges mortes au bout d'un an tandis que le taux de mortalité du Sanzaminika (*Diospyros sanza-minika*) n'est que de 78% ;
- la sensibilité de certaines essences est fonction de leur diamètre, comme l'Aramon (*Maranthus glabra*) dont 20% des tiges de diamètre supérieur à 60 cm résistent aux produits.

243. Les méthodes d'éclaircie par abattage

Les éclaircies par dévitalisation sont utilisées dans le cadre d'une sylviculture extensive. Cette sylviculture est le plus souvent appliquée à des massifs de grandes dimensions peu modifiés par l'homme. L'impact des dévitalisations chimiques sur l'écosystème (faune, eau...) est encore très mal connu. De fait, cette méthode doit être utilisée avec beaucoup de précautions.

L'intensification des actions sylvicoles et la diversification des produits ligneux utilisés développe les éclaircies par abattage des arbres. Dans ce cas, l'abattage orienté, réalisé par un personnel compétent doit permettre de réduire les dégâts. L'abattage est réalisé avec des haches ou bien des scies mécaniques à chaîne. Le rendement d'une équipe d'abattage (un scieur et un manoeuvre) est estimé à 40-60 m³/jour pour l'abattage à la scie à chaîne. Le rendement du façonnage pour une utilisation en bois-énergie est de 10-15 m³/homme/jour. Avec des méthodes d'abattage manuel,

le rendement est de 5-10 m³/homme/jour (Sessions et *al.* 1993).

25. Réaction des peuplements de forêt naturelle à l'éclaircie

La réaction des arbres à l'éclaircie est individuelle. Sur une période de sept ans, si l'on étudie la nature des accroissements annuels (Favrichon 1991) :

- 25% des arbres ont un accroissement annuel nul ;
- 25% des arbres ont un accroissement annuel régulier chaque année ;
- 50% des arbres ont un accroissement annuel erratique, positif ou nul selon les années.

En ce qui concerne la réaction individuelle des arbres à l'éclaircie, il faut considérer deux aspects :

- L'espèce.

Le tempérament propre à chaque espèce conditionne sa possibilité de réaction dans des limites déterminées.

- La position sociale de l'individu.

Le statut de l'arbre dans le peuplement, de sa position sociale dans la structure verticale de la forêt influence la réponse de l'arbre à l'éclaircie.

Quelques résultats disponibles sur la croissance et la productivité des forêts naturelles de production sont présentés pour différents pays (Côte d'Ivoire, Ghana, Nigéria, Cameroun, Centre-afrique, Ouganda...).

251. Côte d'Ivoire

Les différents dispositifs expérimentaux mis en place en Côte d'Ivoire sont localisés sur quatre sites implantés au sein de quatre forêts classées du domaine permanent de l'Etat (Irobo, Mopri, Téné et Yapo).

Ces dispositifs qui doivent être simples et robustes (parcelles unitaires de grandes tailles, répétitions, mesures de paramètres simples...) sont conçus afin de résister à l'épreuve du temps et fournir des données fiables sur de longues périodes. Leur premier objectif est en effet l'étude de la dynamique de croissance des forêts denses ainsi que la mise au point de méthodes sylvicoles permettant un aménagement de ces forêts (Catinot et *al.* 1965, Cailliez et *al.* 1977, Mielot 1977, Mielot et *al.* 1980, Maître et *al.* 1985, Bertault et *al.* 1992, Dupuy et *al.* 1993).

Il faut donc pouvoir évaluer les possibilités de reconstitution des peuplements sur pied après les premiers passages en exploitation afin de pérenniser la mise en valeur rationnelle de ces forêts. Les études doivent être menées dans les différentes strates des peuplements. Seul l'aspect "étude de croissance" des arbres de diamètre supérieur à 10 cm est ici considéré.

Les études doivent être menées dans les différentes strates des peuplements. Seul l'aspect "étude de croissance" des arbres de diamètre supérieur à 10 cm est ici considéré.

251.1. Les périmètres expérimentaux

Trois périmètres expérimentaux d'une superficie totale de mille deux cent hectares ont été mis en place à partir de 1977 (Mielot et *al.* 1980). Il s'agit du périmètre d'Irobo en forêt sempervirente, des périmètres de Mopri et de Téné en forêt semi-décidue.

Les parcelles d'études unitaires ont une surface de seize hectares (Mielot et *al.* 1980, Maître 1988). Les espèces sont réparties en deux groupes en fonction de leurs caractéristiques technologiques évaluées dans un objectif bois d'oeuvre (Mielot 1977) :

Les éclaircies testées sont de type systématique. L'éclaircie a été pratiquée par dévitalisation des essences secondaires dont le diamètre est supérieur à 20-30 cm en forêt sempervirente et supérieur à 10 cm en forêt semi-décidue. Les éclaircies sont réalisées en priorité dans l'étage dominant par élimination des espèces secondaires de fortes dimensions. Dans certains cas, en particulier pour les fortes éclaircies, une dévitalisation de certaines essences commerciales de moindre valeur commerciale a été réalisée. Différentes intensités d'éclaircie ont été testées. Le taux de prélèvement en surface terrière a varié entre 15% et 50%. Des peuplements témoins sont conservés à titre de comparaison.

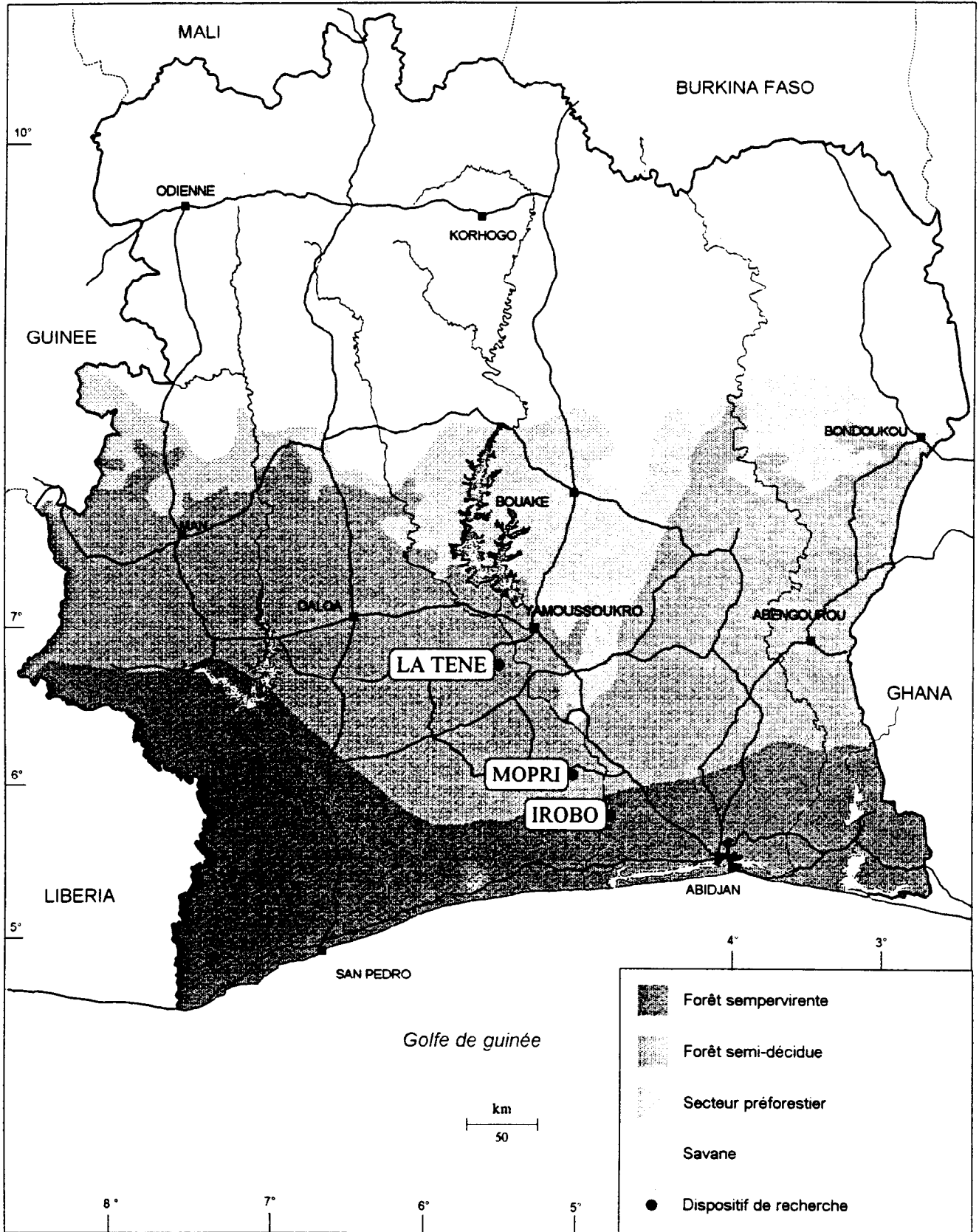
Chapitre 5. Tableau 3 :

Caractéristiques des deux périmètres expérimentaux étudiés (Irobo et Mopri) avant éclaircie.

	Irobo		Mopri	
Tiges de diamètre supérieur à 10 cm	Densité G tiges/ha)(m ² /ha)		Densité G (tiges/ha)(m ² /ha)	
Essences commerciales	106	8.6	169	13.5
Essences secondaires	347	15.9	192	9.1
Total	453	24.5	361	22.6

La composition en essences commerciales des différents dispositifs expérimentaux est fort différente comme l'indique le tableau ci-après.

Localisation des périmètres d'étude de la dynamique
de la forêt dense humide en Côte d'Ivoire



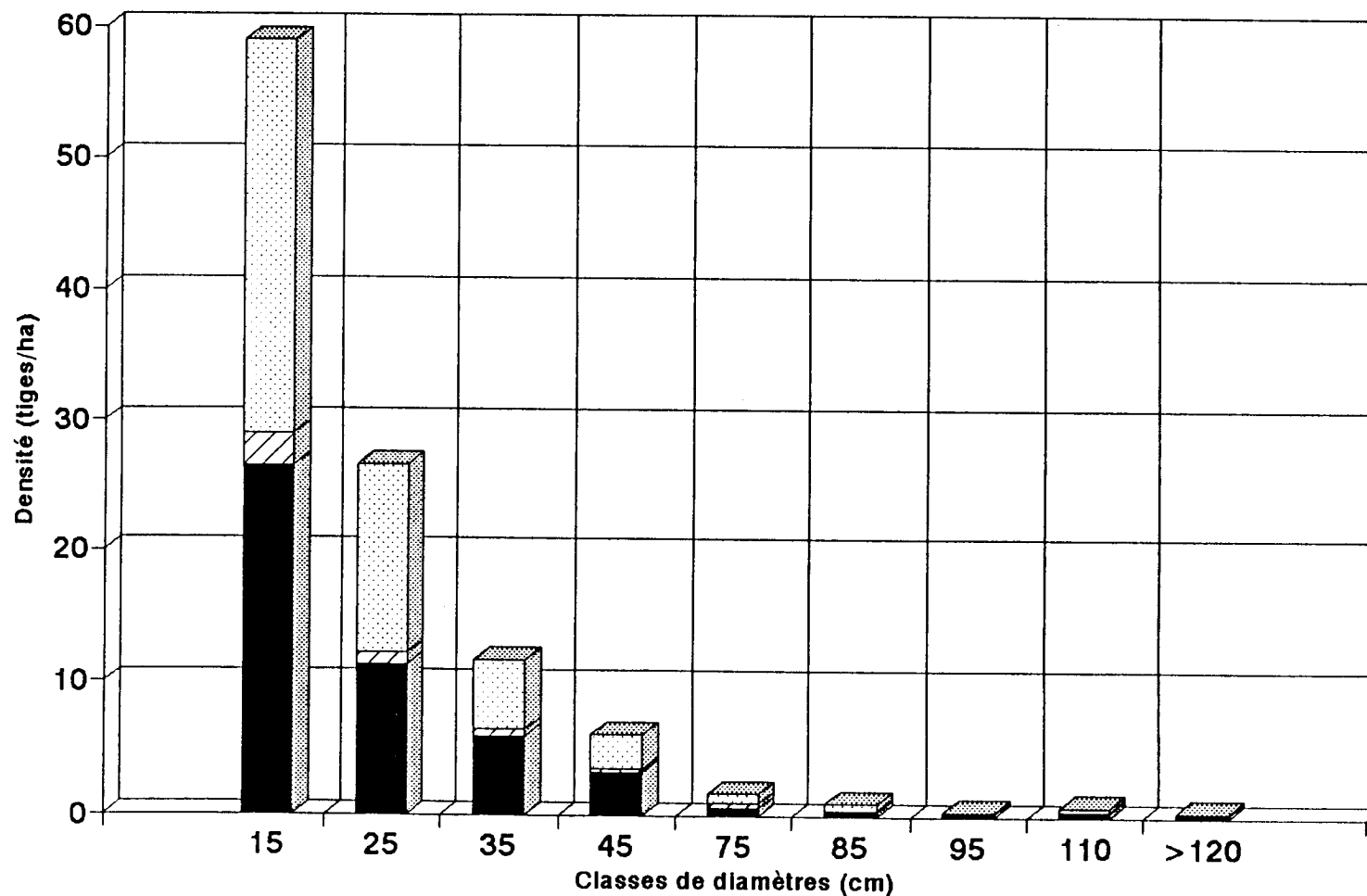
Chapitre 5. Tableau 4 :

Effectifs (en tiges/ha) des essences commerciales (diamètre supérieur à 10 cm) les mieux représentées dans les différents dispositifs expérimentaux de forêt dense humide en Côte d'Ivoire.

Type de forêt		Semi-décidue		Sempervirente	
		Téné	Mopri	Irobo	Yapo
Espece et nom vernaculaire					
<i>Guibourtia ehie</i>	Amazakoué	3.1			
<i>Mansonia altissima</i>	Bété	4.6	+		
<i>Morus mesozygia</i>	Difou	4.0	+		
<i>Terminalia superba</i>	Fraké	2.3	+		
<i>Alstonia boonei</i>	Emien	1.1	+		
<i>Triplochiton scleroxylon</i>	Samba	16.6	2.4		
<i>Nesogordonia papaverifera</i>	Kotibé	21.2	7.3		
<i>Celtis zenkeri</i>	Asan	7.2	1.9		
<i>Sterculia rhinopetala</i>	Lotopha	24.6	13.9		
<i>Celtis adolphi friderici</i>	Lohonfe	12.0	6.6		
<i>Entandrophragma cylindricum</i>	Aboudikro	2.8	1.1		
<i>Gambeya africana</i>	Akatio	12.0	11.1		
<i>Celtis mildbraedii</i>	Ba	60.8	68.4		
<i>Ceiba pentandra</i>	Fromager	1.9	1.1		
<i>Khaya anthotheca</i>	Acajou	2.1	5.0		
<i>Aningeria robusta</i>	Aniégré blanc	2.7	7.6		
<i>Guarea cedrata</i>	Bossé	2.0	9.6	+	
<i>Sterculia tragacantha</i>	Poré-Poré	+	1.4	+	
<i>Scottelia klaineana</i>	Akossika	7.8	8.5	6.9	27.1
<i>Ricinodendron keudelotii</i>	Eho	5.5	+	+	+
<i>Eribrroma oblonga</i>	Bi	9.1	2.4	+	+
<i>Funtumia sp.</i>	Pouo	8.4	2.4	+	2.2
<i>Lanea welwitschii</i>	Loloti	2.0	9.6	+	+
<i>Piptadeniastrum africanum</i>	Dabema	+	3.8	+	2.8
<i>Entandrophragma angolense</i>	Tiama	+	2.7	+	+
<i>Pycnanthus angolensis</i>	Ilomba	+	2.2	+	+
<i>Dacryodes klaineana</i>	Adjouaba	+	3.7	31.9	81.9
<i>Amphimas pterocarpoides</i>	Lati	+	+	2.3	3.1
<i>Daniellia thurifera</i>	Faro	+	+	1.4	+
<i>Trichilia tessmannii</i>	Aribanda	+	1.2	+	+
<i>Berlinia spp.</i>	Melegba		2.8	+	
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	Abaïe		2.7		2.2
<i>Parinari sp.</i>	Sougue		+	1.8	+
<i>Thieghemella heckelii</i>	Makoré		+	1.4	+
<i>Heritiera utilis</i>	Niangon			33.2	5.1
<i>Uapaca sp.</i>	Rikio			15.9	1.3
<i>Parka bicolor</i>	Lo			3.5	2.7
<i>Anopyxis klaineana</i>	Bodioa			1.1	+
<i>Gilbertiodendron preussii</i>	Vaa			1.0	
<i>Hallea ciliata</i>	Bahia			1.0	1.0
<i>Anthonotha fragans</i>	Adomonteu			1.1	2.1
<i>Rodognaphalon brevicuspe</i>	Kondroti			1.4	2.4

Une croix (+) indique un effectif compris entre 0,1 et 1 tige/ha.
Les espèces "en gras" sont des essences de première catégorie.

DENSITE DES ESPECES PRINCIPALES EN FORET SEMPERVIRENTE



■ 1ère catégorie ▨ 2ème catégorie ▩ 3ème catégorie

Le but des interventions sylvicoles est de travailler au profit des essences commerciales en pratiquant des éclaircies dans les essences secondaires.

251.2. Densité des espèces commerciales

Les éclaircies réalisées au détriment des espèces secondaires dominantes induisent une évolution de la densité des tiges des espèces commerciales. Successivement nous étudierons les trois aspects de l'évolution de la densité à savoir : le recrutement, la mortalité et le gain en tiges d'espèces commerciales. Ces trois paramètres d'évolution des effectifs sont définis comme suit :

- la mortalité : nombre d'arbres morts pendant la période étudiée ;
- le recrutement ou passage à la futaie : nombre d'arbres ayant atteints le diamètre de pré-comptage (ici diamètre à 1,30 m = 10 cm) pendant la période étudiée ;
- le gain : nombre d'arbres effectivement gagné (ou perdu) pendant la période étudiée. Le gain correspond à la différence entre le passage à la futaie et la mortalité.

Les compositions en essences commerciales des forêts denses sempervirentes et semi-décidues sont très différentes.

Chapitre 5. Tableau 5 :

Effectifs par catégorie des essences commerciales (diamètre supérieur à 10 cm) à Irobo et Mopri (année 0). Côte d'Ivoire.

Forêt	Catégorie	Traitement Sylvicole		
		Témoin	Eclaircie moyenne	Eclaircie forte
Sempervirente (Irobo)	1	51.6	54.7	45.6
	2	5.9	4.4	6.3
	3	57.6	45.1	47.6
Semi-décidue (Mopri)	1	59.6	62.7	51.6
	2	92.3	106.0	97.1
	3	14.9	12.3	9.1

(Voir liste des espèces en annexe 1)

Les forêts sempervirentes sont riches en espèces de première et troisième catégorie. Les forêts semi-décidues sont riches en espèces de première et deuxième catégorie.

Les données synthétiques de l'évolution des effectifs des espèces commerciales (catégorie 1, 2 et 3) sont résumées dans le tableau suivant :

Chapitre 5. Tableau 6 :

Paramètres d'évolution des effectifs des essences commerciales (en tiges/ha/an) dix ans après éclaircie. Forêt sempervirente (Irobo) et forêt semi-décidue (Mpri). Côte d'Ivoire. Tiges de diamètre supérieur à 10 cm.

ESSENCES COMMERCIALES Tiges/ha/an	TRAITEMENTS					
	TEM-DIN		ECLAIRCIE			
			Moyenne		Forte	
	Irobo	Mpri	Irobo	Mpri	Irobo	Mpri
Recrutement	+ 0,72	+ 3,32	+ 1,20	+ 5,82	+ 2,12	+ 5,33
Mortalité	- 0,86	- 1,52	- 0,92	- 1,42	- 0,92	- 1,79
Gain	- 0,14	+ 1,80	+ 0,28	+ 4,40	+ 1,20	+ 3,54

L'impact des traitements sylvicoles sur les essences commerciales au bout de dix ans porte essentiellement sur le recrutement. L'intensité de la mortalité naturelle est peu corrélée avec les éclaircies. Du point de vue de la dynamique des effectifs des essences commerciales, il faut noter que la forêt semi-décidue réagit beaucoup plus fortement aux traitements que la forêt sempervirente.

Les éclaircies favorisent le recrutement et le gain net en tiges d'essences commerciales à partir de la régénération naturelle installée. La réaction des espèces après l'éclaircie est variable.

251.3. Croissance moyenne en diamètre de quelques espèces commerciales

En forêt dense humide ivoirienne il a été possible d'analyser dix années de croissance individuelle des tiges d'espèces commerciales dont le diamètre est supérieur à 10 cm (Brevet 1994). Les résultats concernent les arbres dont la densité à l'hectare est supérieure à 1 tige/ha.

Forêt sempervirente :

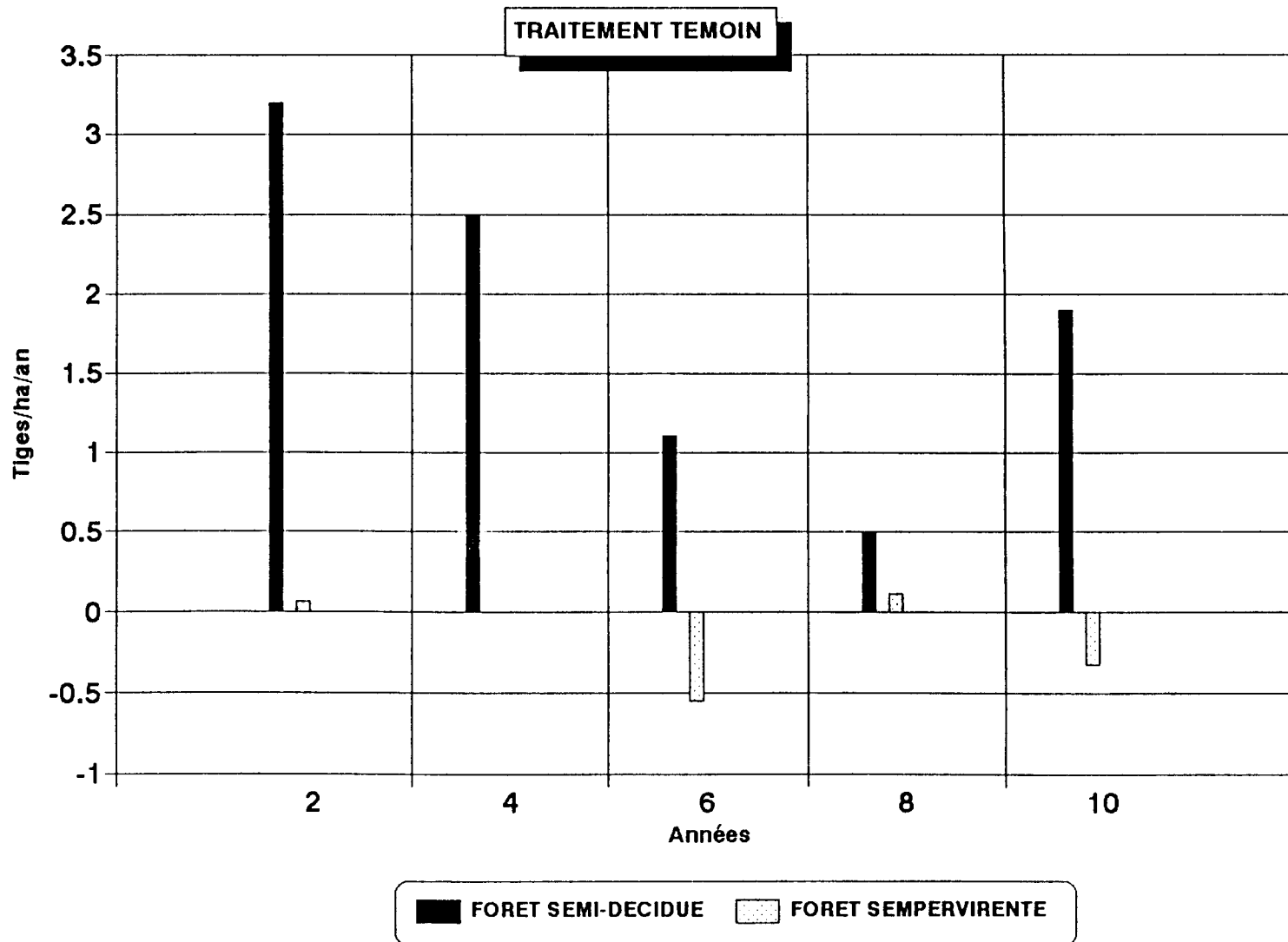
En forêt non-éclaircie, la majorité des espèces ont un accroissement moyen sur le diamètre inférieur à 0,3 cm/an.

- Accroissement moyen sur le diamètre inférieur à 0,30 cm/an :

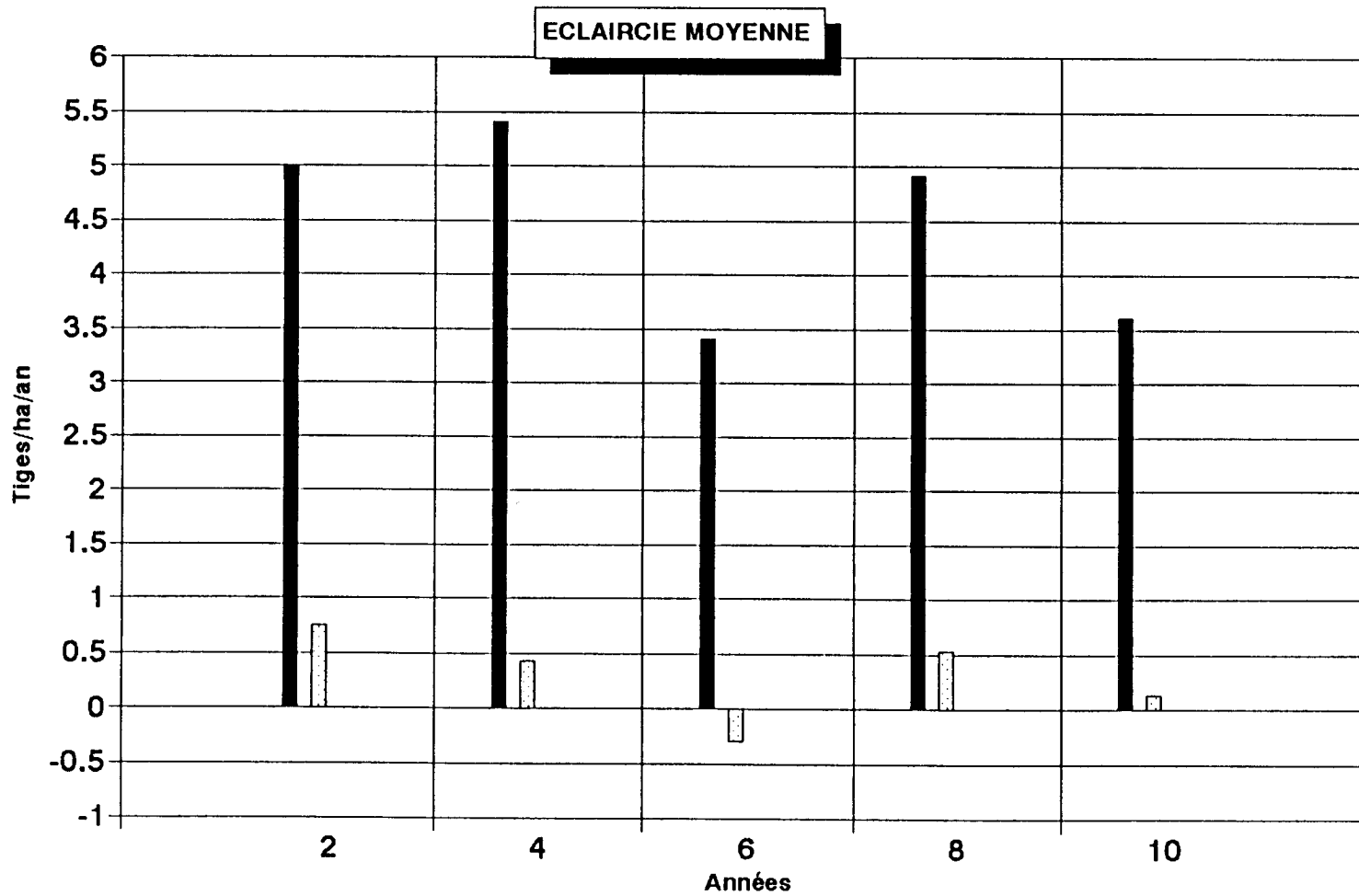
Catégorie 1 : Akossika (*Scottelia klaineana*), Bahia (*Hallea ciliata*), Kondroti (*Rodognaphalon brevicuspe*), Makoré (*Thieghemella heckelii*).

Catégorie 3 : Adjouaba (*Dacryodes klaineana*), Lati (*Amphimas pterocarpoïdes*).

GAIN EN TIGES D'ESPECES PRINCIPALES EN FORET SEMI-DECIDUE ET SEMPERVIRENTE

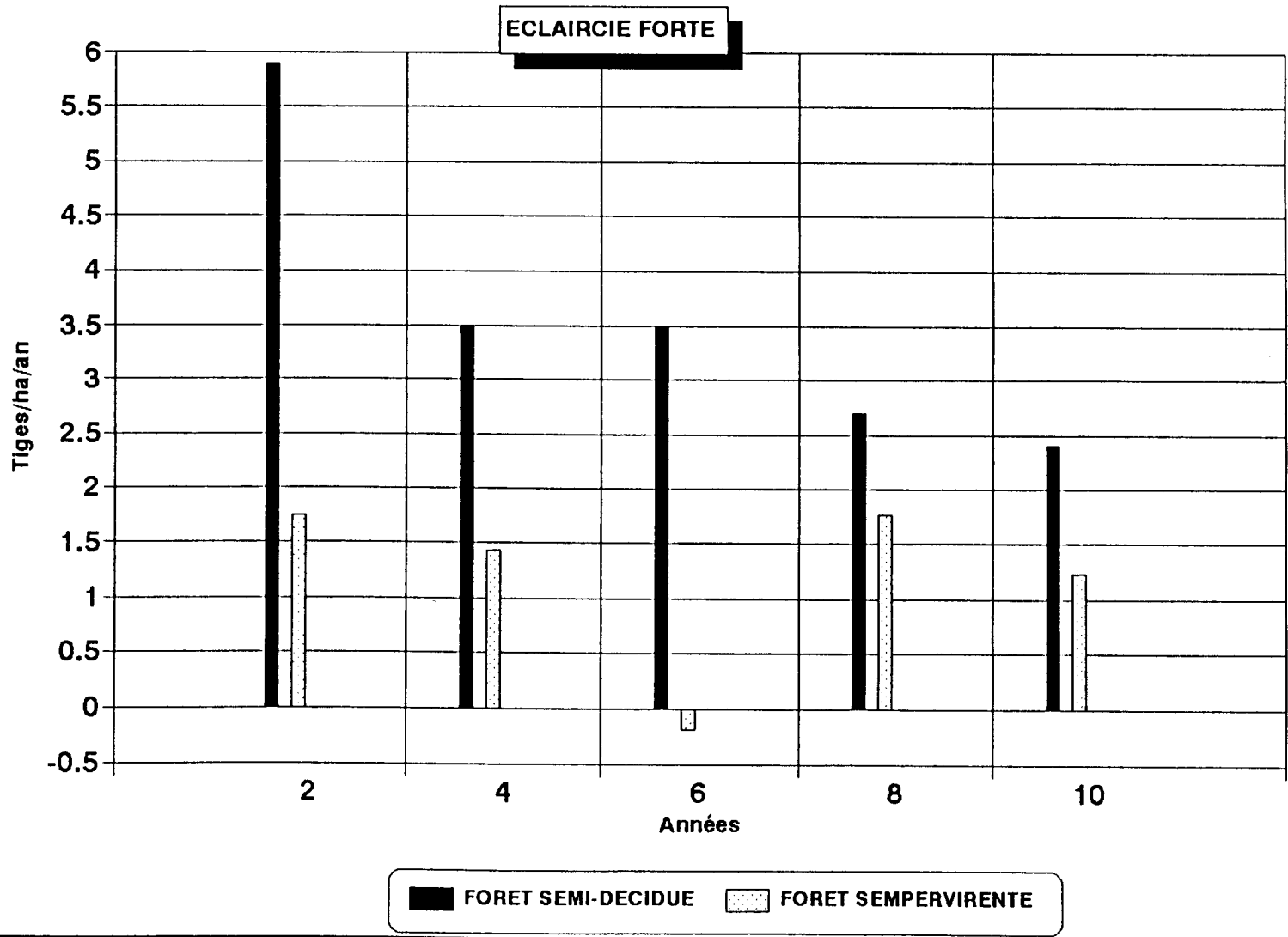


GAIN EN TIGES D'ESPECES PRINCIPALES EN FORET SEMI-DECIDUE ET SEMPERVIRENTE



■ FORET SEMI-DECIDUE □ FORET SEMPERVIRENTE

GAIN EN TIGES D'ESPECES PRINCIPALES EN FORET SEMI-DECIDUE ET SEMPERVIRENTE



- Accroissement moyen sur le diamètre compris entre 0,30 cm/an et 0,50 cm/an :

Catégorie 1 : Niangon (*Heritiera utilis*).

Catégorie 3 : Sougué (*Parinari excelsa*).

- Accroissement moyen sur le diamètre supérieur à 0,50 cm/an :

Catégorie 3 : Lo (*Parkia bicolor*), Rikio (*Uapaca spp.*)

Lorsque une éclaircie est pratiquée, les différentes espèces réagissent différemment à l'éclaircie.

- Les espèces qui réagissent moyennement à l'éclaircie (gain d'accroissement compris entre 25% et 50%) sont :

Catégorie 1 : le Makoré (*Thiagemella heckelii*).

Catégorie 3 : le Lo (*Parkia bicolor*) et le Rikio (*Uapaca spp.*).

- Les espèces qui réagissent fortement à l'éclaircie (gain d'accroissement compris entre 50% et 100%) sont :

Catégorie 1 : le Kondroti (*Rodognaphalum brevicuspe*) et le Niangon (*Heritiera utilis*).

Catégorie 3 : le Sougué (*Parinari excelsa*).

- Les espèces qui réagissent très fortement à l'éclaircie (gain d'accroissement supérieur à 100%) sont :

Catégorie 1 : l'Akossika (*Scottelia klaineana*) et le Bahia (*Hallea ciliata*).

Catégorie 3 : l'Adjouaba (*Dacryodes klaineana*) et le Lati (*Amphimas pterocarpoïdes*).

Forêt semi-décidue :

En forêt non-éclaircie, la majorité des espèces ont un accroissement moyen sur le diamètre inférieur à 0,5 cm/an.

- Accroissement moyen sur le diamètre inférieur à 0,30 cm/an :

Catégorie 1 : Aboudikro (*Entandrophragma cylindricum*), Akossika (*Scottelia klaineana*), Aniégré blanc (*Aningeria robusta*), Bossé (*Guarea cedrata*), Tiama (*Entandrophragma angolense*).

Catégorie 2 : Abalé (*Petersianthus macrocarpus*), Ba (*Celtis mildbraedii*), Pouo (*Funtumia sp.*).

Catégorie 3 : Adjouaba (*Dacryodes klaineana*), Poré-Poré (*Sterculia tragacantha*).

- Accroissement moyen sur le diamètre compris entre 0,30 cm/an et 0,50 cm/an:

Catégorie 1 : Acajou blanc (*Khaya anthotheca*), Akatio (*Gambeya africana*), Ilomba (*Pycnanthus angolensis*), Kotibé (*Nesogordonia papaverifera*).

Catégorie 2 : Bi (*Eribroma oblonga*), Dabéma (*Piptadeniastrum africanum*), Lotofa (*Sterculia rhinopetala*), Melegba (*Berlinia spp.*).

Catégorie 3 : Loloti (*Lannea welwitschii*).

- Accroissement moyen sur le diamètre supérieur à 0,50 cm/an:

Catégorie 1 : Fromager (*Ceiba pentandra*), Samba (*Triplochiton scleroxylon*).

Catégorie 2 : Emien (*Alstonia boonei*).

Catégorie 3 : Asan (*Celtis zenkeri*).

Lorsque une éclaircie est pratiquée, les différentes espèces réagissent différemment à l'éclaircie.

- Les espèces qui réagissent peu à l'éclaircie (gain d'accroissement inférieur à 25%) sont : l'Acajou blanc (*Khaya anthotheca*), le Fromager (*Ceiba pentandra*), l'Abalé (*Petersianthus macrocarpus*), le Lotofa (*Sterculia rhinopetala*) et le Pouo (*Funtumia sp.*).
- Les espèces qui réagissent moyennement à l'éclaircie (gain d'accroissement compris entre 25% et 50%) sont :

Catégorie 1 : l'Akatio (*Gambeya africana*), l'Ilomba (*Pycnanthus angolensis*), le Kotibé (*Nesogordonia papaverifera*), le Samba (*Triplochiton scleroxylon*) et le Tiama (*Entandrophragma angolense*).

Catégorie 2 : le Bi (*Eribroma oblonga*), l'Emien (*Alstonia boonei*), le Lohonfé (*Celtis adolphi-friderici*) et le Melegba (*Berlinia confusa*).

Catégorie 3 : l'Asan (*Celtis zenkeri*), le Loloti (*Lannea welwitschii*) et le Poré-Poré (*Sterculia tragacantha*).

- Les espèces qui réagissent fortement à l'éclaircie (gain d'accroissement compris entre 50% et 100%) sont :

Catégorie 1 : l'Aboudikro (*Entandrophragma cylindricum*) et l'Akossika (*Scottelia klaineana*).

Catégorie 2 : le Ba (*Celtis mildbraedii*) et le Dabéma (*Piptadeniastrum africanum*).

- Les espèces qui réagissent très fortement à l'éclaircie (gain d'accroissement supérieur à 100%) sont :

Catégorie 1 : l'Aniégré blanc (*Aningeria robusta*) et le Bossé (*Guarea cedrata*).

Catégorie 3 : l'Adjouaba (*Dacryodes klaineana*).

251.4. Croissance en surface terrière

L'ensemble du peuplement des espèces commerciales et des espèces secondaires réagit à l'éclaircie et concourt à la croissance du peuplement. L'éclaircie veille en fait à doser les proportions respectives des différentes essences constitutives du peuplement adulte.

Espèces commerciales et secondaires

Il est nécessaire de considérer la totalité du peuplement en tenant compte aussi des essences secondaires lors des études de dynamique de reconstitution des peuplements adultes.

Chapitre 5. Tableau 7 :

Evolution de l'accroissement annuel en surface terrière . Espèces commerciales ($P_1 + P_2 + P_3$) et secondaires. Mopri (14 ans) et Irobo (12 ans). Côte d'Ivoire. (Ledoux 1990, Durrieu de Madron 1994). Tiges de diamètre supérieur à 10 cm.

Accroissement surface terrière	Témoïn	Eclaircie Moyenne	Eclaircie Forte
Irobo			
Commerciales (m ² /ha/an)	+0.11	+0.20	+0.24
Secondaires (m ² /ha/an)	-0.43	-0.18	-0.13
Gain (m ² /ha/an)	-0.32	+0.02	+0.11
Mopri			
Commerciales (m ² /ha/an)	+0.08	+0.23	+0.22
Secondaires (m ² /ha/an)	-0.11	+0.05	+0.03
Gain (m ² /ha/an)	+0.03	+0.28	+0.25

Les éclaircies stimulent la croissance des espèces commerciales. Après éclaircie, il faut noter que les espèces commerciales représentent 75% à 85% du capital bois sur pied. Leur rôle dans la reconstitution du peuplement est donc fondamental.

Espèces commerciales

D'un point de vue commercial, il est important d'évaluer et d'identifier le gain de croissance des espèces commerciales à vocation bois d'oeuvre. Sur une période de douze ans, il est possible de comparer la croissance en surface terrière des espèces commerciales en forêt sempervirente et semi-décidue. (Voir liste des espèces commerciales en annexe 1).

Chapitre 5. Tableau 8 :

Evolution de la surface terrière (en m²/ha) des espèces commerciales (P1+P2+P3) en forêt sempervirente (Irobo) et forêt semi-décidue (Mopri) après éclaircie. Côte d'Ivoire. (Dupuy et *al.* 1993). Tiges de diamètre supérieur à 10 cm.

Surf.terrière (m ² /ha)	Années Après Eclaircie						
	0	2	4	6	8	10	12
IROBO							
Témoin	9.1	9.3	9.7	9.9	10.1	10.3	10.4
Eclaircie moyenne	8.6	9.1	9.6	10.0	10.4	10.8	11.0
Eclaircie forte	8.0	8.5	9.1	9.6	10.2	10.7	10.9
MOPRI							
Témoin	14.2	14.5	14.8	15.2	15.0	15.4	15.7
Eclaircie moyenne	15.1	15.7	16.4	16.9	17.4	18.0	18.4
Eclaircie forte	11.3	11.9	12.2	12.9	13.4	14.2	12.8

Douze ans après l'éclaircie, on peut noter un ralentissement de la croissance en surface terrière.

251.5. Volume sur pied des espèces commerciales

En forêt de production, il est important pour l'aménagiste de connaître l'accroissement commercial des peuplements ou plus précisément le volume exploitable dont il peut disposer après avoir réalisé les éclaircies. Dix ans après éclaircie, il est possible de comparer les volumes sur pied en fonction des traitements en forêt sempervirente et forêt semi-décidue.

Chapitre 5. Tableau 9 :

Evolution des volumes des espèces commerciales (en m³/ha) dix ans après éclaircie en forêt sempervirente (Irobo) et forêt semi-décidue (Mopri). Côte d'Ivoire. Tiges de diamètre supérieur à 10 cm.

Traitement	Forêt sempervirente				Forêt semi-décidue			
	Année 0		Année 10		Année 0		Année 10	
Catégorie Des Esp. Commerciales	P1	P1+P2+P3	P1	P1+P2+P3	P1	P1+P2+P3	P1	P1+P2+P3
Témoin	50.7	109.3	58.5	125.4	89.7	168.2	95.6	181.2
Eclaircie moy.	49.9	103.8	64.0	131.0	88.4	177.6	103.9	209.3
Eclaircie forte	43.8	96.9	60.0	129.1	70.7	130.3	86.7	161.9

- P1 : Espèces commerciales de première catégorie.
- P2 : Espèces commerciales de deuxième catégorie.
- P3 : Espèces commerciales de troisième catégorie.

Les éclaircies stimulent la croissance en volume des espèces commerciales aussi bien en forêt sempervirente qu'en forêt semi-décidue.

L'éclaircie a induit une augmentation du volume sur pied des espèces commerciales notamment de première catégorie.

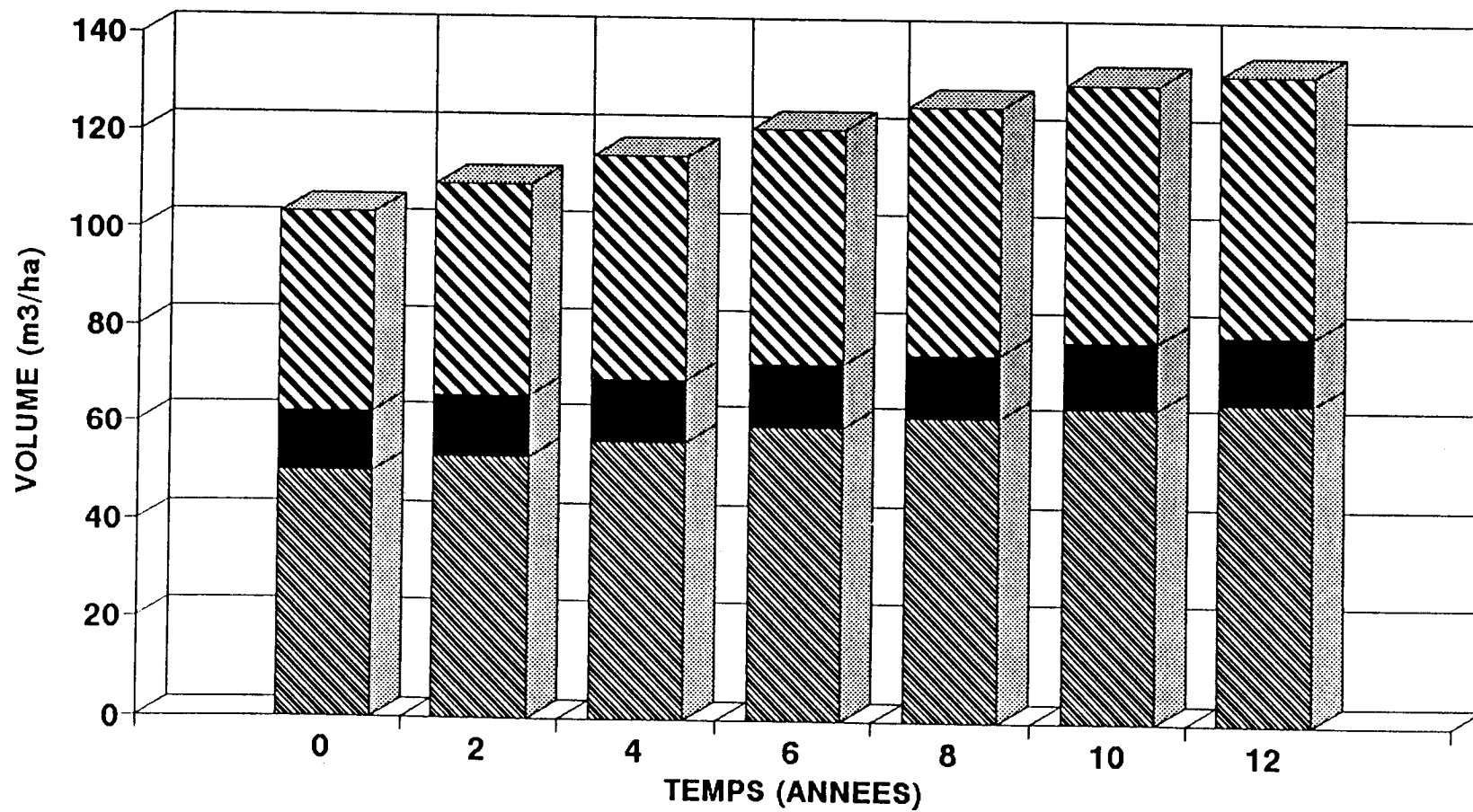
251.6. Impact des éclaircies sur le peuplement commercial

Les résultats acquis après dix ans d'expérimentations sur les sites d'Irobo (forêt sempervirente) et de Mopri (forêt semi-décidue) permettent de préciser utilement l'évolution dynamique des forêts denses humides de production à travers quelques paramètres dendrométriques élémentaires. Seules les tiges de diamètre supérieur à 10 cm sont mesurées pour les études dendrométriques. L'intensité des éclaircies est exprimée en pourcentage de surface terrière prélevée. Une éclaircie moyenne prélève entre 15% et 30% de la surface terrière sur pied. Une éclaircie forte prélève entre 30% et 45% de la surface terrière sur pied. Il apparaît que les éclaircies stimulent à divers degrés aussi bien l'accroissement en volume que le recrutement de nouvelles tiges commerciales issues de la régénération naturelle installée.

Le recrutement

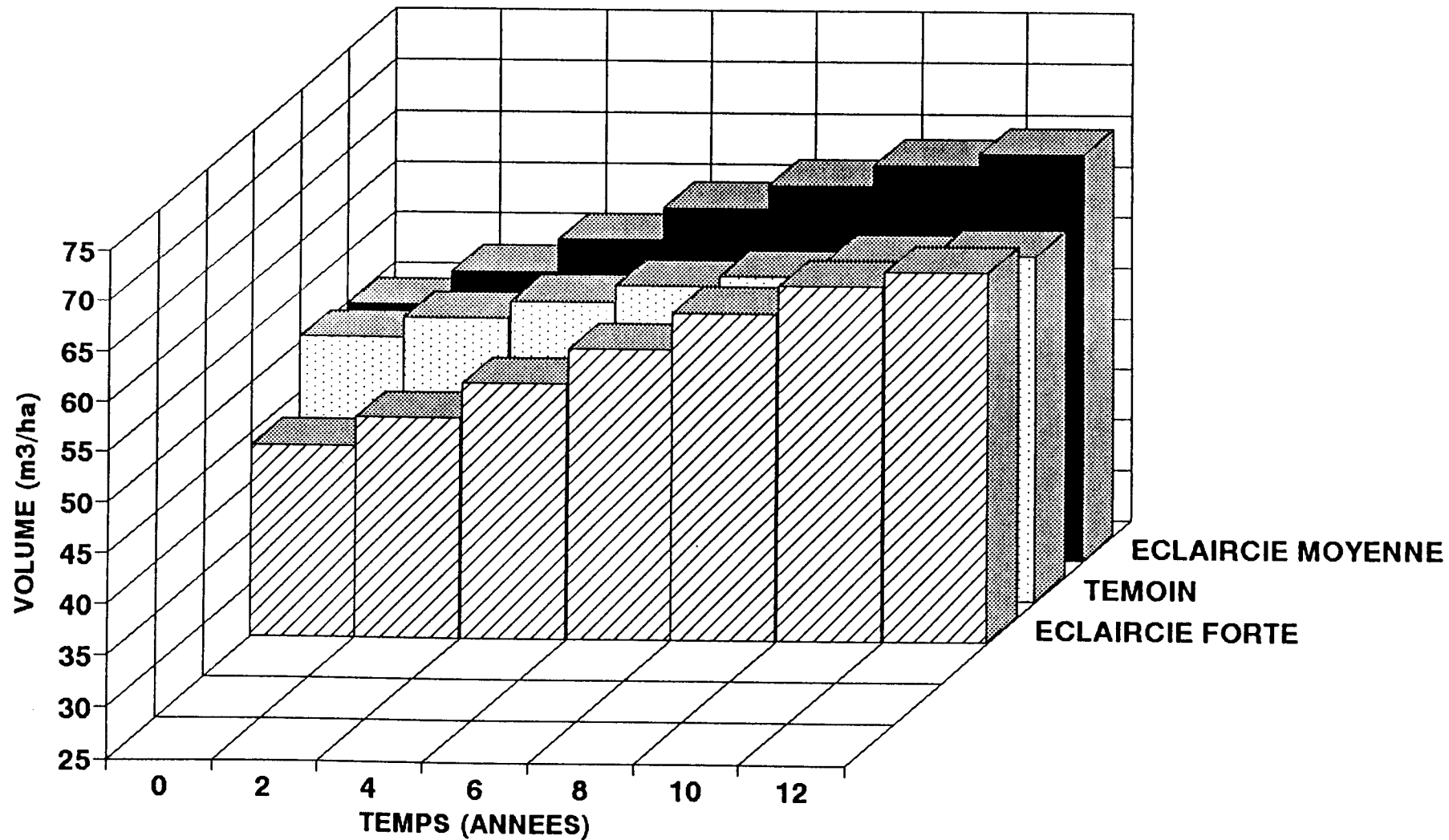
Le recrutement est le passage à la futaie des tiges de la régénération naturelle qui atteignent et dépassent 10 cm de diamètre. La réponse à l'éclaircie du peuplement conservé sur pied est immédiate. Celle-ci stimule le recrutement de nouvelles tiges à partir de la régénération naturelle installée. L'effet de l'éclaircie sur le recrutement se maintient dans le temps au-delà d'une dizaine d'années.

VOLUME DES ESPECES PRINCIPALES FORET SEMPERVIRENTE-ECLAIRCIE MOYENNE

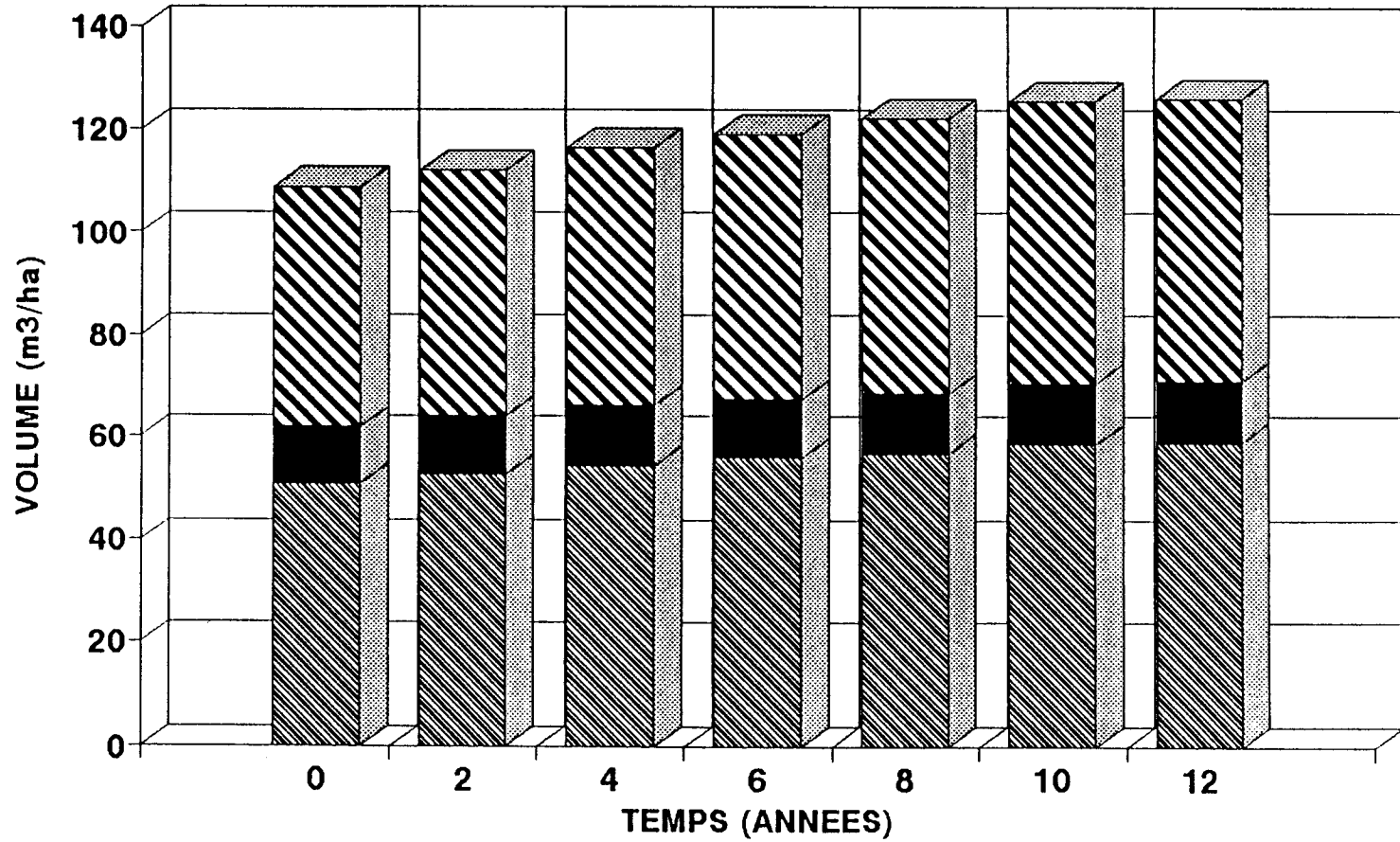


1ère Catégorie 2ème Catégorie 3ème Catégorie

VOLUME DES ESPECES PRINCIPALES CAT. 1 EN FORET SEMPERVIRENTE APRES TRAITEMENT

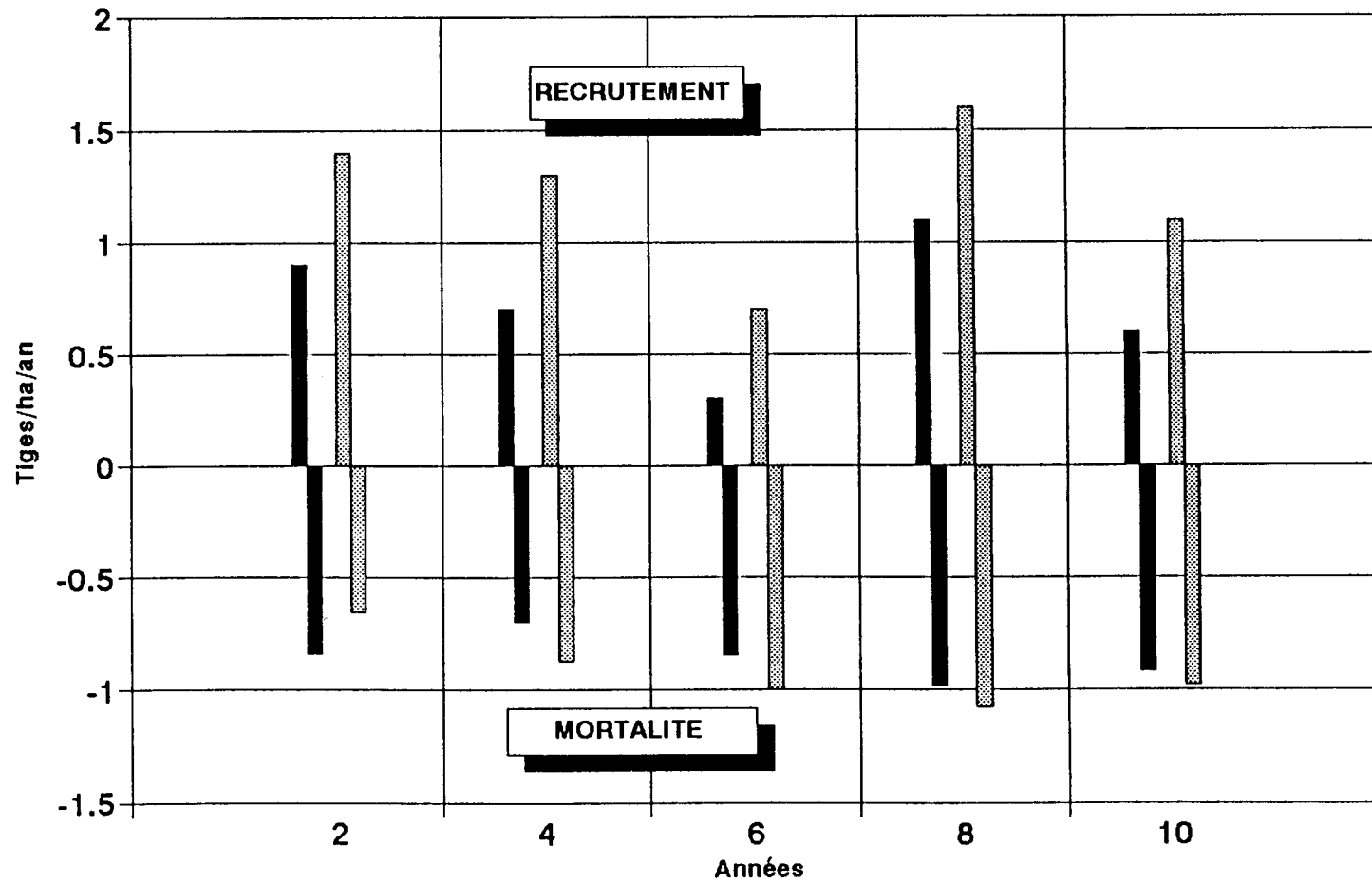


VOLUME DES ESPECES PRINCIPALES FORET SEMPERVIRENTE-TEMOIN



1ère Catégorie 2ème Catégorie 3ème Catégorie

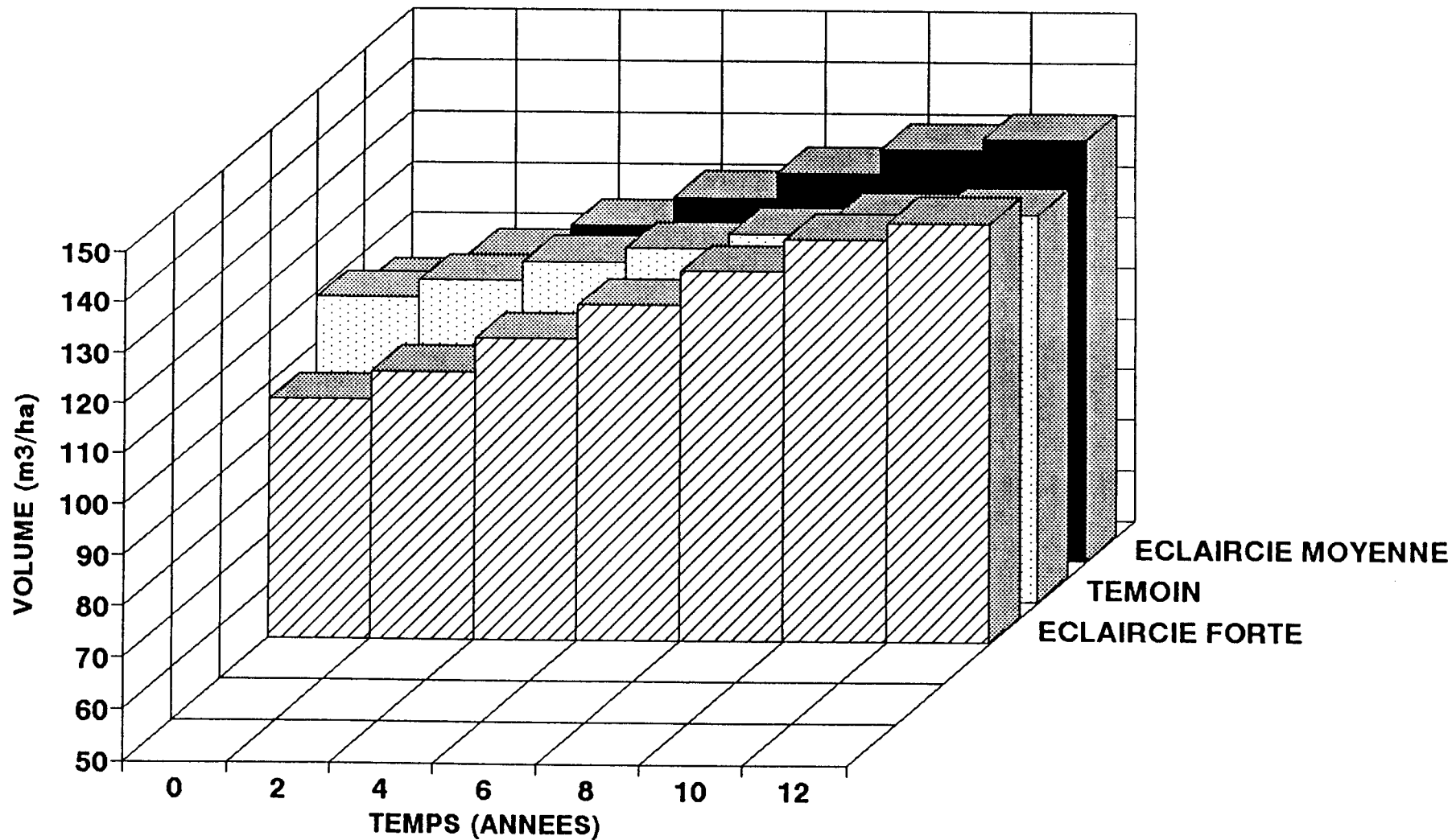
RECRUTEMENT ET MORTALITE EN FORET SEMPERVIRENTE



■ TEMOIN

▨ ECLAIRCIE MOYENNE

VOLUME DES ESPECES PRINCIPALES EN FORET SEMPERVIRENTE APRES TRAITEMENT



En ce qui concerne le recrutement de nouvelles tiges, la réaction à l'éclaircie est beaucoup plus forte en forêt semi-décidue de Mopri (+ 5,3 à + 5,8 tiges/ha/an) qu'en forêt sempervirente d'Irobo (+ 1,2 à + 2,1 tiges/ha/an). En forêt sempervirente d'Irobo, l'éclaircie moyenne induit une légère augmentation du recrutement d'espèces commerciales de deuxième et troisième catégorie. Une éclaircie forte est nécessaire pour déclencher une dynamique positive de recrutement des espèces de première catégorie. Le recrutement de nouvelles tiges à partir de la régénération installée augmente avec l'intensité des éclaircies.

En forêt semi-décidue de Mopri, l'éclaircie (moyenne ou forte) stimule aussi bien le recrutement que la croissance des espèces commerciales de première et deuxième catégorie. Pour l'ensemble des espèces commerciales, tous traitements confondus, le recrutement moyen mesuré est compris entre 0,7 tiges/ha/an et 5,8 tiges/ha/an.

La mortalité

La mortalité naturelle est un phénomène qui concerne les arbres de toutes les classes de diamètre. La mortalité naturelle est plus forte dans les tiges de petites dimensions qui, il faut le souligner, sont aussi les plus nombreuses dans les peuplements à structure irrégulière comme les forêts denses humides tropicales. D'une façon générale, le taux de mortalité naturelle est légèrement affecté par les éclaircies notamment dans les premières années qui suivent la dévitalisation des essences secondaires dominantes et leur chute au sol. Tous traitements confondus, la mortalité naturelle moyenne est comprise entre 0,9 et 1,8 tiges/ha/an.

Evolution globale des effectifs ou gain net en effectif

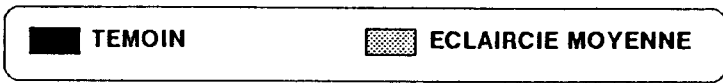
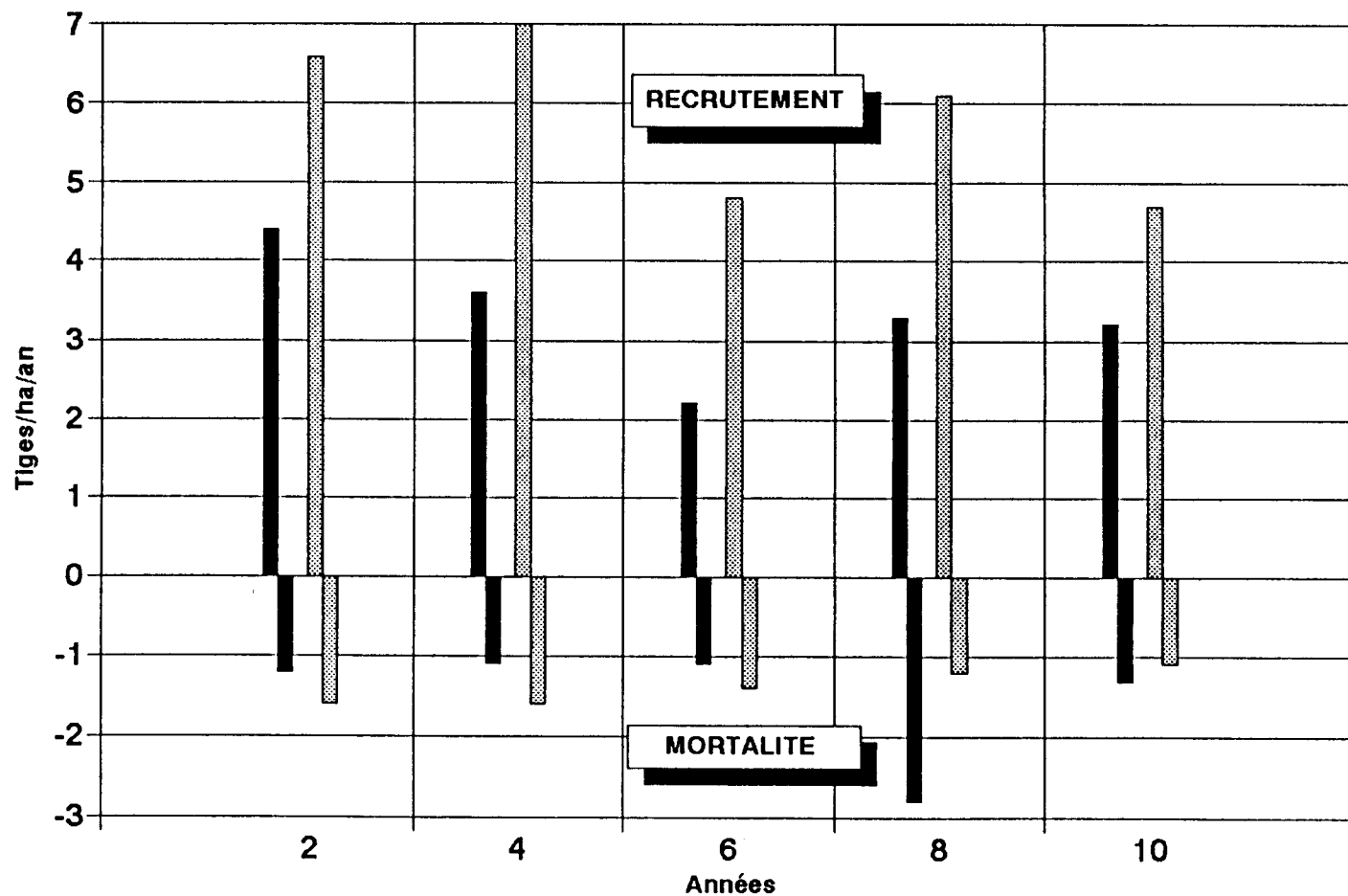
L'évolution globale des effectifs (ou gain net en effectif) est le résultat combiné du recrutement à partir de la régénération et de la mortalité naturelle. L'éclaircie induit une évolution de la structure diamétrique du peuplement vers un enrichissement relatif des classes de diamètres comprises entre 25 cm et 50 cm.

Il y a un glissement net des effectifs des arbres des classes de petits diamètres vers les classes des diamètres moyens.

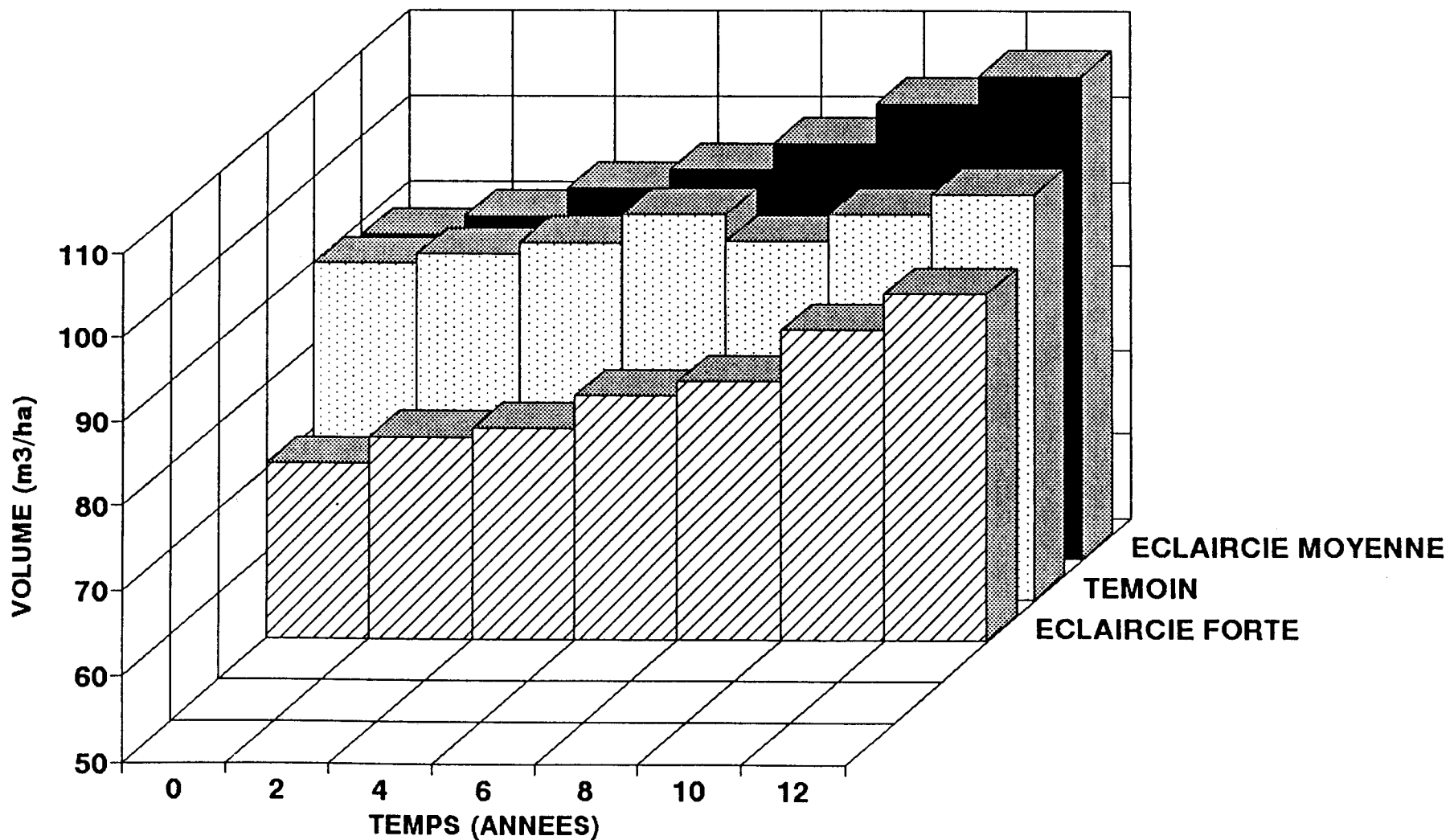
En forêt semi-décidue de Mopri ce phénomène d'évolution des effectifs s'accompagne d'un accroissement du recrutement notable en nouvelles tiges d'espèces commerciales. C'est ainsi que par rapport au témoin, l'éclaircie multiplie par trois le gain global en tiges de première catégorie.

En forêt sempervirente d'Irobo, le même phénomène stimulant de l'éclaircie sur l'enrichissement du capital d'essences commerciales de plus de 10 cm de diamètre est noté mais dans une moindre mesure. Le gain net en tiges concerne seulement les essences de deuxième et troisième catégorie pour les éclaircies moyennes. Les essences de première catégorie ne réagissent positivement qu'aux fortes éclaircies.

RECRUTEMENT ET MORTALITE EN FORET SEMI-DECIDUE



**VOLUME DES ESPECES PRINCIPALES CAT. 1
EN FORET SEMI-DECIDUE APRES TRAITEMENT**



L'accroissement moyen en volume

Les éclaircies stimulent la croissance en volume des peuplements conservés sur pied. Dans les peuplements éclaircis, il peut être distingué d'un point de vue sylvicole :

- un peuplement commercialisable ayant dépassé un diamètre d'exploitabilité technique (50 cm ou 60 cm) ;
- un peuplement dit d'avenir n'ayant pas encore les dimensions techniques requises.

251.7. Impact des éclaircies sur le peuplement commercialisable

Dix ans après éclaircie, l'accroissement moyen en volume des espèces commerciales de première catégorie de plus de 60 cm de diamètre est de :

- + 0,20 m³/ha/an à + 0,21 m³/ha/an en forêt sempervirente d'Irobo ;
- + 0,60 m³/ha/an à + 0,75 m³/ha/an en forêt semi-décidue de Mopri.

Pour un diamètre de 50 cm, l'accroissement moyen en volume des espèces commerciales de première catégorie devient :

- + 0,37 m³/ha/an à + 0,39 m³/ha/an en forêt sempervirente d'Irobo ;
- 0,84 m³/ha/an à + 1,02 m³/ha/an en forêt semi-décidue de Mopri.

Dix ans après éclaircie, l'accroissement moyen en volume de l'ensemble des espèces commerciales (catégories 1, 2 et 3) de plus de 60 cm de diamètre est de :

- + 0,59 m³/ha/an à + 0,69 m³/ha/an en forêt sempervirente d'Irobo ;
- + 0,89 m³/ha/an à + 0,90 m³/ha/an en forêt semi-décidue de Mopri.

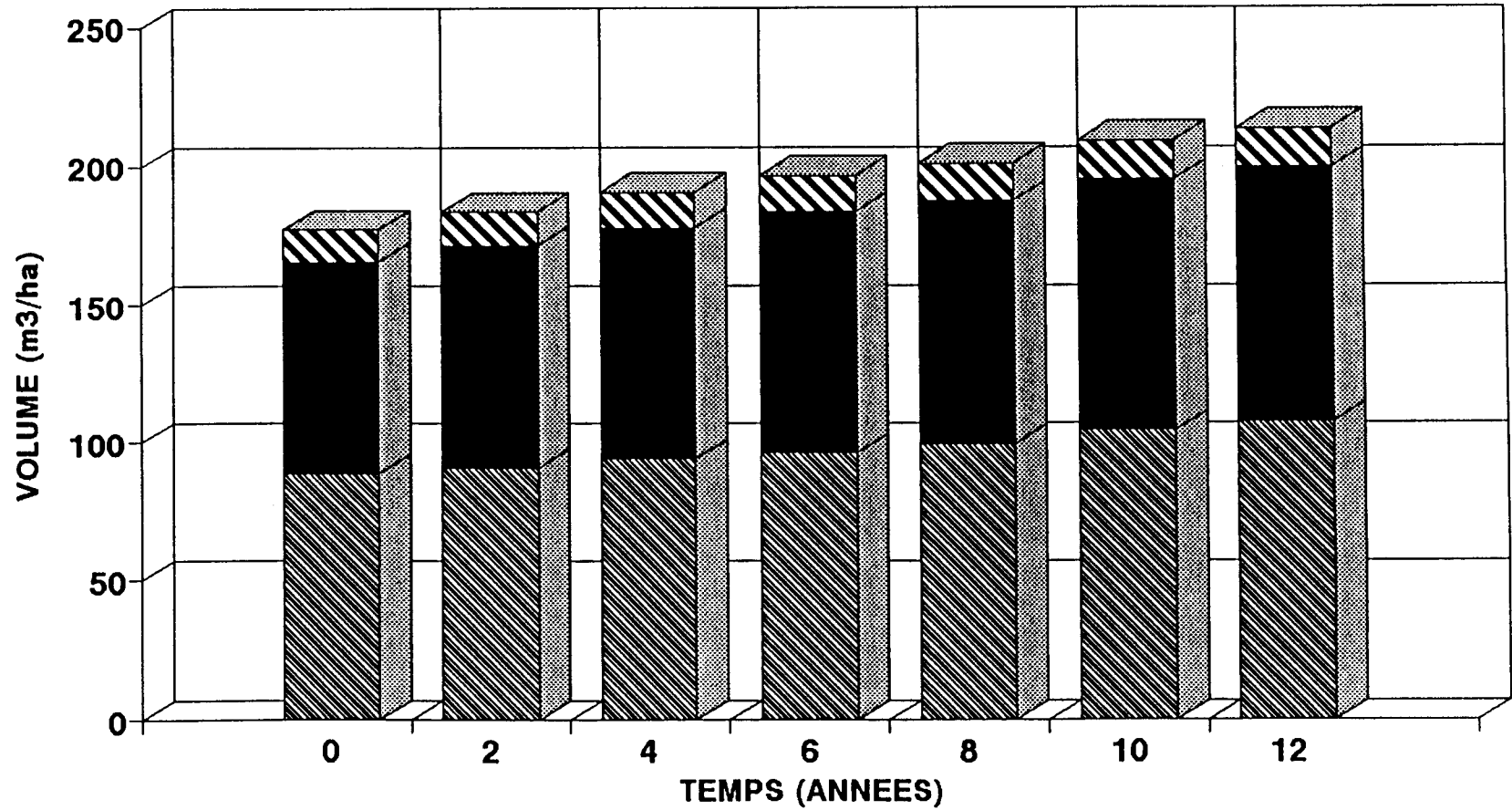
Pour un diamètre supérieur à 50 cm, l'accroissement moyen en volume des espèces commerciales (catégories 1, 2 et 3) devient :

- + 0,95 m³/ha/an à + 0,96 m³/ha/an en forêt sempervirente d'Irobo ;
- + 1,25 m³/ha/an à + 1,27 m³/ha/an en forêt semi-décidue de Mopri.

251.8. Impact des éclaircies sur le peuplement d'avenir

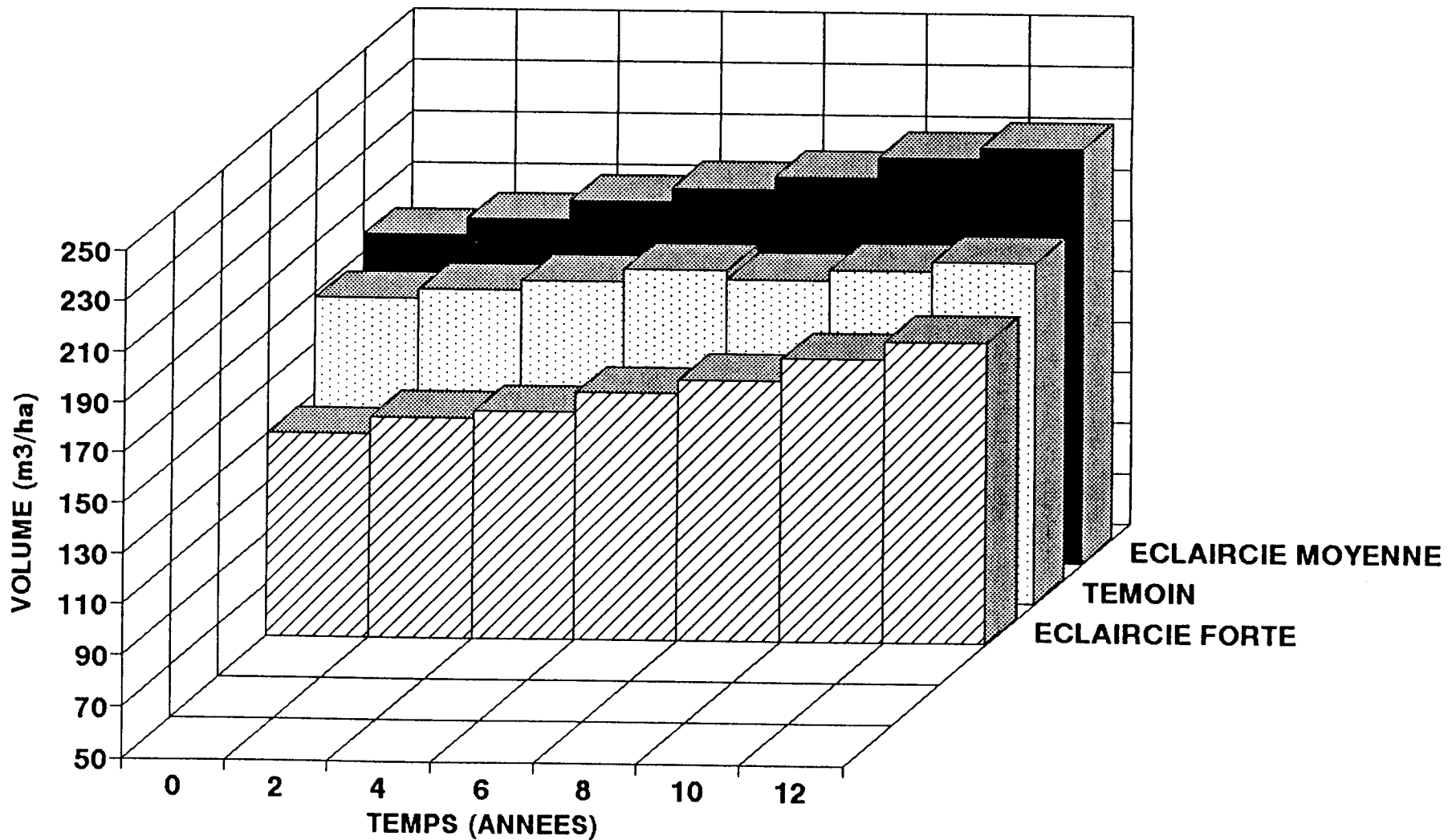
Le peuplement d'avenir est ici défini comme l'ensemble des tiges dont le diamètre est compris entre 10 cm et 50 cm. L'essentiel du gain de croissance en volume généré par l'éclaircie est enregistré dans le peuplement d'avenir (diamètre compris entre 10 cm et 50 cm) à qui profite l'élimination des espèces secondaires par l'éclaircie.

VOLUME DES ESPECES PRINCIPALES FORET SEMI-DECIDUE-ECLAIRCIE MOYENNE



1ère Catégorie 2ème Catégorie 3ème Catégorie

VOLUME DES ESPECES PRINCIPALES EN FORET SEMI-DECIDUE APRES TRAITEMENT



Après dix ans, le gain en volume pour l'ensemble des essences commerciales (catégories 1, 2 et 3) du peuplement d'avenir (10 cm < Diamètre < 50 cm) est de :

- + 2,44 m³/ha/an à + 2,57 m³/ha/an en forêt sempervirente d'Irobo ;
- + 3,10 m³/ha/an à + 3,35 m³/ha/an en forêt semi-décidue de Mopri.

Après dix ans, le gain en volume pour les essences commerciales de première catégorie du peuplement d'avenir (10 cm < Diamètre < 50 cm) est de :

- + 1,44 m³/ha/an à + 1,52 m³/ha/an en forêt sempervirente d'Irobo ;
- + 1,18 m³/ha/an à + 1,42 m³/ha/an en forêt semi-décidue de Mopri.

Dans l'étage supérieur, constitué des tiges âgées de fortes dimensions souvent hors concurrence, l'effet de l'éclaircie sur la croissance des tiges dominantes est beaucoup moins net.

La structure du peuplement a été déséquilibrée par l'éclaircie qui a éliminé les espèces secondaires dans les strates intermédiaires et supérieures. Ce déséquilibre induit une réaction rapide des "modernes" qui tendent à occuper la niche écologique des "anciens" éliminés par l'éclaircie ou l'exploitation.

251.9. Impact des éclaircies sur l'ensemble du peuplement des espèces commerciales

Par rapport au traitement témoin, le gain de croissance en volume pour l'ensemble des tiges des essences commerciales de plus de 10 cm de diamètre qui a été induit par l'éclaircie est fort. Ce gain exprimé en pourcentage, pour une période de 10 ans, est compris entre les valeurs suivantes:

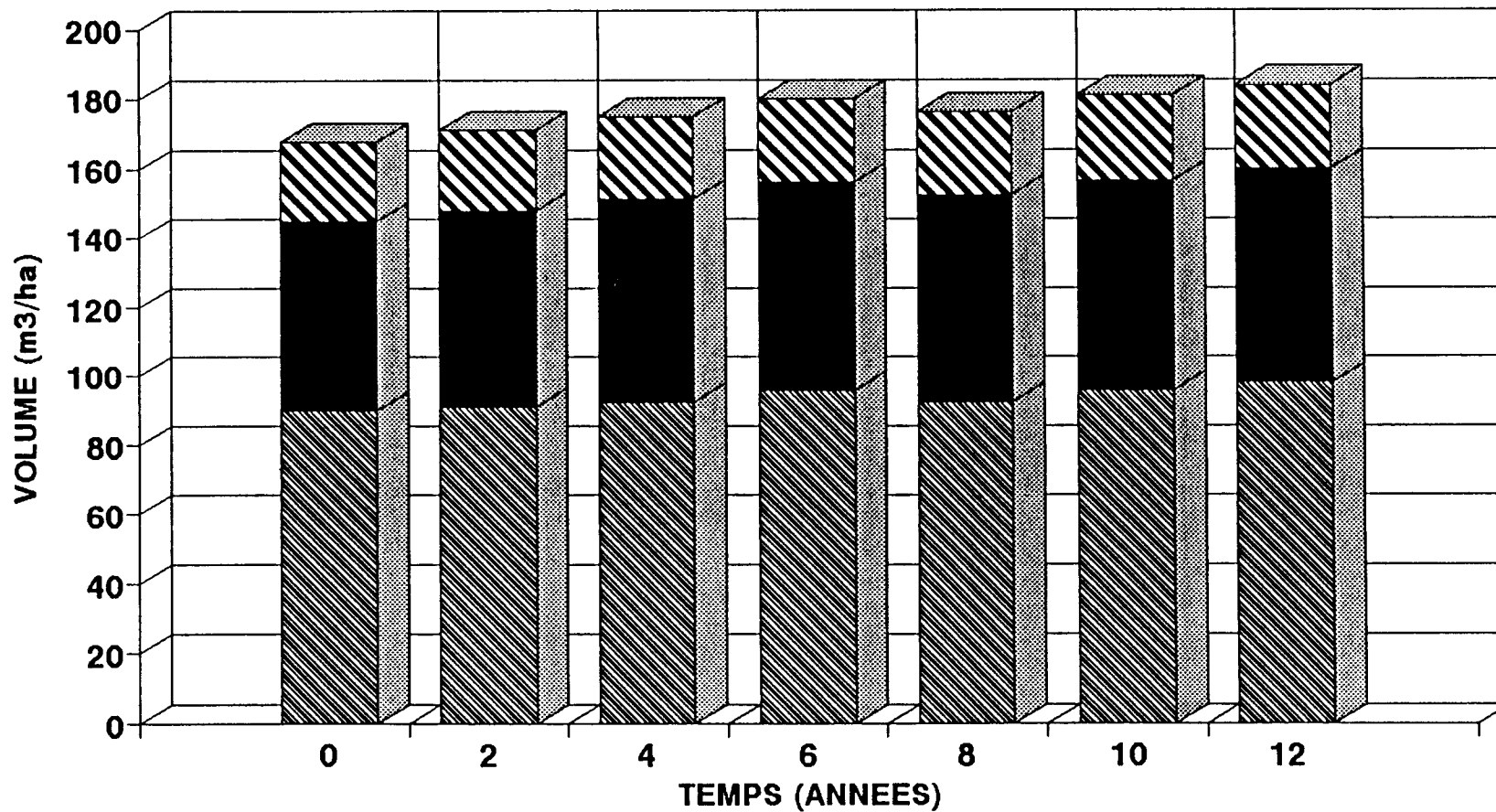
- en forêt sempervirente d'Irobo : + 43 % à + 50 % ;
- en forêt semi-décidue de Mopri : + 32 % à + 39 %.

252. Nigéria

Environ 200.000 hectares furent traités par la méthode du Tropical Shelterwood system après exploitation. Avant exploitation, le capital nécessaire d'espèces commerciales était de vingt cinq arbres par hectare de 40 cm et plus de diamètre. Le nombre d'espèces commerciales était de dix-sept (17) en 1953 et de quarante (40) en 1961 (Lowe 1972).

La rotation était de cent ans au début, elle a ensuite été ramenée à cinquante ans. Le diamètre minimum d'exploitabilité était de 80 cm. Le prélèvement maximum était de cinq arbres/hectare soit environ 20 m³/ha. La régénération naturelle était périodiquement évaluée.

VOLUME DES ESPECES PRINCIPALES EN FORET SEMI-DECIDUE (TEMOIN)



1ère Catégorie 2ème Catégorie 3ème Catégorie

Chapitre 5 : Les techniques et méthodes sylvicoles

Des inventaires par sondage à 1%, réalisés quinze ans après exploitation et traitement de la forêt (Lawton 1978) montrent que les densités d'espèces commerciales issues de la régénération naturelle et ayant accédé au peuplement adulte sont les suivantes :

Chapitre 5. Tableau 22 :

Inventaire des essences commerciales (40) recrutées quinze ans après exploitation (Nigéria - Réserve d'Akure).

Circonférence (cm)	30-60 cm	60-120 cm	> 120 cm
Densité (tiges/ha)	102	42	32

Ces résultats sont confirmés sur le site de la Réserve d'Omo en zone de forêt semi-décidue (Okali et al. 1987) pour treize espèces commerciales (*Afzelia bipindensis*, *Antiaris toxicaria*, *Brachystegia africana*, *Milicia excelsa*, *Entandrophragma angolense*, *Guarea cedrata*, *Guarea thompsonii*, *Khaya ivorensis*, *Lovoa trichilioides*, *Nauclea diderrichii*, *Sterculia rhinopetala*, *Terminalia ivorensis* et *Terminalia superba*).

Chapitre 5. Tableau 23 :

Densité des tiges commerciales trente ans après traitement. Omo Forest Reserve. Nigéria.

	Classes de diamètre (cm)					Total
	10-20	20-30	30-40	40-50	> 50	
Superficie: 4,05 ha Densité (tiges/ha)	Année 1952					
	394	104	36	10	17	561
Superficie: 0,75 ha Densité (tiges/ha)	Année 1981					
	452	68	32	19	19	590

En trente ans, la surface terrière est passée de 19,1 m²/ha à 25,9 m²/ha. Globalement vingt neuf tiges/ha des treize espèces commerciales sélectionnées ont été recrutées, soit environ 1 tige/ha/an.

Dans le peuplement d'avenir dont le diamètre est compris entre 40 cm et 50 cm, neuf tiges/ha d'espèces commerciales ont été recrutées, soit environ 0,3 tiges/ha/an.

En trente ans, le nombre de tiges d'espèces commerciales ayant atteint le diamètre d'exploitabilité de 50 cm est passé de dix sept à dix neuf, soit un gain de deux tiges/ha. Le recrutement est de 0,07 tiges/ha/an.

Compte-tenu des accroissements enregistrés qui sont de l'ordre de 2 m³/ha/an (Kio 1976), des rotations d'une quarantaine d'années sont proposées.

En forêt de Gambari, la croissance moyenne sur le diamètre pour une espèce donnée, mesurée pendant une durée de cinq à quatorze ans, varie entre 0,5 mm/an et 12 mm/an selon les espèces

(Lowe et al. 1977).

Par ailleurs, différentes méthodes sylvicoles ont pu être comparées (Willan 1990) :

- une dévitalisation intensive associée à un délianage pendant quatre ans ;
- une dévitalisation sélective associée à un délianage pendant cinq ans ;
- un délianage pendant onze ans ;
- un témoin.

Chapitre 5. Tableau 24 :

Influence de différents traitements sylvicoles sur l'accroissement en diamètre (en cm/an). Forêt de Sapoba (Nigéria). Période 1967-1975.

Traitement Sylvicole		Accroissements annuels moyens sur le diamètre par classes de diamètres									
Dévitalisation	Durée Délianage	15	25	35	45	55	65	75	85	95	>100
intensive	4 ans	0.25	0.32	0.94	0.99	1.73	2.02	1.36	2.23	2.83	2.90
sélective	5 ans	0.12	0.37	0.94	0.98	1.65	2.23	2.59	2.31	2.37	5.26
aucune	11 ans	0.18	0.39	0.88	0.98	1.48	1.80	1.36	3.20	2.33	2.84
aucune	aucun	0.19	0.40	0.62	0.52	1.34	1.63	1.90	3.51	2.13	3.81
Nombre d'arbres mesurés		39	86	68	73	70	45	31	21	20	23

Il faut noter ici l'influence positive des délianages sur la croissance des arbres. Les éclaircies combinées à un délianage ont un effet cumulatif sur l'accroissement en diamètre des arbres mesurés.

Des estimations récentes ont été réalisées à partir de quatre vingt quinze placeaux permanents d'une superficie unitaire d'un hectare mesurés deux fois à trois-quatre ans d'intervalle (1984-1989) dans différentes forêts (Lowe 1997).

Ces peuplements sont situés dans des forêts déjà exploitées. Les surfaces terrières sont comprises entre 25 et 30 m²/ha/an et les densités de tiges entre 820 et 1300 tiges /ha (diamètre supérieur à 5 cm). La majorité des peuplements ont été éclaircis et traités selon la méthode du "Tropical Shelterwood System". une trentaine d'années avant les mesures.

Chapitre 5. Tableau 25 :

Productivité de différentes forêts de production au Nigéria (Lowe 1997).

Type de forêt	Forêt	Volume (m ³ /ha)	Accrt moyen (m ³ /ha/an)				
			Total	Diam (cm) 40-60	Diam > 60 cm	Espèces secondaires	Espèces commerciales
semi-décidue	Omo	171	4,82	0,59	0,52	2,69	2,13
	Akpebu	201	4,90	0,72	0,80	2,68	2,22
transition	Owan N.	199	4,20	0,58	1,40	1,66	2,54
	Sapoba	168	6,50	0,80	0,84	2,45	4,05
sempervirent	Oban W	242	4,16	0,66	1,10	2,99	1,17
	Oban E	179	2,60	0,32	0,28	2,32	0,28

Les tiges de diamètre supérieur à 60 cm, toutes espèces confondues (commerciales et secondaires), représentent un accroissement compris entre 0,3 et 1,4 m³/ha/an.

253. Ghana

Plusieurs centaines de milliers d'hectares ont été traitées par la méthode du Tropical Shelterwood System (Poore et al. 1989). Une première classification des essences commerciales en fonction de leur vitesse de croissance a été réalisée pour les forêts semi-décidues (Jack 1958). Les diamètres minima d'exploitabilité variaient entre 50 cm et 110 cm selon les espèces. Par ailleurs, quatre classes d'espèces sont distinguées en fonction de l'intérêt commercial et de l'accroissement moyen en diamètre des arbres de plus de 48 cm de diamètre. Cet accroissement est évalué pendant la période de temps nécessaire pour atteindre un diamètre d'exploitabilité variable selon les espèces qui est compris entre 67 cm et 86 cm (Baidoe 1970).

Ce système de classification des espèces a été actualisé à plusieurs reprises :

Classe I : Espèces de grande valeur commerciale.

- Classe Ia :

Accroissement moyen : 0,79 cm/an. Le temps moyen de passage de 48 cm à 86 cm de diamètre est de soixante ans.

Entandrophragma angolense (Tiama), *Entandrophragma cylindricum* (Sapelli), *Entandrophragma utile* (Sipo), *Khaya anthotheca* (Acajou blanc), *Khaya grandifoliola* (Acajou grande feuille), *Khaya ivorensis* (Acajou bassam), *Milicia excelsa* (Iroko), *Nauclea diderrichii* (Badi), *Thieghemella heckelii* (Makoré)...

- Classe Ib :

Accroissement moyen : 0,84 cm/an. Le temps moyen de passage de 48 cm à 86 cm de diamètre est de quarante cinq ans.

Terminalia ivorensis (Framiré), *Pericopsis elata* (Assamela), *Lovoa trichilioides* (Dibétou), *Triplochiton scleroxylon* (Samba)...

Classe II : Espèces de bois d'oeuvre courantes.

- Classe IIa :

Accroissement moyen : 0,76 cm/an. le temps moyen de passage de 48 cm à 86 cm est de cinquante ans.

Piptadeniastrum africanum (Dabéma), *Guarea cedrata* (Bossé), *Lophira alata* (Azobé), *Entandrophragma candollei* (Kossipo)...

- Classe IIb :

Accroissement moyen : 0,49 cm/an. Le temps moyen de passage de 48 cm à 67 cm est de trente ans.

Turraeanthus africanus (Avodiré), *Guibourtia ehie* (Amazakoué), *Antiaris toxicaria* (Ako), *Hallea ciliata* (Bahia), *Mansonia altissima* (Bété), *Nesogordonia papaverifera* (Kotibé)...

Classe III : Espèces à promouvoir.

Terminalia superba (Fraké), *Azelia africana* (Lingué), *Pycnanthus angolensis* (Ilomba), *Celtis spp.* (*Celtis*), *Mammea africana* (Oboto), *Erythrophleum suaveolens* (Tali)...

Classe IV : Espèces secondaires.

Depuis 1989 (Parren 1991), au sein de chaque classe, différents diamètres d'exploitabilité techniques sont en vigueur en fonction des espèces : 50 cm, 70 cm, 90 cm et 110 cm. La rotation des coupes était de vingt cinq ans, elle a été portée récemment à 40 ans (Ghartey 1994). Cette durée correspond au temps moyen nécessaire pour permettre aux tiges des quatorze espèces les plus exploitées de passer de la classe de diamètre immédiatement en-dessous du diamètre d'exploitabilité dans la classe supérieure (diamètre d'exploitabilité).

Le nombre de tiges à couper (Z) peut être calculé avec la formule suivante (Ghartey 1994):

$$Z = 0,5 Y + 0,2 X$$

avec X : nombre de tiges immédiatement en-dessous du diamètre d'exploitabilité,
et Y : nombre de tiges ayant atteint et dépassé le diamètre d'exploitabilité.

La possibilité indicative par volume est calculée sur la base d'un accroissement moyen commercial de l'ordre de 1 m³/ha/an.

Des mesures réalisées à Kade sur une période de douze ans (Phillips et *al.* 1994) montrent que pour une densité de 540-560 tiges/ha, le recrutement est de 1,58 à 1,91 tiges/ha/an et la mortalité de 1,44 à 2,10 tiges/ha/an.

254. Centrafrique

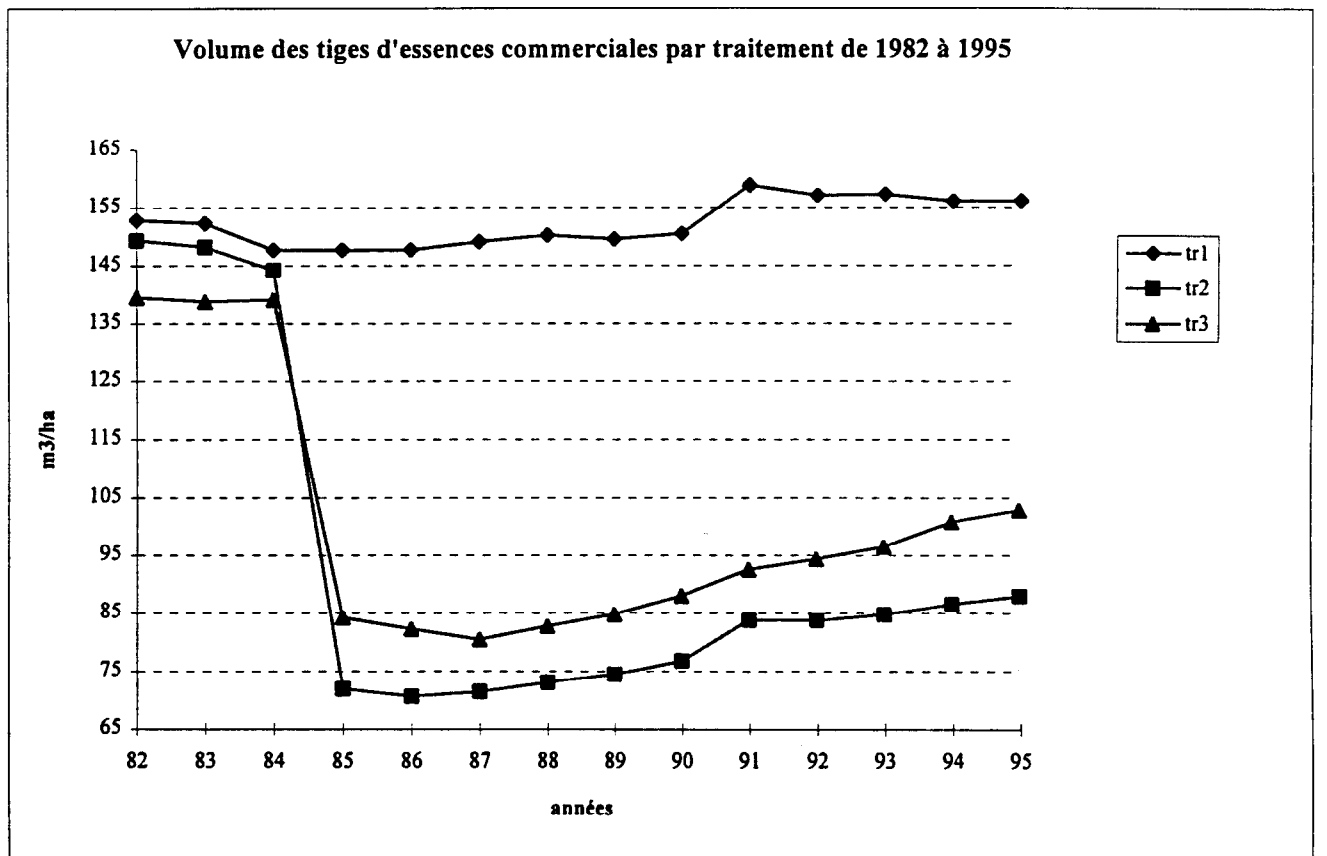
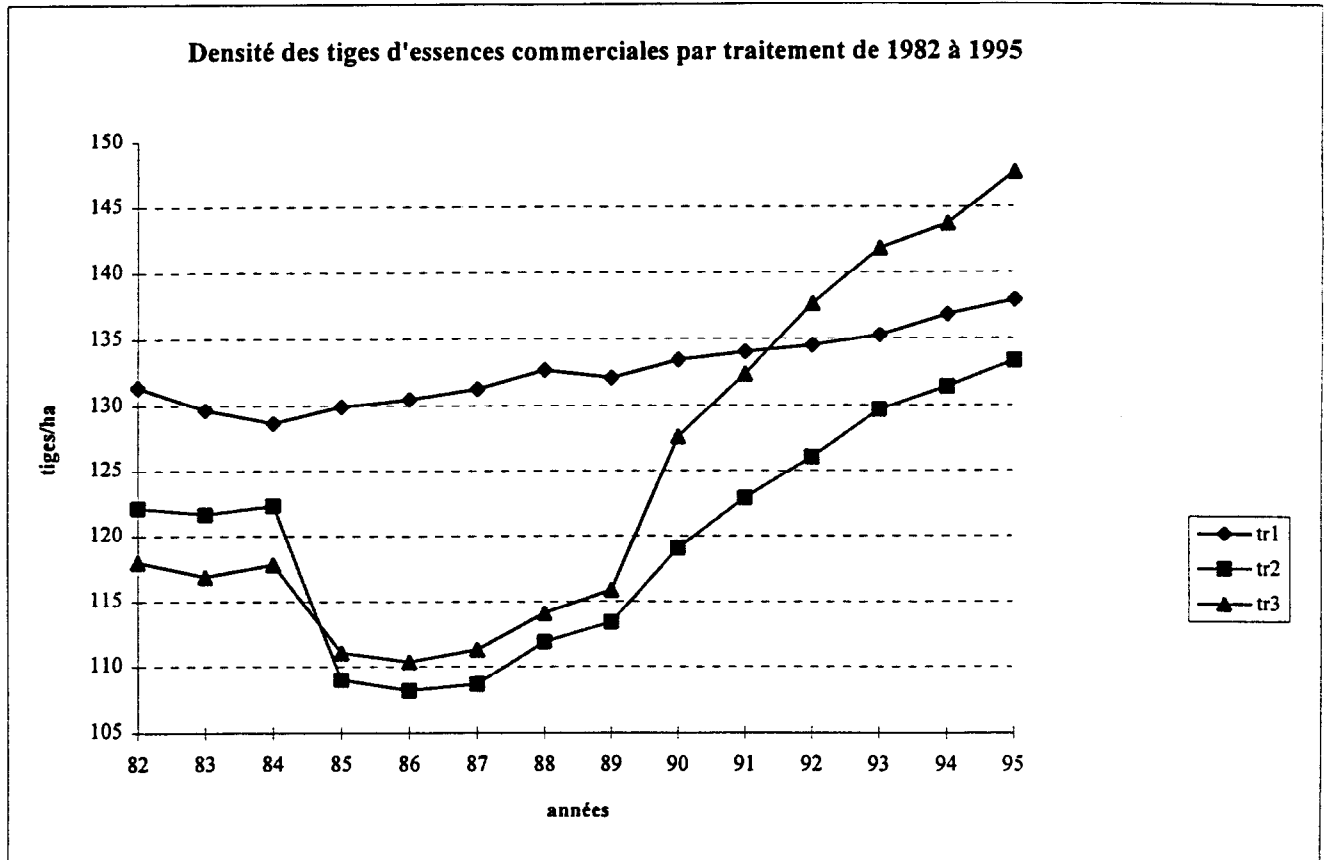
Les forêts étudiées, Boukoko et la Lolé, sont riches en espèces commerciales et peu dégradées. Pour un diamètre d'exploitabilité de 50 cm les espèces commerciales sont au nombre de 12,8 tiges/ha dont 3,7 tiges/ha de catégorie A (Schmitt 1982). Les espèces ont en effet été réparties en trois groupes :

- les espèces commerciales de catégorie A (quinze espèces) : *Entandrophragma cylindricum* (Sapelli), *Entandrophragma utile* (Sipo), *Entandrophragma candollei* (Kosipo), *Entandrophragma angolense* (Tiama), *Afzelia africana* (Doussié), *Khaya anthotheca* (Acajou), *Lovoa trichilioïdes* (Dibetou), *Milicia excelsa* (Iroko), *Pterocarpus soyauxii* (Padouk), *Nauclea diderrichii* (Bilinga), *Autranella congolensis* (Mukulungu), *Morus mesozygia* (Difou), *Lophira alata* (Azobé), *Erythrophleum suaveolens* (Tali), *Guarea cedrata* (Bossé) ;
- les espèces commerciales de catégorie B (vingt espèces) : *Triplochiton scleroxylon* (Ayous), *Terminalia superba* (Limba), *Piptadeniastrum africanum* (Dabéma), *Pycnanthus angolensis* (Ilomba), *Ceiba pentandra* (Fromager), *Ricinodendron heudelotii* (Essesang), *Staudtia kamerunensis* (Niové), *Canarium schweinfurthii* (Aiélé), *Alstonia boonei* (Emien), *Eribroma oblonga* (Eyong), *Diospyros crassiflora* (Ebène), *Oxystigma oxyphyllum* (Tchitola), *Nesogordonia papaverifera* (Kotibé), *Fagara sp.* (Olon), *Aningeria sp.* (Aniégré), *Mammea africana* (Oboto), *Ongokea gore* (Angueuk), *Petersianthus macrocarpus* (Essia), *Antiaris toxicaria* (Ako), *Funtumia elastica* (Pri), *Cola ballayi* (Colatier) ;
- les espèces de catégorie C (Autres essences ou essences secondaires).

Un dispositif de recherche a été mis en place (Schmitt 1982). Il permet de comparer trois traitements sylvicoles :

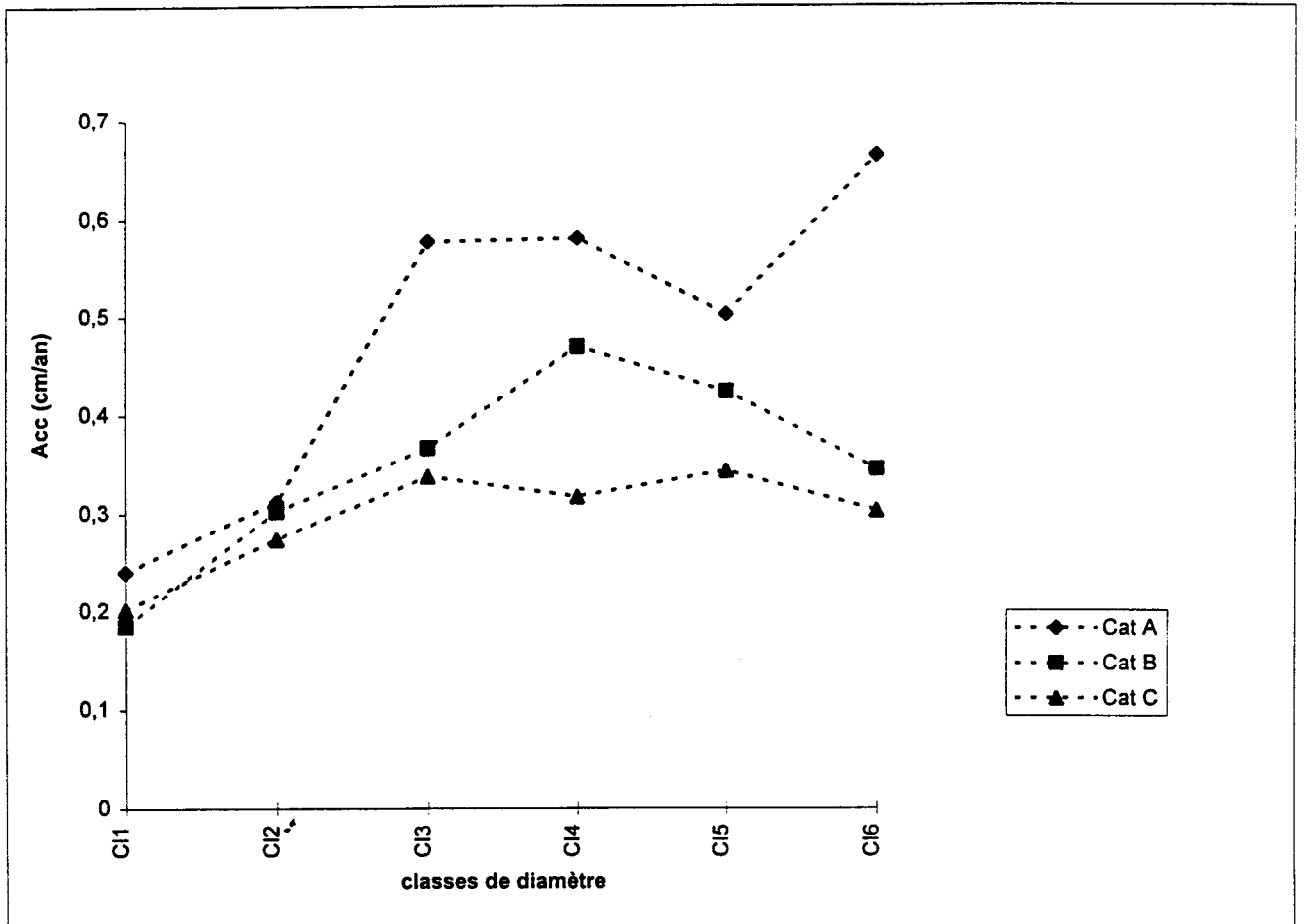
- un traitement témoin ;
- une exploitation bois d'oeuvre.
Le prélèvement moyen est de 66 m³/ha soit 4 arbres/ha de diamètre supérieur à 80 cm ;
- une exploitation bois d'oeuvre combinée avec une éclaircie.
Cette exploitation est combinée avec une éclaircie par dévitalisation dans les espèces secondaires de plus de 50 cm de diamètre en année 3. Le prélèvement moyen par

Evolution dans le temps de la densité des tiges et du volume du peuplement commercial.
Forêt de M'Baiki - République Centrafricaine



tr1 = témoin ; tr2 = exploitation ; tr3 = exploitation + éclaircie

Accroissement en diamètre pour différentes classes de diamètres.
Peuplement intouché (1987 - 1995)
Forêt de M'Baiki - République Centrafricaine



Cl 1 : 10 - 20 cm

Cl 2 : 20 - 30 cm

Cl 3 : 30 - 40 cm

Cl 4 : 40 - 50 cm

Cl 5 : 50 - 60 cm

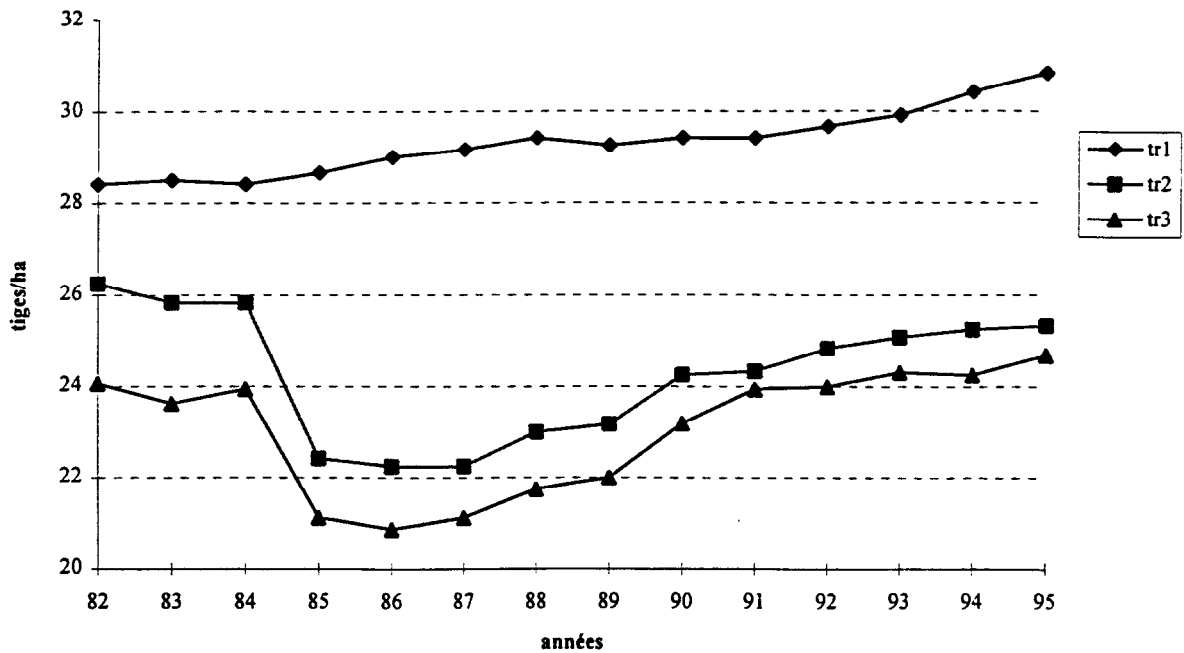
Cl 6 : 60 - 80 cm

Espèces commerciales : catégorie A et catégorie B

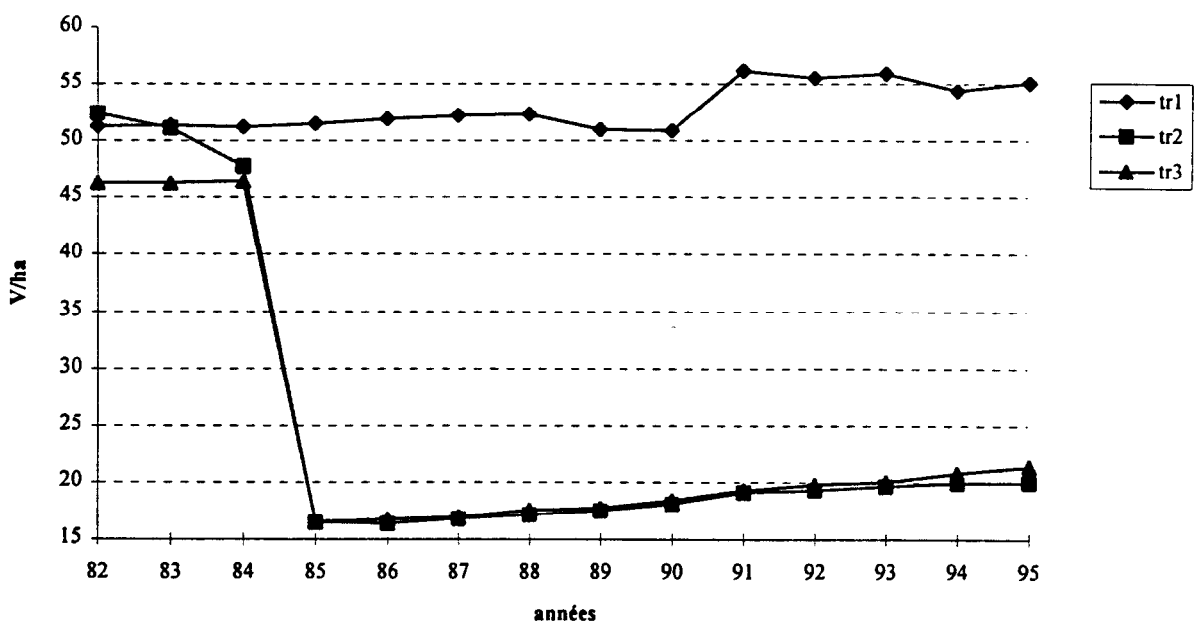
Espèces secondaires : catégorie C

Evolution dans le temps de la densité des tiges et du volume
des 15 espèces de catégorie A (les plus recherchées au point de vue commercial)
Forêt de M'Baiki - République Centrafricaine

Densité des tiges d'essences A par traitement de 1982 à 1995



Volume des tiges d'essences A par traitement de 1982 à 1995



tr1 = témoin ; tr2 = exploitation ; tr3 = exploitation + éclaircie

l'exploitation est de 50 m³/ha soit en moyenne 2,6 arbres/ha de diamètre supérieur à 80 cm. Le prélèvement moyen par l'éclaircie est de 51,3 m³/ha soit 20 arbres/ha.

L'ouverture du couvert stimule la croissance des espèces commerciales (Catégories A et B) ainsi que des espèces secondaires (Catégorie C). Quatre ans après exploitation, l'accroissement des espèces commerciales est de :

- catégorie A : + 0,25 m³/ha/an ;
- catégorie B : + 0,38 m³/ha/an.

Neuf ans après exploitation, l'accroissement des espèces commerciales est de :

- catégorie A : + 0,6 m³/ha/an ;
- catégorie B : + 1,5 m³/ha/an.

Sept ans après une exploitation combinée à une éclaircie, l'accroissement des espèces commerciales est de :

- catégorie A : + 0,8 m³/ha/an ;
- catégorie B : + 2,6 m³/ha/an.

L'accroissement moyen en volume des espèces commerciales d'un peuplement intouché est de :

- catégorie A: + 0,9 m³/ha/an ;
- catégorie B: + 0,9 m³/ha/an.

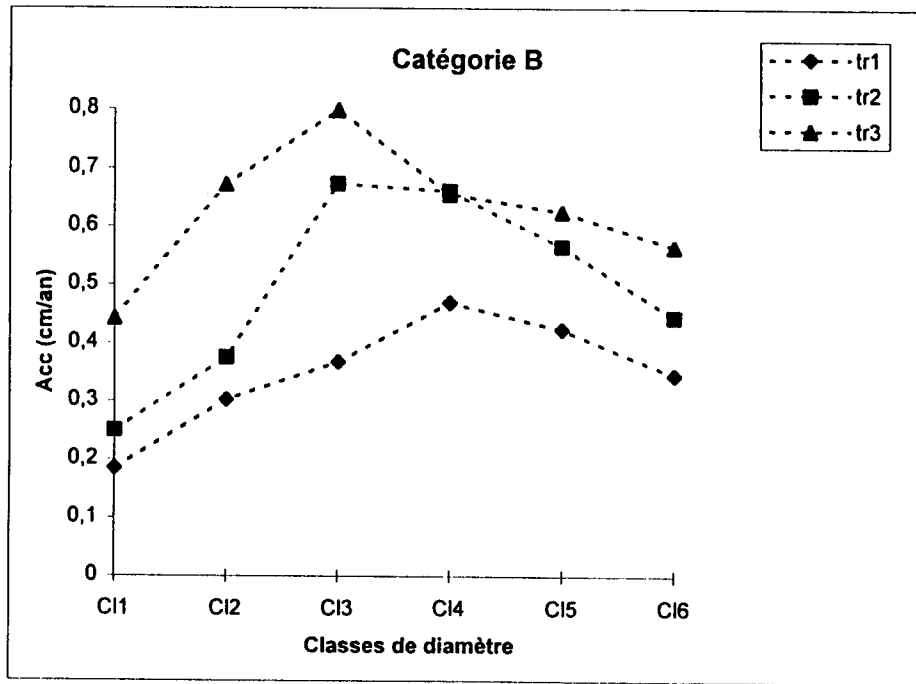
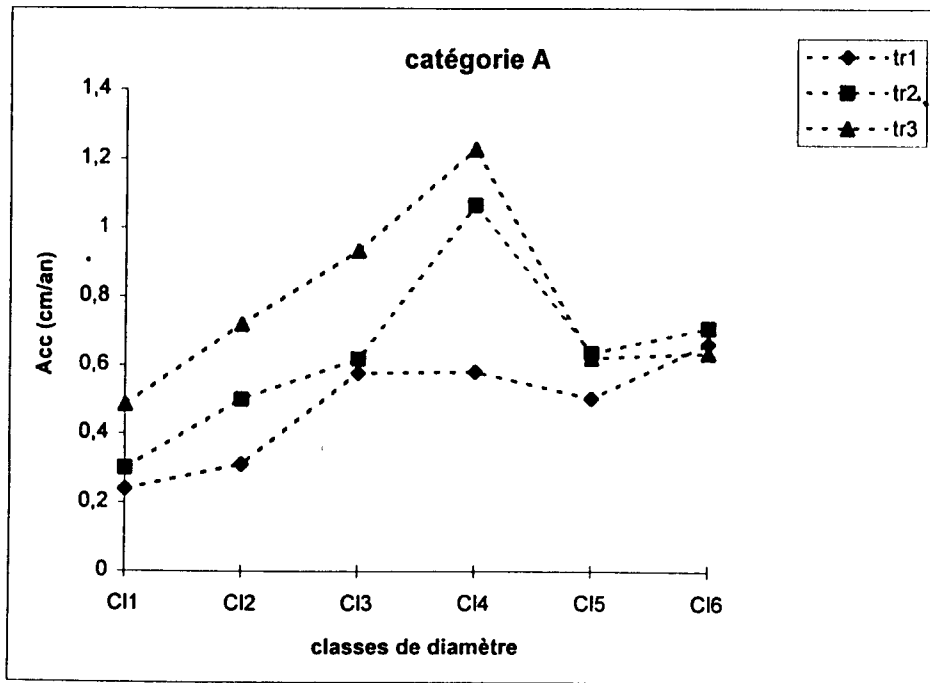
Avec un tel accroissement, pour un volume exploité de 26,8 m³/ha d'espèces de catégorie A, le délai de reconstitution du capital bois d'oeuvre exploité est de quarante cinq ans. En associant les espèces commerciales de catégorie A et B, le délai est de trente ans.

Avec une éclaircie complémentaire, l'accroissement des espèces de catégorie A est de 0,8 m³/ha/an. Le délai de reconstitution du capital d'espèces commerciales de catégorie A exploitées est de vingt cinq ans. En associant les espèces de catégorie A et B, le délai de reconstitution du volume est de dix ans.

Dans le cas présent, après intervention il est inutile de rechercher à retrouver les caractéristiques dendrométriques du peuplement d'origine. Il faut seulement veiller à reconstituer le capital commercial.

L'évolution détaillée des peuplements en fonction des différents traitements est la suivante (Tran-Hoang et *al.* 1991, Petrucci et *al.* 1994) :

Accroissements diamétriques par grande classe de diamètre pour les essences commerciales, par traitement.
Forêt de M'Baiki - République Centrafricaine



tr1 = témoin ; tr2 = exploitation ; tr3 = exploitation + éclaircie

Chapitre 5. Tableau 26 :

Evolution des peuplements huit ans après exploitation et six ans après une éclaircie complémentaire. Forêt dense humide centrafricaine (Petrucci et al. 1994).

	Témoïn		Exploitation		Exploitation + Eclaircie	
Année	0	9	0	8	0	6
Effectifs/ha	592	635	570	632	600	713
Surface terrière (m ² /ha)	32,9	35,3	24,8	29,2	26,8	27,0
Volumes (m ³ /ha)						
Catégorie A	57,4	63,5	19,3	23,3	18,2	23,0
Catégorie B	93,1	101,3	52,7	60,6	54,7	70,1
Catégorie C	168,7	179,6	156,9	184,5	113,6	149,6
Total	319,3	344,5	228,9	268,4	186,5	242,7

Toutes espèces confondues (commerciales et secondaires), en forêt non traitée, l'accroissement moyen en volume atteint 3 m³/ha/an.

255. Cameroun

Un aménagement à grande échelle a été réalisé dans la forêt semi-décidue de Deng-Deng d'une superficie totale de 210.000 hectares dont 175.000 hectares en forêt de production (F.A.O. 1977). La rotation a été fixée à quarante ans, avec une surface annuellement exploitable de 5250 hectares. La possibilité concerne quatorze espèces, le volume exploitable par rotation est de :

- 14 m³/ha pour les "bois rouges": Tiama (*Entandrophragma angolense*), Kosipo (*Entandrophragma candollei*), Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), Sipo (*Entandrophragma utile*), Bossé (*Guarea cedrata*), Acajou (*Khaya spp.*), Dibetou (*Lovoa trichilioides*), Iroko (*Milicia spp.*), Bété (*Mansonia altissima*), Doussié (*Azelia bipindensis*) ;
- 18 m³/ha pour les bois blancs : Ayous (*Triplochiton scleroxylon*), Eyong (*Eribroma oblonga*), Ilomba (*Pycnanthus angolensis*), Tola (*Gossweilerodendron balsamiferum*).

Différents diamètres d'exploitabilité technique sont distingués en fonction des espèces :

- le Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), l'Iroko (*Milicia sp.*) et le Tola (*Gossweilerodendron balsamiferum*) sont exploitables à partir de 100 cm de diamètre ;
- le Bété (*Mansonia altissima*), l'Eyong (*Eribroma oblonga*) et l'Ilomba (*Pycnanthus*

- les autres espèces sont exploitables à partir de 80 cm.

Le prélèvement autorisé par rotation correspond à un accroissement moyen en volume de 0,8 m³/ha/an des espèces commerciales. L'exploitation des autres essences est à la discrétion du concessionnaire. Parmi ces essences diverses faiblement représentées :

- certaines sont de grande valeur commerciale : Bubinga (*Guibourtia spp.*), Kotibé (*Nesogordonia papaverifera*), Douka (*Thieghemella africana*), Moabi (*Baillonella toxisperma*) ;
- d'autres ont une valeur commerciale moyenne : Aiélé (*Canarium schweinfurthii*), Avodiré (*Turraeanthus africanus*), Bilinga (*Nauclea diderrichii*), Dabéma (*Piptadeniastrum africanum*) ;
- ou une faible valeur : Fromager (*Ceiba pentandra*), Limba (*Terminalia superba*), Olon (*Fagara heitzii*), Padouk (*Pterocarpus soyauxii*), Alep (*Desbordesia spp.*).

Ces espèces diverses représentent environ 6 m³/ha soit un prélèvement correspondant à un accroissement moyen annuel de 0,15 m³/ha/an. Il est donc prévu d'exploiter au total environ 38 m³/ha tout les quarante ans.

Un inventaire précède toute mise en exploitation. Chaque lot devra être exploité dans un délai de deux ans à partir de sa mise en exploitation. Après exploitation, les travaux d'amélioration des peuplements naturels sont exécutés.

Ces opérations d'"Amélioration des Peuplements Naturels" sont réalisées dans un délai de trois à cinq ans après l'exploitation. On considère qu'une intervention en amélioration se justifie si on a rencontré au moins quinze tiges d'avenir à l'hectare (Diamètre compris entre 20 cm et 40 cm). vingt deux espèces, réparties en quatre classes, sont considérées dans ces comptages :

- Première classe :
Doussié (*Azelia bipindensis*), Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), Sipo (*Entandrophragma utile*), Kosipo (*Entandrophragma candollei*), Acajou (*Khaya anthotheca*), Tiama (*Entandrophragma angolense*), Bubinga (*Guibourtia spp.*), Assamela (*Pericopsis elata*).
- Deuxième classe :
Kotibé (*Nesogordonia papaverifera*), Moabi (*Baillonella toxisperma*), Dibétou (*Lovoa trichilioides*).
- Troisième classe :
Bété (*Mansonia altissima*), Iroko (*Milicia excelsa*), Ayous (*Triplochiton scleroxylon*), Bilinga (*Nauclea diderrichii*), Tola (*Gossweilerodendron balsamiferum*).

- Quatrième classe :

Eyong (*Eribroma oblonga*), Ilomba (*Pycnanthus angolensis*), Movingui (*Distemonanthus benthamianus*), Avodiré (*Turraeanthus africanus*), Olon (*Fagara heitzii*), Dabema (*Piptadeniastrum africanum*).

L'intervention consiste en un délianage, dégagement de la concurrence et éclaircie sanitaire par dévitalisation. La régénération naturelle est constatée mais on ne cherchera pas à la provoquer. Elle sera dégagée si elle est installée. En l'absence de régénération naturelle, la régénération artificielle sera privilégiée et concentrée sur un petit nombre d'espèces :

- plantations d'Ayous par la méthode des layons ;
- plantations de Méliacées par la méthode des layons ;
- plantations de Teck en plein découvert.

Compte-tenu du caractère expérimental de cet aménagement, sa durée d'application était de dix ans.

256. Libéria

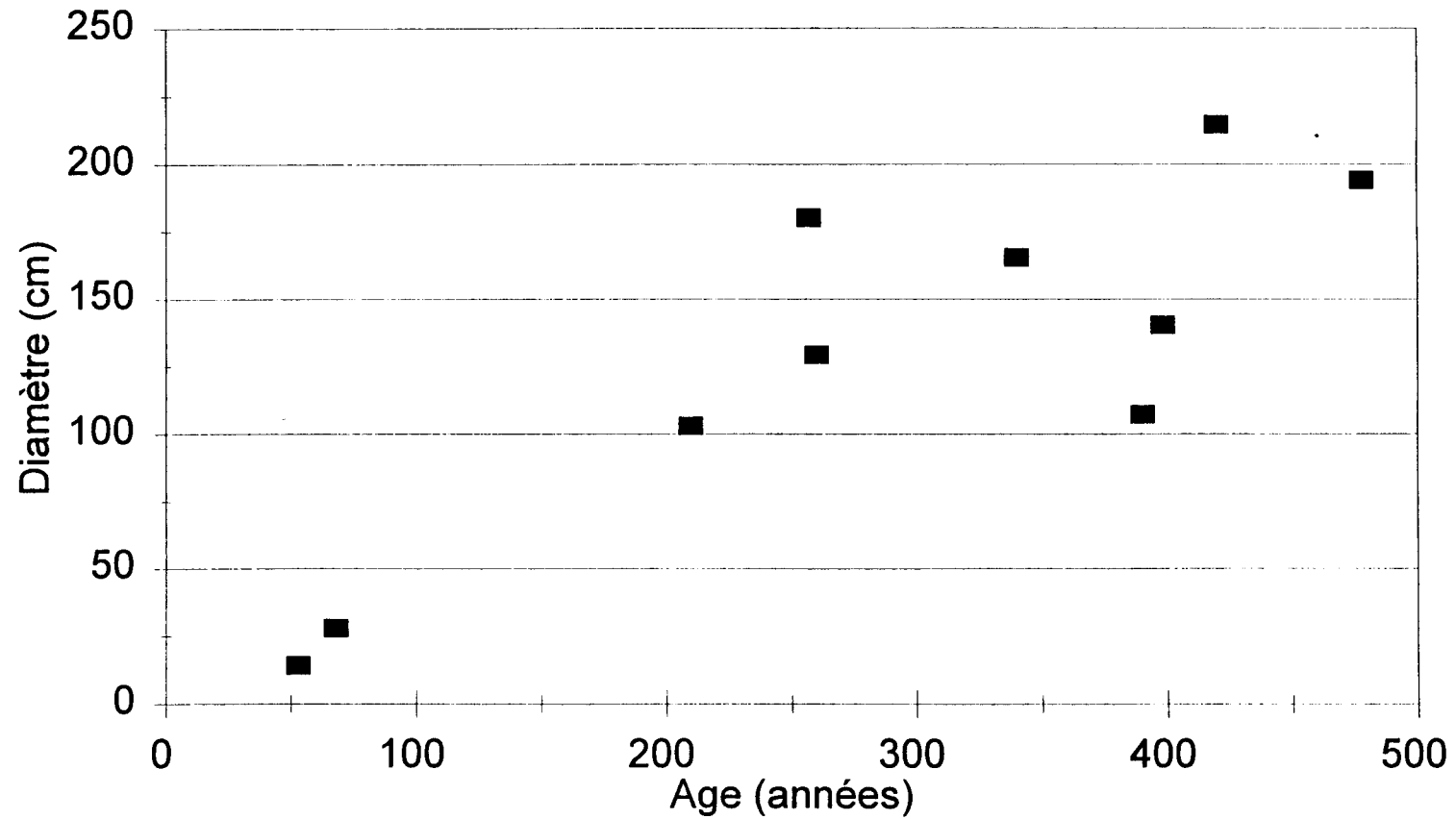
Depuis longtemps, différents diamètres d'exploitabilité avait été retenus en fonction des espèces. En 1976, les différents diamètres d'exploitabilité retenus étaient :

- 100 cm : *Entandrophragma spp.*, *Ceiba pentandra*, *Triplochiton scleroxylon* ;
- 80 cm : *Canarium schweinfurthii*, *Guarea cedrata*, *Thieghemella heckelii*, *Lophira alata*, *Erythrophleum ivorense*, *Nauclea diderrichii*, *Piptadeniastrum africanum*, *Milicia excelsa*, *Turraeanthus africanus* ;
- 70 cm : *Alstonia boonei*, *Bombax buonopozense*, *Terminalia ivorensis*, *Terminalia superba*, *Sacoglottis gabonensis*, *Azelia spp.*, *Daniellia spp.*, *Pycnanthus angolensis*, *Khaya spp.*, *Lovoa trichilioides* ;
- 60 cm : autres espèces (*Guibourtia ehie*, *Antiaris toxicaria*, *Heritiera utilis*, *Mansonia altissima*, *Nesogordonia papaverifera*, *Pterygota macrocarpa...*).

En fonction des expérimentations menées récemment, le volume à récolter à chaque coupe est fixé à 30 m³/ha au maximum. Il est préconisé de conserver après exploitation au minimum une vingtaine de tiges/ha d'espèces commerciales, dont le diamètre est supérieur à 20 cm (Parren 1991).

En zone de forêt dense sempervirente, l'accroissement moyen sur le diamètre de ces tiges commerciales est estimé entre 0,5 cm/an et 0,8 cm/an, selon les traitements et les espèces. L'accroissement moyen en volume des espèces commerciales à récolter (potential crop trees - diamètre : 20-40 cm) est estimé entre 0,3 et 0,4 m³/ha/an (Parren 1991). Les rotations préconisées sont de cinquante-soixante ans avec une récolte prévisible de 5 à 7 tiges/ha.

CROISSANCE EN DIAMETRE DU MOABI EN FORET NATURELLE AU CAMEROUN



Sources : P. Détienne. CIRAD Forêt (1997)

Les premières préconisations sylvicoles avaient fixé la rotation des coupes d'exploitation à quarante ans. En réalité, très rapidement cette rotation a été abaissée à vingt cinq ans puis à douze ans (Arentz 1994).

257. Uganda

La productivité des forêts est estimée entre 1,4 m³/ha/an et 2,5 m³/ha/an (Dawkins 1958). Les meilleures croissances sont enregistrées avec une surface terrière totale de 18-20 m²/ha.

Selon les espèces, les rotations prévues pour des diamètres d'exploitabilité de soixante centimètres sont comprises entre trente et quatre vingt dix ans. Elles atteignent quarante à cent vingt ans pour un diamètre d'exploitabilité de soixante quinze centimètres.

Toutes espèces confondues, le temps moyen de passage admis pour des arbres adultes est de un à deux ans par cm de diamètre. Compte-tenu des dégâts d'exploitation et de l'accroissement des peuplements sur pied, le prélèvement annuel recommandé est de 0,6 m³/ha/an (Dawkins 1958), avec des coupes monocycliques espacées d'au moins quarante ans.

26. Eclaircies systématiques ou sélectives ?

Le problème des éclaircies systématiques ou sélectives se résout à travers celui des moyens humains et matériels disponibles. Un type d'éclaircie pratiquée depuis longtemps : c'est l'exploitation forestière par écrémage. Cette éclaircie régressive s'exerce à terme systématiquement dans le même groupe d'espèces. Répétée dans le temps, elle aboutit à l'élimination progressive des essences commercialisables.

Face à des situations d'urgence, les sylviculteurs ont appliqué des éclaircies systématiques dans les espèces non exploitées pour essayer de rétablir à terme l'équilibre des proportions spécifiques dans les peuplements naturels. L'expérience a montré la complexité de réaction de ces peuplements. Cette approche "peuplement" se justifie parfaitement dans le cas fréquent d'une pénurie de moyens pour la mise en oeuvre des éclaircies.

Une approche plus naturaliste, proche de la dynamique naturelle de la trouée, conduit à raisonner au niveau de l'arbre ou du groupe d'arbres. Il est bien évident que cette approche introduit une souplesse beaucoup plus grande vis à vis du peuplement. Elle devra être recherchée aussi souvent que possible sous réserve bien entendu d'en avoir les moyens!

Les contraintes biologiques, humaines et matérielles ont orienté les efforts vers davantage de réalisme. L'expérience et le pragmatisme recommandent une sylviculture souple, capable de s'adapter aux nombreux aléas du monde tropical. Partant d'une structure irrégulière, il est certainement plus aisé d'essayer d'agir actuellement dans ce cadre. La prise de conscience de la richesse de ces milieux condamne les stratégies trop simplificatrices. Simultanément, l'accroissement important des moyens d'analyse et de suivi du milieu apparaît opportunément pour

permettre d'envisager des itinéraires sylvicoles diversifiés. C'est dans cet esprit qu'il faut envisager les sylvicultures à mettre en oeuvre. Il faut évoluer d'une approche "peuplement" vers une approche "arbre". Ce n'est qu'à ce prix qu'il deviendra possible de gérer et de favoriser la diversité. L'action d'une telle approche n'est pas sans conséquence sur le monde animal bien que ce ne soit pas ici notre propos. mais est-il réellement possible d'ignorer aujourd'hui cet aspect et bien d'autres encore? Nier les contraintes de production des forêts denses est les condamner à disparaître. Il nous appartient d'essayer de les intégrer en maintenant un maximum de la diversité originelle du milieu. Essayer d'imiter la nature et mieux connaître ses stratégies sont à concilier dans la recherche de solutions.

Les conditions de milieu varient continuellement dans la forêt et sont rarement uniformes de part en part d'une parcelle forestière. En gérant la forêt arbre par arbre, il est toujours possible de favoriser le développement et la croissance des essences les plus intéressantes rencontrées de place en place. Une structure irrégulière avec des éclaircies sélectives s'adapte mieux aux exigences spécifiques de chaque espèce présente. Dans des forêts plurispécifiques, elle peut permettre une sylviculture où une tige donnée pourra être favorisée si cela est nécessaire pour optimiser sa croissance. La diversité peut dans beaucoup de cas favoriser la productivité.

27. Préconisations sylvicoles

Les recherches menées en zone de forêt dense humide ont permis de mettre au point des méthodes simples d'éclaircies de la forêt naturelle.

Les essences commerciales sont exploitées dès qu'elles atteignent un diamètre d'exploitabilité technique de 50 cm à 60 cm ou plus selon les espèces et les pays en fonction des législations en vigueur. Les espèces dites "secondaires" car non commercialisables en bois d'oeuvre sont indirectement favorisées par l'exploitation des essences commerciales dont la proportion diminue dans l'étage dominant notamment à chaque exploitation. Pour éviter un appauvrissement en espèces commerciales, il est nécessaire de limiter l'importance de ces espèces secondaires dans toutes les strates et de favoriser le développement du peuplement d'avenir des espèces commerciales. Pour ce-faire, on peut effectuer des éclaircies dans les essences secondaires des strates supérieures. L'éclaircie ainsi réalisée favorise le développement des essences commerciales du peuplement d'avenir ainsi que le recrutement de jeunes tiges d'avenir d'essences commerciales qui à leur tour seront favorisées par les éclaircies ultérieures.

Le gain de croissance généré par l'éclaircie permet d'accélérer la reconstitution du peuplement exploitable. Selon les estimations disponibles, l'accroissement moyen en volume commercialisable (au-dessus d'une découpe de dimension de 50 à 60 cm de diamètre) est compris entre 0,5 et 1,5 m³/ha/an selon les types de forêts, leur richesse et les diamètres d'exploitabilité technique. Ce volume comprend le volume exploitable ainsi que celui détruit par l'exploitation. Il faut noter que cette éclaircie stimule la croissance des espèces commerciales mais aussi secondaires (Maître et *al.* 1985, Bertault 1986, Mengin-Lecreux 1990, Ledoux 1991, Maître 1992, Dupuy et *al.* 1992).

Dans des forêts de production appauvries en essences commerciales par une exploitation excessive, il faut éviter l'élimination des espèces commerciales par les espèces secondaires. Par conséquent, il faut envisager des éclaircies sélectives successives pour favoriser le développement des espèces commerciales.

L'action sur la régénération préexistante des éclaircies est aussi positive : la croissance de celle-ci est stimulée ainsi que le recrutement de nouvelles tiges (Maître et *al.* 1985, Bertault 1986, Obstancias 1989, Dupuy et *al.* 1992, Brevet 1992, Doumbia 1992, Diahuissié 1992). Des éclaircies conservant une surface terrière après éclaircie comprise entre 15 et 20 m²/ha, sont nécessaires pour stimuler la régénération naturelle. Les éclaircies, si elles induisent une évolution positive de la densité de la régénération naturelle, révèlent une dynamique relativement lente de celle-ci. Le passage à la futaie de nouvelles tiges d'espèces commerciales atteignant 10 cm de diamètre est compris entre de 1 à 5 tiges/ha/an.

Dans tous les cas, il faut éviter une ouverture excessive du couvert qui provoque une prolifération d'adventices indésirables au sol et bloque l'installation de la régénération future (Rosevear et *al.* 1953, Bertault 1986, Brevet 1993, Miezán 1993). L'existence d'une régénération installée suffisante est aussi un préalable indispensable au déclenchement des opérations d'exploitation forestière.

3. LES TECHNIQUES D'ENRICHISSEMENT

Ce sont des méthodes extensives qui s'adressent à des peuplements appauvris en essences commerciales mais dont le couvert est continu. Elles sont assimilables à une conversion. Les peuplements concernés ne sont pas justifiables des techniques d'"Amélioration des Forêts Naturelles" compte tenu de leur pauvreté en essences commerciales préexistante (Grandclément 1947, Le Ray 1947, Aubréville 1953, Alba 1953, Foury 1956, Bergeroo-Campagne 1958, De Fays et al. 1958, Catinot 1965, Groulez 1975...). L'enrichissement consiste donc à compléter le capital d'essences commerciales préexistantes par complantation avec des espèces commerciales. L'enrichissement doit porter sur un très petit nombre d'espèces commerciales préalablement identifiées. Parmi celles-ci il faut citer de manière non restrictive : le Niangon (*Heritiera utilis*), l'Acajou (*Khaya ivorensis*), le Sapelli ou Aboudikro (*Entandrophragma cylindricum*), le Dibétou (*Lovoa trichilioides*), le Makoré (*Thiagemella heckelii*), l'Okoumé (*Aucoumea klaineana*), le Samba (*Triplochiton scleroxylon*), le Framiré (*Terminalia ivorensis*), le Limba ou Fraké (*Terminalia superba*), le Niangon (*Heritiera utilis*), le Bété (*Mansonia altissima*)...

Il faudra tenir compte du tempérament plus ou moins héliophile des espèces plantées pour assurer un dosage convenable de la lumière lors des premières années en fonction du tempérament de l'espèce. Le sylviculteur doit avant tout s'assurer que l'éclairage des jeunes plants introduits en plantation est suffisant pour leur permettre d'avoir une croissance initiale satisfaisante. Un délianage général de la forêt à enrichir est recommandé.

Deux principales techniques d'enrichissement des forêts sont à considérer :

- la méthode des grands layons ;
- la méthode des placeaux.

31. La méthode des grands layons

Elle consiste à ouvrir en forêt dense des layons parallèles équidistants et à y planter à intervalles réguliers des espèces à vocation bois d'oeuvre. Les layons sont orientés est-ouest pour favoriser l'éclairage des plants (Foury 1956). L'équidistance des layons est comprise entre vingt mètres et vingt cinq mètres et l'intervalle des plants sur la ligne est d'environ trois mètres. On introduit ainsi un petit nombre de plants par hectare. Entre les layons la hauteur de la forêt est ramenée à 15-20 mètres par dévitalisation. Les plants à utiliser sont des hautes tiges (Dupuy et al. 1991).

La chronoséquence des opérations est la suivante :

- délianage de la forêt à enrichir ;
- dévitalisation des essences non commerciales de hauteur supérieure à vingt mètres ;
- piquetage et ouverture des layons par abattage manuel ;
- plantation dans les layons ;
- entretiens (jusqu'à dix ans au moins) ;
- éclaircies.

L'ouverture des layons sur une largeur de cinq mètres est réalisée en abattant tous les arbres de diamètre inférieur à 20-25 cm et en empoisonnant les autres. Les espèces commerciales sont par contre soigneusement conservées. Dans les interbandes séparant les layons, les espèces secondaires de diamètre supérieur à 20 cm sont dévitalisées. Une ligne de plants est alors introduite dans le layon et dégagée régulièrement pendant cinq à dix ans selon l'espèce. Vers dix ans, une éclaircie est réalisée dans le peuplement planté. Vers vingt cinq ans, une première récolte des tiges commerciales est effectuée si nécessaire dans l'interbande. Lors de l'exploitation, il faut veiller à éviter les dégâts dans les layons où ont été pratiqués les enrichissements.

Une fois l'exploitation forestière terminée, de nouveaux layons de cinq mètres de large sont alors ouverts dans l'axe des interbandes avec introduction à nouveau de plants d'espèces commerciales (Catinot 1965). La régénération naturelle installée d'espèces commerciales est soigneusement conservée.

A terme, une récolte de 25-30 tiges commerciales par hectare est envisageable tous les vingt-cinq ans. Le coût en main d'oeuvre est de 60 h.j/ha sur dix ans. La superficie traitable est de 100 à 200 ha/an.

Cette méthode a été utilisée avec succès dans les années 1930-1945. Elle concernait à l'époque des zones encore riches en essences commerciales bien que déjà exploitées. Les résultats ont été très irréguliers selon les zones concernées (Aubrèville 1946, Bergeroo-Campagne 1958).

Chapitre 5. Tableau 27 :

Plantations d'Acajou bassam (*Khaya ivorensis*) en grands layons. Forêts de Yapo et du Banco - Côte d'Ivoire. (Dupuy et al. 1992).

Parcelle	Ecartement (m x m)	Age (ans)	Ht (m)	Diamètre (cm)
forêt de Yapo				
N31	10 x 5	8	4,8	5,4
		15	9,9	8,3
		23	14,5	13,3
		60	-	51,5
D31	10 x 2,5	8	5,7	5,7
		15	11,2	10,4
forêt du Banco				
E34	25 x 2	20	21,2	-

Chapitre 5 : Les techniques et méthodes sylvicoles

Les principales difficultés rencontrées dès l'origine pour la conduite des plantations en layons sont :

- une croissance nulle ou ralentie lorsque le layon n'est pas suffisamment éclairé ;
- l'envahissement par les lianes ou les espèces héliophiles lorsque l'ouverture du layon est importante.

La croissance des plants est relativement faible. Le volume des entretiens à réaliser est important. L'influence de l'écartement des layons sur le nombre de sujets d'avenir issus des arbres plantés est important. Ce facteur intervient sur la surface à traiter en entretien mais aussi sur la croissance du peuplement d'avenir conservé sur pied entre les layons (Bergeroo-Campagne 1958).

Chapitre 5. Tableau 28 :

Ecartement des layons et densité des sujets d'avenir en forêt de Yapo à vingt ans (Côte d'Ivoire).

Ecartement (m x m)	Peuplement total Plants vivants			Peuplement d'avenir Plants vivants		
	N planté	N préexistant (tiges / ha)	total	N planté	N préexistant (tiges / ha)	total
10 x 5	94	26	Yapo Nord 120	72	12	84
25 x 2,5	45	14	59	7	6	13
10 x 2,5	162	27	Yapo Sud 189	139	16	155
25 x 2,5	46	78	124	10	30	40

En fonction de la richesse de la forêt naturelle à enrichir, l'écartement des layons devra être modulé. A soixante ans, en forêt de Yapo, la densité de tiges d'Acajou bassam (*Khaya ivorensis*) est de 25 à 50 tiges/ha (Dupuy et al. 1992). Il faut y rajouter 40 à 60 tiges/ha de Niangon (*Heritiera utilis*) de mêmes dimensions (diamètre moyen : 50 cm).

Une étude a été réalisée sur dix sept parcelles en forêt de Yapo (Lauber 1987). Elle visait à étudier des parcelles enrichies entre 1930 et 1949 et à évaluer l'impact de cette intervention sylvicole quarante à cinquante cinq ans après.

Chapitre 5. Tableau 29 :

Evolution de quelques parcelles enrichies en forêt de Yapo (Côte d'Ivoire) - Inventaires 1985 - (Lauber 1987).

Parcelle	Ecartement (m x m)	Age (ans)	Densité (tiges/ha)			
			Niangon	Acajou	Divers	Total
P31	5 x 10	1	100	27	17	144
		54	26	4	3	33
H36	2 x 25	1	60	-	115	175
		49	6	-	11	17
B38	2,5 x 25	1	121	-	-	121
		47	20	-	2	22
B43	2,5 x 25	1	-	138	67	205
		42	16	3	2	21

Divers : Azobé (*Lophira alata*), Bahia (*Hallea ciliata*), Dibétou (*Lovoa trichilioides*), Framiré (*Terminalia ivorensis*), Iroko (*Milicia excelsa*), Sipo (*Entandrophragma utile*), Tiama (*Entandrophragma angolense*).

En 1985, les densités exprimées en tiges/ha, concernent uniquement les arbres de diamètre supérieur à 30 cm. Quarante cinq ans après les opérations d'enrichissement, le taux de réussite de ces interventions est de 10% à 23% selon les parcelles. Pour obtenir une densité finale moyenne d'environ 50 tiges/ha récoltables en même temps, il faudrait adopter un écartement maximum de dix mètres entre layons et de trois mètres sur la ligne soit une densité de plantation de l'ordre de 300 tiges/ha. Le faible écartement des layons limite l'importance du peuplement naturel conservé sur pied. Le reboisement en plein est alors recommandé.

Pour une récolte de l'ordre de 25 tiges/ha, l'écartement des layons peut être porté à vingt mètres avec un écartement sur la ligne de trois mètres. La densité de plantation est alors de l'ordre de 170 tiges/ha.

La majorité des peuplements étudiés ici ont fait l'objet d'exploitations intermédiaires notamment en ce qui concerne les espèces classées "divers". Ces exploitations ont certainement entraîné des dégâts dans les layons. Ce phénomène est inévitable sur une durée de quarante ans, bien qu'un contrôle des exploitants puisse limiter l'importance de ces dégâts. L'effet des actions de délianage et d'entretien des layons est encore visible plusieurs décennies après sur la structure des peuplements (Lauber 1987). Cette opération sylvicole élémentaire est à promouvoir notamment avant l'exploitation car elle concourt à limiter les dégâts.

Il faut aussi noter dans certaines parcelles l'apparition d'une régénération naturelle en Niangon (*Heritiera utilis*), Acajou bassam (*Khaya ivorensis*) et espèces diverses (Brevet et al. 1992). Ce phénomène, non systématique, est imputable d'une part à la conservation du peuplement naturel entre les layons et d'autre part aux différentes opérations de nettoyage et de délianage qui favorisent indirectement la croissance de la régénération installée. Cette régénération naturelle concourt au maintien de la phytodiversité dans le peuplement. Son importance est toutefois faible et ne joue qu'un rôle accessoire (Aubréville 1953). Pour certaines espèces, comme le Niangon (*Heritiera utilis*) dans son aire naturelle (Beligné et al. 1979), le rôle de la régénération naturelle est loin d'être négligeable.

Chapitre 5. Tableau 30 :

Etude de la régénération naturelle dans les plantations en layons de Niangon (*Heritiera utilis*) dans les forêts de Téké, Yapo et Abbé. Côte d'Ivoire.

Forêt	Age (ans)	Niangon planté		Niangon naturel	
		Densité (tiges/ha)	Diamètre (cm)	Densité (tiges/ha)	Diamètre (cm)
Abbé	18	197	17.5	12	34.1
Téké	16	205	15.4	119	17.0
	16	591	13.1	166	19.8
	15	173	12.2	64	19.1
Yapo	14	207	15.6	22	34.5

La régénération est issue de quelques semenciers de Niangon (*Heritiera utilis*) conservés dans le peuplement dominant lors de la plantation. Le nombre de ces semenciers varie entre 6 et 12 tiges/ha (Beligné et al. 1979).

La méthode des layons est une technique sylvicole ancienne. Son caractère extensif nécessite une grande rigueur dans le suivi. Cette méthode manuelle a le mérite de conserver en l'état la forêt naturelle sans trop la perturber. Elle en a aussi les inconvénients : contrôle difficile des travaux, planification sur une longue durée des interventions, actions à réaliser sur de grandes superficies, besoins en main d'oeuvre élevés...

Bien menée, la méthode des layons doit prendre en compte le peuplement naturel conservé sur pied pour évoluer vers une forêt "naturelle" régularisée où plantation et régénération naturelle se complètent harmonieusement.

32. La méthode des placeaux

Cette méthode mise au point en Afrique centrale est citée pour mémoire (Maudoux 1958). Elle repose sur l'idée classique des "points d'appui" : ce sont des placettes de dimensions moyennes (10 m x 20 m) réparties selon un maillage carré de 100 m environ. Ces placeaux après exploitation sont plantés en essences commerciales. Entre les placeaux, la hauteur de la forêt est ramenée à 15-20 m par dévitalisation. La succession des opérations est la suivante (Dupuy et *al.* 1991) :

- dévitalisation des essences non commerciales de hauteur supérieure à 20 m ;
- mise en place et ouverture des placeaux ;
- entretiens jusqu'à dix ans au moins ;
- éclaircies.

A terme une récolte de 30-50 tiges commerciales par hectare est envisageable avec un coût en main d'oeuvre de 80 hommes/jour/ha sur dix ans. La superficie traitable annuellement est de 100-200 ha/an.

4. LES TECHNIQUES DE CONVERSION

Les techniques de conversion sont des méthodes qui s'adressent à des peuplements forestiers très dégradés et à couvert lacunaire. Ces peuplements très faiblement productifs sont abattus et replantés.

Le degré d'intensification des méthodes de défrichement peut être variable en fonction des moyens disponibles et des objectifs. Le seul impératif est la suppression totale de l'étage dominant ainsi qu'une mise rapide en lumière des jeunes plants introduits. Ces techniques coûteuses doivent prendre en considération :

- le choix adéquat des sites à boiser ou reboiser ;
- le choix de la technique de reboisement adaptée ;
- l'utilisation d'un matériel végétal performant et adapté ;
- l'entretien des jeunes plantations ;
- la conduite des peuplements artificiels en vue d'une production-objectif (élagages, éclaircies...)
;
- la protection des reboisements contre les risques phytosanitaires, les maladies et les ravageurs
;
- la qualité technologique des bois produits.

Quatre principales méthodes sont utilisables pour la conversion des forêts naturelles (Groulez 1975, Dupuy et *al.* 1991) :

- la méthode du sous-bois ;
- la méthode du recrû ;
- la méthode mécanisée ;
- l'association reboisement/agriculture.

Dans tous les cas des problèmes phytosanitaires sont souvent rencontrés depuis la pépinière jusqu'au stade du peuplement adulte. Ces contraintes d'ordre le plus souvent entomologique sont dues à des ravageurs appartenant principalement aux ordres des coléoptères, lépidoptères et hémiptères (Foahom 1993). Citons sans être exhaustif :

- ceux dont les dégâts peuvent sérieusement compromettre la production de plants (*Phytolyma lata*, *Hypsipyla robusta*, *Dichlidophlebia eastopi*...) ;
- ceux qui déprécient le bois en provoquant des zones de colorations anormales (*Apate monachus*, *Eulophonotus sp.*, *Phosphorus virescens*, *Doliopygus dubius*...) ou en induisant des altération de la forme du fût de l'arbre (*Phytolyma lata*, *Hypsipyla robusta*, *Tridesmodes ramiculata*...) ;
- ceux enfin qui, par leurs attaques, affaiblissent les arbres ou favorisent l'installation de parasites secondaires (*Anaphe venata*, *Asterolecanium pubescens*, *Dichlidophlebia eastopi*, *Epicerura pergrisea*, *Zonocerus variegatus*...) (Mallet 1986, Kanga 1989, Fohaom 1993).

La virulence de ces attaques est souvent renforcée par le caractère monospécifique des plantations.

41. La méthode du sous-bois

Cette méthode manuelle peut être considérée comme intermédiaire entre l'enrichissement et le reboisement intensif. Elle a été utilisée avec succès entre 1960 et 1970 pour certaines espèces tolérant un certain couvert dans le jeune âge comme le Niangon (*Heritiera utilis*) ou l'Acajou bassam (*Khaya ivorensis*). Elle s'adresse à des forêts appauvries en essences commerciales. La chronoséquence des opérations est la suivante :

- délianage de la forêt naturelle ;
- ouverture des lignes de plantation ;
- marquage des essences naturelles à conserver ;
- dévitalisation des arbres à éliminer de diamètre supérieur à 25 cm ;
- plantation manuelle ;
- entretiens manuels (année 0 à 10) ;
- éclaircies.

Chapitre 5 : Les techniques et méthodes sylvicoles

L'objectif est de conserver un certain couvert au-dessus des plants dans leur jeune âge. Cet ombrage est assuré par le sous-bois (arbres de diamètre inférieur à 25 cm) et les tiges d'essences commerciales d'avenir qui ont été conservées sur pied. L'écartement à la plantation varie entre 7 m x 7 m à 10 m x 10 m. Le coût à l'hectare planté est de 110 hommes.jour/ha (Sodefor 1973). La récolte escomptée à terme est de 100-150 tiges/ha. La superficie reboisible annuellement est de 200 à 400 hectares/an.

Un des intérêts de cette méthode est de conserver une partie des jeunes tiges de la forêt naturelle comme le montre les estimations suivantes:

Chapitre 5. Tableau 31 :

Composition des effectifs par catégorie d'essence et de diamètre d'une forêt traitée par la méthode du sous-bois. Forêt de l'Abbé. Côte d'Ivoire. (Sangaré 1990).

Essence Plantée	Age ans	Essences Plantées			Essences Naturelles Commerciales			Essences Naturelles Secondaires		
		10-30cm	30-50cm	>50 cm	10-30cm	30-50cm	>50 cm	10-30cm	30-50cm	>50 cm
Niangon	24	129	50	4	40	19	2	13	4	1
Okoumé	23	140	104	17	26	25	9	5	5	2
Acajou	19	94	4	1	15	10	7	48	6	4
Makoré	18	88	0	0	14	6	7	57	3	0
Niangon +Acajou	23	146	15	1	46	14	7	42	16	3

La conservation des essences commerciales de diamètre inférieur à 25 cm lors de la plantation permet vingt ans après un gain en effectif dans le peuplement d'avenir.

Pour un diamètre supérieur à 30 cm, le gain en tiges commerciales issues du peuplement naturel originel est de l'ordre de 15 à 25 tiges/ha. Toutes essences confondues, les tiges issues de plantation représentent entre 50% et 75% des tiges de plus de 10 cm de diamètre (Sangaré 1990).

42. La méthode du recrû

Cette méthode manuelle repose sur les deux idées suivantes : la suppression totale de l'étage dominant par dévitalisation ou abattage et le recépage du sous-bois qui doit accompagner les arbres plantés lors de leur croissance. La croissance des arbres s'effectue en plein découvert.

La succession des opérations sylvicoles est la suivante :

- dévitalisation ou abattage des arbres de plus de 15 cm de diamètre ;
- abattage du sous-bois par recépage manuel ;
- plantation ;
- entretiens (jusqu'à 5 - 6 ans) ;

L'écartement à la plantation correspond à une densité de 300-400 tiges/ha. Il faut prévoir une à deux éclaircies sélectives du peuplement planté. Le coût en main d'oeuvre à l'hectare planté est de 120 hommes.jour/ha. La récolte à terme est de 80 - 120 tiges/ha. La superficie plantable annuellement avec cette méthode est de 200 à 400 ha/an.

43. La méthode mécanisée

L'objectif est une intensification des méthodes culturales par mécanisation de certains postes de travail. Cette mécanisation permet d'accroître la superficie annuellement reboisible. Cette méthode repose sur les actions suivantes :

- exploitation en coupe rase de la forêt naturelle ;
- défrichage mécanisé au buteur ;
- andainage des rémanents au buteur ;
- planage (manuel) ;
- traitement herbicide en préémergence ;
- plantation (manuel) ;
- entretien (manuel + mécanisé + chimique) jusqu'à 3-4 ans ;
- éclaircie (manuel) à partir de 4-5 ans.

Pour justifier cette méthode il est nécessaire d'optimiser la croissance des arbres : choix d'espèces à forte croissance initiale, utilisation de matériel végétal performant, fertilisation, traitements herbicides...

L'écartement à la plantation est variable, 2,5 m x 2,5 m à 3,75 m x 3,75 m selon les espèces plantées. Le nombre d'éclaircies varie entre trois et six selon les espèces. Le coût en main d'oeuvre à l'hectare planté acquis est de 50 hommes.jour/ha. Il faut y ajouter environ 18 heures/ha de matériel type chenillard et tracteur. La récolte à terme est de 80-120 tiges/ha sans compter les produits d'éclaircie. La superficie annuellement reboisible est de 1.000 à 2.000 ha/an.

Dans de nombreux cas, ces plantations intensives font l'objet de fertilisation. Les quantités d'éléments minéraux à apporter en complément sont fonction des stocks disponibles dans le sol, le type de sol, la texture, la topographie, la pluviométrie... (Pulsford 1981). Pour ces opérations de fertilisation, les valeurs couramment admises sont de l'ordre suivant (Ballard 1984):

Chapitre 5. Tableau 32 :

Valeurs moyennes d'apport d'éléments minéraux lors de la fertilisation de plantations intensives.

Modalités de fertilisation	Unités	N	P	K	Mg
		A la plantation			
En plein	Kg/ha	30-50	50	50	30
Par arbre	g/arbre	10-30	10-15	15	10
		Dans les plantations installées			
En plein	Kg/ha	100-300	50-100	50-100	30-50

A la plantation, la fertilisation peut être réalisée en plein ou arbre par arbre. Dans le deuxième cas, il est recommandé de mélanger l'engrais à la terre après la trouaison. Ensuite, des fertilisations en plein peuvent être préconisées dans les plantations adultes. Ces fertilisations peuvent intervenir en particulier après des attaques parasitaires (insectes défoliateurs par exemple) qui ont affaibli les arbres.

44. La méthode *Leucaena*

La forêt est totalement défrichée avant la plantation. Un an avant la plantation des arbres, une plantation de *Leucaena leucocephala* en poquets est effectuée (année 0). L'écartement entre ligne de *Leucaena* est de cinq à six mètres. L'écartement sur la ligne est de 0,5 mètre. Les arbres sont plantés en année 1 après rabattage du *Leucaena*, l'écartement sur la ligne est de deux à trois mètres.

Le *Leucaena* a un rôle purement cultural de peuplement d'accompagnement. Les plants d'arbres utilisés sont des hautes tiges ou des plants en sachets. Cette méthode est le plus souvent utilisée avec des méliacées (*Khaya spp.*, *Entandrophragma spp.*) (Maître et Souvannavong 1979) ou des *Terminalia* (*Terminalia superba* et *Terminalia ivorensis*).

Dès que la reprise des plants d'arbres forestiers est assurée, des rabattages réguliers du couvert de *Leucaena* sont réalisés.

Les peuplements ainsi dégagés seront conduits selon la méthode du recrû. Ce recrû homogène est uniquement composé de rejets de *Leucaena*.

Les rabattages sont poursuivis jusqu'à l'émergence des arbres au-dessus du sous-étage de *Leucaena*. Ils doivent être réalisés en fin de grande saison sèche (mars-avril) et éventuellement en petite saison sèche (août) si le recrû est très vigoureux.

La méthode de plantation sous *Leucaena* s'avère être une alternative intéressante. La seule contrainte à respecter est le rabattage régulier du *Leucaena* jusqu'à ce que les plants de méliacées atteignent cinq à six mètres de hauteur et soit affranchis du recrû. Ces opérations doivent être prévues jusqu'à l'âge de six à huit ans environ.

L'utilisation du *Leucaena* comme plante de couverture présente plusieurs avantages :

- le contrôle des adventices indésirables ;
- la réduction du nombre des entretiens ;
- le maintien et la restauration de la fertilité ;
- la protection contre les feux ;
- la production de bois de service.

Compte-tenu du rôle cultural attribué au *Leucaena*, des variétés arbustives seront choisies pour limiter la concurrence dans le temps avec les méliacées. Il faut en effet rappeler la forte variabilité de forme du *Leucaena leucocephala* dont la hauteur totale maximum peut varier entre cinq et vingt mètres selon les provenances.

L'écartement entre les lignes de plantation est de trois à quatre mètres. Un mélange ligne par ligne *Méliacée/Leucaena* est réalisé. La plantation du *Leucaena* peut être effectuée par semis direct en poquets, l'écartement sur la ligne est de 0,5 mètre. L'écartement sur la ligne des plants de méliacées est de trois à quatre mètres. Le maximum d'accroissement du *Leucaena* est atteint vers deux-trois ans. Des chiffres de productivité sont disponibles pour des plantations monospécifiques (N'guessan 1996).

Chapitre 5. Tableau 33 :

Eléments de productivité (m³/ha/an) à la découpe fin bout de 10 cm de circonférence du *Leucaena* en zone de forêt semi-décidue ivoirienne.

Espèce	Age (ans)					
	3	4	5	6	7	8
<i>Leucaena leucocephala</i>	25.4	25.7	25.8	23.5	22.8	21.2
<i>Leucaena shannoni</i>	12.1	17.4	16.8	14.5	13.6	12.8

45. L'association reboisement/agriculture

Dans les zones de forêts fortement infiltrées par les paysans, il est possible de limiter et de bloquer la déforestation par une intensification des cultures associées à la production de bois d'oeuvre de feu et/ou de service. En Afrique tropicale, les agriculteurs travaillent sur des exploitations de petites tailles. Au Nigéria, 90% des exploitations ont une superficie inférieure à deux hectares. En Côte d'Ivoire, 60% des exploitations ont une superficie n'atteignent pas cinq hectares. Au Ghana, 80% des exploitations ont moins de quatre hectares de superficie totale (Steiner 1985).

Les cultures paysannes sont le plus souvent des cultures de subsistance associant plusieurs espèces. Ces cultures associées représentent de l'ordre de 80% des superficies cultivées. Les plantes pérennes (cacaoyer, caféier, colatier, palmier à huile, cocotier, hévéa...) font souvent partie des associations. A ce titre, l'utilisation d'espèces d'arbres producteurs de bois ou d'autres produits (fruits, latex...) en association avec les cultures vivrières ou pérennes est une alternative appelée à se développer (Pomier et *al.* 1985, Dupuy et *al.* 1991, Campaignolle 1991, Peltier et *al.* 1993, Buttoud 1994).

Traditionnellement, l'agroforesterie désigne tous les systèmes d'utilisation du territoire qui associent des arbres ou d'autres végétaux ligneux pérennes et des productions animales ou/et végétales sur la même unité de surface (Nair 1991, Guitton 1994). Dans le cas présent nous limiterons aux associations, dans le temps et/ou dans l'espace, de végétaux pour une production intégrée de bois et de cultures.

En zone de forêt dense humide, deux principaux itinéraires techniques peuvent être envisagés en fonction du caractère temporaire ou pérenne des cultures agricoles : La méthode taungya et l'agrisylviculture (Guitton et *al.* 1994).

451. La méthode Taungya

Dans certains cas, en particulier dans les zones agricoles peuplées, la méthode taungya est utilisée. Elle consiste à introduire des plants forestiers sur des parcelles où simultanément des cultures annuelles sont pratiquées d'abord en plein puis en intercalaire. L'agriculteur doit abandonner définitivement le terrain après deux ou trois années de cultures consécutives. Le défrichage et la préparation du terrain sont le plus souvent à la charge de l'agriculteur. Le but de la méthode taungya est de réduire l'importance des postes "création et entretien des jeunes plantations" en les rétrocédant à des agriculteurs. En échange un terrain de culture est temporairement mis à la disposition des agriculteurs.

Les cultures ainsi réalisées sont des cultures intercalaires réalisées l'année de plantation et quelquefois l'année suivante. Les cultures à associer sont, pour les zones de forêt dense humide les suivantes : le bananier, le coton, l'arachide, le riz pluvial, le maïs, le sorgho... La surface confiée à chaque agriculteur ne peut excéder quelques hectares tout au plus une dizaine.

Cette méthode a été utilisée avec succès au Congo en associant arachide et espèces de bois d'oeuvre telles que le Limba (*Terminalia superba*) ou le Fromager (*Ceiba pentandra*) plantés à 10 m x 10 m (C.T.F.T. 1965). Le nombre de campagnes successives d'arachides a varié de un à trois selon les parcelles.

Il faut ici aussi rappeler la méthode "sylvo-bananière" qui a fait ses preuves en Afrique centrale (Wilten 1958). Le paysan est autorisé à planter des bananiers dans un bloc forestier.

En contre partie il s'engage à planter des *Terminalia spp.* (Limba, Framiré) à grand écartement (environ 10 m x 10 m) en intercalaire des plantations de bananiers. Les *Terminalia* (*Terminalia superba* et *Terminalia ivorensis*) sont introduits un ou deux ans après la plantation des bananiers. Le coût des plantations forestières est estimé à environ 25 hommes.jour par hectare. La composante agricole est ici temporaire et limitée aux premières années qui suivent la plantation forestière. Dès que l'arbre devient dominant, la culture agricole est abandonnée. Compte-tenu des larges écartements à la plantation, des élagages et taille de forme des arbres peuvent être préconisés pour améliorer la qualité de la bille à pied.

452. Méthodes agrisylvicoles

En zone forestière, le système prédominant de culture reste la culture itinérante sur brûlis. Dans son principe, Une mise en culture courte (un à trois ans) succède une phase longue de mise en jachère (plus de dix ans). La jachère peut se définir comme "l'état de la terre d'une parcelle entre la récolte d'une culture et le moment de la mise en place de la culture suivante. Elle se caractérise par sa durée, par les techniques culturales qui sont appliquées à la terre, par les rôles qu'elle remplit" (Sebillotte 1993). Un tel système de culture itinérante n'est viable et performant que pour des densités de population inférieures à dix habitants/km² à raison d'un hectare cultivé par personne (Jouve 1991). Dans beaucoup de cas, en Afrique de l'Ouest, ces conditions ne sont plus respectées car les densités de population atteignent couramment cent habitants/km². Le raccourcissement de la jachère se traduit par le passage d'une jachère arborée à une jachère à *Chromolaena odorata*. Cette plante envahissante pose de nombreux problèmes d'entretiens car elle est difficile à éradiquer.

En zone forestière ivoirienne, les systèmes traditionnels de culture sont les suivants :

Chapitre 5. Tableau 34 :

Association et successions culturales dans les systèmes à base d'igname et de riz en région forestière ivoirienne.

Système	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Jachère
Igname	Igname +Taro +Maïs +Plantain +Légumes +Manioc	Maïs/Arachide +Taro +Plantain +Piment +Manioc	Plantain +Taro +Piment +Manioc	Manioc	8 à 10 ans
Riz Pluvial	Riz +Maïs +Manioc +Légumes +Plantain	Maïs +Manioc +Légumes +Plantain	Manioc +Plantain	Manioc	5 à 6 ans

La durée des jachères forestières qui succèdent aux cycles culturels est de plus en plus courte et nécessite des mesures pour la restauration et le maintien de la fertilité. On admet généralement que les arbres exercent un effet favorable sur la fertilité des sols par certains mécanismes comme la réduction des pertes en éléments nutritifs par la diminution de l'érosion, leur redistribution dans les différents horizons du sol, l'amélioration des propriétés physiques et de la fraction organique du sol. Les arbres fixateurs d'azote ont dans ce domaine un grand intérêt. Ces arbres peuvent être des légumineuses (espèces associées symbiotiquement avec des rhizobiums) ou des plantes actinorhiziennes (espèces associées avec des frankias). Un certain nombre de légumineuses sont fixatrices de l'azote atmosphérique. Par exemple pour la sous-famille des césalpiniaées, 23% des espèces ont des nodules (Ganry et al. 1995). L'utilisation de certaines légumineuses ligneuses (*Leucaena leucocephala*, *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Paraserianthes falcataria*, *Albizia lebbbeck*, *Senna siamea*...) permet de réintroduire une composante ligneuse dans le terroir en conciliant des impératifs de restauration de la fertilité et de production ligneuse

452.1. Les jachères forestières plantées

L'invasion des jachères par *Chromolaena odorata* conjugué avec le raccourcissement de leur durée ne permet pas la reconstitution d'une jachère forestière. A cet égard, une des alternatives pour la valorisation du terroir est la réalisation de jachères avec des légumineuses arborées :

- *Acacia mangium*, *Paraserianthes falcataria*, *Leucaena leucocephala*... en zone de forêt dense humide sempervirente ;
- *Acacia auriculiformis* , *Albizia lebbbeck*, *Albizia guachepele*, *Senna siamea*, *Leucaena leucocephala*, *Leucaena shannonii*, *Enterolobium cyclocarpum*... en zone de forêt dense humide semi-décidue.

Cette jachère forestière est une plantation d'arbres fixateurs d'azote insérée dans le cycle culturel. En première année, l'arbre planté à faible écartement (3 m x 3 m à 5 m x 5 m) est associé avec de l'igname sur buttes. Avant la deuxième année de culture, on réalise un élagage sévère des arbres lorsqu'ils atteignent trois à cinq mètres de hauteur. Ensuite, il n'est possible de réaliser qu'une seule saison culturale de riz ou de maïs compte-tenu du couvert des arbres (Peltier et al. 1993, Gnahoua 1993). Un des premiers avantages de l'utilisation de cette technique est de permettre l'élimination rapide de *Chromolaena odorata*. Cette espèce dépérit rapidement et disparaît dès que le couvert des arbres se referme soit au bout d'environ deux ans.

La durée de ces jachères arborées est de l'ordre de cinq ans, délai après lequel les terres sont remises en culture. Les espèces d'arbres plantées ont une forte croissance initiale. Elles peuvent être valorisées en bois de feu et de service au bout de quelques années tout en contribuant à la restauration de la fertilité des sols (Dupuy et al. 1990, 1992, Peltier et al. 1993).

Chapitre 5. Tableau 35 :

Croissance des jachères forestières d'*Acacia mangium* et *Acacia auriculiformis* en zone de forêt dense humide (Dupuy et al. 1990, Carre 1991).

Espèce	Zone écologique	Age (ans)	Diamètre (cm)	Accroissement moyen volume (m ³ /ha/an)
Ac. mangium	Cordon littoral	5-7	10-15	7-15
	Savanes côtières	4-6	10-15	15-25
	Forêt dense	4-6	15-20	25-35
Ac. auriculiformis	Cordon littoral	6	10	5-15
	Savanes côtières	5-7	10	10-20
	Forêt dense	4	10	20-30

A Oumé (Côte d'Ivoire), il est noté une production plus importante de litière sous *Acacia mangium* (7,8 tonnes/ha/an) que sous *Acacia auriculiformis* (7,3 tonnes/ha/an) dans des plantations âgées de cinq ans (Oliver et al. 1994). En ce qui concerne la production de litière, elle est étroitement liée au régime des pluies. Deux séries d'observations sont disponibles en forêt sempervirente et en forêt semi-décidue (Dupuy et al. 1991, N'guessan 1996).

Chapitre 5. Tableau 36 :

Influence du régime des pluies sur la production mensuelle de litière chez *Acacia mangium*. Côte d'Ivoire.

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Forêt sempervirente												
P (mm/mois)	38.8	69.1	95.8	141.8	262.1	555.6	230.9	61.5	108.6	160.2	136.9	63.4
Prod. Litière (tonne/mois)	0.7	0.9	0.7	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5
Forêt semi-décidue												
P (mm/mois)	24.6	57.2	87.1	147.0	127.1	148.1	68.5	133.7	179.5	128.8	80.0	43.7
Prod. Litière (tonne/ha)	0.7	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	2.1	0.7	0.6	0.4	0.4	0.8

L'interruption des pluies s'accompagne d'une chute des feuilles que traduit l'augmentation de production de la litière. Lors de la remise en culture après exploitation des arbres, la jachère forestière a induit un enrichissement du sol qui est profitable au rendement cultural. Le brûlis est déconseillé car il se traduit par une volatilisation du stock d'azote (Oliver et al. 1994).

Chapitre 5. Tableau 37 :

Apport en matière organique au sol et quantité d'azote mobilisé par une culture de maïs après cinq ans de jachère arborée. Oumé - Côte d'Ivoire. (Gnahoua 1993).

Espèce	Acacia mangium	Albizia lebbeck	Leucaena leucocephala	Témoin Chromolaena odorata
Matière organique (tonne/ha)	10.2	5.5	5.3	4.4
N mobilisé (tonne/ha)	1.4	1.3	1.1	1.0
Rendement de Maïs (tonne/ha)	4.2	4.4	4.3	3.8

Après plusieurs années d'observations à Oumé (Côte d'Ivoire), un certain nombre d'enseignements peuvent être mis en évidence concernant les jachères arborées (Gauthier 1995) :

- la présence des ligneux ne semble pas entraver le développement des cultures vivrières pendant les dix huit premiers mois ;
- après remise en culture des jachères, il a été observé une diminution de la flore adventice, un bon état phytosanitaire des cultures et une augmentation des rendements cultureux au cours des premiers cycles.

Des études complémentaires menées en zone de forêt dense humide semi-décidue ivoirienne ont montré un impact positif sur les rendements cultureux (maïs) de jachères arborées d'*Enterolobium cyclocarpum*, *Pithecellobium dulce*, *Leucaena diversifolia*, *Acacia farnesiana*, *Caesalpinia eriostachys* et *Acacia decurrens var. Deanei* (N'guessan 1993). La durée de la jachère est de six à sept ans. Le gain de rendement mesuré immédiatement après la jachère de légumineuses, et comparé au rendement moyen de la région (2,5 tonnes/ha) est compris entre 25% (*Acacia farnesiana*) et 40% (*Enterolobium cyclocarpum*). Pour ces différentes espèces des estimations de production de matériel ligneux ont été réalisées à sept ans (N'guessan 1993) dans ces jachères plantées à forte densité (2000 à 3000 tiges/ha).

Chapitre 5. Tableau 38 :

Productivité à sept ans en matière sèche de légumineuses améliorantes introduites en forêt semi-décidue ivoirienne (N'guessan 1996).

Espèce	Maximum de l'accroissement moyen en matière sèche (tonnes/ha/an)	Diamètre au collet (cm)
<i>Leucaena shannonii</i>	30	12
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	30	20
<i>Albizia guachepele</i>	24	25
<i>Pithecelobium dulce</i>	20	20
<i>Leucaena leucocephala</i>	15	15
<i>Leucaena diversifolia</i>	14	8
<i>Gliricidia sepium</i>	12	12
<i>Acacia decurrens</i> var. <i>deanei</i>	11	10
<i>Caesalpinia eriostachys</i>	10	10
<i>Acacia farnesiana</i>	10	7
<i>Albizia niopoides</i>	7	7

D'une manière générale, les jachères forestières en légumineuses ont un impact positif sur les rendements culturaux lors de la remise en culture. De fait elles permettent un raccourcissement de la durée de jachère par une reconstitution accélérée de leur fertilité.

Des mesures réalisées dans les savanes côtières du Congo (Bernhard-Reversat et al. 1993) permettent de calculer un stock dans l'horizon 0-10 cm de 117 Kg de calcium, 40 Kg de magnésium, et 18 Kg de potassium à l'hectare. En plantation d'*Acacia mangium* et d'*Acacia auriculiformis*, âgée de huit ans, l'immobilisation d'éléments minéraux dans la litière est de 190-210 kg d'azote, 32-36 Kg de calcium, 20-25 Kg de magnésium et 30-32 Kg de potassium à l'hectare. Ces espèces joignent à une production de bois importante (15 à 30 m³/ha/an), des capacités d'enrichissement en matière organique et éléments minéraux du sol. Après une jachère d'*Acacia*, le taux de carbone est passé de 0,72 à 0,95% et celui d'Azote de 0,046 à 0,062%.

En Côte d'Ivoire (Oliver et al. 1994), après six ans de jachères forestières, les apports ont été estimés à 10 kg/ha/an de phosphore (P₂O₅) et 160 kg/ha/an de potassium (K₂O) sous *Albizia lebbek* et *Leucaena leucocephala*.

Des jachères arborées avec différentes espèces ont aussi été testées dans les savanes côtières du Congo (Bernhard-Reversat 1993). Les acacias (*Acacia mangium* et *Acacia auriculiformis*) ont été comparés avec des eucalyptus classiquement utilisés dans les opérations d'afforestation.

Chapitre 5. Tableau 39 :

Comparaison des caractéristiques de la litière de différentes formations forestières plantées et naturelles. Pointe-Noire. Congo (Bernhard-Reversat 1993).

Espèce	Eucalyptus PF1	saligna	Acacia mangium	auriculiformis	Formation naturelle
Age(ans)	7	7-8	5-6	6-8	
Litière (t/ha/an)					
Feuilles	4.9	4.5	7.9	5.8	
Fleurs et fruits	0.2	0	1.0	2.4	
Rameaux et écorce	1.8	1.0	0.8	1.1	
Total	6.9	5.5	9.7	9.3	8.2
Litière					
C/N	75	72	30	32	105
Taux annuel de décomposition		0.24	0.76	0.69	
Feuilles					
N%	0.65	0.67	1.62	1.51	0.45
lignine %	22	25	31	34	9

Comparées aux litières d'Acacias australiens, les litières des formations naturelles (savanes côtières) et d'Eucalyptus sont pauvres en azote et lignine. Par ailleurs, elles se décomposent beaucoup plus lentement.

Des plantes de couverture peuvent aussi être utilisées en plantations entre les cultures ou en jachères améliorées. Parmi ces plantes de couverture on peut citer : *Flemingia congesta*, *Pueraria phaseoloides*, *Gliricidia sepium*, *Stylosanthes guianensis*, *Centrosema pubescens*... Elles améliorent les propriétés physiques des sols (Kang et al. 1991), notamment la porosité des horizons superficiels et réduisent considérablement les phénomènes d'érosion (C.T.F.T. 1969, Bailly et al. 1979).

A titre d'exemple, sur la station d'Adiopodoumé (Côte d'Ivoire), l'installation d'une plante de couverture (*Flemingia congesta*), réduit le ruissellement de 32 % sur sol nu à 1,2% avec une plante de couverture à partir de la deuxième année après le semis (pente moyenne 7%).

452.2. Les haies et brise-vents

Les plantations d'alignement et de cloisonnements de jachères... sont des méthodes permettant de répondre à certains besoins des paysans notamment la délimitation du terroir. Dans ces cas, la composante agricole est permanente. Les cultures réalisées peuvent être des cultures vivrières annuelles ou des cultures de rente : agrumes, avocatier, manguier, colatier, caféier, cacaoyer, palmier à huile, cocotier, hévéa, arbres à bois (*Eucalyptus*, *Pinus*, *Acacia*, *Albizia*, *Terminalia*...). Structure aux effets complexe, la haie exerce directement ou indirectement une influence capitale

sur son environnement. Elle est un point de convergence entre deux écosystèmes, la forêt et le champ. C'est aussi un réservoir de biodiversité qui augmente la richesse faunistique et floristique d'un territoire. Elle permet une recolonisation des écosystèmes simplifiés par l'agriculture et leur diversification.

Les plantations intercalaires d'arbres (haies, brise-vent...) ont un rôle important sur le microclimat. Elles exercent un effet sur les vents qu'ils atténuent à leur proximité. Elles atténuent la sensibilité des sols à l'érosion en améliorant sa capacité d'infiltration et de stockage de l'eau. Elles jouent un rôle de rétention et de fixation des horizons superficiels.

Les brise-vents :

Sur cordon littoral totalement déforesté, l'utilisation de brise-vents de Filaos (*Casuarina equisetifolia*) s'est révélée utile à proximité de la mer pour assurer la replantation d'arbres (cocotier, *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*) sur sols dégradés soumis aux embruns. En l'absence de brise-vent, les embruns induisent une forte mortalité des arbres suite aux brûlures du système foliaire causées par les embruns. Les Filaos sont plantés parallèlement au rivage sur une profondeur trois lignes espacées de deux mètres. Ils atteignent une quinzaine de mètres de hauteur à cinq ans (Dupuy et al. 1991).

Chapitre 5. Tableau 40 :

Effet du brise-Vent de Filao sur la croissance de l'*Acacia auriculiformis* en fonction de la distance à la mer. Assinie. Côte d'Ivoire.

Distance/mer (mètres)	60 (brise-vent)	70	82	95	107	119	131	143
Hauteur totale (m)		4.1	4.9	4.4	3 ans 5.1	5.7	4.8	4.7
Hauteur totale (m)		7.2	7.3	6.5	5 ans 7.4	8.2	7.5	8.3

L'expérience montre que l'action du brise-vent de Filao s'exerce sur une profondeur égale à dix fois sa hauteur. Seule cette espèce s'est révélée apte à s'installer dans les conditions difficiles du cordon littoral.

Pour la constitution de bandes boisées ou de jachères arborées, il est recommandé d'utiliser l'*Acacia auriculiformis*. Cette espèce est beaucoup moins sensible aux embruns que l'*Acacia mangium* : à deux ans, malgré la présence du brise-vent, 20 à 30% des plants d'*Acacia auriculiformis* sont sévèrement brûlés contre le double pour l'*Acacia mangium* (50-60%). A 5 ans, l'effet des embruns s'est fortement atténué, l'accroissement moyen du peuplement d'*Acacia auriculiformis* est de l'ordre de 4 m³/ha/an.

Les haies :

Des essais ont été effectués avec des plantations linéaires d'*Acacia mangium* permettant une délimitation des parcelles agricoles en Côte d'Ivoire. En dépit d'un effet dépressif sur le rendement des cultures à proximité immédiate des arbres, Le gain de productivité dans des parcelles unitaires d'un hectare est de l'ordre de 10% pour des cultures vivrières (maïs, manioc, igname). Il faut y ajouter une production de bois qui est de l'ordre de 4 m³/ha/an avec des arbres atteignant un diamètre moyen de 15 cm à quatre ans. Les haies sont gérées en recépant progressivement les arbres à une hauteur de un mètre (N'guessan 1996).

452.3. Les cultures en couloir

Ce système agroforestier particulier est basé sur la réalisation de cultures en couloir annuelles entre des haies d'espèces ligneuses pérennes qui sont périodiquement recépées. Ces espèces ont une fonction antiérosive et améliorante. Ce sont souvent des légumineuses fixatrices de l'azote atmosphérique (*Senna siamea*, *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Albizia lebeck*, *Erythrina spp.*, *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Inga spp.*, *Sesbania spp.*...). L'apport indirect d'éléments minéraux et en particulier d'azote par les plantes pérennes induit à terme un gain de rendement agricole pour les cultures annuelles.

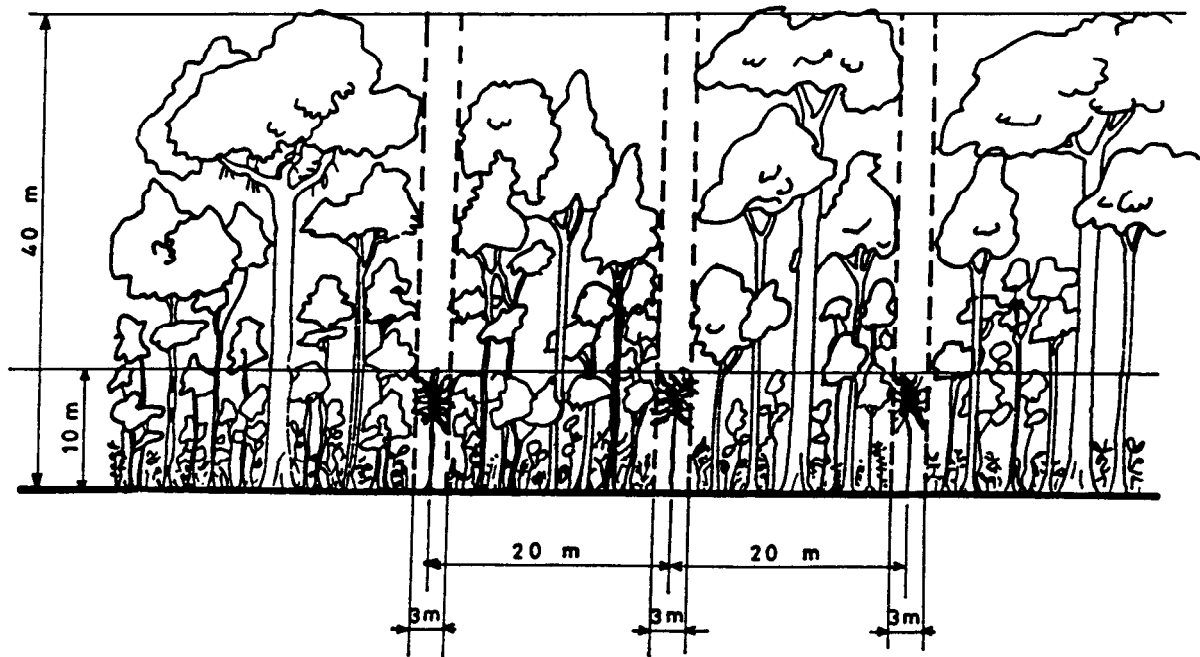
Chapitre 5. Tableau 41 :

Association Maïs/*Leucaena leucocephala* en culture en couloir. Nigéria. (Ngambeki 1985).

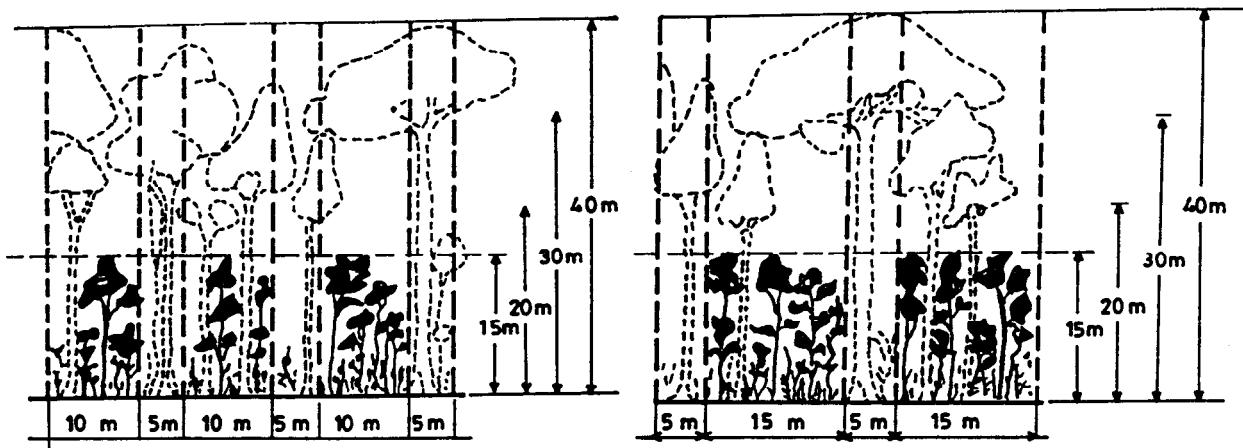
Traitement	Récolte (tonnes/ha)
Engrais Azoté	0.75
Herbicide	0.45
Leucaena	1.41
Leucaena+Herbicide	1.45
Leucaena+Engrais	1.36
Leucaena+Herbicide+Engrais	1.89

Les espèces ligneuses constituant les haies peuvent être aussi utilisées en bois-énergie, bois de service et pour le paillage des cultures. Une partie de l'azote fixé par *Leucaena leucocephala* est en effet transféré au maïs par les émondes. Une autre partie est restituée aux cultures par les litières foliaires et racinaires (Sangina et al. 1988). Les quantités d'azote transférées par chacune des voies sont sensiblement identiques, elles sont de l'ordre de 40 à 80 kg/ha d'engrais azoté.

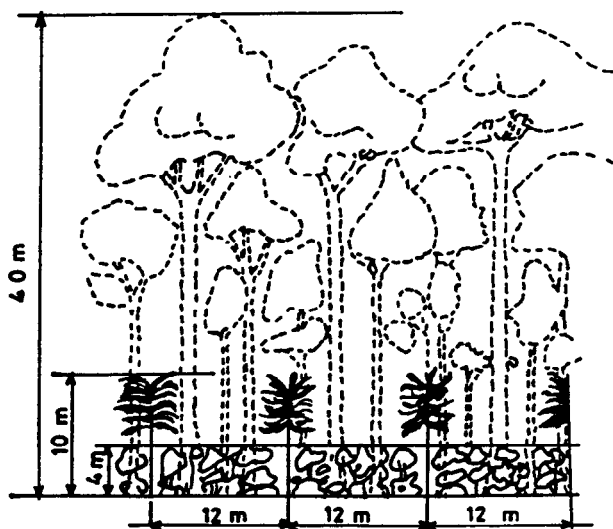
1 - METHODE ORIGINELLE DES LAYONS



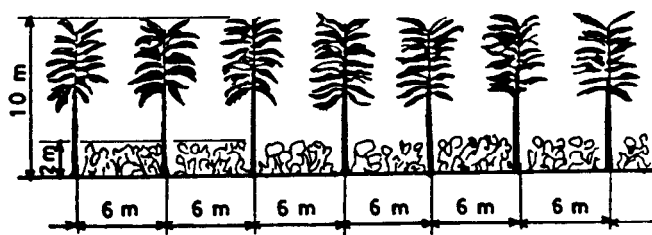
2 - PLANTATION SOUS FORET PROGRESSIVEMENT DETRuite



3 - PLANTATION APRES DESTRUCTION DE LA FORET ORIGINELLE



31 Dévitalisation progressive avant plantation



32 Déforestation mécanisée avant plantation

Des essais d'association en ligne cocotier/*Acacia mangium* et *Acacia auriculiformis* ont été réalisés avec succès sur le cordon littoral après un premier cycle cultural de cocotier (Dupuy et al. 1991). Les sols sableux sont fortement dégradés après plusieurs décennies de monoculture, la replantation du cocotier pose souvent de nombreux problèmes.

L'idée d'utiliser des légumineuses pour restaurer la fertilité a été expérimentée. Les légumineuses sont introduites par bandes (écartement : 2 m x 3 m) à raison de trois lignes intercalées entre deux lignes de cocotiers. Lors de la phase d'installation des légumineuses on note une phase de faible croissance de ces dernières durant les deux premières années. A cinq ans, elles atteignent une dizaine de mètres de hauteur. A partir de la cinquième année, on constate que la productivité de la cocoteraie a été fortement stimulée dans les parcelles associant cocotier et acacia : 2 tonnes/ha de coprah contre 1 tonne/ha dans les plantations monospécifiques (N'guessan 1996). Il faut alors pratiquer un étêtage des acacias à un mètre de hauteur pour limiter la concurrence avec les cocotiers. En contrôlant ainsi la hauteur de développement des acacias, il est possible d'obtenir un développement satisfaisant des cocotiers tout en conservant le mélange avec les acacias qui rejettent lorsqu'ils sont recépés suffisamment haut.

Dans les mêmes conditions, les essais réalisés avec d'autres espèces telles que : *Paraserianthes falcataria*, *Albizia lebeck*, *Senna siamea*, *Leucaena leucocephala*, *Samanea saman*, *Sesbania rostrata* se sont révélés décevants.

Par contre, en forêt semi-décidue (Oumé, Côte d'Ivoire) des essais associant des plantation agricoles (igname, maïs...) avec des bandes d'*Albizia guachepele* pourraient être une alternative intéressante. Les arbres sont traités en têtard par un recépage annuel, les branches et feuilles sont utilisées pour le paillage et les perches en bois-énergie.

46. Comparaison des méthodes de plantation

Sans vouloir réouvrir la discussion concernant l'opportunité des plantations serrées, des plantations en layons, des méthodes manuelles et mécanisées, des méthodes extensives et intensives quelques résultats disponibles peuvent être présentés. Actuellement le contexte des plantations tend à évoluer, les reboisements réalisés par le passé par défrichement de zones de forêt sont de préférence concentrés sur les défriches et les jachères.

461. Plantations en layons et plantations serrées

Martinot-Lagarde (1961) a comparé à trente ans la croissance des plantations serrées (2 m x 2 m) et des plantations en layons (écartement de 10 m) de Niangon (*Heritiera utilis*) en forêt de Yapo (Côte d'Ivoire).

Chapitre 5. Tableau 42 :

Comparaison en forêt de Yapo de plantations serrées et en layons de Niangon (*Heritiera utilis*) à trente ans. Côte d'Ivoire

Méthode plantation	Densité (tiges/ha) par classes de diamètre										
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Plantation serrée	23	86	100	112	72	48	30	13	4	2	1
Plantation en layon	12	36	34	45	27	21	13	9	3	2	0

Au même âge, Pour les plantations serrées, la densité d'arbres dont le diamètre atteint 30 cm est de 98 tiges/ha contre 48 tiges/ha pour les plantations en layons.

462. Plantations en plein découvert

Le reboisement n'est qu'un des outils sylvicoles à la disposition des aménagistes pour la mise en oeuvre d'une gestion durable d'un massif forestier. De nombreuses contraintes doivent être prises en considération lors du choix d'une technique. La suppression totale du couvert induit pour les espèces héliophiles (Framiré, Samba, Fraké, Teck, Gmelina, Samba ...) qui sont les espèces pilotes pour le reboisement un gain certain de croissance.

462.1. Plantations sur forêt défrichée

A ce titre les méthodes manuelles telles que les plantations en layons ou par la méthode du sous-bois comparées aux plantations en plein découvert manuelles ou mécanisées induisent une perte de croissance initiale (Dupuy et al. 1990). En fonction de la méthode de plantation, à fertilité et densités égales, le temps nécessaire pour atteindre un diamètre d'exploitabilité de 40 à 50 cm diffère :

Chapitre 5. Tableau 43 :

Influence de la méthode de plantation sur la croissance du Samba (*Triplochiton scleroxylon*) en Côte d'Ivoire (Dupuy et al. 1990).

Méthode de plantation	Age (ans)	Densité (tiges/ha)	Ho (m)	Diamètre moyen (cm)
Sous-bois	36	100	37,0	50,1
	36	100	32,4	39,9
Plein découvert	24	90	34,4	50,1
	25	100	33,3	41,9

Ho : Hauteur dominante ou hauteur moyenne des 100 plus gros arbres/ha.

Dans des conditions de fertilité moyennes à bonnes, il faut vingt cinq ans pour atteindre un diamètre d'exploitabilité donné (40 à 50 cm) avec des plantations réalisées en plein découvert et une dizaine d'années de plus en utilisant la méthode du sous-bois.

Les contraintes techniques des différentes méthodes de plantation sont à considérer pour la planification des programmes de reboisement.

Chapitre 5. Tableau 44 :

Contraintes sylvicoles des méthodes de plantation manuelle et mécanisée sur forêt défrichée (Dupuy et al. 1991).

	Méthode manuelle	Méthode mécanisée
<u>Type de plant</u>	Haute tige 16 mois	Sachets de 4 mois
<u>Densité</u>	300 - 400 tiges/ha	700 tiges/ha.
<u>Défrichage et plantation</u>		
Homme/jour	65/ha	13/ha
Chenillard 300 CV	0.7 heure/ha	6 heures/ha
Chenillard 140 CV	-	4.2 heures/ha
Tracteur 80 CV	0.5 heure/ha	1.3 heures/ha
Tronçonneuse	4.5 heures/ha	1.5 heures/ha
<u>Entretiens</u>		
Homme/jour	52/ha	35/ha
Tracteur 45 CV		5 heures/ha
Tracteur 120 CV		1 heure/ha
<u>Eclaircies</u>	2	3
<u>Superficie reboisible</u>	200 - 400 ha/an	1.000 - 2.000ha/an

Chacune de ces méthodes comporte des avantages et des inconvénients. Le choix devra être fait en fonction de critères écologiques, économiques, sociologiques et techniques.

Les méthodes manuelles nécessitent de mobiliser une main d'oeuvre importante qui n'est pas toujours disponible au moment voulu. La nécessité de reboiser durablement des superficies importantes, nécessite souvent d'avoir recours à la mécanisation de certaines tâches.

Chapitre 5. Tableau 45 :

Intérêts comparés des méthodes de conversion sur forêt défrichée (Dupuy *et al.* 1991).

Méthodes	Avantages	Inconvénients
Manuelle	<p>Bouleversement minimum du milieu.</p> <p>Reconstitution rapide d'un sous-étage arborescent à un rôle cultural.</p> <p>Faible coût de plantation.</p> <p>Investissements matériels faibles.</p> <p>Intervention en première éclaircie plus tardive du fait d'une densité de plantation faible.</p>	<p>Chute des arbres empoisonnés sur les jeunes plants.</p> <p>Accroissement initial des plants moyens.</p> <p>Superficies annuellement reboisables limitées du fait de besoins en main d'oeuvre élevés.</p> <p>Mécanisation des entretiens impossibles.</p>
Taungya	<p>Association forestier/agriculteur.</p> <p>Accroissement initial des plants élevé.</p> <p>Faible coût de plantation et d'entretiens initiaux.</p> <p>Investissements matériels minimums.</p> <p>Bonne croissance des plants du fait du travail agricole du sol.</p>	<p>Problèmes fonciers.</p> <p>Sauvegarde des plants forestiers aléatoire.</p> <p>Méthode limitée à de faibles surfaces souvent éparpillés.</p>
Mécanisée	<p>Potentiel ligneux mobilisé important (bois d'oeuvre-biomasse).</p> <p>Disparition de tous les préexistants.</p> <p>Mécanisation de nombreux postes entraînant des besoins en main d'oeuvre beaucoup plus faibles.</p> <p>Bonne croissance initiale des plants.</p> <p>Superficies annuellement reboisables importantes.</p>	<p>Artificialisation du milieu importante.</p> <p>Absence de sous-étage arborescent remplacé par une strate basse herbacée ou arbustive.</p> <p>Contrôle de ces adventices difficile avec nécessité d'entretiens répétés des jeunes plantations.</p> <p>Investissements matériels importants.</p> <p>Coût de plantation élevé. Nécessité d'intervention en éclaircie précoce car la densité de plantation est élevée.</p>

462.2. Plantations sur jachères

Les plantations sur défriche nécessitent souvent des investissements très importants en main d'oeuvre. En effet, l'envahissement des jeunes jachères par *Chromolaena odorata* nécessite de nombreux entretiens pour dégager les jeunes plants.

Chapitre 5. Tableau 46 :

Estimation des journées de travail en reboisement totalement manuel sur forêt et sur jachère en zone forestière ivoirienne durant la première année.

Type de défrichement	Forêt	Jachère à <i>Chromolaena odorata</i>
Opération culturale	Homme.jour/ha	Homme.jour/ha
Défrichement	33	30
Entretiens manuels	15	32

En première année, les besoins en entretiens doublent pour les zones replantation sur jachères. L'association avec des cultures annuelles est à cet égard une solution à privilégier aussi souvent que possible. Dans certains cas l'utilisation de phytocides peut être préconisée.

Il est probable que de nouveaux problèmes supplémentaires risquent de se poser lors des actions de reboisement en seconde génération. Les plantations sur défriche forestière bénéficient en effet de conditions de fertilité optimales. Les modalités de travail du sol, de fertilisation, de prise en compte du compactage des sols et de l'érosion évoluent nécessairement avec un contexte de reboisement différent.

47. Etude de différentes méthodes de plantations monospécifiques

Pour certaines espèces plantées depuis plusieurs décennies, comme l'Acajou bassam (*Khaya ivorensis*) et le Niangon (*Heritiera utilis*), il est possible de comparer les résultats de croissance avec les principales méthodes de plantation décrites précédemment.

471. Le cas de l'acajou bassam (*Khaya ivorensis*)

L'Acajou, principalement *Khaya ivorensis*, a été planté dès le début du siècle. Les méthodes de plantation utilisées ont évolué avec l'appauvrissement croissant de la forêt naturelle et les moyens techniques mis à la disposition des reboiseurs (Dupuy et al. 1991). Les plantations étaient à l'origine réalisées manuellement à tous les stades : défrichement, plantation, entretien... Beaucoup de ces opérations ont été mécanisées par la suite.

L'intérêt de cette espèce est de permettre une étude comparative de différentes méthodes de plantation pour une espèce de bois d'oeuvre à longue révolution. L'Acajou bassam est une espèce fondamentalement héliophile. En plantation, cette essence est fortement attaquée par les borers. Ces attaques dont les manifestations extérieures sont spectaculaires réduisent fortement la croissance des arbres mais n'entraînent pas une forte mortalité. Un des principaux paramètres qui influence la croissance initiale des Acajous est la lumière. Avant l'âge de cinq - sept ans, il faut procéder impérativement à une mise en lumière des Acajous par un rabattage des étages supérieurs.

Les moins bonnes croissances sont obtenues avec la **méthode des layons**. Pour cette méthode, à quinze ans la hauteur moyenne n'est que de dix mètres du fait de la concurrence de la forêt naturelle pour la lumière notamment. A vingt cinq ans la hauteur moyenne est de l'ordre de quinze mètres.

Le diamètre moyen de 30 cm est atteint vers trente-quarante ans, à cet âge l'accroissement moyen en volume bois fort des Acajous plantés est de 2 à 3 m³/ha/an. Le diamètre moyen de 50 cm est atteint vers soixante ans, l'accroissement moyen des Acajous plantés est de l'ordre de 1 à 2 m³/ha/an (Dupuy et al. 1992). Il faut y rajouter l'accroissement en volume des espèces commerciales de la forêt naturelle qui ont été conservées entre les layons. Cet accroissement est compris entre 1 et 3 m³/ha/an pour les essences commerciales.

Les résultats de croissance avec **la méthode du sous-bois** et **la méthode du plein découvert** sont peu différents. A dix ans la hauteur moyenne est d'environ dix mètres et à vingt ans la hauteur moyenne atteint 20 mètres. Le diamètre moyen de 30 cm est atteint vers vingt-vingt cinq ans, le diamètre de 40 cm est atteint vers vingt cinq-trente ans et celui de 50 cm vers trente cinq-quarante ans.

L'effet densité de plantation influence la productivité dans le jeune âge. Il faut en effet rappeler que la densité des plantations en plein découvert (1.100 tiges/ha) est supérieure à celle des plantations réalisées par la méthode du sous-bois (200 à 400 tiges/ha). A trente ans, la productivité (volume bois-fort) varie entre 5 et 10 m³/ha/an.

472. Le cas du niangon (*Heritiera utilis*)

Le Niangon (*Heritiera utilis*) avec l'Acajou bassam (*Khaya ivorensis*) a été une des premières espèces plantées en Côte d'Ivoire dès les années vingt (Bergeroo-Campagne 1958). Le Niangon est une espèce à tempérament grégaire et héliophile. Les jeunes plants peuvent tolérer un léger ombrage, mais ils doivent être impérativement mis en lumière vers trois-quatre ans pour favoriser au maximum leur accroissement initial en hauteur. Différentes méthodes de plantations monospécifiques ont été utilisées : Plantations serrées sous forêt, plantations en layons, méthode du sous-bois et du recrû, plantations en plein découvert...

Les moins bonnes croissances sont obtenues pour **les plantations serrées sous forêt et les plantations en layons**. Le diamètre moyen de 50 cm est atteint vers soixante ans (Chezeaux et

al. 1993). Pour **les méthodes du recrû et du plein découvert**, le diamètre moyen de 35 cm est atteint à vingt ans. On peut espérer atteindre le diamètre de 50 cm vers trente cinq-quarante ans.

Le Niangon a été associé avec succès en mélange avec l'Acajou bassam (*Khaya ivorensis*), l'Okoumé (*Aucoumea klaineana*), le Badi (*Nauclea diderrichii*)... Très souvent avec le temps il est surcimé par l'espèce avec laquelle il a été planté en mélange. Il s'accommode de cet état avec toutefois un certain ralentissement de la croissance. C'est ainsi que vers trente ans il atteint couramment un diamètre moyen de 35-40 cm (Chezeaux et *al.* 1993).

En fonction des méthodes de plantations, l'accroissement moyen en volume bois fort des peuplements de Niangon correctement éclaircis, vers l'âge de trente ans, est compris entre 5 et 10 m³/ha/an. L'ensemble des résultats obtenus confirme le bien-fondé des méthodes intensives des plantations en plein découvert pour lesquelles les accroissements obtenus sont les plus forts.

473. Plantations diverses d'espèces de forêt naturelle

Les essais de plantation réalisés depuis plusieurs décennies ont permis de sélectionner une palette d'espèces de reboisement africaines (*Terminalia spp.*, *Triplochiton scleroxylon*, *Aucoumea klaineana*, *Nauclea diderrichii*...) ou introduites (*Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Cedrela odorata*...) dont le comportement et la croissance en plantation sont bien connus (Dupuy et *al.* 1991, Evans 1992). Il est nécessaire de continuer à tester de nouvelles espèces en plantation pour pouvoir en particulier dans certains cas en assurer la sauvegarde. Planter des espèces de forêt naturelle est souvent une oeuvre de longue haleine compte-tenu de leur croissance relativement faible. L'absence de continuité d'action explique bon nombres d'échecs rencontrés jusqu'à ce jour. Pour réussir ce type de plantation, il est nécessaire de pouvoir disposer d'un matériel végétal de qualité à la plantation et d'en assurer ensuite le suivi et l'entretien pendant une dizaine d'années. Dans cette optique depuis 1981, des essais de comportement en plantation plein découvert d'espèces de forêt naturelle ont été installés sur différentes stations expérimentales ivoiriennes. 58 espèces ont ainsi été ainsi testées (Dupuy 1990). A titre d'exemple, sur le site de Mopri en zone de forêt semi-décidue, caractérisée par une pluviométrie annuelle moyenne comprise entre 1300 et 1600 mm/an avec deux saisons des pluies, la plupart des essences testées en plantation plein découvert présentent un bon comportement quatorze ans après la plantation. 46% des espèces testées ont un accroissement moyen en hauteur supérieur à 1 m/an à quatorze ans. En ce qui concerne la croissance en diamètre, au même âge, 73% des essences ont un accroissement moyen supérieur à 1 cm/an (M'bla 1996).

Chapitre 5. Tableau 47 :

Croissance moyenne en diamètre quatorze ans après la plantation de diverses espèces de forêt naturelle plantées en plein découvert. Mopri. Forêt semi-décidue. Côte d'Ivoire.

Espèces	Accroissement (cm/an)
Fromager (<i>Ceiba pentandra</i>)	3.9
Eni en (<i>Alstonia boonei</i>)	2.8
Oba (<i>Bombax buonopozense</i>)	2.7
Eho (<i>Ricinodendron keudelatii</i>)	2.7
Ouochi (<i>Albizia zygia</i>)	2.1
Badi (<i>Nauclea diderrichii</i>)	1.9
Poré-poré (<i>Sterculia tragacantha</i>)	1.9
Koto (<i>Pterygota macrocarpa</i>)	1.9
Ako (<i>Antiaris toxicaria</i>)	1.8
Lo (<i>Parkia bicolor</i>)	1.7
Sipo (<i>Entandrophragma utile</i>)	1.6
Aiélé (<i>Canarium schweinfurthii</i>)	1.6
Bahé (<i>Fagara macrophylla</i>)	1.5
Difou (<i>Morus mesogya</i>)	1.5
Pouo (<i>Funtumia</i> spp.)	1.5
Bon (<i>Cordia plathythyrta</i>)	1.4
Lati (<i>Amphimas pterocarpoides</i>)	1.4
Aribanda (<i>Trichilia tessmannii</i>)	1.4
Azaudau (<i>Azelia bella</i>)	1.3
Niangon (<i>Heritiera utilis</i>)	1.3
Bi (<i>Eribroma oblonga</i>)	1.3
Aniégré (<i>Aningeria robusta</i>)	1.3
Kotibé (<i>Nesogordonia papaverifera</i>)	1.2
Ba (<i>Celtis milbradeii</i>)	1.2
Makoré (<i>Thiagemella heckelii</i>)	1.1
Lingué (<i>Azelia africana</i>)	1.1
Faro (<i>Daniellia ogea</i>)	1.1
Lotofa (<i>Celtis adolphi friderici</i>)	1.0
Etimé (<i>Copaifera salikounda</i>)	0.7

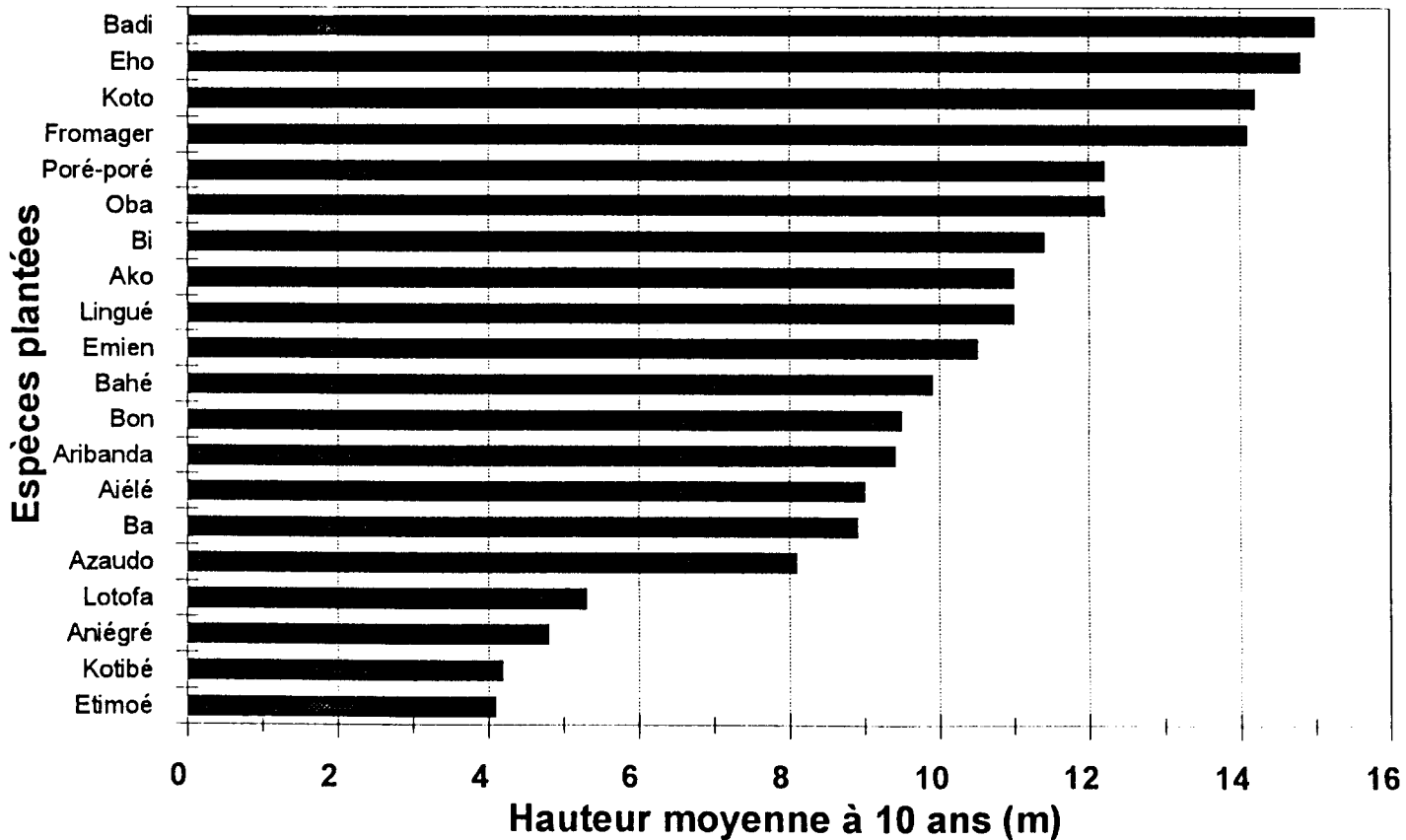
En fonction de la zone de plantation, il est possible de proposer de nouvelles espèces de plantation peu ou pas utilisées en plantation.

Chapitre 5. Tableau 48 :

Espèces à promouvoir en reboisement.

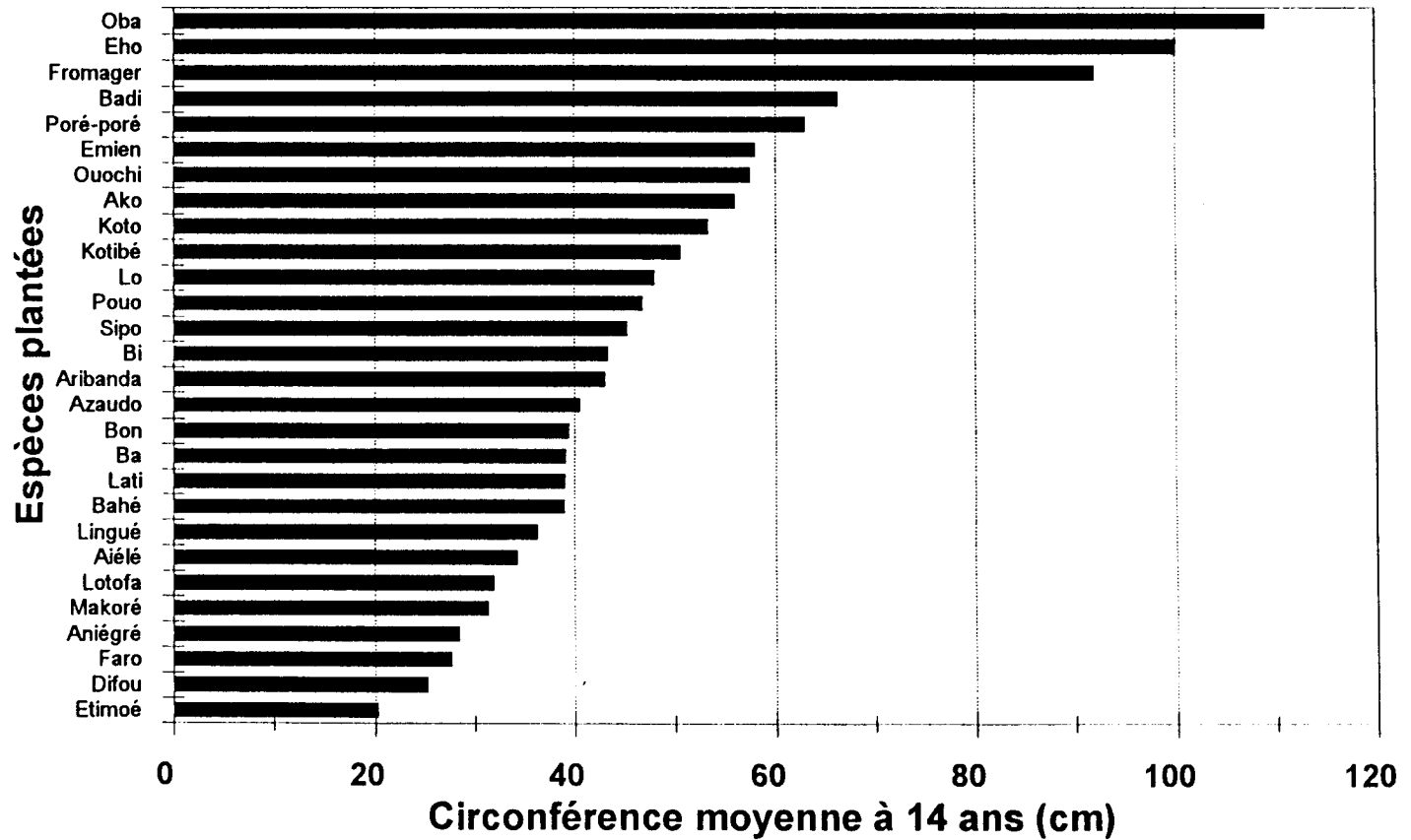
Forêt sempervirente	<i>Bombax buonopozense</i> , <i>Thiagemella heckelii</i> , <i>Khaya ivorensis</i> , <i>Funtumia</i> spp., <i>Pterygota macrocarpa</i> , <i>Azelia africana</i> , <i>Heritiera utilis</i> , <i>Nauclea diderrichii</i> .
Forêt semi-décidue	<i>Ceiba pentandra</i> , <i>Bombax buonopozense</i> , <i>Pterygota macrocarpa</i> , <i>Khaya anthotheca</i> , <i>Khaya grandifoliola</i> , <i>Azelia africana</i> , <i>Mansonia altissima</i> .

PLANTATIONS EN PLEIN DECOUVERT D'ESPECES DE FORET NATURELLE



Mopri - Forêt semi-décidue - Côte d'Ivoire

PLANTATIONS EN PLEIN DECOUVERT D'ESPECES DE FORET NATURELLE



Mopri - Forêt semi-décidue - Côte d'Ivoire

Potentiellement de nombreuses espèces de bois d'oeuvre peuvent être ainsi plantées. Le choix s'orientera vers les espèces présentant le meilleur compromis entre les caractéristiques technologiques et la croissance. La sylviculture des essences de bois d'oeuvre à longue révolution exige des efforts importants lors de la mise en place des peuplements : Préparation du terrain (herbicides), matériel végétal de qualité, trouaison suffisante (40x40x40 cm), fertilisation starter, plantes de couverture (*Pueraria*, *Leucaena...*), entretiens pendant une dizaine d'années...

474. Comparaison de croissance en plantation et en forêt naturelle

Faut-il planter les essences de forêt naturelle est une question souvent posée. Il a souvent été fait référence à la forte croissance des espèces en plantation. A titre indicatif, il est donc comparé la croissance en diamètre d'espèces à la fois en plantation et en forêt naturelle.

474.1. Jeunes arbres

Pour les arbres de forêt naturelle, les accroissements ont été mesurés dans la classe 10-20 cm de diamètre et comparés à ceux obtenus dans de jeunes plantations atteignant des diamètres moyens identiques.

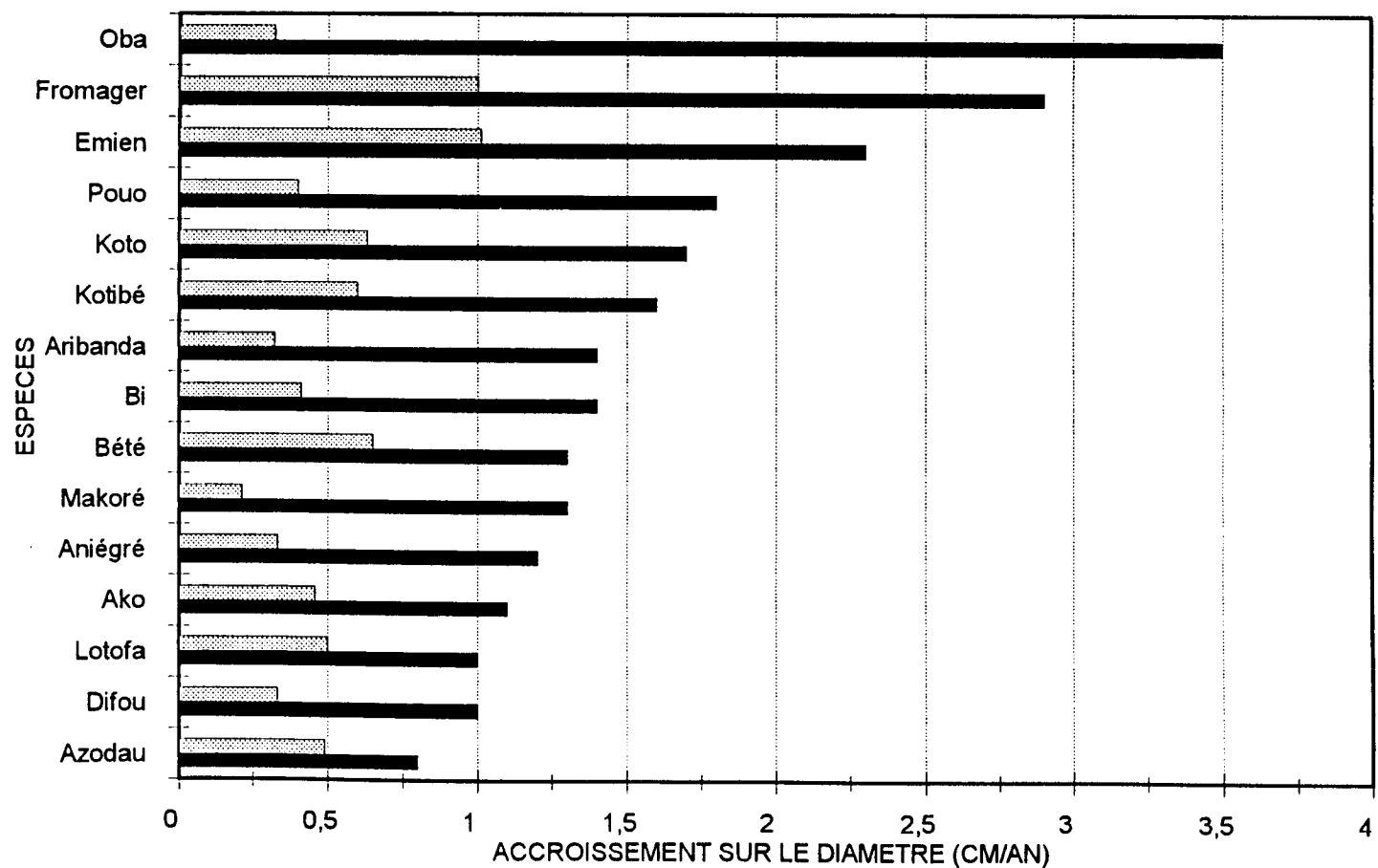
Chapitre 5. Tableau 49 :

Accroissement en diamètre (cm/an) d'espèces en plantations et en forêt naturelle. Mopri-Côte d'Ivoire.

Espèces	Jeunes Plantations	Forêt Naturelle	
		Non Eclaircie	Eclaircie
Ako (<i>Antiaris toxicaria</i>)	1.1	0.2	0.5
Aniégré (<i>Aningeria robusta</i>)	1.2	0.2	0.4
Azodau (<i>Azelia bella</i>)	0.8	0.2	0.7
Ba (<i>Celtis mildbraedii</i>)	1.3	0.2	0.4
Bété (<i>Mansonia altissima</i>)	1.3	0.6	0.7
Emien (<i>Alstonia boonei</i>)	2.3	0.7	1.0
Fromager (<i>Ceiba pentandra</i>)	2.9	1.5	2.4
Kotibé (<i>Nesogordonia papaverifera</i>)	1.6	0.4	0.6
Koto (<i>Pterygota macrocarpa</i>)	1.7	0.4	0.9
Makoré (<i>Thieghemella heckelii</i>)	1.3	0.2	0.4
Pouo (<i>Funtumia spp.</i>)	1.8	0.4	0.5

D'une manière générale, les plantations réalisées en plein découvert sont caractérisées par des accroissements en diamètre supérieurs à ceux mesurés en forêt naturelle. Il faut sans doute attribuer la cause de ces écarts à des différences d'éclairement des plants. En forêt naturelle, à diamètre égal, les arbres de petites dimensions sont en effet dans les strates dominées où la concurrence est très forte. En plantation, ces mêmes tiges sont maintenues en plein découvert.

ACCROISSEMENT SUR LE DIAMETRE EN PLANTATION ET FORET NATURELLE



■ Plantation ▨ Forêt naturelle éclaircie

474.2. Arbres adultes

La comparaison peut être aussi effectuée avec des arbres appartenant à l'étage dominant dont le diamètre est de l'ordre de 40-60 cm.

Chapitre 5. Tableau 50 :

Eléments de croissance comparée de quelques espèces en plantation et en forêt naturelle dans l'étage dominant. Côte d'Ivoire.

Espèces	Plantation	Forêt Naturelle Non Eclaircie	
<i>Terminalia superba</i>	2.0	1.0	1.5
<i>Triplochyton scleroxylon</i>	1.7	1.0	1.5
<i>Nauclea diderrichii</i>	1.0	0.2	0.6
<i>Khaya ivorensis</i>	1.5	0.4	1.3
<i>Funtumia spp.</i>	1.0	0.3	1.0

Pour les arbres de moyennes dimensions, le différentiel de croissance entre les tiges issues de plantation et de forêt naturelle tend à diminuer. L'essentiel du gain de croissance est donc enregistré dans les jeunes plantations ou la lumière ne représente pas un facteur limitant.

Toutefois, il faut souligner qu'en forêt naturelle, les plants se sont souvent installés sans intervention sylvicole particulière. Dans ce contexte, de coûts minima de création d'un peuplement, il faut noter le bon comportement des arbres qui ont une croissance en diamètre intéressante atteignant couramment 50% de celle mesurée en plein découvert.

Il est certain que la régénération naturelle des peuplements doit être recherchée aussi souvent que possible pour des raisons de coûts, de diversité biologique, de stabilité de l'écosystème... La plantation reste une alternative à n'utiliser qu'en dernier ressort lorsque tout espoir de reconstitution des forêts naturelles a été abandonné.

475. Les plantations clonales

Les plantations clonales d'arbres sont de plus en plus répandues. En zone tropicale africaine, il nous faut citer le cas de l'Hévéa (*Hevea brasiliensis*), des Eucalyptus, du *Gmelina arborea*, du Samba (*Triplochiton scleroxylon*)... Les avantages des plantation clonales sont nombreux (Libby et al. 1984), parmi eux on peut citer :

- la réalisation de plantations intensives d'espèces ou d'hybrides inter-spécifiques dont la multiplication sexuelle est difficile ;
- l'utilisation de génotypes particuliers difficile à "fixer" ;

- la reproduction massive de descendances performantes (parcs à bois) lorsque le contrôle de la pollinisation est trop coûteux ou difficile ;
- le raccourcissement du temps des sorties variétales ;
- le contrôle de la diversité génétique par association de clones génétiquement éloignés.

Toutefois, le recours massif à la multiplication végétative d'un matériel végétal amélioré et contrôlé peut induire certains risques sur le plan phytosanitaire si la variabilité du matériel végétal est étroite. Une idée largement répandue est qu'une plantation issue de graines est plus "sûre" qu'une plantation de clones (Libby 1982). Ainsi on pense qu'un nombre élevé de clones constitue un ensemble capable de limiter le risque de catastrophe due aux maladies et ravageurs. Existe-t-il un nombre de clones qui confère aux plantations pérennes une sécurité acceptable vis à vis de ces risques ? Comment les planter ?

Il est possible d'utiliser des mélanges pied à pied ou des mélanges en mosaïque. D'un point de vue pratique, le mélange pied à pied est difficile à mettre en oeuvre sur de grandes superficies.

L'importance du danger d'une prolifération d'un agent pathogène, est sans doute lié à la variabilité génétique utilisée. Celle-ci est décrite par le nombre de génotypes et leur fréquence. Sa répartition est discontinue dans le cas des plantations clonales. Quelques chiffres concernant le nombre de clones à utiliser en mélange dans les plantations monospécifiques afin de limiter les risques dus aux maladies et ravageurs peuvent être cités, ceci en supposant les clones peu apparentés (Heybroek 1982, Libby et al. 1984, Durand-Gasselin 1994) :

- cinq (plantation en carré) à sept clones (plantation en quinconce) permettent de réaliser un mélange sans aucun voisin identique et par conséquent un "isolement génétique" maximum de chaque clone ;
- dix à quinze clones peuvent assurer une bonne stabilité à un ensemble. Ce nombre semble compatible avec le maintien d'une discontinuité génétique suffisante pour limiter les risques de propagation des agents pathogènes ;
- vingt à quarante clones couvrent à peu près toutes les situations mais on recrée alors un continuum génétique qui peut être dommageable pour limiter l'extension des agents pathogènes.

48. Les plantations mélangées

L'association dans les parcelles de plantation de diverses espèces, est une technique sylvicole ancienne. En effet, dès 1930, les premières opérations d'enrichissement en layons et de plantations sous forêt ont permis d'essayer plusieurs mélanges, avec des espèces de bois d'oeuvre diverses telles que : le Niangon (*Heritiera utilis*), l'Acajou Bassam (*Khaya ivorensis*), le Framiré (*Terminalia ivorensis*), l'Okoumé (*Aucoumea klaineana*), le Sipo (*Entandrophragma utile*), le Dibétou (*Lovoa trichilioides*), l'Azobé (*Lophira alata*), le Bossé (*Guarea cedrata*), le Tiama

(*Entandrophragma angolense*)... Ultérieurement, avec le développement des plantations en plein découvert, de nombreux autres espèces ont été utilisées en mélange.

481. Des objectifs cultureux variés

Les associations en mélange de différentes espèces lors de plantations peuvent avoir différents objectifs. Les principaux objectifs sylvicoles de ces mélanges ont par ailleurs évolué avec le temps.

482. Pourquoi planter en mélange ?

Dans les premières réalisations les objectifs de ces plantations étaient limités à quelques aspects sylvicoles :

- la réduction de l'impact des problèmes phytosanitaires (en particulier parasitaires) liés à la monospécificité des plantations ;
- l'amélioration de la forme des arbres d'avenir en créant un sous-étage à rôle éducatif.

Avec l'extension des actions de reboisement de nouvelles fonctions et contraintes ont été assignées aux peuplements en mélange :

- la protection des sols contre l'érosion ;
- l'amélioration et le maintien de la fertilité des sols ;
- le contrôle du développement des adventices indésirables dans le but en particulier de diminuer les risques de feux de brousse et de forêt ;
- l'amélioration de la valorisation des produits d'éclaircies par association d'espèces à vocations différentes (bois énergie notamment) ;
- l'utilisation de matériel végétal amélioré performant mais rare en mélange avec une autre espèce tout-venant...

Les problèmes des plantations monospécifiques intensives réalisées sur de grandes superficies sont nombreux (notamment dans le domaine phytosanitaire) et surtout difficiles à gérer économiquement. Les associations en mélange permettent d'augmenter la variabilité de la structure et de l'architecture des peuplements plantés.

483. L'architecture des mélanges : un outil sylvicole

Il est possible de distinguer les associations selon des critères d'occupation de l'espace. Le sylviculteur pourra agir à deux niveaux pour moduler le mélange (Dauget et *al.* 1990) :

- la répartition topographique des plants ;
- la structure verticale des peuplements.

483.1. Répartition topographique des plants

Pour des raisons pratiques de mise en place, les mélanges sont le plus souvent réalisés par lignes. Les mélanges pied à pied sont en effet difficiles à réaliser d'un point de vue pratique. Le nombre de lignes de chaque espèce varie et permet de définir des taux de mélange différents en fonction des objectifs assignés au peuplement.

Les taux de mélange à la plantation sont compris entre 25 et 50%. Des taux inférieurs à 25% ne sont pas souhaitables si l'on souhaite conserver au mélange ses caractéristiques structurales après les différentes éclaircies.

483.2. Structure verticale des peuplements

En fonction de l'apparition de différentiels de croissance entre les essences associées, deux grands types de structure verticale des peuplements en mélange peuvent être distingués.

Structure monostrate :

La croissance des deux espèces associées est identique. On obtient en fin de révolution un mélange par bouquets ou pied par pied des deux espèces ayant atteint simultanément leur diamètre d'exploitabilité. Ce type de peuplement répond en priorité à des préoccupations de limitation de l'impact des problèmes de croissance (station, attaques parasitaires...). En associant deux espèces à croissance similaire, il est facile d'éliminer lors des éclaircies l'espèce dont la croissance est la plus médiocre.

Structure bistrate :

L'espèce à la croissance la plus rapide, dite espèce principale, est à privilégier dans l'objectif assigné au peuplement. L'espèce à la croissance la plus lente, dite espèce secondaire, forme un sous-étage, temporaire ou permanent, avec une vocation multiple :

- d'accompagnement (élagage, gainage des tiges d'avenir...) ;
- culturale (amélioration de la fertilité, protection contre l'érosion...) ;
- de production (taillis à vocation bois de service ou bois-énergie).

Le rôle de l'espèce secondaire est en réalité le plus souvent mixte : cultural/éducatif/production/protection. Ces peuplements bistrates favorisent l'élimination des adventices indésirables et limitent les risques de feux. Ils assurent une bonne protection des sols contre l'érosion.

484. Les espèces à associer

Le choix des espèces à associer repose sur leur tempérament ainsi que sur l'objectif assigné au mélange. Pour chaque espèce l'adéquation espèce/site doit être respectée afin d'obtenir une croissance optimale (Dupuy et *al.* 1991, Wormald 1992, Ewans 1992).

484.1. Tempérament des espèces

Pour l'introduction d'une espèce en reboisement, il faut dans un premier temps considérer les conditions climatiques générales et les exigences propres à chaque espèce. Dans un deuxième temps, les conditions stationnelles doivent être prises en compte.

Exigences climatiques :

Trois principales zones correspondant aux grandes divisions phytogéographiques de la forêt dense humide sont distinguées :

- forêt dense sempervirente ;
- forêt dense semi-décidue ;
- zone préforestière.

En fonction de ces divisions biogéographiques, les espèces de reboisement à utiliser sont les suivantes (Dupuy et *al.* 1991, Louppe et *al.* 1993) :

Chapitre 5. Tableau 51 :

Exigences climatiques de quelques espèces de plantation à vocation bois d'oeuvre.

Zone de Reboisement bois d'oeuvre		
Sempervirent	Semi-décidue	Préforestier
>1600 mm/an	Précipitations moyennes annuelles 1000-1600 mm/an	
2-4	Nombre de Mois secs 4-6	
<i>Heritiera utilis</i> (Niangon) <i>Aucoumea klaineana</i> (Okoumé) <i>Thiaghemella heckelii</i> (Makoré) <i>Khaya ivorensis</i> (Acajou) <i>Hallea ciliata</i> (Bahia) <i>Funtumia spp.</i> (Pouo) <i>Nauclea diderrichii</i> (Bilinga - Badi) <i>Terminalia ivorensis</i> (Framiré) <i>Cedrela odorata</i> <i>Gmelina arborea</i> <i>Acacia mangium</i> <i>Acacia crassicarpa</i> <i>Leucaena leucocephala</i> <i>Parserianthes falcataria</i>	<i>Terminalia superba</i> (Fraké-Limba) <i>Terminalia ivorensis</i> (Framiré) <i>Triplochiton scleroxylon</i> (Ayous - Samba) <i>Mansonia altissima</i> (Bété) <i>Ceiba pentandra</i> (Fromager) <i>Guarea cedrata</i> (Bossé) <i>Entandrophragma cylindricum</i> (Sapelli) <i>Entandrophragma angolense</i> (Tiama) <i>Tectona grandis</i> <i>Acacia auriculiformis</i> <i>Gmelina arborea</i> <i>Bombax buonopozense</i> (Oba) <i>Leucaena leucocephala</i> <i>Albizia lebbeck</i>	<i>Khaya grandifoliola</i> (Acajou) <i>Khaya senegalensis</i> (Caïlcedrat) <i>Ceiba pentandra</i> (Fromager) <i>Ac. auriculiformis</i> <i>Gmelina arborea</i> <i>Tectona grandis</i> (Teck) <i>Senna siamea</i> <i>Albizia zygia</i>

Tolérance à l'ombrage :

Dans une zone écologique donnée, le principal facteur limitant à prendre en considération dans les associations en mélange est le comportement de chaque espèce vis à vis de la lumière. Sans décrire tous les nombreux mélanges testés avec succès depuis plusieurs décennies, il est possible de distinguer la tolérance d'un certain ombrage pour certaines espèces actuellement utilisées en plantation (Dupuy 1990).

Chapitre 5. Tableau 52 :

Exigence des espèces vis à vis de la lumière.

Espèce strictement héliophile	Espèce supportant un certain couvert
<i>Terminalia ivorensis</i>	<i>Heritiera utilis</i>
<i>Terminalia superba</i>	<i>Khaya ivorensis</i>
<i>Triplochiton scleroxylon</i>	<i>Khaya anthotheca</i>
<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Khaya grandifoliola</i>
<i>Gmelina arborea</i>	<i>Entandrophrama utile</i>
<i>Nauclea diderrichii</i>	<i>Entandrophragma angolense</i>
<i>Hallea ciliata</i>	<i>Guarea cedrata</i>
<i>Bombax buonopozense</i>	<i>Tectona grandis</i>
<i>Funtumia elastica</i>	<i>Senna siamea</i>
<i>Albizia spp.</i>	<i>Leucaena leucocephala...</i>

Tolérance à l'hydromorphie :

Peu d'espèces forestières tolèrent une hydromorphie temporaire excédant plusieurs mois. Pour les opérations de réafforestation des bas-fonds, dans des conditions d'hydromorphie temporaire, des résultats encourageants ont été obtenus avec *Hallea ciliata*, *Acacia auriculiformis* et *Bombax buonopozense*. Aussi, souvent que cela sera possible, ces zones devront être protégées et les peuplements naturels conservés.

484.2. Typologie

Il est possible de distinguer les mélanges selon leur architecture (monistrate, bistrate), leur objectif (production, protection), le type de produit ligneux (bois d'oeuvre, bois d'industrie, bois-énergie)...

Chapitre 5. Tableau 53 :

Objectif, association-type et densité de plantations des principaux mélanges.

TYPE DE MELANGE	MNOSTRATE	BISTRATE	BISTRATE
OBJECTIF SYLVICOLE Production Bois d'oeuvre Bois de service Protection	principal secondaire secondaire	principal principal secondaire	principal secondaire principal
MELANGE TYPE	<i>Khaya ivorensis</i> + <i>Heritiera utilis</i> <i>Terminalia ivorensis</i> + <i>Terminalia superba</i>	<i>Tectona grandis</i> + <i>Senna siamea</i> <i>Terminalia ivorensis</i> + <i>Acacia mangium</i>	<i>Khaya spp</i> + <i>Leucaena</i> <i>leucocephala</i> <i>Tectona grandis</i> + <i>Acacia</i> <i>auriculiformis</i>
DENSITE DE PLANTATION	700-1100 tiges/ha	1100 - 1500 tiges/ha	400 - 1500 tiges/ha
TAUX DE MELANGE	50% - 50 %	25 % - 75 %	50 % - 50 %

Trois principaux types majeurs de plantations en mélange peuvent être actuellement identifiés: Les mélanges à vocation production bois d'oeuvre, Les mélanges à vocation mixte de production (bois d'oeuvre, bois de service et bois énergie) et les mélanges à vocation mixte production/protection.

- * Les mélanges dont la vocation est la production de bois d'oeuvre sont le plus souvent des mélanges monostrates d'espèces soit à moyenne révolution (vingt-quarante ans) soit à longue révolution (cinquante ans et plus). Ils associent des espèces telles que : *Terminalia ivorensis* et *Terminalia superba*, *Terminalia superba* et *Triplochiton scleroxylon*, *Khaya ivorensis* et *Heritiera utilis*, *Khaya ivorensis* et *Aucoumea klaineana*, *Heritiera utilis* et *Aucoumea klaineana*, *Triplochiton scleroxylon* et *Gmelina arborea*... Les deux espèces associées ont des durées de révolution et des sylvicultures (densité de plantation, régime des éclaircies) peu différentes.
- * Les mélanges avec une vocation mixte de production (bois d'oeuvre, bois de service et bois énergie) sont le plus souvent des mélanges bistrates. L'espèce principale, qui est dominante, est une espèce à moyenne révolution (vingt-quarante ans). Elle a une vocation de production de bois d'oeuvre. L'espèce dominée à une vocation de production de bois de service ou de bois-énergie. C'est le plus souvent une espèce de courte ou moyenne révolutions cinq-dix ans).

Ce type de mélange permet une valorisation plus facile des premières éclaircies réalisées en priorité dans les strates inférieures. A titre d'exemple nous pouvons citer les associations d'espèces suivantes : *Tectona grandis* et *Senna siamea*, *Terminalia ivorensis* et *Acacia mangium*, *Gmelina arborea* et *Acacia auriculiformis*, *Cedrela odorata* et *Acacia mangium*... Un traitement en taillis de l'espèce composant la strate inférieure (*Senna siamea*, *Acacia spp.*) permet de favoriser et de pérenniser une structure bistrate du peuplement.

- * Dans les mélanges avec une vocation mixte, combinant production et protection, une espèce à vocation bois d'oeuvre à moyenne ou longue révolution (supérieure à vingt ans) est alors associée à une espèce à vocation culturale. Nous pouvons citer, à titre d'exemple, les associations suivantes : *Khaya spp.* (Acajou bassam, Acajou Blanc, Acajou à grande feuille, Cailcedrat) et *Leucaena leucocephala*, *Entandrophragma spp.* (Sipo, Kosipo, Tiama, Sapelli...) et *Leucaena leucocephala*, *Tectona grandis* et *Acacia auriculiformis*, *Gmelina arborea* et *Acacia auriculiformis*...

Dans ce cas, l'espèce d'accompagnement (*Leucaena leucocephala*, *Acacia auriculiformis*...) a pour vocation principale soit de protéger ou d'améliorer les sols, soit de lutter contre l'enherbement et le développement des espèces indésirables (*Musanga*, *Chromolaena*, *Trema*, *Solanum*, *Imperata*...) soit de réduire les risques de feux, soit d'essayer de limiter l'impact des attaques parasitaires. Cette espèce a donc essentiellement une vocation culturale. Elle fait l'objet de rabattages réguliers dans le jeune âge (recépage, étêtage...) afin de ne pas concurrencer l'espèce à vocation bois d'oeuvre dont l'objectif est la production. L'aspect production est accessoire pour l'espèce secondaire qui est traitée avec de courtes révolutions (inférieure à cinq ans). On utilise souvent des légumineuses qui présentent l'avantage de combiner une bonne protection physique du sol et une capacité à l'enrichir en éléments minéraux notamment en Azote.

485. Sylviculture des plantations en mélange

A chaque espèce correspond une densité optimale de plantation. Dans un mélange associant deux espèces à densités optimales de plantation différentes, la densité de plantation la plus élevée sera retenue. Les espèces qui peuvent être menées en mélange monostrate ont des régimes sylvicoles (régime des éclaircies, âge d'exploitabilité) relativement similaires. Le sylviculteur se bornera à pratiquer des éclaircies sélectives au profit des individus d'avenir lorsque la concurrence apparaîtra au sein du peuplement.

Par conséquent, le facteur déterminant du choix de l'espèce principale dépendra de la meilleure adéquation station/espèce au sein du mélange. Lorsque les croissances des deux espèces sont sensiblement identiques on veillera à garder l'équilibre du mélange jusqu'au choix définitif de l'espèce principale. Dans le cas d'un différentiel de croissance important de croissance, l'espèce la plus vigoureuse sera favorisée sous réserve d'une conformation et d'un état sanitaire satisfaisant. Le régime sylvicole adopté dépendra donc du choix de l'espèce principale qui devra être favorisée lors des éclaircies (Dupuy 1989).

Le taux de mélange préconisé à la plantation est de 50%-50%. L'espèce avec la meilleure croissance qualitative et quantitative sera favorisée lors des éclaircies. Dans certains cas particuliers, notamment si l'objectif du mélange est de limiter l'impact d'attaques parasitaires, le taux de l'espèce concernée par les attaques est de l'ordre de 25%.

Pour les mélanges bistrates la sylviculture adoptée est celle de l'espèce dominante ou principale qui sera systématiquement favorisée lors des éclaircies. Dans de nombreux cas la sylviculture de cette espèce est connue avec un degré de précision variable selon les espèces mais suffisant pour mettre en oeuvre une sylviculture simple.

L'espèce secondaire a une fonction de production accessoire (bois de service et de feu). Cette espèce pourra être traitée en taillis (*Teck, Leucaena*), étêtée (*Acacia spp.*) ou rabattue (*Pueraria*). Le taux de mélange à la plantation est de l'ordre de une ligne d'espèce principale pour deux à trois lignes d'espèces secondaires.

Chapitre 5. Tableau 56 :

Croissance comparée des espèces dans différents types de mélange en forêt dense humide (Doumbia 1994, Dupuy 1995).

Espèce		Age (ans)	Densité (tiges/ha)	Hauteur moyenne (m)	Circonférence moyenne (cm)
Niangon	Ni	4	227	3.8	
Okoumé	Ok		201	4.9	
	Ni	27	171		67
	Ok		165		158
Niangon	Ni	4	250	3.4	
Acajou bassam	Ac		109	3.6	
	Ni	27	101		109
	Ac		57		130
Azobé	Az	6	86	4.4	
Aboudikro	Ab		90	3.5	
Doussié	Do	10			35
Acajou bassam	Ac				33
Acajou bassam	Ac	5	86		18
Samba	Sa		91		36
	Ac	27	31		123
	Sa		78		154
Acajou bassam	Ac	4	154		25
Cedrela odorata	Ce		718		49
	Ac	12	49		48
	Ce		212		112
Cedrela odorata	Ce	13	41		150
Framiré	Fm		46		114
	Ce	25	19		161
	Fm		24		145
Cedrela odorata	Ce	6		13.9	27
Acacia mangium	Ac			24.7	59
Framiré	Fr	29	132		132
Teck	Te		202		81
Fraké	Fk	4	559		44
Framiré	Fm		50		41
	Fk	13	174		94
	Fm		11		90
Fraké	Fk	7	130	13.0	54
Samba	Sa		206	6.3	30
	Fk	20	79		99
	Sa		158		71
Samba	Sa	17	14		107
Teck	Te		130		69
Samba	Sa	22	94		119
Gmelina arborea	Gm		60		106
Gmelina arborea	Gm	5	158		81
Teck	Te		952		23
Gmelina	Gm	8	33		82
Acacia auriculiformis	Aa		66		43

486. Perspectives et contraintes des plantations en mélange

Dans beaucoup de cas, la réhabilitation de l'état forestier est une contrainte incontournable en Afrique tropicale à la suite d'une surexploitation de la ressource ligneuse combinée avec des défrichements abusifs (Aubréville 1953, Catinot 1965, Goudet 1973, Dupuy 1989, Evans 1992, Wormald 1992, Lanly 1993, Singh 1993).

Dans les zones de forêts denses humides, l'action de reboisement intensif doit concerner en priorité les jachères abandonnées plus ou moins dégradées par l'agriculture itinérante et les feux de brousse.

Sans considérer leur impact bioclimatique, le rôle des reboisements est multiple (Dupuy et al. 1991, Wormald 1992) :

- réhabilitation et protection des sols ;
- production ligneuse ;
- protection contre les feux ;
- sauvegarde ex-situ du matériel végétal ;
- protection de la faune...

L'association d'espèces de couverture, quelles soient herbacées ou ligneuses, permet d'assurer une protection des sols contre les agents météoriques. Ces associations limitent aussi le développement d'adventices indésirables propres à favoriser la propagation des feux de brousse au sein des plantations. Les espèces associées peuvent avoir un impact positif direct (légumineuses) ou indirect (stockage dans l'humus) sur les réserves minérales des sols ainsi que sur leur bilan hydrique.

Dans le cas de risques d'attaques parasitaires concernant une espèce donnée, il est possible d'envisager la création de peuplements mélangés évoluant au gré des éclaircies en faveur de l'espèce la moins attaquée.

Ce type de mélange, pied par pied ou en bouquets, ne réduit pas les risques d'attaque mais l'expérience montre qu'il limite les risques d'échec en les répartissant sur deux ou plusieurs espèces. Ce raisonnement s'applique à d'autres risques de destruction des plantations comme les feux de brousse. La résistance aux feux est en effet fort variable selon les espèces.

L'étude des associations des espèces en mélange est toujours une étude comparée du comportement de deux espèces. Elle est un complément nécessaire des études sur les plantations monospécifiques. Le degré de compatibilité en mélange des espèces est un bon indicateur de leur plasticité sylvicole et de leur sociabilité. Les espèces de jeunes forêts secondaires, dites cicatricielles (Aubréville 1947, Lebrun et Gilbert 1954, Jones 1956, Schnell 1971, Guillaumet et al. 1971, Alexandre 1979, Trochain et al. 1980, Kahn 1982, Favrichon 1991, Dupuy 1993) comme : *Terminalia spp.*, *Triplochiton scleroxylon*, *Aucoumea klaineana*, *Nauclea diderrichii*, *Funtumia spp.*..., ont un comportement d'espèces socialement dominantes. Pour s'installer, ces espèces ont besoin dès leur jeune âge d'un éclaircissement et d'un espace suffisant, faute de quoi elles disparaissent rapidement.

Les espèces de forêts secondaires vieilles ou de forêts climaciques (*Heritiera utilis*, *Khaya spp.*, *Mansonia altissima*, *Entandrophragma spp*, *Milicia excelsa...*), ont un comportement plus sociable et peuvent tolérer un degré de concurrence plus intense. Ces espèces peuvent se développer à l'ombre dans le jeune âge et rester ainsi en phase d'attente jusqu'à une mise en lumière qui leur permet de reprendre une croissance soutenue.

De ce point de vue, les études des plantations en mélange deviennent aussi un complément utile des recherches sur l'autoécologie des espèces en forêt naturelle, domaine dans lequel il reste fort à faire. A de multiples égards, la sylviculture des plantations en mélange apparaît comme un lien entre la sylviculture des plantations monospécifiques et la sylviculture en forêt naturelle.

49. Plantations à vocation bois d'oeuvre en Afrique

Pour l'ensemble de l'Afrique, les superficies forestières plantées étaient estimées à 1,4 millions d'hectares en 1965, 2,7 millions d'hectares en 1980 et 3,8 millions d'hectares en 1990 soit en moyenne de l'ordre de 100.000 hectares par an (Evans 1992). Le rythme annuel de progression des plantations est faible eu égard à la déforestation actuelle qui est de 600.000 ha/an.

Aujourd'hui, les plantations forestières (tout objectif confondu) représentent 0,2% (soit environ 450.000 ha) des superficies de l'Afrique de l'Ouest et moins de 0,1% (soit environ 175.000 ha) des superficies de l'Afrique centrale (F.A.O. 1993). La mise en oeuvre des plantations d'espèces de bois d'oeuvre a commencé avec l'exploitation systématique des forêts denses humides au début du siècle. Seule une très faible partie des superficies défrichées ont été reboisées en bois d'oeuvre. La superficie ainsi plantée en Afrique centrale et de l'Ouest depuis le début du siècle peut être estimée à environ 400.000 hectares.

491. Gabon

Les plantations ont concerné essentiellement l'Okoumé (*Aucoumea klaineana*). Les premiers essais ont débuté en 1935 avec des semis sur bande, des semis sur placeaux, des plantations en layons puis en plein. L'Okoumé est une essence héliophile qui s'accommode très bien des plantations en plein découvert. Entre 1957 et 1981, 27 000 hectares ont été plantés. Au total environ 35 000 hectares ont ainsi été convertis en futaie d'Okoumé.

492. Congo (R.P.)

C'est le Limba (*Terminalia superba*) qui a été utilisé à partir de 1949 pour les plantations de conversion. Cette espèce héliophile a été plantée après destruction partielle puis totale de la forêt par méthodes manuelles ou mécanisées. La plantation est effectuée à larges écartements pouvant atteindre 12 m x 12 m. Les superficies ainsi traitées couvrent environ 18.000 hectares.

493. R.D. Congo (ex Zaïre)

De nombreuses techniques ont été expérimentées dès 1905, telles que : l'uniformisation par le bas, la méthode des layons, les plantations en bandes, la méthode des placeaux, la méthode sylvo-bananière, les plantations en plein découvert... L'espèce la plus utilisée est *Terminalia superba* (Maudoux 1958). D'autres espèces ont été ponctuellement employées : *Milicia excelsa*, *Entandrophragma spp.*, *Heritiera utilis*, *Ceiba pentandra*, *Khaya spp.* : les superficies plantées sont de l'ordre de 18.000 hectares. La totalité des superficies plantées est estimée à 55.000 hectares.

494. Cameroun

Les plantations de conversion ont été réalisées dès 1932 avec de nombreuses essences : *Entandrophragma utile*, *Entandrophragma cylindricum*, *Mansonia altissima*, *Triplochiton scleroxylon*, *Aucoumea klaineana*, *Azelia bipindensis*, *Lovoa trichilioïdes*, *Terminalia ivorensis*, *Entandrophragma cylindricum*, *Khaya ivorensis*, *Milicia excelsa*, *Guarea cedrata*, *Entandrophragma candollei*, *Heritiera utilis*...

Les superficies concernées atteignent quelques milliers d'hectares (environ 5.000 hectares). Les plantations ont été réalisées par la méthode des layons, du sous-bois ou du recrû. La totalité des superficies plantées est estimée à 20.000 hectares.

495. Nigéria

Les plantations ont été développées à partir du début du siècle (1916). Dès 1950, les plantations en plein découvert par la méthode taungya ont été généralisées. Les essences concernées sont *Tectona grandis*, *Nauclea diderrichii*, *Terminalia superba*, *Terminalia ivorensis*, *Triplochiton scleroxylon*, *Khaya ivorensis*, *Lovoa trichilioïdes*, *Milicia excelsa*, *Azelia africana*, *Cedrela odorata*...

A partir de 1970, les principales essences de reboisement sont *Terminalia superba*, *Terminalia ivorensis*, *Nauclea diderrichii*, *Tectona grandis* et *Gmelina arborea*. Les superficies plantées atteignent plusieurs dizaines de milliers d'hectares (de l'ordre de 170.000 hectares). La totalité des superficies plantées est estimée à 260.000 hectares.

496. Bénin

L'essentiel des plantations de bois d'oeuvre a été réalisé avec du Teck sur quelques milliers d'hectares. La totalité des superficies plantées est estimée à 11.000 hectares.

497. Togo

Dès 1910 des plantations de Teck ont été réalisées au Togo. Environ 8.000 hectares ont été plantés avec cette espèce. Des plantations expérimentales ont été réalisées avec *Terminalia superba*, *Milicia spp.*, *Khaya spp.*, *Triplochiton scleroxylon*, *Ceiba pentandra*, *Gmelina arborea*... sur environ un millier d'hectares. La totalité des superficies plantées est estimée à 23.000 hectares.

498. Ghana

Les plantations d'enrichissement ont débuté dès 1936. Les plantations pures ou mélangées sont réalisées avec de nombreuses espèces : *Milicia excelsa*, *Azelia africana*, *Mansonia altissima*, *Antiaris toxicaria*, *Terminalia superba*, *Pterygota macrocarpa*, *Aningeria spp.*, *Triplochiton scleroxylon*, *Nauclea diderrichii*, *Hallea ciliata*, *Khaya ivorensis*, *Khaya anthotheca*, *Entandrophrama angolense*, *Entandrophragma utile*, *Pericopsis elata*, *Heritiera utilis*, *Cedrela odorata*, *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*...

Très tôt, les plantations par la méthode taungya et du recrû ont été généralisées avec des essences comme : *Tectona grandis*, *Terminalia ivorensis*, *Triplochiton scleroxylon*, *Cedrela odorata*... Les superficies ainsi plantées représentent environ 50.000 hectares. La totalité des superficies plantées est estimée à 76.000 hectares.

499. Côte d'Ivoire

Les plantations ont débuté en 1930 et se poursuivent jusqu'à aujourd'hui. Les principales méthodes utilisées sont la méthode des layons, la méthode du sous-bois, la méthode du recrû, les plantations en plein découvert manuelles ou mécanisées. Environ 100.000 hectares ont ainsi été mis en place dont 13.000 hectares par la méthode des layons de 1932 à 1949. Les espèces utilisées sont : *Heritiera utilis*, *Entandrophragma utile*, *Khaya ivorensis*, *Terminalia ivorensis*, *Terminalia superba*, *Triplochiton scleroxylon*, *Aucoumea klaineana*, *Cedrela odorata*, *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*...

500. Guinée

Les plantations ont été développées à partir de 1945 mais sur de faibles superficies. Les deux principales espèces utilisées sont *Tectona grandis* (700 hectares) et *Gmelina arborea* (900 hectares). Quelques plantations en layons ont été réalisées entre 1945 et 1958 avec *Khaya ivorensis*, *Azelia africana*, *Terminalia superba*, *Milicia excelsa*, *Triplochiton scleroxylon* ... (environ 100 hectares). La totalité des superficies plantées est estimée à 25.000 hectares.

501. Autres pays : Sierra léone, Libéria...

En Sierra Léone les premières plantations ont été réalisées en 1896. Les différentes techniques de plantation ont été utilisées sur des superficies n'excédant pas quelques milliers d'hectares (environ 5.000 hectares). Les espèces utilisées sont principalement *Terminalia ivorensis* et *Gmelina arborea* (accessoirement *Nauclea diderrichii*, *Heritiera utilis*, *Cedrela odorata* et *Tectona grandis*). La totalité des superficies plantées est estimée à 6.500 hectares.

Au Libéria, environ 5.000 hectares ont été plantés en plein découvert principalement avec *Tectona grandis*, *Gmelina arborea* et *Pinus spp.* La totalité des superficies plantées est estimée à 9.000 hectares.

En Uganda, environ 30.000 hectares ont été plantés.

5. ELEMENTS DECISIONNELS POUR LE CHOIX D'UNE TECHNIQUE SYLVICOLE

Une des préoccupations de l'aménagiste doit être d'inventorier et de cartographier les peuplements selon une typologie adaptée à des buts d'aménagement forestier. Cette typologie doit être établie en fonction des possibilités de choix des techniques sylvicoles disponibles. Les paramètres à prendre en considération sont notamment :

- la continuité du couvert (photo-interprétation) ;
- la richesse en essences commerciales (inventaires) ;
- les potentialités stationnelles (topographie, fertilité, vulnérabilité) ;
- la pression humaine agricole (intensité, type de spéculation...) ;
- les problèmes phytosanitaires...

Cette typologie doit permettre une cartographie du massif avec établissement d'un parcellaire en unités homogènes justifiables d'un traitement sylvicole unique. La taille de la parcelle est fonction des moyens disponibles. Elle doit tenir compte d'impératifs techniques et économiques.

A titre indicatif la taille minimum d'une parcelle doit être de l'ordre de : dix hectares pour les techniques de reboisement manuel, trente hectares pour les techniques de reboisement mécanisé et cent hectares pour les techniques d'amélioration des forêts naturelles.

Le regroupement de ces unités au sein de séries (protection, production) doit permettre la hiérarchisation des interventions sylvicoles dans le temps lors de la mise en oeuvre de l'aménagement. La chronoséquence des interventions doit tenir compte des limites techniques qu'impose la mise en oeuvre d'une technique donnée. Il faut considérer le coût des opérations qui est un paramètre fondamental lors de la réalisation des interventions.

51. Typologie des peuplements de forêt naturelle

L'analyse qualitative et quantitative de l'état des peuplements forestiers doit permettre d'émettre un diagnostic de leur état sylvicole. En fonction de ce diagnostic il est possible de programmer les interventions sylvicoles à réaliser au sein des peuplements. Dans cet esprit, un essai de typologie simple a été réalisé en se basant sur trois paramètres sylvicoles :

- la richesse du "peuplement exploitable" de diamètre supérieur au diamètre d'exploitabilité technique (50 cm ou 60 cm) ;
- la richesse du "peuplement d'avenir" dont le diamètre est compris entre 30 cm et 50 cm ;
- la richesse de la "régénération installée" dont le diamètre est compris entre 1 cm et 10 cm.

Il est bien évident que de nombreux autres paramètres peuvent, et doivent être pris en compte. Toutefois, l'expérience actuelle démontre souvent le caractère urgent des interventions en forêt naturelle. Cette urgence, combinée à la faiblesse des moyens humains et techniques disponibles, justifie la simplicité de l'approche proposée.

511. Principaux types de peuplements naturels

Dans un objectif de production, huit principaux types différents de forêts denses sont considérés. Les mesures sylvicoles élémentaires préconisées sont les suivantes :

511.1. Forêt riche en équilibre

Ce type de forêt est caractérisé par un nombre de tiges commerciales suffisant dans toutes les strates du peuplement. On se bornera à maintenir cet équilibre après exploitation. L'exploitation forestière peut être déclenchée dès que nécessaire. Un déliantage préalable sera réalisé pour limiter les dégâts d'exploitation. La régénération naturelle est privilégiée.

511.2. Forêt riche avec déficit en régénération

Avant toute exploitation, il faut s'assurer de l'installation d'une régénération installée suffisante en espèces commerciales. Des déliantages et une coupe d'ensemencement par éclaircie forte dans les espèces secondaires dominantes sont préconisés. Ces interventions seront suivies quelques années après de nettoyage au sol ainsi que de dégagements de la régénération installée. La régénération naturelle est privilégiée.

511.3. Forêt riche avec déficit en bois moyens

L'exploitation dans les dominants doit être modérée afin de ne pas trop ouvrir le couvert. Elle sera précédée d'un déliantage. Pour faciliter la croissance des tiges moyennes d'espèces commerciales existantes (20 cm < diamètre < 40 cm) et leur permettre d'accéder aux strates intermédiaires, une éclaircie des essences secondaires de diamètre supérieur à 20 cm peut être réalisée. Il faudra veiller à conserver une régénération naturelle d'espèces commerciales suffisamment riche.

511.4. Forêt riche avec déficit en gros bois

Les peuplements feront l'objet d'opérations d'amélioration afin de faciliter la croissance des bois moyens d'espèces commerciales et accélérer leur croissance unitaire. Si le couvert est lacunaire, la priorité est la reconstitution d'un peuplement fermé avant toute intervention. Si le peuplement est fermé, on peut procéder à des éclaircies dans les espèces secondaires dominantes.

Les éclaircies concerneront en priorité l'étage dominant et codominant (tiges de diamètre supérieur à 30 cm). Toute exploitation est suspendue en attendant la reconstitution d'un peuplement commercial de gros bois.

511.5. Forêt déséquilibrée avec déficit en moyens bois et régénération

Dans ce type de forêt, il faut favoriser en priorité l'installation d'une régénération d'espèces commerciales. Une coupe d'ensemencement par éclaircie forte des espèces secondaires (diamètre supérieur à 20 cm) est préconisée pour favoriser la croissance des bois moyens d'espèces commerciales. La régénération naturelle sera favorisée par des dégagements et déliantages. L'exploitation est subordonnée à l'installation d'une régénération installée suffisante. Elle devra veiller à ne pas trop ouvrir le couvert.

511.6. Forêt dégradée avec déficit en gros bois et régénération

Le peuplement d'espèces commerciales de bois moyen doit être préservé. C'est à partir de lui que l'on peut espérer un enrichissement progressif du peuplement en essences commerciales. Il faut viser à reconstituer un couvert fermé à partir des bois moyens par des coupes mixtes d'amélioration et de régénération.

Une éclaircie légère dans les espèces secondaires (diamètre supérieur à 40 cm) sera réalisée pour favoriser la croissance des espèces commerciales ;

Toute exploitation forestière est suspendue.

511.7. Forêt dégradée avec déficit en gros bois et moyens bois

Des éclaircies prudentes seront éventuellement réalisées dans la régénération des essences secondaires dominantes. La régénération installée d'essences commerciales sera dégagée. Des enrichissements peuvent aussi être envisagés. Le caractère continu du couvert dominant doit être rétabli à long terme.

511.8. Forêt très dégradée

Ce type de forêt doit faire l'objet de mesures de conversion en peuplement équienne par enrichissement, reboisement intensif ou extensif.

Chapitre 5. Tableau 55 :

Essai de typologie forestière. (Côte d'Ivoire).

PEUPEMENT EXPLOITABLE	PEUPEMENT D'AVENIR	REGENERATION INSTALLÉE	TYOLOGIE DE PEUPEMENT FORESTIER
DIAM > 50- 60 cm N>N1 (tiges/ha)	30 cm<DIAM<50cm	1cm<DIAM<10 cm N>N3(tiges/ha)	
Diam (cm) > 50 cm semi-déci due N1=20 sempervirent N1=12 Diam (cm) > 60 cm semi-déci due N1=12 sempervirent N1=7	Diam (cm) 30-50cm semi-déci due N2=30 sempervirent N2=20 Diam (cm) 40-50cm semi-déci due N2=10 sempervirent N2= 8	semi-déci due N3=250 sempervirent N3=150	
OUI	OUI	OUI	Riche en équilibre
OUI	OUI	NON	Riche avec déficit en régénération
OUI	NON	OUI	Riche avec déficit en bois moyens
NON	OUI	OUI	Riche avec déficit en gros bois
OUI	NON	NON	Déséquilibrée avec déficit en moyens bois et régénération
NON	OUI	NON	Dégradée avec déficit en gros bois et régénération
NON	NON	OUI	Dégradée avec déficit en gros bois et moyens bois
NON	NON	NON	Très dégradée

Les seuils de densité sont fournis à titre de guide. Ils correspondent au nombre de semenciers d'essences commerciales à conserver sur pied après exploitation.

Ils concernent l'ensemble des espèces commerciales dont la liste est fournie en annexe 1.

52. Objectifs et normes de densité des espèces commerciales dans les peuplements naturels améliorés

Les normes proposées doivent être adaptées à chaque cas de figure. Elles correspondent à des objectifs de structure quantitative et qualitative des peuplements à atteindre. Elles permettent aussi de mieux cerner le cadre des interventions sylvicoles à réaliser. Ces objectifs sylvicoles seront d'autant plus lointains que les forêts ont déjà fait l'objet d'une exploitation forestière intensive. L'objectif sylvicole principal de la sylviculture en forêt naturelle est d'obtenir une amélioration des peuplements naturels en vue d'augmenter la productivité en bois d'oeuvre des forêts de production. A cet effet, la suppression des arbres de très gros diamètre par l'exploitation conduit à rechercher un enrichissement du capital des tiges proches du diamètre d'exploitabilité afin de conserver un capital volume sur pied d'espèces commerciales suffisant. Cette richesse en essences commerciales à maintenir et à améliorer doit être comprise au sens quantitatif et qualitatif. Dans le cas de forêts déjà fortement exploitées en gros bois mais encore riches en bois moyens, il est nécessaire de prendre en compte les tiges de diamètre supérieur à 40 cm comme semenciers potentiels en adaptant les normes de densité. Bien entendu, plus une forêt est appauvrie en gros bois, plus il faudra protéger le capital des bois moyens.

Afin d'éviter un appauvrissement excessif des peuplements par écrémage des espèces de première catégorie et permettre le maintien d'une certaine biodiversité, les seuils minima de densités d'espèces commerciales à atteindre sont les suivants :

Chapitre 5. Tableau 57 :

Objectifs de densités minima de tiges d'espèces commerciales de différentes catégories à conserver après exploitation forestière en fonction de différentes classes de diamètres. (Cas de la Côte d'Ivoire).

		Densité minimum de tiges d'espèces commerciales				
Catégorie d'espèces		Diam > 60 cm	Diam > 50 cm	Diam > 40 cm	Diam 10-40 cm	Diam 1-10 cm
Forêt	Toutes					
	Espèces Commerciales	7	12	20	100	150
Sempervirente Semi-décidue		12	20	30	200	250
Sempervirent Semi-décidue	Espèces commerciales					
	Catégorie 1	3	5	10	50	75
		8	12	20	100	125

(Voir liste des espèces en annexe 1)

Dans les forêts riches, il faut conserver un capital de tiges d'espèces commerciales de gros diamètres (supérieur à 60 cm) suffisant : il est de l'ordre de 7 à 12 tiges/ha dont 3 à 8 tiges/ha d'espèces commerciales de première catégorie. Ces valeurs varient bien évidemment en fonction du type de forêt. Elles sont fournies à titre indicatif, et font référence au cas des forêts ivoiriennes.

Dans le cas de forêts ruinées par l'exploitation forestière ou la majorité des tiges de gros diamètre a déjà disparu, il faut s'orienter vers la conservation et l'enrichissement du capital de bois moyens.

L'objectif est d'obtenir 20 à 40 tiges/ha de tiges d'espèces commerciales de diamètre supérieur à 40 cm dont 10 à 25 tiges/ha d'espèces commerciales de première catégorie. Le diamètre d'exploitabilité reste fixé à 60 cm au moins.

Par ailleurs pour s'assurer du maintien d'une certaine diversité biologique dans l'étage dominant à l'échelle de la parcelle, il faut conserver au moins dix tiges/100 hectares de chaque espèce principale dont le diamètre est supérieur à 60 cm.

53. Les conditions d'intervention

Les deux principaux facteurs limitants lors de la mise en oeuvre des opérations sylvicoles sont d'une part le potentiel humain et d'autre part les moyens financiers.

Chapitre 5. Tableau 58 :

Coûts rapportés à l'hectare acquis des différentes techniques sylvicoles.

Technique	Coût en main d'oeuvre homme.jour/ha	Coût matériel heure/ha	Coût estimatif 1995 FF/ha
Amélioration Forêt Naturelle	15	0.5 - 1	1500/2500
Enrichissement - layons	60	1 - 2	2000/3000
- placeaux	80	1 - 2	2000/3500
Conversion - Manuel	120	1 - 2	3000/4000
- Mécanisé	50	15 - 20	6000/10000
Replantation Manuel	180	0.25 - 0.5	2000/2500

En pratique le premier facteur limitant est le coût de mise en oeuvre de chaque technique lors de la première année. Les coûts ultérieurs correspondent à des entretiens (nettoyage, dégagement, délianage) ou à des opérations de valorisation (taille d'élagage, dépressage, éclaircies) des peuplements sur pied. Dans le cas de replantation d'anciennes parcelles exploitées, le principal poste est le contrôle des adventices.

Chapitre 5. Tableau 59 :

Taux relatifs des besoins en homme et matériel à mobiliser la première année par rapport à l'hectare acquis.

Technique	Coût main-d'oeuvre homme.jour/ha	Coût matériel heure/ha	% par rapport à l'hectare acquis
Amélioration	7	-	50
Forêts Naturelles	-	0.4/0.8	80
Enrichissement			
- layons	30	-	50
-	-	0.4/0.8	80
- placeaux	30	-	37
-	-	0.4/0.8	80
Conversion			
- Manuel	60	-	60
-	-	0.8/1.6	80
- Mécanisé	15	-	30
-	-	12/16	80
Replantation	100	-	55

Dans de nombreux cas, le facteur de réussite d'une intervention repose sur la disponibilité en main d'oeuvre disponible pour intervenir.

Chapitre 5. Tableau 60 :

Besoins estimatifs en main d'oeuvre pour les différentes techniques sylvicoles.

	Forêt Naturelle			Plantations	
	AFN	Layons	Placeaux	Manuel	Mécanisé
Temps nécessaire à 1 ha acquis (ans)	10	10	10	6	4
Révolution (ans)	25	45	45	35	25
Volume moyen à récolter en fin de révolution (m3 bois d'oeuvre/ha)	20	140	100	180	180
Coût ou main-d'oeuvre par m3 bois d'oeuvre (H.J./m3)	1	0.4	1.6	0.5	0.2

AFN : Méthode d'Amélioration de la Forêt Naturelle.

Les méthodes de sylviculture en forêt naturelle nécessitent une disponibilité en main d'oeuvre importante pour permettre le traitement annuel de grandes surfaces.

54. Eléments de productivité

Aujourd'hui, grâce aux mesures réalisées dans les dispositifs expérimentaux, nous connaissons mieux les accroissements des arbres en forêt naturelle.

Si l'on considère des mesures réalisées sur différents sites en Afrique centrale et de l'Ouest (Alder 1989, Cirad 1994), les accroissements sur le diamètre des espèces commerciales étudiées sont généralement inférieurs à 1 cm/an.

Chapitre 5. Tableau 61 :

Accroissement sur le diamètre (en cm/an) pour différentes espèces de forêt dense humide en Afrique (Cirad 1994).

Espèce	Centrafrique	Cameroun	Côte d'Ivoire	Ghana
Sapelli (<i>Entandrophragma cylindricum</i>)	0,4 à 0,8	0,5 à 0,61	0,23 à 0,61	0,4 à 0,5
Kossipo (<i>Entandrophragma candollei</i>)	0,51	0,5		0,4 à 0,5
Sipo (<i>Entandrophragma utile</i>)	0,56	0,5		0,4 à 0,5
Tiama (<i>Entandrophragma angolense</i>)	0,44	0,5	0,24 à 0,64	0,4 à 0,7
Bossé (<i>Guarea cedrata</i>)		0,46	0,18 à 0,63	0,45
Acajou (<i>Khaya spp.</i>)		0,75	0,38 à 0,49	0,76
Iroko (<i>Milicia spp.</i>)	0,5	0,5	0,58 à 1,23	0,4 à 0,5
Bété (<i>Mansonia altissima</i>)		0,2	0,34 à 0,49	0,25
Ayous (<i>Triplochiton scleroxylon</i>)	0,6 à 0,9	1,0 à 1,4	1,09 à 1,74	0,6 à 1,0
Fraké (<i>Terminalia superba</i>)	0,8 à 1,0	1,0	0,5 à 1,0	
Tali (<i>Erythrophleum ivorense</i>)		0,5	0,54 à 1,0	

En se gardant de toute généralisation excessive, des ordres de grandeur de l'accroissement sur le diamètre peuvent être donnés pour les espèces commerciales étudiées : l'accroissement moyen sur le diamètre est proche de 0,5 cm/an pour les bois rouges et de 1,0 cm/an pour les bois blancs.

Lors des choix d'aménagement il est aussi très important de prendre en considération les capacités de production des peuplements forestiers à gérer (Dupuy et al. 1991, Pettruci et al. 1994). Les valeurs de productivité des plantations correspondent à des conditions de fertilité moyenne.

Chapitre 5. Tableau 62 :

Eléments de productivité comparée des plantations et des forêts naturelles pour les espèces commerciales.

	Age d' Exploitabilité (ans)	Diamètre (cm)	Accroissement moyen volume récolte finale (m3/ha/an)	
			Découpe Bois fort	Bois d'oeuvre
PLANTATIONS				
Eucalyptus urophylla	5	20	30	-
Eucalyptus deglupta	7	20	25	-
Paraserianthes falcataria	7	20	25	-
Acacia mangium	5	15	25	-
Pinus caribaea	10	20	25	-
Acacia auriculiformis	5	15	20	-
Pinus kesiya	14	20	20	-
Eucalyptus saligna	10	20	15	-
Gmelina arborea	15	45	13	11
Terminalia superba	22	50	12	10
Triplochiton scleroxylon	24	50	11	9
Terminalia ivorensis	35	50	10	8
Aucoumea klaineana	40	50	10	8
Tectona grandis	40	50	9	7
Khaya ivorensis	40	50	8	6
Heritiera utilis	45	50	7	6
FORET NATURELLE DENSE HUMIDE AFRICAINE TRAITEE *				
sempervirente riche	25	10	3.5	
		50	1.0	
sempervirente pauvre	35	10	2.0	
semi-décidue riche	20	10	4.3	
		50	1.3	

* : chiffres ne concernant que les essences commerciales

Ces données sont à rapprocher des évaluations de productivité réalisées en zone sèche pour les forêts claires du domaine soudano-guinéen (Clément 1982). Toutes les essences sont prises en compte dans cette étude.

Chapitre 5. Tableau 63 :

Productivité moyenne des formations mixtes forestières et graminéennes tropicales en Afrique (toutes espèces confondues).

Pluviométrie (mm/an)	1.000	1.200	1.400	1.600
Productivité moyenne (m3/ha/an)	1.1	1.6	2.2	2.8

Des estimations sont disponibles pour l'ensemble des forêts tropicales humides (Dawkins 1958, Baur 1964, Briscoe et al. 1970, Huttel et al. 1975, Kio 1976, Wadsworth 1983, Maître 1988, Parren 1991, Dupuy et al. 1992, Bertault et al. 1992, Pettruci et al. 1994, Lowe 1997).

Chapitre 5. Tableau 64 : Eléments de productivité des forêts tropicales denses humides

Lieu	Accroissement moyen annuel		Sources
	m ³ /ha/an Bois d'oeuvre	tonnes/ha/an Bois d'oeuvre	

Forêts non traitées

Afrique	0,7 - 1,8	2,3 - 5,8	Huttel et Bernhard-Reversat (1975) Bertault, Dupuy et Maître (1992)
Amérique	1,8 - 2,9	0,9 - 1,9	Huttel et Bernhard-Reversat (1975)
Asie		3,7 - 4,5	Huttel et Bernhard-Reversat (1975)

Forêts traitées

Afrique			
Uganda	1,4 - 2,5		Dawkins (1958)
Nigéria	0,3 - 4,2	2,7	Baur (1964), Kio (1976), Lowe (1997)
Côte d'Ivoire	1,0 - 4,3		Maître (1988), Dupuy et Brevet (1992)
Centrafrique	2,3 - 3,4		Pettruci et Tandeau de Marsac (1994)
Amérique			
Porto Rico	3,3	1,7	Briscoe and Wadsworth (1970)
Trinidad	6,2	4,0	Baur (1964)
Surinam	9,0	1,0	De Graaf (1996)
Asie-Pacifique			
Malaisie	2,2 - 4,2	1,4 - 2,7	Baur (1964)
Queensland	2,8	1,8	Baur (1964)

Il y a lieu de rappeler ici que cette production de bois d'oeuvre n'est qu'une partie de la production des formations naturelles dont la capacité de production est élevée : la production annuelle de phytomasse est en effet de 10 à 35 tonnes/ha/an alors que la phytomasse aérienne est de 200 à 500 tonnes/ha (Bartholomew et al. 1953, Lemée et al. 1975, Müller et al. 1965, Devineau 1976, Bernhard-Reversat et al. 1979, Jordan 1985, Vitousek et al. 1986, Zech 1993, Carbiener 1995). Le bois d'oeuvre ne représente au plus qu'environ 10% du matériel ligneux produit. Cet aspect ne doit jamais être sous-estimé dans l'aménagement des forêts de production.

Conclusions

Chapitre 6

Tant que l'homme a utilisé la forêt tropicale humide pour y pratiquer une agriculture de subsistance, selon une intensité qui ne dépassait pas sa capacité de régénération, aucun problème d'aménagement et de sylviculture ne s'est posé. L'homme défrichait, se déplaçait et la forêt se reconstituait naturellement. Le défi actuel de la conservation et de l'aménagement des forêts tropicales denses humides repose sur de nombreux paramètres non sylvicoles.

1. UN CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE EN MUTATION

La durabilité d'une forêt repose sur la garantie du maintien de son intégrité. Pour ce faire, il faut enrayer le processus de déforestation notamment par l'élaboration de codes fonciers adaptés, la mise en place d'une politique d'aménagement du territoire et d'aménagement forestier.

11. Droit coutumier et droit moderne

Il faut rappeler brièvement que l'Afrique vit une période d'affaiblissement du droit coutumier qui n'est pas réellement relayé par le droit moderne. Ce droit coutumier reposait souvent sur une propriété collective du sol : le sol est sacré et inaliénable. L'exploitant souvent n'avait qu'un droit d'usage du sol.

Le droit coutumier n'est pas capable de faire face au phénomène d'individualisation des terres, de leur appropriation et de la prise de conscience de leur valeur marchande. C'est ainsi que traditionnellement c'est l'arbre planté qui est propriété personnelle du planteur. La terre reste propriété des ancêtres ou de leurs représentants. Le caractère pérenne des cultures de rente amène un glissement vers l'appropriation des terres. De même la transmission héréditaire de l'arbre induit une transmission héréditaire de la terre qui le porte. D'autre part quand une culture est faite non pour satisfaire l'autoconsommation mais pour la commercialisation, un changement intervient dans la relation Homme/Terre. L'appropriation confère une valeur vénale à la culture puis à la terre (Blanc 1981, Léonard et *al.* 1994).

Beaucoup de problèmes fonciers actuels résultent de l'insuffisance du droit moderne qui ne s'est pas substitué efficacement au droit coutumier.

12. Le statut foncier de la forêt

Lors d'un aménagement, le premier problème à résoudre est le statut foncier de la forêt. La place de chaque intervenant doit être clairement définie et acceptée. Ce préalable est indispensable au succès des opérations techniques ultérieures. La mise en oeuvre de politiques forestières intégrées dans l'aménagement du territoire permet quelques espoirs dans ce domaine.

La culture des arbres tient une place importante dans l'agriculture en Afrique tropicale. Les paysages agraires portent souvent la marque de l'arbre sous forme de parcs ou de plantations. L'arbre agricole est utile. L'arbre planté ou simplement entretenu est une sorte d'interface entre la terre et les sociétés rurales. Il confère un statut à la terre et ressort dans l'organisation sociale comme un "signe foncier". En tant que tel il renvoie à des faits éminemment juridiques et politiques. Dans l'exploitation de l'arbre s'inscrit le droit à l'exploitation du sol. C'est l'appropriation de l'arbre qui précède et entraîne celle de la terre, comme en témoignent aujourd'hui les stratégies foncières sur les fronts pionniers agricoles (Pélissier 1980, Gu Konu 1991).

La différence fondamentale entre l'arbre et la forêt tend à diminuer avec l'intervention du sylviculteur. En Afrique tropicale humide, le foncier de "la forêt naturelle" est en effet essentiellement un foncier d'espace (Bertrand 1991). L'exploitation forestière a le plus souvent un caractère de cueillette. Elle n'ôte pas son caractère "sauvage et naturel" à la forêt.

L'action régulière et continue du sylviculteur va modifier le caractère "naturel" à la forêt. La forêt naturelle devient une culture plus ou moins extensive. La sylviculture est un signe d'appropriation de l'arbre qui perd son statut naturel. L'arbre devient plante "cultivée". Le foncier forestier peut ainsi évoluer vers un foncier de l'arbre. La répétition des actions sylvicoles sur de longues périodes induit ensuite une appropriation de l'espace.

L'importance actuelle des problèmes démographiques, sociaux, économiques et financiers a ainsi paradoxalement permis de dégager et de renforcer le rôle et l'importance des techniques sylvicoles dans la pérennisation de l'aménagement des forêts tropicales.

2. FORET TROPICALE ET AMENAGEMENT FORESTIER

"L'aménagement d'une forêt tropicale humide pose actuellement autant de problèmes qu'il essaie d'en résoudre... Les systèmes société-forêt doivent tenir compte des considérations économiques sans être dominés par celles-ci (Leslie 1977)". Aucun aménagement forestier n'est possible sans l'adhésion des différents acteurs qui y interviennent : Etat, collectivités rurales, industriels, bailleurs de fonds...

21. Nécessité d'une approche intégrée

La forêt est un patrimoine collectif qui ne peut survivre qu'au travers d'un consensus général regroupant ces différents acteurs. Une fois ces intervenants identifiés, les priorités d'intervention doivent être clairement hiérarchisées. Chacun des intervenants doit alors être conscient de ses droits et devoirs. Si cette condition n'est pas réalisée aucun aménagement forestier, aussi parfait soit-il, ne sera durable.

Un des paramètres essentiels déjà évoqué et qui conditionne la réussite d'une opération forestière est la continuité dans le temps. Il est illusoire de vouloir gérer des forêts tropicales sans une continuité d'action avec des moyens humains et financiers suffisants et ceci en accord avec les populations riveraines. Les paramètres écologiques, économiques, démographiques et sociaux sont un impératif à prendre en considération dans leur globalité lors d'un aménagement des forêts denses humides.

Les possibilités d'analyse financière des aménagements forestiers sont aujourd'hui insuffisantes même pour une comparaison élémentaire de deux techniques sylvicoles comme les reboisements et l'amélioration des forêts naturelles. Les études sur le climat, l'érosion, les bilans hydriques, la faune, la biodiversité végétale... et de nombreux autres paramètres non commerciaux ont à peine commencé.

Il est certain que la rentabilité des techniques (inventaire, sylviculture, exploitation, commercialisation...) utilisées dans le cadre de l'aménagement des forêts tropicales peut et doit être améliorée. Toutefois, cette rentabilité ne peut en aucun cas, à elle seule, être un critère de décision concernant l'aménagement des forêts denses humides tropicales africaines.

22. L'équilibre forêt/agriculture

Dépassé un certain seuil de déforestation, la forêt doit cesser d'être "un réservoir de terre". S'il est difficile de fixer aujourd'hui des ratios optimaux agriculture/forêt, force est de constater qu'un certain équilibre régional doit être maintenu.

Aménagement national et régional doivent se compléter à travers la mise en oeuvre effective de législations appropriées couplées avec une effective politique d'intensification des pratiques agronomiques. Il est utile de rappeler aussi que la déforestation est un phénomène dynamique dans le temps et l'espace. Lorsqu'on parle de déforestation, il faut toutefois distinguer la perte nette due à des utilisations du territoire autres que les formations arborées (extension de l'agriculture permanente, agglomérations, routes, barrages, etc...) des zones défrichées qui font retour totalement ou partiellement à une formation arborée. Il y a certainement une perte par rapport aux formations forestières originales, mais pas une perte totale notamment en matière de conservation des eaux et du sol. La notion de déforestation doit donc être nuancée et pondérée par des inventaires permanents de la ressource ce qui est loin d'être simple (Gamblin 1993, Wolsack 1993).

23. L'agronomie, clef de l'aménagement forestier

Pour agir immédiatement à l'interface forêt/agriculture il faut s'attacher à supprimer rapidement les causes des cultures extensives et résoudre le problème des jachères forestières traditionnelles et du maintien de la fertilité des terroirs agricoles. Ce pari est loin d'être gagné.

Il est utile de rappeler que la survie des forêts dépend de la résolution des problèmes d'agronomie. Dans le contexte économique actuel, qui est difficile, il faut noter qu'en dépit des progrès techniques, les systèmes de culture paysans deviennent de moins en moins intensifs (semences non sélectionnées, diminution des fertilisants et produits phytosanitaires...). Ce phénomène renforce "la course à la terre" d'une population qui augmente par ailleurs au rythme annuel de plus de 3% par an ! Toutefois, les décennies à venir verront sans doute se développer une urbanisation importante accompagnée de migrations de populations vers les villes.

L'augmentation de la population est accompagnée de défrichements principalement dans les sociétés à dominante rurale. Démographie n'est pas forcément synonyme de déforestation !

3. DES CONTRAINTES SYLVICOLES INDENIABLES ET TROP SOUVENT IGNOREES

Aménager une forêt suppose aussi que l'on dispose des outils sylvicoles permettant de "travailler" cette forêt. D'un point de vue sylvicole, les paramètres décisionnels élémentaires à analyser sont : la vulnérabilité écologique, le peuplement commercial, le peuplement d'avenir, la régénération installée...

31. Connaître l'état de la forêt et s'y adapter

Le premier impératif sylvicole à respecter est de faire coïncider prélèvement et production. Ceci sur le plan qualitatif et quantitatif. Il faut donc s'attacher à évaluer et suivre la productivité des forêts aménagées. Grâce à une continuité d'action, il a été possible d'élaborer des outils sylvicoles simples pour la gestion des forêts denses humides de production.

Ces outils sont adaptés aux différents cas de figure rencontrés par le sylviculteur. L'aménagement des formations naturelles est une priorité aussi souvent que possible lorsque celles-ci ne sont pas trop dégradées par l'exploitation forestière et les agriculteurs. Dans ce dernier cas, il faut avoir recours aux techniques de reboisement intensif ou extensif. Lorsque les forêts naturelles sont trop appauvries en essences commerciales, différentes techniques sont envisageables pour reconstituer leur potentiel de production. Elles reposent toutes sur l'introduction par plantation d'espèces commerciales.

L'intensité des interventions sylvicoles propres à reconstituer l'état boisé est variable : faible pour les méthodes manuelles extensives (enrichissement), moyenne pour les méthodes manuelles intensives (recrû, taungya) et forte pour les méthodes mécanisées.

32. Stimuler la croissance des peuplements forestiers

En forêt naturelle comme en forêt artificielle, il est possible de stimuler la production des essences commerciales et leur régénération par des éclaircies sélectives combinées à une exploitation rationnelle et contrôlée. Cette sylviculture a pour finalité une augmentation du recrutement et de la productivité des tiges des espèces commerciales tout en maintenant une phytodiversité maximale.

L'objectif est d'augmenter et de pérenniser la capacité de production en bois d'oeuvre des forêts denses humides naturelles. La diversité floristique est maintenue grâce à un dosage des éclaircies qui ne concernent que les espèces non commerciales des strates supérieures. Les études réalisées après éclaircie confirment un certain dynamisme des espèces commerciales et secondaires dans les strates inférieures et la régénération naturelle.

33. Exploiter durablement les forêts

L'exploitation forestière est un outil sylvicole. Elle doit échapper à une logique d'extraction. L'exploitation forestière doit être strictement contrôlée afin de ne pas compromettre la pérennité des forêts naturelles de production. L'impact des dégâts d'exploitation sur la pérennité des peuplements ne doit pas être minimisé tout en se souvenant que la justification des forêts de production est son exploitation. Cette finalité permet d'exiger les moyens pour en assurer leur pérennité. Il est aussi évident que l'aspect production d'une forêt ne doit pas occulter les multiples fonctions (écologiques, économiques, sociales...) d'un massif forestier naturel ou planté.

34. Régénérer naturellement les forêts

L'exploitation durable des forêts suppose leur régénération naturelle. Il faut donc aussi s'assurer de la régénération naturelle de ces forêts en quantité et qualité. Le déclenchement de l'exploitation forestière doit être subordonné à l'existence d'une régénération naturelle suffisante ainsi qu'à l'existence d'un peuplement d'avenir susceptible de prendre rapidement le relais du peuplement exploité. Il est évident dès à présent que la régénération naturelle doit être assistée. Il reste notamment à savoir comment et jusqu'à quel point.

35. Une sylviculture réaliste

L'expérience acquise dans le passé montre qu'il faut se garder d'un optimisme excessif quant aux résultats pratiques issus de la mise en oeuvre d'une technique donnée. La forte dégradation de certaines forêts naturelles doit nous inciter à réagir pour faire évoluer un état d'esprit d'"exploitation minière", dont nous connaissons aujourd'hui les conséquences, vers une mentalité de gestionnaire responsable.

Le reboisement présenté à une époque comme une panacée pour la reconstitution des forêts dégradées doit être utilisé à bon escient. L'abandon brutal il y a quelques décennies de la sylviculture en forêt naturelle au profit du reboisement industriel doit aussi nous inciter à beaucoup de prudence.

Un des paramètres essentiels qui conditionne la réussite d'une opération sylvicole est la continuité dans le temps : l'exemple du dispositif des "parcelles feux" mises en place par A. Aubréville en 1930 en Côte d'Ivoire et suivi pendant 60 ans par les différents organismes forestiers qui se sont succédés en Côte d'Ivoire est là pour en témoigner.

Dans un ordre inverse l'échec relatif des enrichissements est le plus souvent à imputer à une interruption prématurée des entretiens. La forêt a toujours souffert des modes !

La majorité des résultats expérimentaux font apparaître que le temps de réponse et la capacité de reconstitution des forêts denses humides naturelles, exprimé en terme de bois d'oeuvre, sont sans commune mesure avec les prélèvements réalisés jusqu'à présent. Il convient donc en particulier d'adapter très rapidement les prélèvements à la capacité de production de ces forêts denses humides naturelles.

4. UN ESPOIR POUR L'AVENIR

Pour conclure, une analogie avec l'évolution des forêts des zones tempérées d'Europe, et plus particulièrement françaises, est tentante et porteuse d'espoirs. Depuis le XVIIIème siècle, où la déforestation avait atteint des seuils alarmants, la progression rapide et importante des superficies de certaines forêts tempérées est imputable à différents facteurs favorables. Parmi ces facteurs il faut citer en particulier : des taux de natalité faibles (1 % en Europe à l'époque contre plus de 3% actuellement en Afrique), des mesures de réglementation prises par les gouvernements mais aussi une révolution agricole qui a multiplié les rendements (par 6 à 10) en deux siècles (Huguet 1993). Mais lutter contre la déforestation supposerait surtout de s'attaquer aux causes profondes du phénomène et non uniquement aux symptômes extérieurs. En Afrique, la croissance démographique n'a pas généralement entraîné le passage à des systèmes agricoles intensifs. Elle a généré des situations de fronts pionniers qui reposent sur des pratiques agricoles extensives.

La récente prise de conscience de la nécessité de lier la protection de l'environnement au développement participatif en Afrique incite à porter une attention particulière aux représentations que se font les habitants eux-mêmes des relations entre l'homme et l'environnement. Les rapports avec les ancêtres comme avec les vivants font partie des relations socio-écologiques. La terre et la végétation conservent des liens durables avec ceux qui les ont travaillés et façonnés dans le passé. Ces représentations ne s'expriment pas forcément en concepts familiers aux scientifiques et planificateurs modernes (Fairhead et *al.* 1994). La prise en compte des classifications locales et des processus qu'elles décrivent est nécessaire pour réaliser un travail efficace dans la gestion participative des ressources naturelles.

Dans le domaine strictement forestier, il faut évoluer d'une relation strictement répressive vers des rapports de partenariat. L'implication des populations paysannes dans la gestion des forêts et leur exploitation suppose que soient revues de façon radicale les règles de fonctionnement de la filière bois et de l'appropriation de la rente forestière. Tous les acteurs de la filière doivent avoir un intérêt à conserver les forêts.

La durabilité de l'aménagement des forêts denses humides tropicales nécessite de faire reculer l'ignorance et la pauvreté et de mieux comprendre les hommes qui les utilisent. Il n'est pas l'affaire uniquement des forestiers, aujourd'hui moins que jamais. Une situation critique n'est pas forcément alarmante s'il existe une volonté réelle de la faire évoluer positivement.

Bibliographie

Abbadie L., 1984. Evolution saisonnière du stock d'azote dans la strate herbacée d'une savane soumise au feu en Côte d'Ivoire. *Acta Oecologica. Oecol. Plant.* 54, (19) : 321-334.

Achoundong G., 1996. Les forêts sommitales au Cameroun. *Bois et Forêts des Tropiques.* 247 : 37-50.

Adedeji F.O., 1985. Leaf area dynamics and chlorophyll changes of weeds following forest clearing in subhumid tropical Nigeria. *Acta Oecol. Oecol. Pl.* 6 : 395-402.

Adejuwon J.O., Balogun E.E., 1990. On the annual and seasonal patterns of rainfall fluctuations in sub-saharan West Africa. *International Journal of Climatology*, 10 : 839-848.

Adam J.G., 1948. Les reliques boisées et les essences de savanes dans la zone préforestière en Guinée française. *Bull. Soc. Bot. Fr.* 95 : 22-26.

Adjanooun E., 1964. Végétation des savanes et des rochers découverts en Côte d'Ivoire centrale. Paris, France, Mémoire O.R.S.T.O.M., 7, 178 p.

Aidara Gouesse L., 1992. Sylviculture et aménagement des forêts tropicales humides: l'expérience ivoirienne. *In* : Conservation de la forêt dense en Afrique centrale et de l'ouest, World Bank Environment, Paper Number 1, Washington DC, p. 119-127.

Aké Assi L., 1963. Contribution à l'étude floristique de la Côte d'Ivoire et des territoires limitrophes. Paris, France, Ed. P. Lechevalier. *Encyclopédie biologique*, LXI, 321 p.

Aké Assi L., 1992. Aspects floristiques de l'aménagement de la forêt naturelle et des produits secondaires utilisés par la population locale. *In* : Séminaire sur l'aménagement intégré des forêts denses humides et des zones agricoles périphériques, Abidjan, Côte d'Ivoire, Tropenbos, p. 221-227.

Aké Assi L., 1992. Dénombrement des espèces végétales de la forêt classée de la Bossematié (Côte d'Ivoire). Abidjan, Côte d'Ivoire, SODEFOR/G.T.Z., 39 p (Document interne).

Akpagana K., 1989. Recherches sur les forêts denses humides du Togo. Thèse de l'Université de Bordeaux III, France, 223 p.

Alba P., 1953. A propos de l'enrichissement des forêts denses de l'Ouest Africain. *Bois et Forêts des Tropiques.* 32 : 11-14.

Alder D., 1981. Estimation des volumes et accroissement des peuplements forestiers. Vol 2. Etude et prévision de la production. Rome, Italie, F.A.O., *Etude Forêts*, N° 22/2, 229 p.

Alder D., 1983. Growth and yield of mixed tropical forests. (2). Forecasting techniques. Rome, Italie, F.A.O.. 72 p.

Alder D., 1995. Growth and modelling for mixed tropical forests. Oxford, U.K., Oxford Forestry Institute, Tropical Forestry Papers, 30.

Alexandre D.Y., 1977. Régénération naturelle d'un arbre caractéristique de la forêt équatoriale de Côte d'Ivoire : *Turraeanthus africanus* Pellegr. Oecol. Plant. 12: 241-262.

Alexandre D.Y., 1978. Observations sur l'écologie de *Trema guineensis* en basse Côte d'Ivoire. Cahier O.R.S.T.O.M.. Sér. Biol. 13 (3) : 261-266.

Alexandre D.Y., 1978. Le rôle disséminateur des éléphants en forêt de Tai, Côte d'Ivoire. La Terre Et La Vie, 32 (1) : 47-72.

Alexandre D.Y., 1979. De la régénération naturelle à la sylviculture en forêt tropicale. Abidjan, Côte d'Ivoire, O.R.S.T.O.M., 33 p.

Alexandre D.Y., 1980. Caractère saisonnier de la fructification dans une forêt hygrophile de Côte d'Ivoire. Revue d'Ecologie. 34 : 47-72.

Alexandre D.Y., 1982. Aspects de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire. Candollea. 37 : 579-588.

Alexandre D.Y., 1982. Pénétration de la lumière au niveau du sous-bois d'une forêt dense tropicale. Ann. Sci. For. 39 (4) : 419-438.

Alexandre D.Y., 1992. La survie des forêts tropicales. La Recherche. 244 : 692-702.

Alexandre D.Y., Guillaumet J.L., Kahn F., Namur C. (de), 1978. Caractéristiques des premiers stades de reconstitution de la forêt du Sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Cahier O.R.S.T.O.M.. Sér. Biol. Vol XIII (3) : 267-270.

Amougou A., 1989. La notion de profil de stratification de références en milieu tropical. Candollea. 37 : 579-588.

Appanah S., Weinland G., Bossel H., Krieger H., 1990. Are tropical rain forests non renewable? An enquiry through modelling. Journal of tropical forest science. Forest Research Institute of Malaysia, 2 (4) : 331-348.

Appanah S., Salleh M.R., 1991. Natural regeneration and its implications for forest management in the dipterocarp forest of peninsular Malaysia. Paris, France, M.A.B./UNESCO. Volume 6 : 361-369.

Appanah S., Weinland G., 1993. Planting quality timber trees in Peninsular Malaysia. A review. Malaysia, Kuala Lumpur, Malayan Forest Records, 38, 247 p.

- Arentz F.**, 1994. Country profile - Liberia. Tropical Forest Update. I.T.T.O.. 4 (5) : 26-27.
- Arnould P.**, 1992. Qu'est-ce une forêt? *In* : Forêts, Paris, France, Collection l'Aventure du monde, p. 22-28.
- Asabre P.K.**, 1987. Attempts at sustained yield management in the tropical high forest in Ghana. *In* : Natural management of tropical moist forests. Silvicultural and management prospects of sustained utilization, Eds F. Mergen and J.R. Vincent, p. 48-70.
- A.T.I.B.T.**, 1982. Nomenclature générale des bois tropicaux. Nogent/Marne, France, 215 p.
- Aubréville A.**, 1932. La forêt de la Côte d'Ivoire. Bulletin Du Comité d'études historiques et scientifiques de l'A.O.F. XV, 2-3 : 205-249.
- Aubréville A.**, 1938. La forêt coloniale. Paris, France, Ann. Acad. Sci. Col. 9, 201 p.
- Aubréville A.**, 1945. Richesses et misères des forêts de l'Afrique noire française. Paris, France, 250 p.
- Aubréville A.**, 1947. Les brousses secondaires en Afrique équatoriale. Bois et Forêts des Tropiques. 2 : 24-49.
- Aubréville A.**, 1947. La régénération naturelle et l'enrichissement de la forêt équatoriale. Bois et Forêts des Tropiques. 4 : 26-30.
- Aubréville A.**, 1948. Etudes sur les forêts de l'Afrique équatoriale française et du Cameroun. Section technique d'agriculture tropicale. Nogent/marne, France, Bull. Scient. N° 2, 132 p.
- Aubréville A.**, 1949. Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Paris, France, Soc. Ed. géographiques, maritimes et coloniales, 351 p.
- Aubréville A.**, 1951. Le concept d'association dans la forêt dense équatoriale de la Basse Côte d'Ivoire. Mém. Soc. Bot. Fr. : 145-148.
- Aubréville A.**, 1953. L'expérience de l'enrichissement par layons en Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques. 29 : 3-9.
- Aubréville A.**, 1953. Les expériences de reconstitution de la savane boisée en Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques. 32 : 3-10.
- Aubréville A.**, 1957. Accord à Yangambi sur la nomenclature des types africains de végétation. Bois et Forêts des Tropiques. 51 : 23-27.

Aubréville A., 1958. Sylviculture dans les forêts tropicales hétérogènes. *In* : Sylviculture tropicale. Rome, Italie, F.A.O., 2, p. 46-57.

Aubréville A., 1957/1958. A la recherche de la forêt en Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques. 1957, 56 : 17-32. 1958, 57 : 12-27.

Aubréville A., 1959. La flore forestière de Côte d'Ivoire. 2ème Edition. Nogent/Marne, France, C.T.F.T.. (1), 369 p. (2), 341 p. (3), 334 p.

Aubréville A., 1959. L'érosion sous forêt et érosion en pays déforesté dans la zone tropicale humide. Bois et Forêts des Tropiques. 68 : 3-14.

Aubréville A., 1962. Savanisation tropicale et glaciations quaternaires. *Adansonia*. 2 : 16-84.

Aubréville A., 1965. Principes d'une systématique des formations végétales tropicales. *Adansonia*. 2 : 153-196.

Aubréville A., 1966. Les lisières forêt-savane des régions tropicales. *Adansonia*. 3 (2) : 221-226.

Aubréville A., 1967. La forêt primaire des montagnes de Belinga. *Biologia Gabonica*. 3 (2) : 95-112.

Aubréville A., 1970. Vocabulaire de biogéographie appliquée aux régions tropicales. *Adansonia*. 2 : 439-497.

Aubréville A., 1971. La destruction des forêts et des sols en pays tropicaux. *Adansonia*. 11 (1) : 5-39.

Aussenac G., 1970. Action du couvert forestier sur la distribution au sol des précipitations. *Ann. Sci. For.* 27 (4) : 383-399.

Aweto A.O., 1981; Secondary succession and soil fertility in south-western Nigeria. *J. Ecol.* (I) Succession. 69 : 601-607. (II) Soil fertility restoration. 69 : 609-614. (III) Soil and vegetation interrelationships. 69 : 957-963.

Ayphassorho H., Mauranges P., 1983. Premières estimations de la production de la biomasse à partir de plantations forestières en Guyane. Mesures des biomasses et des accroissements forestiers. *In* : Colloques de l'I.N.R.A., France, 9, p. 67-69.

Baidoe J.F., 1970. The Selection System as practised in Ghana. *Comm. For. Rew.* 49 (2).

Bailly C., Malvos C., Sarrailh J.M., Rakotomana L., Rampananana L., 1976. Etude de la sensibilité des sols de Madagascar à l'érosion. expérimentation en parcelles élémentaires. Bois et Forêts des Tropiques. 169 : 15-27.

Bailly C., Goujon P., Pare J., 1979. Conservation des sols au sud du Sahara. Paris, France, coll. C.T.F.T./Ministère de la Coopération, 295 p.

Ballard R., Fertilization of plantations. *In* : Nutrition of plantation forests, Eds: Bowen GD, Nambiar EKS, London, England, Academic Press, p. 327-360.

Bandhu D., 1973. Chakia project. Tropical deciduous forest ecosystem. *In* : Modeling forest ecosystems. London, England, Eds : D.E. Reichle, R.V. O'Neill et J.S. Olson, p. 39-62.

Banergi J., 1958. Tropical rain forest. *In* : Tropical silviculture, Rome, Italie, F.A.O., 2, p. 36-46.

Barbut M., Jean B., Crepin C., Seznec A., 1994. La gestion durable des forêts tropicales et leur valeur commerciale. Paris, France, Caisse Française de Développement/Ministère de la Coopération, 17 p.

Barnard R.C., 1950. Linear regeneration sampling. *Malayan For.* 13 : 129-135.

Barnard R.C., 1955. Silviculture in the tropical rain forest of western Nigeria compared with malayan methods. *Malayan For.* 18, (4) : 355-368.

Barnes R.F.W., 1990. Deforestation trends in tropical Africa. *African Journal Ecology.* 28 : 161-173.

Barthélémy D., Blaise F., Fourcaud T., Nicolini E., 1995. Modélisation et simulation de l'architecture des arbres : bilan et perspectives. *Revue Forestière Française.* XLVII, n° spécial : 71-96.

Barthod Ch., 1994. Sylviculture et risques sanitaires dans les forêts tempérées. *Revue Forestière Française.* XLVI, (6) : 609-627.

Bartholomew W., Meyer V., Laudelout H., 1953. Mineral nutrient immobilization under forest and grass fallow in Yangambi region, with some preliminary results on the decomposition of plant material on the forest floor. Belgique, INEAC. Sér. Sci. 57 : 27 p.

Batisse M., 1992. Developing and focusing the biosphere reserve concept. *Nature and Resources.* 12 : 2-11.

Baumer M., 1987. Agroforesterie et désertification. Le rôle possible de l'agroforesterie dans la lutte contre la désertification et la dégradation de l'environnement. Nairobi, Kenya, I.C.R.A.F./C.T.A., 260 p.

Baur G.N., 1964. The ecological basis of rainforest management. Government printer. Canberra. Australia, ACT, 499 p.

Bazzaz F.A., 1991. Regeneration of tropical forests : Physiological responses of pioneer and secondary species. Paris, France, M.A.B./UNESCO, Volume 6 : 91-118.

Bawa K.S., Krugman S.L., 1991. Reproductive biology and genetics of tropical trees in relation to conservation and management. Paris, France, M.A.B./UNESCO, Volume 6 : 119-157.

BDPA/SCETAGRI, 1992. Environnement et développement rural. Guide de la gestion des ressources naturelles. Paris, France, Ed. Frison-Roche/Ministère de la Coopération, 418 p.

Bebwa B., 1993. Ecologie quantitative de jeunes stades de la reconstitution forestière en région équatoriale (Ile Kongalo, Masako, Zaïre). Thèse de doctorat, Université libre de Bruxelles, Belgique, 326 p.

Bedel J., 1969. Estimation de la croissance de l'Okoumé en forêt naturelle. Résultats des lectures de cerne effectuées en 1969. Gabon, C.T.F.T., 12 p. (document interne).

Bedel F., Favrichon V., Bar-Hen A., Dupuy B., Narboni P., 1997. Dynamique de croissance de la forêt dense humide centrafricaine : le dispositif de M'baiki. CIRAD Forêt, 33 p.

Begué L., 1967. Les forêts du Nord de la République du Congo. Bois et Forêts des Tropiques. 111 : 63-76.

Beligne V., Balle-Pity E., 1979. Croissance du Niangon en plantation. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 19 p. (document interne).

Beligné V., Bonneau X., Pomier M., de Taffin G., 1985. Restauration de la fertilité des sols lors de la replantation d'une cocoteraie. Abidjan, Côte d'Ivoire, IRHO/C.I.R.A.D., 14 p. (document interne).

Beligné V., 1993. Réhabilitation et gestion des forêts en Côte d'Ivoire. Yamoussoukro. Côte d'Ivoire, ENSA, 12 p. (document interne).

Bellouard P., 1959. La situation forestière de l'Afrique occidentale française. Bois et Forêts des Tropiques. 39 : 9-23.

Bellouard P., 1959. L'action forestière dans l'Ouest africain. Haut Commissariat Général. Paris, France, 80 p.

Bergeroo-Campagne B., 1958. Evolution des méthodes d'enrichissement de la forêt dense de Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques. 57 : 17-32. 58 : 18-35.

Berhnard F., 1970. Etude de la litière et de sa contribution au cycle des éléments minéraux en forêt ombrophile de Côte d'Ivoire. Oecol. Plant. 5 : 247-266.

Bernhard-Reversat F., 1972. Décomposition de la litière de feuilles en forêt ombrophile de Côte d'Ivoire. *Oecol. Plant.* 5 : 279-300.

Bernhard-Reversat F., 1975. Recherches sur l'écosystème de la forêt subéquatoriale de basse Côte d'Ivoire. Les cycles des macroéléments. *Terre et Vie.* 29 : 229-254.

Bernhard-Reversat F., 1976. Essais de comparaison des cycles d'éléments minéraux dans les plantations de Framiré (*Terminalia ivorensis*) et en forêt naturelle de Côte d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques.* 167 : 25-35.

Bernhard-Reversat F., 1993. Dynamics of litter and organic matter at the soil-litter interface in fast-growing tree plantations on sandy ferralitic soils (Congo). *Acta Oecologica.* 14, (2) : 179-195.

Bernhard-Reversat F., Huttel C., Lemée G., 1979. Structure et fonctionnement des écosystèmes de la forêt pluvieuse sempervirente de Côte d'Ivoire. *In* : *Ecosystèmes forestiers tropicaux*, Paris, France, O.R.S.T.O.M./UNESCO, p. 606-639.

Bernhard-Reversat F., Diangana D., Tsatsa M., 1993. Biomasse, minéralomasse et productivité en plantation d'acacia mangium et *A. auriculiformis* au Congo. *Bois et forêts des Tropiques.* 238 : 35-43.

Bertault J.G., 1982. Evolution de la surface terrière dans le périmètre d'Irobo et comparaison avec le périmètre de Mopri pour une période de trois ans. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 19 p. (document interne).

Bertault J.G., 1986. Etude de l'effet d'interventions sylvicoles sur la régénération naturelle au sein d'un périmètre expérimental d'aménagement en forêt dense humide de Côte d'Ivoire. Diplôme d'études doctorales, Université de Nancy, France, 254 p.

Bertault J.G., 1988. Essai exploratoire d'intervention en forêt mesophile après incendie en fonction d'une typologie des peuplements. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 13 p. (document interne).

Bertault J.G., 1992. Etude de l'effet du feu en forêt semi-décidue de Côte d'Ivoire au sein d'un dispositif d'expérimentation sylvicole. Thèse, Université de Nancy, France, 260 p.

Bertault J.G., Dupuy B., Maitre H.F., 1992. Recherches sylvicoles pour un aménagement durable en forêt dense humide. *In* : *Congrès I.U.F.R.O.*, Berlin, R.F.A., 16 p.

Bertault J.G., Sist P., 1995. Impact de l'exploitation forestière en forêt naturelle. *Bois et Forêts des Tropiques.* 245 : 5-21.

Bertrand A., 1983. La déforestation en zone de forêt en Côte d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques.* 202 : 3-18.

Bertrand A., 1986. Les forêts tropicales dans le monde. Nogent/marne, France, C.T.F.T., 16 p. (document interne).

Bertrand A., 1991. Les problèmes fonciers des forêts tropicales africaines : le foncier de l'arbre et les fonciers forestiers. Bois et Forêts des Tropiques. 227: 11-16.

Bertrand A., 1992. Dynamiques foncières, forêts et plantations d'arbres. Marchés des produits forestiers et politique forestière. Stratégie de conservation et de développement du secteur forestier. Nogent/marne, France, C.I.R.A.D.-C.T.F.T., 81p. (document interne).

Bertrand A., Laurent D., 1986. Géographie et économie forestière. Nogent/Marne, France, 87 p. (document interne).

Bertrand A., von Fürstenberg P., 1992. La participation des populations rurales au développement des ressources forestières: Etudes de cas du Togo et du Cameroun. *In* : Séminaire sur l'aménagement intégré des forêts denses humides et des zones agricoles périphériques, Tropenbos, Abidjan, Côte d'Ivoire, p. 263-278.

Bertrand C., 1987. Contribution à l'étude de l'impact des traitements sylvicoles sur la régénération naturelle en Guyane. Mémoire E.S.A.T.. Montpellier, France, 63 p. (document interne).

Bertrand R., 1995. Sols et paysages de l'Afrique de l'Ouest. *In* : Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides, Montpellier, France, 13-17 novembre 1995, C.I.R.A.D., p.69-91.

Besse F., 1984. Contribution à l'étude de l'influence de l'environnement sur la croissance du Ba en forêt de Côte d'Ivoire. D.E.A., Nancy, France, 48 p.

Biraud J., 1959. Reconstitution naturelle et amélioration des peuplements d'Okoumé au Gabon. Bois et Forêts des Tropiques. 66 : 3-28.

Birrot Y., 1991. Boisement et reboisement. *In* : Actes du 10 ème Congrès Forestier Mondial. Paris, France, 5 : 9-19.

Blanc C., 1981. Le foncier rural. Ministère Agriculture, Côte d'Ivoire, 76 p.

Blanchez J.L., 1988. Projet d'aménagement de la forêt de Yapo. Côte d'Ivoire, Sodefor/C.T.F.T., 53 p. (document interne).

Blanc-Pamard, 1979. Un jeu écologique différentiel: les communautés rurales du contact forêt-savane au fond du V Baoulé (Côte d'Ivoire). France, Travaux et documents O.R.S.T.O.M., 107, 313 p.

Bois J.F., Roose E.J., 1978. Réflexions sur les résultats de mesures systématiques d'humidité à la sonde à neutrons dans un sol ferrallitique de basse Côte d'Ivoire. France, Cahier O.R.S.T.O.M., Sér. Hydrol. 15 (4) : 351-364.

Bourgenot L., 1973. Forêt vierge et forêt cultivée. Revue Forestière Française. 5 : 339-360.

Bormann F.H., Berlyn G., 1981. Age and growth rate of tropical trees. U.S.A., Yale University Bulletin. 94 p.

Borota J., 1991. Tropical forest. Some african and asian case studies of composition and structure. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New-York, Tokyo, 273 p.

Boulvert Y., 1980. Végétation forestière des savanes centrafricaines. Bois et Forêts des Tropiques. 191 : 21-45.

Bouvarel P., 1994. La diversité biologique: Notion ambiguë. Revue Forestière Française. XLVI : 46-48.

Boyer P., 1973. Cycles de la matière organique et des éléments minéraux dans une cacaoyère camerounaise. Café, Cacao, Thé. 17 : 3-23.

Boyle T.J.B., Sayer J.A., 1995. Measuring, monitoring and conserving biodiversity in managed tropical forest. Commonwealth Forestry Review. 74 (1) : 20-25.

Brabant P., 1992. La dégradation des terres en Afrique. Afrique contemporaine. L'environnement en Afrique. 161 : 90-108.

Bray J.R., Gorham E., 1964. Litter production in forests of the world. Adv. Ecol. Res. 2 : 101-157.

Brevet R., 1991. Etude de la forêt classée du Haut-Sassandra. Doc 1. Etude de différents types de peuplement. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 22 p. (Document interne).

Brevet R., 1992. Périmètre d'Irobo. Evolution des effectifs en fonction des traitements en forêt sempervirente huit années après intervention. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 28 p. (Document interne).

Brevet R., 1992. Evolution de la mortalité et du recrutement des essences principales en fonction des traitements en forêt dense sempervirente huit années après intervention. Périmètre d'Irobo. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 25 p. (Document interne).

Brevet R., 1993. Evolution de la régénération naturelle acquise en fonction des traitements en forêt dense sempervirente d'Irobo dans quelques parcelles d'expérimentation entre 6 ans et 14 ans après intervention. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 10 p. (Document interne).

Brevet R., 1994. Aménagement de la forêt classée de Yapo. Etude de l'évolution de quelques placeaux permanents 6 années après intervention sylvicole. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 20 p. (Document interne).

Brevet R., 1994. Evolution du diamètre moyen initial des essences principales dix années après éclaircie par dévitalisation en forêt dense humide sempervirente de Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 15 p + annexes. (Document interne).

Brevet R., 1994. Evolution du diamètre moyen initial des essences principales dix années après éclaircie par dévitalisation en forêt dense humide semi-décidue de Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 17 p + annexes. (Document interne).

Brevet R., Tuo N., Diahuissié A., 1992. Etude des dégâts d'exploitation forestière en forêt dense humide. Exploitation de bois d'oeuvre en forêt de Yapo-Manbo. Abidjan. Côte d'Ivoire. IDEFOR/C.I.R.A.D., 30 p. (Document interne).

Brevet R., Diahuissié A., 1993. Caractéristiques de la régénération acquise en fonction des traitements en forêt dense sempervirente d'Irobo 14 années après intervention. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 25 p + annexes. (Document interne).

Brevet R., Doumbia F., Diahuissié A., 1993. Etude de la mortalité et du recrutement. Comparaison entre les massifs d'Irobo et de Mopri. Abidjan. Côte d'Ivoire. IDEFOR/C.I.R.A.D., 12 p. (Document interne).

Brevet R., Diahuissié A., Tuo N., 1993. Régénération naturelle acquise en forêt dense sempervirente. Abidjan. Côte d'Ivoire. IDEFOR/C.I.R.A.D.. 10 p. (Document interne).

Brevet R., Doumbia F., 1993. Forêt classée du Haut-Sassandra. Evolution du peuplement d'essences principales dans le sud du massif entre 1973 et 1987. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 20 p. (Document interne).

Brunck F., Grison F., Maitre H.F., 1990. L'Okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre). Monographie. Nogent/Marne, France, C.T.F.T., 102 p.

Brunck F., Mallet B., 1993. Les problèmes phytosanitaires de l'Acajou en Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques. 237 : 9-29.

Bruijnzeel L., Critchley W.R.S., 1994. Environmental impacts of logging moist tropical forests. Paris, France, UNESCO, Division of water sciences, IHP. Humid tropics programme, 7, 48 p.

Brünig E.F., 1975. Taungya versus shifting cultivation. In : Proceedings of international seminar on employment and transfer of technology in forestry, Berlin, R.F.A., p. 197-223.

Brünig E.F., 1983. Vegetation structure and growth. *In* : Tropical rain forest ecosystems, Ed. F.B. Golley, p. 49-75.

Brünig E.F., 1987. Transactions of the international M.A.B./I.U.F.R.O. workshop on tropical rainforest ecosystems research. Hamburg-Reinbek. 12-17 May 1987. Special report, 1, Chair of world forestry, Univ. of Hamburg, R.F.A..

Budowski G., 1970. The distinction between old secondary and climax species in tropical central american forest. *Trop. Ecol.* 11 : 44-48.

Burgess P.F., 1970. An approach towards a silvicultural system for the Hill forests of the Malay Peninsular. *Mal. For.* 33 (2) : 56-78.

Buttoud G., 1991. Les bois africains à l'épreuve des marchés mondiaux. Nancy, France, E.N.G.R.E.F., 237 p.

Buttoud G., 1991. Le mythe de la protection des forêts tropicales dans certains contextes socio-économiques. *Revue Forestière Française*, Numéro spécial : 114-118.

Buttoud G., 1994. Les systèmes agroforestiers dans les pays en développement : quels enseignements? *Revue Forestière Française*. XLVI, Numéro spécial : 152-165.

Caballé G., 1978. Essai sur la géographie forestière du Gabon. *Adansonia*. Sér 2, 17, (4) : 425-440.

Caballé G., Fontès J., 1978. Les inventaires forestiers au Gabon. Application à la phytogéographie. *Bois et Forêts des Tropiques*. 177 : 15-33.

Cabrera-Gaillard C., 1988. Aménagement de la forêt dense humide sempervirente : Contribution à une étude des traitements sylvicoles. Cas de la forêt de Yapo. Côte d'Ivoire. Montpellier, France, C.T.F.T./E.S.A.T./E.N.G.R.E.F., 64 p. (Document interne).

Cachan P., 1963. Signification écologique des variations microclimatiques verticales dans la forêt sempervirente de basse Côte d'Ivoire. *Ann. Fac. Sci. Dakar*. 8 : 89-155.

Cachan P., Duval J., 1963. Variations microclimatiques verticales saisonnières dans la forêt sempervirente de basse Côte d'Ivoire. *Ann. Fac. Sci. Dakar*. 8 : 5-87.

Cailliez F., 1980. Estimation des volumes et accroissement des peuplements forestiers. Estimation des volumes. Rome, Italie, F.A.O., Collection Forêts, 22, (1), 97 p.

Cailliez F., 1991. L'aménagement des forêts tropicales. *In* : Actes du 10 ème Congrès forestier mondial, Paris, France, 4, p. 311-319.

Cailliez F., Birot Y., 1969. Note sur la croissance de l'Okoumé en forêt naturelle. Nogent/marne, France, C.T.F.T., 15 p. (Document interne).

Cailliez F., Goudet J.P., 1977. Aménagement des périmètres de Mopri, Téné et Irobo. Méthodologie. Nogent/marne, France, C.T.F.T., 23 p. (Document interne).

Cailliez F., Miélot J., 1977. Aménagement expérimental : Méthodologie. Abidjan, Côte d'Ivoire, Sodefor/C.T.F.T., 22 p. (Document interne).

Caliman J.P., Kochko P. (de), 1987. Quelques technique culturales et aménagements spéciaux réalisables en plantation de palmier à huile pour limiter l'érosion et le ruissellement. *Oléagineux*. 42 (3) : 100-106.

Campaignolle J., 1991. L'hévéa et la protection de l'environnement en milieu tropical humide. *Bois et Forêts des Tropiques*. 227 : 37-42.

Carbiener D., 1995. Les arbres qui cachent la forêt. La gestion forestière à l'épreuve de l'écologie. Aix-en-Provence, France, Ed. Edisud. 243 p.

Cardon D., 1979. Quinze mois de mesures climatologiques en forêt de Taï. Côte d'Ivoire, O.R.S.T.O.M. Adiopodoumé, 5 p. (Document interne).

Carre J., 1991. Projet de reboisement de 8000 ha sur le plateau des Bateke. Rapport de synthèse. Gembloux, Belgique, CRA, 61 p. (Document interne).

Casenave A., Flory J., Guiguin N., Ranc N., Simon J.M. Toilliez J., Tourne M., 1980. Etude hydrologique des bassins de Taï. Campagnes 1978-1979. Côte d'Ivoire, O.R.S.T.O.M. Adiopodoumé, 139 p. (Document interne).

Catinot R., 1965. Sylviculture tropicale en forêt dense africaine. *Bois et Forêts des Tropiques*. N° 100, 101, 102, 103 et 104. Tiré à part.

Catinot R., 1974. Le présent et l'avenir des forêts tropicales humides, avec références particulières à l'Afrique tropicale humide. *Bois et Forêts des Tropiques*. 154.

Catinot R., 1978. L'utilisation intégrale des forêts tropicales est-elle possible? Référence à l'Afrique tropicale au sud du Sahara. *Bois et Forêts des Tropiques*. 1978. 181 : 3-14.

Catinot R., 1984. Appui à la Sodefor pour l'implantation d'un programme de protection contre les incendies de forêts. Rome, Italie, F.A.O., 35 p.

Catinot R., 1985. Propositions opérationnelles complémentaires en sylviculture et aménagement. Rome, Italie, F.A.O., 65 p.

Catinot R., 1986. En Afrique francophone, l'avenir forestier tropical se jouera dans le cadre du monde rural. *Bois et Forêts des Tropiques*. 203 : 7-42.

Catinot R., 1986. Etudes sur les systèmes d'aménagement dans les forêts tropicales mixtes d'Afrique francophone. Rome, Italie, F.A.O., 140 p.

Catinot R., 1994. Aménager les savanes boisées africaines. Bois et Forêts des Tropiques. 241 : 53-71.

Catinot R., Lepitre Cl., Lanly P., Cailliez F., 1965. Protocole d'aménagement expérimental en forêt dense tropicale africaine. Nogent/marne, France, C.T.F.T., 40 p. (Document interne).

Catinot R., Philip M.S., Willian R., 1990. Aménagement des forêts tropicales humides en Afrique. Rome, Italie, F.A.O., Etude Forêts, 88, 180 p.

César J., 1971. Etude quantitative de la strate herbacée de la savane de Lamto. Thèse de 3ème Cycle, Paris, France, 95 p.

César J., 1981. Cycles de la biomasse et des repousses après coupe en savane de basse Côte d'Ivoire. Rev. Elev. Méd. vet. Pays trop. 34 : 73-81.

César J., 1987. Les pâturages naturels en milieu tropical humide. Cas de la Côte d'Ivoire. France, IEMVT, 46 p. (Document interne).

C.G.I.A.R., 1994. Les forêts et leurs ressources génétiques. Washington, U.S.A., 14 p.

Chatelperon (de) G., Commerçon R., 1986. Mise en exploitation du dispositif de recherche en forêt naturelle dans les forêts de Boukoko et de La Lolé en République Centrafricaine. Nogent/Marne, France, C.T.F.T., 58 p. (Document interne).

Chaperon H., 1992. Les forêts artificielles. Principes d'établissement et de gestion. Bois et forêts des Tropiques. 231 : 17-23.

Charles-Dominique P., 1992. Les forêts tropicales denses. *In* : Forêts. Collection l'Aventure du Monde, Paris, France, p. 126-142.

Chauvel A., Grimaldi M., Tessier D., 1991. Soil pore-space distribution following deforestation and revegetation. An example from the Central Amazon Basin, Brazil. Forest Ecology and Management. 38 : 259-271.

Chauvet N., Olivier L., 1993. La biodiversité, enjeu planétaire. Préserver notre patrimoine génétique. Ed. Sang de la Terre, France, 416 p.

Chezeaux E., Dupuy B., M'bla K., 1993. Niangon de Côte d'Ivoire. Croissance et productivité en plantation. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 60 p. (Document interne).

Chevalier A., 1907. L'Afrique centrale française. Mission Chari-Tchad (1902-1904). Ed. Challamel, Paris, France, 776 p.

Bibliographie

Chevalier A., 1929. Sur la dégradation des sols tropicaux causée par les feux de brousse et sur les formations végétales régressives qui en sont la conséquence. C. R. Acad. Sci. 188 : 84-86.

Chevalier A., 1933. Le territoire géobotanique de l'Afrique Nord-Occidentale et ses subdivisions. Bull. Soc. Bot. Fr. 80 : 4-26.

Chevalier A., 1950. La décadence des sols et de la végétation en A.O.F. et la protection de la nature. Bois et Forêts des Tropiques. 16 : 331-353.

Chijioke E.O., 1982. Influences exercées par les essences à croissance rapide sur les sols des régions tropicales humides de plaine. Rome, Italie, F.A.O., Etudes Forêt, 21, 109 p.

C.I.F.O.R., 1995. Measuring and monitoring biodiversity in tropical and temperate forests. Proceedings of a I.U.F.R.O. Symposium, Chiang Mai, Thailand. Editors : T.J.B. Boyle and B. Boontawee, Jakarta, Indonesia, 395 p.

C.I.R.A.D., 1993. Fiches produits. Observatoire des marchés internationaux. Documents de travail en économie des filières. France, 10, 50 p.

C.I.R.A.D., 1994. Quels principes de gestion pour les forêts tropicales? Paris, France, Notes et Documents, 18, 31 p.

Clark D.B., 1990. The role of disturbance in the regeneration of neotropical moist forests. Reproductive ecology of tropical forest plants. M.A.B., 7 : 291-305.

Clément J., 1978. Formulation, réalisation et utilisation des inventaires forestiers dans les pays tropicaux. Bois et Forêts des Tropiques. 182 : 55-71.

Clément J., 1982. Estimation des volumes et de la possibilité des formations mixtes forestières et graminéennes tropicales. Données concernant l'Afrique francophone au Nord de l'Equateur. Bois et Forêts des Tropiques. 198 : 35-38.

Clément J., 1991. L'arbre, les espèces tropicales menacées : nature et importance des menaces, mesures conservatoires. France, Office National des Forêts, Bulletin technique. 21 : 11-17.

Clément J, Cailliez F., Guinaudeau F., 1973. Méthodologie et pratique des inventaires forestiers tropicaux. Bois et Forêts des Tropiques. 150 : 49-62.

Coïc A., Minette L., Viera G., 1990. Dégâts causés par l'exploitation forestière sur le dispositif de la ZF2. Manaus. Brésil. Atelier M.A.B./UNESCO, Cayenne, France, 10 p.

Collet G., 1966. Divers aspects de l'aménagement des forêts tropicales. Bois et Forêts des Tropiques. 110 : 33-56.

Collinet J., Valentin C., 1979. Evaluation of factors influencing water erosion in West Africa using rainfall simulation. In : Challenges in african hydrology and water ressources, IAHS, eds Waling D.E., Foster S.S.D., Wurzel P., 144, p. 451-461.

Collinet J., Valentin C., 1979. Analyse des différents facteurs intervenant sur l'hydrodynamique superficielle. Applications agronomiques. France, Paris, Cahier O.R.S.T.O.M., sér. Pédologie 17 (4) : 283-328.

Congrès Forestier Mondial, 1991. La forêt, patrimoine de l'avenir. France, Paris, 9, 445 p.

Coombe D.E., 1960. An analysis of the growth of *Trema guineensis*. J. Ecol. 48 : 219-231.

Coombe D.E., Hadfield W., 1962. An analysis of the growth of *Musanga cecropioides*. J. Ecol. 50 : 221-234.

Couteron P., Kokou K., 1994. Contribution à la connaissance de la végétation du parc national de Taï. Réalisation d'une clef de détermination sur les caractères végétatifs et analyse phytoécologique d'un type de forêt. Montpellier, France, E.N.G.R.E.F., 48 p.

Cornforth I.S., 1970. Leaf fall in a tropical rain forest. J. Appl. Ecol. 7 : 603-608.

C.T.F.T., 1964. Quinze ans de travaux et de recherches dans les pays du Niari (Congo). 1949-1964. Pointe-Noire, Congo, 143 p. (Document interne).

C.T.F.T., 1969. Note sur les parcelles d'expérience concernant l'action des feux de brousse (Kokondekro). Bouaké, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 5 p. (Document interne).

C.T.F.T., 1974. Inventaire forestier de 25 000 hectares. Région de Gregbeu. Côte d'Ivoire. SEPC. Nogent/marne, France, C.T.F.T., 43 p.

C.T.F.T., 1984. Essai de bilan des actions menées par le C.T.F.T. en matière de conservation des eaux et du sol, Nogent/marne, France, 173 p. (Document interne).

C.T.F.T./Ministère de la Coopération et du Développement, 1989. Mémento du Forestier. Paris, France, 1266 p.

Daget Ph., Godron M., 1982. Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés. Paris, France, Masson Eds, Collection Ecologie, 18, 160 p.

Dauget J.P., Dupuy B., N'guessan Kanga A., 1991. Approche architecturale d'une plantation en mélange Samba/Teck. Bois et Forêts des Tropiques. 224 : 21-27.

Dawkins H.C., 1958. The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda. Oxford, England, Imperial Forestry Institute, 34, 155 p.

Dawkins H.C., 1959. Volume increment of natural tropical high forest with special reference to Uganda. *Emp. For. Rev.* 38 (2) : 175-180.

Dawkins H.C., 1959. The volume increment of natural tropical high-forest and limitations on its improvement. *Emp. For. Rev.* 38 (96) : 175-180.

Dawkins H.C., 1963. The productivity of Tropical High Forest Trees and their reaction to Controllable Environment. Thesis. University of Oxford, Oxford, England.

Dawkins H.C., 1967. Wood production in tropical rain forest. *J. Ecol.* 55 : 20-21.

D.C.G.Tx, 1990. Plan National de L'Energie. Diagnostic du secteur Biomasse. Abidjan, Côte d'Ivoire, 234 p. (Document interne).

D.C.G.Tx, 1990. Projet d'aménagement de la forêt classée du Haut-Sassandra. Protocole d'inventaire. Abidjan, Côte d'Ivoire, 11 p. (Document interne).

Delpech R., Dumé G., Galmiche P., 1985. Typologie des stations forestières. Vocabulaire. Paris, France, Institut pour le Développement Forestier, 243 p.

Delwaulle J.C., 1973. Désertification de l'Afrique au Sud du Sahara. *Bois et Forêts des Tropiques.* 149 : 3-20.

Dereix C., N'guessan Amani, 1976. Etude de l'action des feux de brousse sur la végétation. Les parcelles feux de Kokondekro. Résultats après quarante ans de traitement. Bouaké, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 32 p. (Document interne).

Detienne P. Mariaux A., 1975. Nature et périodicité des cernes dans le bois de Niangon. *Bois et Forêts des Tropiques.* 159 : 29-37.

Detienne P., Mariaux A., 1976. Nature et périodicité des cernes dans le bois de Samba. *Bois et Forêts des Tropiques.* 169 : 29-35.

Detienne P., Mariaux A., 1977. Nature et périodicité des cernes dans les bois rouges de méliacées africaines. *Bois et Forêts des Tropiques.* 175 : 52-61.

Devineau J.L., 1975. Etude quantitative des forêts - galeries de Lamto (moyenne Côte d'Ivoire). Thèse 3^{ème} cycle, Paris, France, 190 p.

Devineau J.L., 1976, Données préliminaires sur la litière et la chute des feuilles dans quelques formations forestières semi-décidues de moyenne Côte d'Ivoire. *Oecol. Plant.* 11 (4) : 375-395.

Devineau J.L., 1984. Structure et dynamique de quelques forêts tropicales de l'Ouest africain (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat d'Etat. Sciences naturelles. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, France, 294 p.

Devineau J.L., Lecordier C., Vuattoux R., 1984. Evolution de la diversité spécifique du peuplement ligneux dans la succession préforestière de colonisation d'une savane protégée des feux (Lamto, Côte d'Ivoire). *Candollea*. 9 : 295-312.

Devineau J.L., Guillaumet J.L., 1992. Origine, nature et conservation des milieux naturels africains : le point de vue des botanistes. *Afrique contemporaine. L'environnement en Afrique*. 161 : 69-90.

Diahuissié A., 1992. Evolution des effectifs des essences principales sur le périmètre d'aménagement de Mopri. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR, 25 p. (Document interne).

Diahuissié A., M'bla K., 1993. Etude de la régénération en forêt dense de Yapo six années après intervention sylvicole. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR, 23 p. (Document interne).

Donis C., Maudoux R., 1951. Sur l'Uniformisation par le haut. Belgique, INEAC, 51, 75 p.

Donis C., 1958. La forêt dense congolaise et l'état actuel de sa sylviculture. *In: Tropical silviculture*, Rome, Italie, F.A.O., 3, P. 22-57.

Douay J., 1954. Appréciation des possibilités de régénération d'une parcelle de forêt tropicale par comptage des préexistants. *Bois et Forêts des Tropiques*. 36 : 11-19.

Doumbia F., 1993. Dynamique des peuplements du périmètre de recherches en forêt naturelle de Mopri. Evolution de la mortalité des essences principales après dix ans d'observations. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR, 16 p. (Document interne).

Doumbia F., 1993. Dynamique des peuplements du périmètre d'aménagement de Mopri en forêt semi-décidue. Evolution du recrutement des essences principales après dix ans d'observations. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR, 20 p. (Document interne).

Doumbia F., 1993. Caractéristiques de la régénération naturelle en forêt dense semi-décidue au sein du dispositif d'expérimentation sylvicole Sodefor de Mopri 14 années après intervention. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR, 29 p. (Document interne).

Doumbia F., 1994. Plantations d'espèces forestières en mélange en zone de forêt dense humide au Cameroun. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR, 25 p. (Document interne).

Doumbia F., Diahuissié A., 1992. Etude des dégâts d'exploitation dans le sud de la forêt classée du Haut-Sassandra. Document 1. Etat d'implantation du dispositif. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR, 40 p. (Document interne).

Doumbia F., Diahuissié A., 1994. Le potentiel de la régénération naturelle dans le sud de la forêt dense humide semi-décidue du Haut-Sassandra. Abidjan, Côte d'Ivoire, 17 p. (Document interne).

Doumenge C., 1991. Contribution à l'étude des structures de populations d'arbres des forêts d'Afrique centrale. Thèse, Univ. Sc. Tech. Languedoc, Montpellier, France, 272 p.

Dommergues Y., Maheut J., 1960. Les teckeraies de Casamance. Capacité de production des peuplements. Caractéristiques biologiques et maintien du potentiel productif des sols. Bois et Forêts des Tropiques. 70 : 25-42.

Drechsel P., Zech W., 1994. Mineral nutrition of tropical trees. *In* : Tropical Forestry Handbook. Pancel Laslo (Ed.) - Springer-Verlag, Berlin, R.F.A., P. 516-561.

Duchaufour Ph., 1988. Pédologie. Abrégé. Ed. Masson, Paris, France, 216 p.

Duchiron M.S., 1994. Gestion des futaies irrégulières et mélangées. Edition par l'auteur, Nancy, France. 201 p.

Ducrey M., Labbé P., 1985. Etudes de la régénération naturelle contrôlée en forêt tropicale humide de Guadeloupe. Ann. Sci. For. 42 (3) : 297-322.

Ducrey M., Guehl J.M., 1990. Fonctionnement hydrique de l'écosystème forestier. Flux et bilans au niveau du couvert et dans le sol. Influence du défrichement. *In*: Opération Ecerex, Paris, France, I.N.R.A./C.T.F.T., p. 103-137.

Dugerdil M., 1970. Recherches sur le contact forêt-savane en Côte d'Ivoire. Quelques aspects de la végétation et de son évolution en savane préforestière. Candollea. 25 : 11-19.

Dugerdil M., 1970. Recherches sur le contact forêt-savane en Côte d'Ivoire. Note floristique sur des îlots de forêt semi-décidue. Candollea. 25 : 235-243.

Duplat P., Perrotte G., 1981. Inventaire et estimation de l'accroissement des peuplements forestiers. Paris, France, Office National des Forêts, 432 p.

Dupriez H., De Leener P., 1993. Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique. Paris, France, Coll. L'Harmattan, 280 p.

Dupuy B., 1985. Plantations à vocation bois d'oeuvre et association d'espèces en mélange. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 11 p. (Document interne).

Dupuy B., 1989. Plaidoyer pour le reboisement dans les zones tropicales humides. Bois et Forêts des Tropiques. 221 : 31-42.

Dupuy B., 1990. Les plantations à vocation de bois d'oeuvre en forêt dense humide africaine. *In* : International workshop on large scale reforestation, Corvallis, Oregon, U.S.A., 12p.

Dupuy B., 1990. Essais de comportement en plantation de 58 espèces ivoiriennes de forêts dense humide. Résultats à 10 ans. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 59 p. (Document interne).

Dupuy B., 1992. L'aménagement des forêts denses humides africaines: contraintes et espoirs. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 16 p. (Document interne).

Dupuy B., 1994. La déforestation, contrainte majeure de l'aménagement pérenne des Forêts denses humides africaines. *In* : Forum international d'Abidjan sur la forêt. Les partenariats pour une gestion forestière durable. 29 mars/1 avril 1994. Abidjan, Côte d'Ivoire, 15 p.

Dupuy B., 1995. Plantations mélangées à vocation bois d'oeuvre en forêt dense humide africaine. I.U.F.R.O. XX World Congress, Tampere, Finland, 15 p.

Dupuy B., 1995. La place des arbres fixateurs d'azote dans l'entretien ou la régénération de la fertilité des milieux tropicaux humides. *In* : Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides, Montpellier, France, 13-17 novembre 1995, C.I.R.A.D., p. 258-268.

Dupuy B., Doumbia F., N'guessan K., 1988. Table de production provisoire du Fraké (*Terminalia superba*) en Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 26 p. (Document interne).

Dupuy B., Doumbia F., N'guessan K., Cabaret N., 1988. Table de production provisoire du Cedrela odorata en Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire, 23 p. (Document interne).

Dupuy B., Cabaret N., N'guessan K., 1989. Table de production provisoire du Framiré (*Terminalia ivorensis*) en Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 21 p. (Document interne).

Dupuy B., Doumbia F., 1990. Etudes sur la croissance du Samba (*Triplochiton scleroxylon*) en plantation. Tables de production. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 37 p. (Document interne).

Dupuy B., N'guessan K., 1990. Sylviculture de l'Acacia mangium en basse Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques. 225 : 24-32.

Dupuy B., N'guessan K., 1991. Le Gmelina arborea en Côte d'Ivoire. Tables de production. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 18 p. (Document interne).

Dupuy B., N'guessan K., 1991. Utilisation des acacias pour régénérer les anciennes cocoteraies. Bois et Forêts des Tropiques. 230 : 15-29.

Dupuy B., Mille G., 1991. Reboisement à vocation bois d'oeuvre en Afrique intertropicale. Rome, Italie, F.A.O., Etude forêts, 98, 225 p.

Dupuy B., N'guessan K., 1992. L'Acacia auriculiformis en zone de forêt dense humide. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 6 p. (Document interne).

Dupuy B., Brevet R., 1992. Les éclaircies par dévitalisation en forêt naturelle. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 14 p. (Document interne).

Dupuy B., Brevet R., 1992. Etudes sylvicoles en forêt dense humide: Un outil pour l'aménagement. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 10 p. (Document interne).

Dupuy B., M'bla K., 1992. Acajou d'Afrique. Croissance et productivité en plantation. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 50 p. (Document interne).

Dupuy B., Brevet R., Doumbia F., Diahuissie A., 1993. Les dispositifs expérimentaux d'étude de la sylviculture des peuplements de forêt dense humide de production. Principaux résultats sur l'évolution des peuplements de forêt dense humide soumis à différentes modalités d'éclaircie. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 70 p.(Document interne).

Dupuy B., Verhaegen D., 1993. Le Teck en Côte d'Ivoire. Bois et Forêts Des Tropiques. 235 : 8-24.

Dupuy B., Brevet R., 1993. Propositions de règles de sylviculture pour les forêts denses humides de production en Afrique tropicale. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 28 p. (Document interne).

Dupuy B., Brevet R., 1993. Sylviculture et productivité de la forêt dense humide en Côte d'Ivoire. Les périmètres expérimentaux d'Irobo et de Mopri. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 40 p. (Document interne).

Dupuy B., M'bla K., 1993. Les plantations d'Acajou d'Afrique : leur sylviculture en forêt dense humide ivoirienne. Bois et Forêts des Tropiques. 236 : 25-42.

Dupuy B., Chezeaux E., 1993. La sylviculture du Niangon en plantation (*Heritiera utilis* Kosterm). Bois et Forêts des Tropiques. 293 : 9-22.

Dupuy B., Doumbia F., Diahuissie A., 1995. Etudes sur la régénération naturelle en forêt dense humide ivoirienne de production. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 25 p.(Document interne).

Durand-Gasselin T., 1994. Utilisation de clones dans une plantation pérenne : Evaluation des risques d'échec. Montpellier, France, C.I.R.A.D. CP, 15 p. (Document interne).

Durrieu de Madron L., 1994. Bilan des expérimentations dans les dispositifs d'Irobo et de Mopri en forêt dense de Côte d'Ivoire après 12 ans et 14 ans de mesures. Nogent/marne, France, C.I.R.A.D. Forêt. 90 p. (Document interne).

Durrieu de Madron L., Favrichon V., Dupuy B., Bar Hen A., Houde L., 1997. Croissance et productivité en forêt dense humide : Bilan des expérimentations dans le dispositif de Mopri en forêt dense de Côte d'Ivoire après 14 ans de mesures (1978-1992). CIRAD Forêt, 55 p.

Dykstra D.P., Heinrich R., 1992. Assurer la durabilité des forêts tropicales grâce à des pratiques d'exploitation écologiquement rationnelles. *Unasyuva*. 169 (43) : 16-24.

Dykstra D.P., Heinrich R., 1995. FAO model code of forest harvesting practice. FAO, Rome, Italie.

Egnankou W., Nicole M., Schmidt M., 1987. Les zones humides de Côte d'Ivoire. O.R.S.T.O.M./U.I.C.N., 73 p.

Eldin M., 1971. Le climat. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Paris, France, O.R.S.T.O.M., p. 77-155.

Estève J., 1983. La destruction du couvert forestier consécutive à l'exploitation forestière de bois d'oeuvre en forêt dense tropicale humide africaine ou américaine. *Bois et Forêts des Tropiques*. 201 : 77-84.

Estève J., 1985. Formation du coût des bois en grumes de départ chantier à FOB pour quelques essences et itinéraires types. *Bois et Forêts des Tropiques*. 208 : 69-82. 209 : 11-28.

Evans J., 1992. *Plantation forestry in the tropics*. Oxford, England, Oxford Clarendon Press, 418 p.

Fairhead J., Leach M., 1994. Représentations culturelles africaines et gestion de l'environnement. In : *L'homme et la nature en Afrique*. Politique Africaine, Ed. Karthala, France, 11-25.

Falconer J., 1992. Non-timber forests products in southern Ghana. England, O.D.A., Forestry Series, 2, 23 p.

Fallavier P., 1995. Physico-chimie des sols tropicaux acides. In : *Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides*, Montpellier, France, 13-17 novembre 1995, C.I.R.A.D., p. 9-26.

F.A.O., 1975. Nigerian experience with natural regeneration in tropical moist forest. Rome, Italie, 14 p.

F.A.O., 1977. Aménagement de la forêt de Deng-Deng (Cameroun). Rome, Italie, Rapport technique, 2, 49 p.

F.A.O., 1983. Techniques simples de carbonisation. Rome, Italie, *Etude Forêts*, 41, 151 p.

F.A.O., 1984. Etude sur la productivité des peuplements forestiers tropicaux. 1. Formations forestières sèches. Rome, Italie, *Etude Forêts*, 51, (1), 88 p.

Bibliographie

- F.A.O.**, 1985. Tropical Forestry Plan. Committee on Forest Development in the tropics. Rome, Italie, 159 p.
- F.A.O.**, 1985. Intensive multiple-use forest management in the tropics. Rome, Italie, Forestry paper, 55, 180 p.
- F.A.O.**, 1987. Systèmes de revenus forestiers dans les pays en développement. Rome, Italie, Etude Forêts, 43, 266 p.
- F.A.O.**, 1989. Review of forest management systems of tropical Asia. Rome, Italie, Etude Forêt, 89.
- F.A.O.**, 1989. Management of tropical rain forests : Utopia or chance of survival? Proceedings of International Symposium in Feldafing (R.F.A.). Baden-Baden, R.F.A., 112 p.
- F.A.O.**, 1989. Aménagement des forêts tropicales humides en Afrique. Rome, Italie, Etude Forêts, 88, 180 p.
- F.A.O.**, 1991. Deuxième rapport intérimaire sur l'état des forêts tropicales. Nature et Faune. F.A.O. Regional Office for Africa. Accra, Ghana, 7 (4) : 10-12.
- F.A.O.**, 1992. Mixed and pure forest plantations in the tropics and subtropics. Rome, Italie, Etude Forêts, 103, 152 p.
- F.A.O.**, 1993. Nouvelles internationales sur les incendies de forêt. Rome, Italie, 8, 37 p.
- F.A.O.**, 1993. Forest products. Yearbook. 1993. Rome, Italie, Collection Forêts, 26, 335 p.
- F.A.O.**, 1993. Forest Resources Assesment 1990. Tropical countries. Rome, Italie, Forestry paper, 112, 60 p.
- F.A.O.**, 1993. The challenge of sustainable forest management. What future for the world's forests ? 128 p.
- F.A.O.**, 1994. Conservation des ressources génétiques dans l'aménagement des forêts tropicales. Principes et concepts. Rome, Italie, Etude Forêts, 107, 101 p.
- F.A.O.**, 1995. La sylviculture : élément déterminant d'un aménagement des forêts. Unasyuva 181, (46) : 2-3.
- Fargeot**, 1995. Quelques reflexions sur l'aménagement de la forêt dense africaine non exploitée. C.I.R.A.D. Forêt, Montpellier, France, 17 p. (Document interne).
- Favrichon V.**, 1991. Sur quelques relations entre la croissance des arbres et la structure du peuplement e forêt semi-décidue (République centrafricaine). D.E.A., Paris VI, France, 40 p.

Favrichon V., Damio T., 1996. Un modèle matriciel pour simuler la dynamique d'un peuplement forestier tropical semi-décidu (dispositif de M'baiki, République Centrafricaine. IUFRO meeting "Growth studies in tropical moist forests of Africa", Kumasi, Ghana, 15 p.

Fays (de) E.P., Huygen J.P., 1958. Enrichissement des forêts ombrophyles hétérogènes dans la province orientale du Congo Belge. *In* : Sylviculture Tropicale, F.A.O., 2, p.129-139.

Florence J., 1981. Chablis et sylvigénèse dans une forêt sempervirente du Gabon. Thèse 3ème cycle, Univ. Pasteur, Strasbourg, France, 261 p.

Foahom, 1994. Contraintes d'ordre entomologique dans la sylviculture au Cameroun. *In* : Les ravageurs en agriculture. Association Nationale pour la Protection des Plantes (Paris), 3 : 1333-1341

Foggie A., 1959. Forêt et Foresterie au Ghana. Bois et Forêt des Tropiques. 65 : 3-37.

Foresta H. (de), 1995. Systèmes de culture, adventices envahissantes et fertilité du milieu : le cas de *Chromolaena odorata*. *In* : Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides, Montpellier, France, C.I.R.A.D., 20 p.

Forestry Research Institute of Ghana, 1994. Incentives and technologies for sustainability of forest management in anglophone West Africa. Kumasi, Ghana, FORIG/C.I.F.O.R./U.N.E.P., 45 p.

Forman R.T., Godron M., 1986. Landscape ecology. New-York, U.S.A., Ed. J. Wileys, 587 p.

Forni E., 1994. Bilan de l'exploitation de la vente de coupe 1112. Projet API Dimako, Cameroun. CIRAD Forêt. 20 p.

Forni E., 1997. Types de forêts dans l'est du Cameroun et étude de la structure diamétrique de quelques essences. DEA, Faculté Universitaire de Gembloux, Belgique, 65 p.

Fournier A., 1991. Phénologie, croissance et production végétales dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest. Variation selon un gradient climatique. France, O.R.S.T.O.M., 312 p.

Foury F., 1956. Comparaison des méthodes d'enrichissement en forêt dense équatoriale. Bois et Forêts des Tropiques. 47 : 15-25.

Fox J.E.D., 1968. Logging damage and the influence of climber cutting prior to logging in the lowland dipterocarp forest of Sabah. Malays. For. 31 (4) : 326-347.

Fox J.E.D., 1970. Yield plots regenerating forests. Mal. For. 33 (1). 45-58.

Fox J.E.D., 1976. Constraints on the natural regeneration of tropical moist forest. *For. Ecol. Manag.* 1.

Francois J., 1977. Forestry in Ghana. *F.A.O. Unasylva.* 29 (115) : 35-46.

Fritsch E., 1982. Evolution des sols sous recû forestier après mise en culture traditionnelle dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Adiopodoumé, Côte d'Ivoire, O.R.S.T.O.M., 74 p.

Gamblin B., 1993. Un système d'information géographique à l'O.N.F. : rêve ou réalité. *Rev. For. XLV* (n° spécial) : 122-127.

Ganry F., Dommergues Y.R., 1995. Arbres fixateurs d'azote : champ ouvert pour la recherche. *Agriculture et développement*, 7 : 38-57.

Garba Lawal M., 1993. Le bois tropical africain: commerce, flux, production et transformation industrielle. *Marchés tropicaux.* Février 1993 : 436-440.

Ghartey K.K.F., 1994. A strategy for the forest sector. Country paper for Ghana. Technical workshop, Abidjan, Côte d'Ivoire, BAD/World Bank, 8 p.

Gartlan S., 1992. Practical constraints on sustainable logging in Cameroun. In conservation de la forêt dense en Afrique centrale et de l'ouest. World Bank Washington DC, U.S.A., Environment Paper, 1 : 119-127.

Gauthier L., 1995. Les essais de jachère plantée en légumineuses ligneuses dans la région d'Oumé, Centre-Sud Côte d'Ivoire. D.E.S.S., Univ. Paris XII, Val de Marne, France, 79 p.

Gauthier B., Godron M., Hiernaux P., Lepart J., 1977. Un type complémentaire de profil écologique : le profil écologique indicé. *Can. J. Bot.* 55 (23) : 2859-2865.

Gautier L., 1992. Contact forêt-savane en Côte d'Ivoire Centrale : Rôle de *Chromolaena odorata* (L.) R. King & H. Robinson dans la dynamique de la végétation. Thèse Université de Genève, Suisse, 260 p.

Gautier L., 1994. Emprise des brousses à *Chromolaena odorata* sur le fond du V Baoulé (Côte d'Ivoire centrale). *Journ. d'Agric. Trad. et de Bota. Appl. Paris*, Vol.XXXVI : 75-86.

Gautier-Hion A., 1990. Interactions among fruits and vertebrate fruit-eaters in an african tropical rain forest. *In* : Reproductive ecology of tropical forest plants, M.A.B., p. 219-230.

Gérard Ph., 1960. Etude écologique de la forêt dense à *Gilbertiodendron dewevrei* dans la région de l'Uele. Belgique, I.N.E.A.C., Série scientifique, 87, 159 p.

Germain R., Evrard C., 1956. Etude écologique et phytosociologique de la forêt à *Brachystegia laurentii*. Belgique, I.N.E.A.C., Série scientifique, 67, (104), 146 p.

Gillon D., 1968. Recherches écologiques dans la savane de Lamto (Côte d'Ivoire). *Terre et Vie*. 24 : 80-93.

Gillon D., 1990. Les effets des feux sur la richesse en éléments minéraux et sur l'activité biologique des sols. *Revue Forestière Française*. N° spécial, Espaces forestiers et incendies : 295-301.

Gillon Y., 1992. Empreinte humaine et facteurs du milieu dans l'histoire écologique de l'Afrique tropicale. *Afrique contemporaine*. 161 : 30-41.

Girard J.C., Sigala P., 1991. Les principales formations végétales. *Bois et Forêts des Tropiques*. 229 : 15-22.

Girod J. (Coordinateur), 1995. L'énergie en Afrique. Paris, France, ADEME/Ministère de la Coopération/ACCT-IEPPE/CEE, Ed. Karthala, 480 p.

Gnahoua G.M., 1993. Etude des jachères arborées sur l'état de fertilité des sols en zone de forêt de moyenne Côte d'Ivoire. Conséquences sur les pratiques culturales à recommander. DESS Univ, Paris XII, France, 96 p.

Godefroy J., Muller M., Roose E., 1970. Estimation des pertes par lixivation des éléments fertilisants dans un sol de bananeraie de basse Côte d'Ivoire. *Fruits*. 25 (6) : 403-423.

Goldammer J.G., 1993. Fire management. *In* : "The tropical forestry handbook", L. Pancel Eds, Berlin, Springer-Verlag, p.1221-1268.

Goldammer J.G., Manan Syaffii, 1996. Fire in tropical forests. *Tropical Forestry Update*. I.T.T.O. 6 (1): 3-7.

Golley F.B., 1983. Tropical rain forest ecosystems. Structure and function. Amsterdam, Pays-Bas, Elsevier, 381 p.

Gomez-Pompa A., 1991. Learning from traditional ecological knowledge: insights from mayan sylviculture. *M.A.B./UNESCO*. 6 : 335-343.

Goodland R., 1991. Tropical deforestation. Solutions, Ethics and Religions. Washington D.C., U.S.A., Banque Mondiale, Environment working paper, 43, 57 p.

Goodland R., Asibey E.O.A., Post J.C., Dyson M.B., 1990. Tropical moist forest management. The urgency of transition to sustainability. Washington D.C., U.S.A., World Bank, Environment Dept, 525 p.

Goudet J.P., 1968. Etude de la croissance de jeunes plantations de Niangon et d'Okoumé en forêt de l'Abbé et de la Comoé. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 31 p. (Document interne).

Goudet J.P., 1973. Les techniques sylvicoles. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 46 p. (Document interne).

Goudet J.P., Wencelius F., Neef (de) P., 1971. Note sur les essais de fertilisation minérale réalisés en pépinière et plantation sur Niangon, Acajou et Sipo en basse et moyenne Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 17 p. (Document interne).

Goujon P., 1968. Conservation des sols en Afrique et Madagascar. Les facteurs de l'érosion et l'équation universelle de Wischmeier. Bois et Forêts des Tropiques. 118 : 3-17.

Goujon P., Bailly C., Vergnette (de) J., Benoit de Cognac G., Roche P., 1968. Conservation des sols en Afrique et Madagascar. Influence du couvert végétal sur le ruissellement et les pertes en terre. Bois et Forêts des Tropiques. 119 : 3-14.

Goujon P., Bailly C., Vergnette (de) J., Benoit de Cognac G., Roche P., 1968. Conservation des sols en Afrique et Madagascar. Influence des rotations et des pratiques culturales sur le ruissellement et les pertes en terre à Madagascar. Bois et Forêts des Tropiques. 120 : 3-34.

Gourlet-Fleury S., 1991. Simulation d'éclaircies sur le dispositif sylvicole de Paracou (Guyane française). Recherche de méthodes d'intervention en forêt après exploitation. Guyane, France, C.I.R.A.D. Forêt, 47 p. (Document interne).

Gourlet-Fleury S., 1992. Indices de compétition : les possibilités d'application à la gestion en forêt dense tropicale humide. D.E.A. Université C. Bernard, Lyon I, France, 38 p.

Gow D.D., 1992. La foresterie, source de développement durable : La dimension sociale. F.A.O.. Unasylva. 43 (169) : 34-41.

Graaf (de) N. R., 1981. Sustained timber production in the south american tropical rainforest. Workshop on the management of low fertility acid soils of the humid american tropics, Suriname, Guyana, 15 p.

Graaf (de) N.R., 1986. A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname. Wageningen, Pays-Bas, Agricultural University, Series Ecology and management of tropical rain forest, 65 p.

Graaf (de) N. R. 1996. Natural forest management for sustainable timber production in the humid tropics with special reference to Latin America. *In* : Sustainable management of the Guyana rain forest, Proceedings of the seminar management systems for natural forest in the tropics, Wageningen, The Netherlands, pp. 17-29.

Graaf (de) N. R., Van Rompaey R., 1990. The Celos experiments on silviculture with regeneration in Suriname. M.A.B./I.U.F.R.O./F.A.O., 14 p.

Grandclément G., 1947. Le traitement et l'enrichissement de la forêt dense. Bois et Forêts des Tropiques. 3 : 24-30.

Grainger A., 1993. Controlling tropical deforestation. England, Earthscan Publications, 310 p.

Greco J., 1979. La défense des sols contre l'érosion. Paris, France, Coll. La Maison Rustique, 180 p.

Greenland D.J., Kowal J.L., 1960. Nutrient content of the moist tropical forest of Ghana. Plant and Soil. 12 (2) : 154-174.

Gregersen H., Contreras A., 1994. Evaluation économique des impacts des projets forestiers. Rome, Italie, F.A.O., Etude Forêts, 106, 123 p.

G.R.E.T., 1993. Typologie des problèmes spécifiques à la zone tropicale humide. Ecologie et systèmes agraires. Groupe de travail avenir de la zone tropicale humide. Paris, France, Coopération française/Caisse française de développement/Bdpa/Scetagri, 75 p.

Grimaldi M., 1993. Effets de la déforestation et des cultures sur la structure des sols argileux d'Amazonie brésilienne. Cahiers Agricultures, 2 : 36-47.

Grondart A., 1964. La végétation forestière au Tchad. Bois et Forêts Des Tropiques. 93 : 15-34.

Groulez J., 1975. Note sur les plantations de conversion dans les forêts tropicales humides. Bois et Forêts des Tropiques. 162 : 3-25.

Grut M., Gray J.A., Egli N., 1991. Forest pricing and concession policies. Managing the high forest of west and central Africa. Washington D.C., U.S.A., World Bank Technical Paper, 143 : 77 p.

Gu Konu Y., 1991. L'arboriculture et l'économie de plantation. In : L'appropriation de la terre en Afrique noire, Paris, France, Ed. Karthala, p. 83-95.

Guelly K.A., 1994. Reconquête forestière sur le plateau Akposso (Togo) : stratégies paysannes, caractéristiques botaniques et écologiques. Paris, France, Museum National d'Histoire Naturelle, Journ. D'Agric. Trad. et de Bot. Appl. Vol XXXVI (1) : 15-29.

Guelly K.A., Roussel B., Guyot M., 1993. Installation d'un couvert forestier dans les jachères de savane au sud-ouest Togo. Bois et Forêts des Tropiques. 235 : 37-74.

Guéneau P., 1991. Les bois d'oeuvre tropicaux. 10 ème Congrès forestier mondial. Bois et Forêts des Tropiques. 227 : 51-56.

Guillaumet J.L., 1967. Recherches sur la végétation et la flore de la région du Bas-Cavally (Côte d'Ivoire). France, Mémoire O.R.S.T.O.M., 20, 247 p.

Guillaumet J.L., 1978. Observations sur les premiers stades de reconstitution de la forêt (Sud-ouest de la Côte d'Ivoire). O.R.S.T.O.M.. Série Biologie. XIII (3) : 189-190.

Guillaumet J.L., Adjanooun E., 1971. La végétation de Côte d'Ivoire. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. O.R.S.T.O.M., Mémoire, 50, p. 157-263.

Guillaumet J.L., Kahn F., 1979. Description des végétations forestières tropicales. Approche morphologique et structurale. *Candollea*. 34, (1) : 109-131.

Guillaumet J.L., Morat Ph., 1990. Menaces sur la flore. Paris, France, Les cahiers d'outre-mer. 172 : 342-362.

Guillon J.L., 1994. L'agroforesterie? *Revue Forestière Française*. XLVI (Numéro spécial) : 11-16.

Guillon J.L., Dupraz C., Auclair D., Montard (de) F.X., 1994. Quel projet agroforestier pour l'europe tempérée? *Revue Forestière Française*. XLVI : 179-187.

Haig I.T., Huberman M.A., U Aung Din, 1959. *Sylviculture tropicale*. Rome, Italie, F.A.O., 1, 195 p.

Hall J.B., 1977. Forest types in Nigeria. An analysis of pre-exploitation forest enumeration data. *J. Ecol.* 65 : 187-199.

Hall J.B., Jenik J., 1968. Contribution towards the classification of savanna in Ghana. Dakar, Sénégal, *Bull. Inst. Fond. Afr. Noire*. 30A, 88-93.

Hall J.B., Swaine M.D., 1976. Classification and ecology of closed-canopy forest in Ghana. *Journal of Ecology*. 63 : 913-951.

Hall J.B., Swaine M.D., 1981. Distribution and ecology of vascular plants in a tropical rain forest. *Forest vegetation in Ghana*. The Hague, Ed. W. Junk, 383 p.

Hallé F., Oldeman R.A.A., 1970. *Essai sur l'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux*. Paris, France, Masson, 170 p.

Hallé F., Oldeman R.A.A., Tomlinson P.B., 1978. *Tropical trees and forest. An architectural analysis*. Berlin, Heidelberg, New-York, Springer Verlag, 441 p.

Haxaire C., 1994. Dégradation de la forêt, disparition des plantes utiles et nouvelles stratégies chez les Gouro de la République de Côte d'Ivoire. *Journ. d'Agric. Trad. et de Bot. Appl.* Paris, France, *Museum National d'Histoire Naturelle*. Vol XXXVI (1) : 57-75.

Hawthorne W.D., 1990. *Field guide to the forest trees of Ghana*. Chatham, U.K., Natural Resources Institute, 276 p.

Hawthorne W.D., 1993. Forest regeneration after logging. England, O.D.A., Forestry Series, 3, 52 p.

Hawthorne W.D., 1994. Fire Damage and forest regeneration in Ghana. O.D.A., Forestry series 4, 53 p.

Hawthorne W.D., 1995. Ecological profiles of Ghanaian forest trees. Oxford, U.K., O.D.A., Oxford Forestry, Institute, University of Oxford, Tropical Forestry Papers, 29, 345 p.

Harrison P., 1991. Une Afrique verte. Paris, France, Ed. Karthala, 448 p.

Hendrison J., 1990. Damage-controlled logging in managed tropical rain forest in Suriname. Netherlands, Wageningen Agricultural University, 204 p.

Heybroek H.M., 1982. Monoculture versus mixture: interactions between susceptible and resistant trees in a mixed stand. *In* : Proc 3rd International workshop on the genetic of host parasite interactions in forestry. 14-21 september 1980, Netherlands, Wageningen, p. 327-341.

Hladick A., 1982. Dynamique d'une forêt équatoriale africaine. Mesures en temps réel et comparaison du potentiel de croissance des différentes espèces. *Acta Oecol. Gener.* (3) : 373-392.

Hladick A., Miquel S., 1990. Seedlings types and plant establishment in an african rain forest. Reproductive ecology of tropical forest plants. *M.A.B.* 7 : 261-274.

Hopkins B., 1962. Vegetation of the Olokemeji forest reserve. Nigeria. General features of the research sites. *J. Ecol.* 50 : 559-598.

Hopkins B., 1965. Observations on savanna burning in the Olokemiji forest reserve. Nigeria. *J. Appl. Ecol.* 2 : 367-391.

Hopkins B., 1966. The vegetation of the Olokemeji forest reserve, Nigeria. The litter and soil. *J. Ecol.* 54 : 687-703.

Hopkins B., 1970. The vegetation of the Olokemeji forest reserve, Nigeria. The plants on the forest site. *J. Ecol.* 58 : 765-793.

Hopkins B., 1971. Vegetation of the Olokemegi Forest Reserve. Nigeria. VII. The plants of the savannah site with special reference to their seasonal growth. *J. Ecol.* 58 : 795-825.

Houiller F., Birot Y., Bouchon J., 1991. Modélisation de la dynamique des peuplements forestiers : état et perspectives. *Revue Forestière Française*, XLII, 2 : 87-108.

Hpadik C.M., 1990. Food and nutrition in the African Rain Forest. Paris, France, UNESCO/CNRS, 96 p.

Hubbel S.P., Foster R.B., 1987. La estructura espacial en gran escala de un bosque neotropical. *Rev. Biol. Trop.*, 35 : 7-22.

Huet J., 1966. Plantations en forêt dense. Préparation des forêts à enrichir. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 10 p. (Document interne).

Hugenin J., 1993. Répartition, dynamique, incidences de *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King et H. Robinson dans huit pays d'Afrique de l'Ouest. Montpellier, France, C.I.R.A.D., 43 p. (Document interne).

Hugenin J., Audru J., Bedogo B., 1992. L'Herbe du Laos. *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King et H. Robinson. et les savanes pastorales humides. La plante, les effets néfastes de son extension, les moyens de la contrôler. Fiche N°6. France, C.I.R.A.D.-E.M.V.T., 16 p. (Document interne).

Huguet L., 1982. Que penser de la disparition des forêts tropicales? *Bois et Forêts des Tropiques*. 195 : 7-23.

Huguet L., 1993. Forêts des pays tempérés, forêts des pays tropicaux: essai d'histoire forestière et agricole comparée. *Revue Forestière Française*. XLV (1) :75-81.

Huguet L., 1994. Dans les forêts tropicales, la guerre entre les clercs et les gestionnaires n'aura pas lieu. *Revue Forestière Française*. XLVI (6) : 695-700.

Hutchinson F., Dalziel M.D., 1963. *Flora of West tropical Africa*. 1954-1963. 2ème édition. London, England.

Hutchinson I.D., 1987. Improvement thinning in natural forests: aspects and institutionalisation. *In* : Natural management of tropical moist forests, Silvicultural and management prospects of sustained utilization, Eds : F. Mergen and J.R. Vincent, p. 114-134.

Huttel C., 1974. Root distribution and biomass in three Ivory Coast rain forest plots. *In* : Colloque d'Ecologie tropicale, Caracas, Venezuela, Eds : Golley et Medina, p.123-130.

Huttel C., 1975. Recherches sur l'écosystème de la forêt subéquatoriale de basse Côte d'Ivoire. Inventaire et structure de la végétation ligneuse. *Terre et Vie*. 29 : 178-191.

Huttel C., 1975. Recherches sur l'écosystème de la forêt subéquatoriale de basse Côte d'Ivoire. Estimation du bilan hydrique. *Terre et Vie*. 29 : 192-202.

Huttel C., Bernhard-Reversat F., 1975. Recherches sur l'écosystème de la forêt subéquatoriale de basse Côte d'Ivoire. Biomasse végétale et productivité primaire-Cycle de la matière organique. *Terre et Vie*. 29 : 243-264.

Irvine F.R., 1961. *Woody plants of Ghana with special reference to their uses*. London, England, 868 p.

Bibliographie

Jabil M., 1983. Problems and prospects in tropical rain forest management for sustained yield. *Mal. For.* 46 (4) : 398-408.

Jardin J.L., 1995. Etude des dégâts d'exploitation en forêt sempervirente. API Dimako, Cameroun. CIRAD/ONF. 10 p.

Jack W.H., 1958. Low percentage enumerations for management purposes in Ghana high-forest. *In* : Proceedings of the Second International African forestry Conference (Pointe Noire 1958), England, London, 1, (43), p. 89-103.

Janz K., 1993. Evaluation des ressources forestières mondiales en 1990 : Vue d'ensemble. *Unasylva.* 44 (174) : 3-10.

Jaffré T., 1983. Etude de la composition minérale et du stock de bioéléments dans la biomasse épigée de recrûs forestiers du sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Adiopodoumé, Côte d'Ivoire, O.R.S.T.O.M., 21 p. (Document interne).

Jaffré T., Namur (de) Ch., 1983. Evolution de la biomasse végétale épigée au cours de la succession secondaire dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire. *Acta Oecologia. Oecol. Plant.* 4 (18) : 259-272.

Jean S., 1975. Les jachères en Afrique tropicale. Interprétation technique et foncière. Paris, France, Mémoire de l'institut d'ethnologie, XIV, 165 p.

Jenik J., 1994. The Dahomey gap : an important issue in african phytogeography. *Mem. Soc. Biogeogr.* 3ème série, IV : 125-133.

Jenkins M., 1992. Biological diversity. *In* : The conservation atlas of tropical forests. Africa. Suisse, I.U.C.N., p.26-32.

John D.M., 1973. Accumulation and decay of litter and net production in tropical africa. *Oikos.* 24 : 430-435.

Jones E.W., 1950. Some aspects of natural regeneration in the Benin rain forest. London, England, Empire Forestry Review. 108-124.

Jones E.W., 1956. Ecological studies on the rain forest of southern Nigeria. The plateau forest of the Okomu Forest Reserve. *Journal of Ecology.* 44 : 83-117.

Jonkers W.B.J., 1978. Vegetation structure, logging damage, and silviculture of tropical rain forests in Suriname. Wageningen. Netherlands, Agricultural University.

Jonsson T., Lindgren P., 1990. Logging technology for tropical forests - for or against. Forest Operations Institute. Yokohama, Japan, I.T.T.O., 81 p.

Jordan C.F., 1983. Productivity of tropical rain forest ecosystems and the implications for their use as future wood and energy sources. *In* : Tropical rain forest ecosystems, London, England, Ed. Elsevier, p. 117-132.

Jouve P., 1991. La jachère en Afrique de l'Ouest. Atelier international, Montpellier, France, O.R.S.T.O.M.

Jung-Muller B., 1988. Les inventaires de régénération au sein du dispositif en forêt dense de Boukoko/La Lolé (R.C.A.). Nogent/Marne, France, 35 p. (Document interne).

Kadambi K., 1957. Methods of increasing growth and obtaining regeneration of tropical forests. *In* : Tropical Silviculture. Rome, Italie, F.A.O., 2, p. 65-75.

Kahn E., 1978. Evolution structurale du peuplement de *Macaranga hurifolia*. Cahier O.R.S.T.O.M.. Sér. Biol. XIII (3) : 223-238.

Kahn E., 1982. La reconstitution de la forêt tropicale humide du sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Mémoire O.R.S.T.O.M.. 97, 150 p.

Kang B.T., Gichuru M., Hulugalle N., Swift M.J., 1991. Soil constraints for sustainable upland crop production in humid and sub-humid west africa. Tropical Agriculture Research Center, Japan. 24 : 101-112.

Kanga L.H.B., 1989. *Epicerura pergrisea* Hampson, défoliateur principal des *Terminalia* en Côte d'Ivoire. Biologie et lutte. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 15 p. (Document interne).

Karani P.J., 1986. Management of tropical rain forests of Uganda. Rome, Italie, F.A.O., 67 p.

Karsenty A., Maitre H.F., 1994. L'exploitation et la gestion durable des forêts tropicales : pour de nouveaux outils de régulation. Bois et Forêts des Tropiques. 240 : 37-53.

Kemp R.H., 1963. Growth and regeneration of open savanna woodland in Northern Nigeria. *Commonw. For. Rev.* 42 : 200-206.

Kemp R.H., 1992. La conservation des ressources génétiques des forêts tropicales aménagées. *Unasylva.* 169 (43) : 34-41.

Kemp R.H., Namkoong G., Wadsworth F.H., 1994. Conservation des ressources génétiques dans l'aménagement des forêts tropicales. Rome, Italie, F.A.O., Etude Forêts, 107, 101 p.

Kennedy J.D., 1935. The group method of natural regeneration in the rainforest at Sapoba, Southern Nigeria. London, England, Empire Forestry Review. 14 : 19-24.

Killick H.J., 1959. The ecological relationships of certain plants in the forest and savanna of central Nigeria. *J. Ecol.* 47 : 115-127.

Kio P.R.O., 1976. What future for natural regeneration of the Tropical Humid Forest? An appraisal with examples from Nigeria and Uganda. *Comm. For. Rev.* 55 (4) : 309-318.

Kio P.R.O., 1979. Management strategies in the Tropical Humid Forest. *Forest Ecology and Management.* 2 : 207-220.

Kio P.R.O., 1983. Management potential of the tropical high forest with special reference to Nigeria. *In* : Tropical rainforest ecology and management, Oxford, England, Eds : S.L. Sulton, T.C. Withmore and A.C. Chadwide, p. 57-68.

Kio P.R.O., Ekwebelam S.A., Oguntala A.B., Ladipo D.O, Nwonwu F.O.C., 1985. Management systems in tropical mixed forest of anglophone Africa. Rome, Italie, F.A.O., 65 p.

Klinge H., Rodriguez W., 1968. Litter production in an area of Amazonian tierra firme forest. *Amazonia.* 1 : 287-302.

Klinge H., 1975. Litter production on tropical ecosystems. I.B.P. Synthesis Meeting. Kuala Lumpur. Malaysia. 15 p.

Kouakou N'dri, 1983. Les effets de l'exploitation forestière sur la régénération en forêt naturelle de Taï. Montpellier, France, CNEARC, 50 p. (Document interne).

Lamb A.F.A., 1967. A review of natural regeneration techniques in some tropical lowland forests. *Sylva* 48. Edin. Univ. For. Soc. 27-30.

Lamb A.F.A., 1968. Fast growing timber trees of the lowland tropics. *Gmelina arborea.* Commonwealth Forestry Institute. 1 : 12-13.

Lamb D., 1990. Exploiting the tropical Rain Forest. M.A.B./UNESCO, Book Series, 7, 421 p.

Lamotte M., 1985. Some aspects of studies on savanna ecosystems. *Trop. Ecol.* 26 : 89-98.

Lamprecht H., 1989. Silviculture in the tropics. Berlin, Germany, G.T.Z., 296 p.

Lancaster P.C., 1960. Investigation into natural regeneration in Omo Forest Reserve. A report trial methods of obtaining natural regeneration in lowland rain forest of southern Nigeria (Inv. 208). Nigerian Forestry information bulletin. 13.

Landon F.H., 1958. Malayan tropical rain forest. *In* : Tropical silviculture, Rome, Italie, F.A.O., 2, p. 2-12.

Lanier L., 1986. Précis de sylviculture. Nancy, France, E.N.G.R.E.F., 467 p.

Lanly J.P., 1966. La forêt dense centrafricaine. *Bois et Forêts des Tropiques.* 108 : 43-56.

Bibliographie

Lanly J.P., 1969. Régression de la forêt dense en Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques. 1 : 45-59.

Lanly J.P., 1973. Manuel d'inventaire forestier. Rome, Italie, F.A.O., 27, 225 p.

Lanly J.P., 1977. Les inventaires de forêts tropicales humides pour les décisions en matière d'investissement industriel. Unasyva, Vol 28, (112-113) : 42-51.

Lanly J.P., 1982. Les ressources forestières tropicales. Synthèse mondiale. Rome, Italie, F.A.O., Etude Forêts, 30, 113 p.

Lanly J.P., 1991. The status of tropical forests. *In* : International Student Forest Symposium. Bangor, Wales, U.K., UCNW, p. 3-15.

Lanly J.P., 1992. Les principes de rendement soutenu en foresterie tropicale. Bois et Forêts Des Tropiques. 234 : 7-11.

Lanly J.P., 1993. En guise de conclusion sur l'évaluation des ressources forestières. Unasyva. 44 (174) : 50-51.

Lanly J.P., Vannière B., 1969. Précision d'un inventaire forestier en fonction de certaines de ses caractéristiques. Bois et Forêts des Tropiques. 125 : 35-61.

Latham M., Dugerdil M., 1970. Contribution à l'étude de l'influence du sol sur la végétation au contact forêt-savane dans l'ouest et le centre de la Côte d'Ivoire. Adansonia. 2 (10) : 553-576.

Lauber F., 1987. Vision sur les enrichissements de la forêt de Yapo (Côte d'Ivoire) 45 ans après. Nogent/Marne, France, C.T.F.T., 20 p. (Document interne).

Laudelout H., Meyer J., 1954. Les cycles d'éléments minéraux et de matière organique en forêt équatoriale congolaise. *In* : 5^{ème} Congrès international de la Science du sol (Léopoldville). II : 267-272.

Laurent D., 1994. La compétitivité et l'organisation de la filière bois au Cameroun. D.E.A., Université de Nanterre, France, 192 p.

Laurent D., Maitre H.F., 1992. Destruction des ressources forestières tropicales : l'exploitation forestière en est-elle la cause. Nogent/marne, France, C.I.R.A.D.. 109 p. (Document interne).

Lamotte M., 1985. Some aspects of studies of savanna ecosystems. Trop. Ecol. 26 : 89-98.

Lawson G.W., Armstrong K.O., Hall J.B., 1970. A catena in tropical moist semi-deciduous forest near Kade, Ghana. J. Ecol. 58 : 371-391.

Bibliographie

Lawton R.M., 1978. The management and regeneration of some Nigerian forest ecosystems. UNESCO. Trop. For. Ecos. - Nat. Res. XIV : 622-640.

Le Bris E., Le Roy E., Mathieu P., 1993. L'appropriation de la terre en Afrique noire. Paris, France, Collection Economie et Développement, Ed. Karthala, 359 p.

Lebrun J., Gilbert G., 1954. Une classification écologique des forêts du Congo. Bruxelles, Belgique, I.N.E.A.C., 63, 89 p.

Lebrun J.P., 1976. Richesses spécifiques de la flore vasculaire des divers pays ou régions d'Afrique. 1976. Candollea. 31 : 11-15.

Ledoux H., 1990. Dispositifs d'étude de l'évolution de la forêt dense ivoirienne suivant différentes modalités d'intervention sylvicole. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 45 p. (Document interne).

Ledoux H., 1991. Aménagement de la forêt classée de Yapo. Etude de l'évolution de quelques placeaux permanents à la troisième campagne de mensuration. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 26 p. (Document interne).

Leener (de) P., 1991. Le foncier de l'arbre. L'appropriation de la terre en Afrique Noire. Paris, France, Eds Karthala, 97-104.

Lejoly J., 1995. Utilisation de la méthode des transects en vue de l'étude de la biodiversité dans la zone de conservation de la forêt de Ngotto (R.C.A.). Rapport technique. Projet ECOFAC, AGRECO-CTFT, 114 p.

Lemée G., 1975. Recherches sur l'écosystème de la forêt subéquatoriale de basse Côte d'Ivoire. Les cycles des macroéléments. Ed. Terre et Vie. 29 : 255-264.

Leneuf N., 1959. L'altération des granites et des granodiorites en Côte d'Ivoire forestière et les sols qui en sont dérivés. Paris, France, O.R.S.T.O.M., 210 p.

Léonard E., Ibo J.G., 1994. Appropriation et gestion de la rente forestière en Côte d'Ivoire. In : L'homme et la nature en Afrique, Politique Africaine, Paris, France, Ed. Karthala, p. 25-37.

Lepitre C., 1978. High forest development. Report on logging operations. FAO project working document. FAO, Rome, 16. NIR/71/546. 99 p.

Le Ray H., 1947. Note sur la régénération artificielle et les méthodes d'enrichissement de la forêt dense en Okoumé. Bois et Forêts des Tropiques. 4 : 31-40.

Le Roy E., 1991. L'appropriation des systèmes de production. In : L'appropriation de la terre en Afrique noire, Collection Economie et Développement. Paris, France, Ed. Karthala, p. 27-35.

- Leroy Deval J.** 1976. Biologie et sylviculture de l'Okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre). CTFT. Nogent sur Marne, France. 355 p.
- Leslie A.J.**, 1977. Where contradictory theory and practice co-exist. Managing a tropical forest raises as many problems as it tries to solve. *Unasylva*. 29 (115) : 2-17.
- Leslie A.J.**, 1987. A second look at the economics of natural management systems in tropical mixed forest. *Unasylva*. 39 (155) : 46-58.
- Leslie A.J., Nair C.T.S., Chundamannil M., Chiew T.H.**, 1989. Review of forest management systems of tropical Asia. Rome, Italie, F.A.O., Forestry Paper, 89, 180 p.
- Leslie A.J., Karamchandani K., Dugan P.C., Suwando H.A.**, 1990. Rehabilitation of logged-over forest in Asia-Pacific region. Yokoama, Japan, JOFCA/OIBT, 95 p.
- Letourneux C.**, 1956. Les dégagements par annélation et empoisonnement. *Bois et Forêts des Tropiques*. 46 : 3-10.
- Letouzey R.**, 1957. La forêt à *Lophira alata* de la zone littorale camerounaise. *Bois et Forêts des Tropiques*. 53 : 9-20.
- Letouzey R.**, 1968. Etude phytogéographique du Cameroun. Paris, France, Encyclopédie Biologique, Ed. Lechevalier, LXIX, 508 p.
- Letouzey R.**, 1982. Manuel de botanique forestière. Nogent/Marne, France, C.T.F.T., 461 p.
- Leroy-Deval J.**, 1967. Vie et mort des parasoliers (*Musanga cecropioides*). *Bois et Forêts des Tropiques*. 112 : 265-274.
- Libby W.J.**, 1982. What is a safe number of clones per plantation? in resistance to disease and pests in forest trees. *In* : Proceedings 3rd international workshop on the genetics of host parasite interactions in forestry (September 1980), Wageningen, Netherlands, p.342-360.
- Libby W.J., Rauter R.M.**, 1984. Advantages of clonal forestry. *The Forestry Chronicle*. 60 (3) : 145-149.
- Lim M.T.**, 1988. Studies of *Acacia mangium* in Kemasul forest, Malaysia. *Journal of tropical ecology*. 4 (3) : 293-302.
- Locatelli B.**, 1996. Forêts tropicales et cycle du carbone. Coll. Repères, CIRAD, Paris, France, 96 p.
- Loffeier E.**, 1995. Reflexions sur l'aménagement forestier en Afrique tropicale humide. C.I.R.A.D. Forêt, Montpellier, France, 12 p. (Document interne).

Longman K.A., Jenik J., 1989. Tropical forest and its environment. Ed. : D. W. Ewer et M. D. Gwynne, 196 p.

Loumetto J.J., 1994. Sols boisés et potentialités agricoles des environs de Brazzaville. *In* : Systèmes agraires et agriculture durable en Afrique sub-saharienne. International Foundation for Science, Stockholm, Suède, p.345-350.

Louppe D., 1993. Le feu, mieux le comprendre pour mieux lutter. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 25 p. (Document interne).

Louppe D., 1993. Productivité des formations forestières sous climat soudano-guinéen. Approche bibliographique. Abidjan. Côte d'Ivoire. IDEFOR/C.I.R.A.D., 23 p. (Document interne).

Louppe D., Ouattara N., 1993. Croissance et Sylviculture. Espèces locales et exotiques testées à Korogho. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/C.I.R.A.D., 19 p. (Document interne).

Louppe D., Ouattara N., Coulibaly A., 1995. Effet des feux de brousse sur la végétation. Bois et Forêts des Tropiques. 245 : 59-75.

Lowe R.G., 1972. Nigerian experience with natural regeneration in tropical moist forest. Rome, Italie, F.A.O., 14 p. (Document interne).

Lowe R.G., 1978. Experience with the tropical shelterwood system of régénération in natural forest in Nigeria. Forest Ecol. Manage. 1 : 193-212.

Lowe R.G., 1997. Volume increment of natural moist forest in Nigeria. Commonwealth forestry review. 76 (2) : 107-113.

Lowe R.G., Walker P., 1977. Classification of canopy stem, crown status and climber infestation in natural tropical forest in Nigeria. J. Appl. Ecol. 14 : 873-903.

Lubini A., Kusehuluka K., 1991. La forêt ombrophile semi-sempervirente à *Celtis mildbraedi* et *Gambeya lacourtiana* dans la région de Kikwit (Zaïre). Bulletin du jardin botanique national de Belgique. 61 (3-4) : 305-334.

M.A.B./UNESCO/I.U.F.R.O./F.A.O., 1990. Rapport final de l'Atelier su l'aménagement et la conservation de l'écosystème forestier tropical humide. Actes. Cayenne, France, 242 p.

Mac Gregor W.D., 1936. Forest types and succession in Nigeria. Empire Forestry Journal. 16 : 234-246.

Mackay J.H., 1936. Problems of ecology in Nigeria. Empire Forestry Journal. 15 : 190-202.

MacKinnon J., MacKinnon K., Child G., Thorsell J., 1986. Managing protected areas in the tropics. Gland, Switzerland, I.U.C.N., 259 p.

Madge D.S., 1965. Leaf fall and litter disappearance in a tropical forest. *Pedobiologia*. 5 : 272-288.

Madge D.S., 1969. Litter disappearance in forest and savanna. *Pedobiologia*. 9 : 288-299.

Maini J.S., 1992. Développement durable des forêts. *Unasylva*. 43 (69) : 3-9.

Maitre H.F., Souvannavong O., 1979. Essai d'implantation d'essences à longue révolution sous couvert de *Leucaena glauca*. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 5 p. (Document interne).

Maitre H.F., 1987. Natural forest management in Ivory Coast. *Unasylva*. 157/158 : 53-60.

Maitre H.F., 1988. Dynamique et production des peuplements naturels de forêt dense humide en Afrique. *Bois et Forêts des Tropiques*. 213 : 3-12.

Maitre H.F., 1990. Recherches sur la dynamique des peuplements arborés en vue de définir une sylviculture assurant la conservation et la protection durable de l'écosystème forestier tropical humide. XIX Congrès I.U.F.R.O. (Montréal, Canada). 2, 401-423.

Maitre H.F., 1992. Recherches sur la dynamique des peuplements arborés en vue de définir une sylviculture de conservation et production durable. *In* : Conservation de la forêt dense en Afrique centrale et de l'ouest. Washington DC, U.S.A., World Bank Environment Paper, 1, 119-127.

Maitre H.F., Hermeline M., 1985. Dispositif d'étude de l'évolution de la forêt dense ivoirienne suivant différentes modalités d'intervention sylvicole. Nogent/Marne, France, C.T.F.T., 83 p.

Maitre H.F., Cossalter C., Laurent D., 1992. Etude de modalités d'exploitation du bois en liaison avec une gestion durable des forêts tropicales humides. Nogent/marne, France, C.T.F.T./C.E.E. D.G.11, 55 p. (Document interne).

Makany L., 1976. Végétation des plateaux Teke (Congo). *Travaux univ. Congo, Brazzaville*, 1, 301 p.

Malaisse F., 1984. Contribution à l'étude de l'écosystème forêt dense sèche. Structure d'une forêt dense sèche zambézienne des environs de Lubumbashi (Zaïre). *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, 117 : 428-458.

Maldague M.E., 1970. Rôle des animaux édaphiques dans la fertilité des sols forestiers. Belgique, INEAC, 112.

Maley J. 1987. Fragmentation de la forêt dense humide africaine et extension des biotopes montagnards au quaternaire récent : nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paléoclimatiques et biogéographiques. *Palaeocology of Africa*, 18 : 307-334.

Maley J. 1990. L'histoire récente de la forêt dense humide africaine : essai sur le dynamisme de quelques formations forestières. *In* : Paysages quaternaires de l'Afrique Centrale Atlantique, Collection didactiques, R. Lanfranchi et D. Schwartz Eds., ORSTOM, Paris, France, p. 367-389.

Mallet, B., 1986. Problèmes entomologiques des plantations forestières en Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 14 p. (Document interne).

Mallet B., 1987. Evolution, un an et demi après dévitalisation d'un peuplement d'essences secondaires de forêt naturelle. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 13 p. (Document interne).

Mallet B., Tuo N., 1989. Evolution récente des techniques de dévitalisation des essences secondaires de la forêt naturelle en Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 8 p. (Document interne).

Mangenot G., 1955. Etude sur les forêts des plaines et plateaux de la Côte d'Ivoire. I.F.A.N. Etude éburnéennes. (4) : 5-81.

Mangenot G., 1956. Les recherches sur la végétation dans les régions tropicales humides de l'Afrique occidentale. Study of tropical vegetation. *In* : Proceedings of Kandy symposium, Paris, France, UNESCO, p. 115-226.

Manokaran N., Kochummen K.M., 1987. Recruitment, growth and mortality of tree species in a lowland dipterocarp forest in peninsular Malaysia. *J. Trop. Ecol.* 3 : 315-330.

Mariaux A., 1967. Les cernes dans les bois tropicaux africains. *Bois et Forêts des Tropiques*. 114 : 23-37.

Martinot-Lagarde P., 1957. Note sur les travaux effectués en forêt dense. Ministère de la F.O.M., Côte d'Ivoire, 4 p.

Martinot-Lagarde P., 1961. Le Niangon en plantation serrée sous forêt. *Bois et Forêts des Tropiques*. 80 : 13-26.

Masson J.L., 1983. Management of tropical mixed forests. Preliminary assessment of present status. F.A.O.. Document FO:MISC/83/17. 57 p.

Matthews J.D., 1991. *Silvicultural systems*. Oxford University Press, U.K., 296 p.

Matti P., Jyrki S., 1988. Deforestation or development in the third world. Finnish Forest Research Institute. 2, 180 p.

Maudoux E., 1954. La régénération naturelle dans les forêts remaniées du Mayumbe. Bulletin agricole du Congo belge. XLV, (2).

Maury-Lechon G., 1991. Comparative dynamics of tropical regeneration in french Guyana. M.A.B./UNESCO. 6, 285-295.

M'bla Koua, 1993. Le Badi ou Bilinga d'Afrique. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/DFO, 49 p. (Document interne).

M'bla Koua, 1996. Comportement de 37 espèces ivoiriennes de forêt dense humide plantées en plein découvert. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR/DFO, 14 p. (Document interne).

M'bolo Bamela D., 1994. Etude des dégâts d'exploitation dans la zone d'action du projet aménagement pilote intégré (API) de Dimako. Mémoire ENSA, Université de Dschang, Cameroun, 79 p.

Menaut J.C., 1974. Chute de feuilles et apport au sol de litière par les ligneux dans une savane préforestière de Côte d'Ivoire. Bull. Ecol. 5 : 27-39.

Menaut J.C, Cesar J., 1979. Structure and primary productivity of Lamtos savannas, Ivory Coast. Ecology. 60, (6) : 1197-1210.

Mengin-Lecreux P., Maitre H.F., 1986. Les systèmes d'aménagement dans les forêts denses humides d'Afrique. Nogent/marne, France, 19 p. (Document interne).

Mengin-Lecreux P. 1988. Note technique sur l'aménagement forestier. Abidjan, Côte d'Ivoire, SODEFOR, 27 p.

Mengin-Lecreux P., 1990. Simulation de la croissance d'un peuplement de forêt dense : le cas de la forêt de Yapo. Abidjan, Côte d'Ivoire, SODEFOR/C.T.F.T.. 56 p. (Document interne).

Mengin-Lecreux P., 1992. Silviculture en forêt dense au Ghana. Abidjan, Côte d'Ivoire, SODEFOR, 19 p. (Document interne).

Mensbruge G. (de La), 1962. La lutte contre les feux de brousse. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 11 p. (Document interne).

Mensbruge G. (de La), 1966. La germination et les plantules des essences arborées de la forêt dense humide de la Côte d'Ivoire. Nogent/Marne, France, C.T.F.T., 389 p.

Mensbruge G. (de La), Bergeroo-Campagne B. Rapports sur les résultats obtenus dans les parcelles d'expériences sur les feux de brousse en Côte d'Ivoire. 2ème Conf. For. Inter. Afric. C.S.A./C.T.T.A. 43, 659-691.

Mercier J.R., 1991. La déforestation en Afrique. Aix en Provence, France, Ed : Edisud, 178 p.

Métro A., 1975. Terminologie forestière. Version française. F.A.O./I.U.F.R.O., 2, 431 p.

Miège J., 1966. Observations sur les fluctuations des limites savanes-forêts en basse Côte d'Ivoire. Ann. Fac. Sci. Dakar. 19 : 149-166.

Miélot J., 1977. Note fixant les objectifs généraux de l'expérimentation dans les trois périmètres de Mopri, Téné et Irobo. Abidjan, Côte d'Ivoire, SODEFOR, 17 p. (Document interne).

Miélot J., Bertault J.G., 1980. Etude dynamique de la forêt dense de Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire, SODEFOR/C.T.F.T., 166 p. (Document interne).

Miezan K.K.A., 1993. Etude de la régénération naturelle en forêt semi-décidue de Téné. Côte d'Ivoire, E.N.S.A./IDEFOR, 125 p.(Document interne).

Misra R., 1972. A comparative study of net primary production of dry deciduous forest and grassland of Varanasi, India. *In* : Tropical Ecology with an emphasis on organic production, University of Georgia, U.S.A., Golley Eds, p.279-293.

Mitja D., 1992. Influence de la culture itinérante sur la végétation d'une savane humide de Côte d'Ivoire (Booro-Borotou-Touba). France, O.R.S.T.O.M., 270 p.

Mitja D., Hladik A., 1989. Aspects de la reconstitution de la végétation dans deux jachères en zones forestières humides (Makokou, Gabon). Acta Oecologica, 10 (1) : 75-94.

Mok S.T., 1992. Potentiel d'aménagement durable des forêts tropicales en Malaisie. Unasylnva. 43 (129) : 28-45.

Monnier Y., 1968. Les effets des feux de brousse sur une savane préforestière de Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire, Etud. Eburn. IX, 260 p.

Monnier Y., 1990. La poussière et la cendre. Paysages, dynamique des formations végétales et stratégies des sociétés en Afrique de l'Ouest. Paris, France, Ministère de la Coopération, 265 p.

Montalembert M.R. (de), Clément J., 1983. Disponibilités de bois de feu dans les pays en développement. Rome, Italie, F.A.O., Etude Forêts, 42, 119 p.

Moreau R., 1991. Influence de la mise en culture et de la jachère forestière sur l'évolution des sols forestiers tropicaux. *In* : Atelier international, la jachère en Afrique de l'Ouest, Montpellier, France, C.I.R.A.D., 12 p.

Morel J.P., Tandeau de Marsac G., 1995. Dispositif de recherche en forêt dense de Boukoko-La Lolé. Vers une meilleure connaissance des essences forestières. Ministère des Eaux-Forêts, Bangui, RCA, 51 p. (Document interne).

Morellet J., 1952. Une expérience sylvicole au Cameroun. *Bois et Forêts des Tropiques*. 25 : 297-312.

Morellet J., 1958. Rapport général du Cameroun français. *In* : *Tropical Silviculture*, Rome, Italie, Rome, 3, p. 11-22.

Müller D., Nielsen J., 1965. Production brute, pertes par transpiration et production nette dans la forêt ombrophile tropicale. *Det Forstlige Forssvaesen i Danmark*. 29, 69-160.

Myers N., 1983. Conversion rates in tropical moist forests. *In* : *Tropical rain forest ecosystems, Structure and function*, U.S.A., Ed. Golley, Elsevier, p. 289-300.

Nadjombe O., 1992. La déforestation par l'agriculture itinérante et les feux de brousse. *In* : *Conservation de la forêt dense en Afrique centrale et de l'ouest*. Washington D.C., U.S.A., World Bank Environment Paper, 1, p. 110-119.

Nahal I., 1975. *Principes de conservation du sol*. Paris, France, Ed. Masson, 143 p.

Nair P.K.R., 1991. State of the art of agroforestry systems. *In* : *Agroforestry principles and practice*. U.S.A., Ed. Elsevier, p. 5-30.

Namur C. (de), 1978. Quelques caractéristiques du développement du peuplement ligneux au cours de la succession secondaire. *Cahier O.R.S.T.O.M., Sér. Biol.*, XIII (3) : 211-221.

Namur C. (de), Guillaumet J.L., 1978. Les grands traits de la reconstitution dans le sud ivoirien. Observations sur les premiers stades de reconstitution de la forêt (Sud-ouest de la Côte d'Ivoire). *Cah. O.R.S.T.O.M.. Sér. Biol*, XIII (3) : 197-202.

Neef P. (de), 1972. *Sylviculture en forêt dense. Semis et plantations*. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 80 p. (Document interne).

Neil P.E., 1981. *Problems and opportunities in tropical rain forest management*. Oxford, England, C.F.I. Occasional Papers, 16, 145 p.

Ngambeki D.S., 1985. Economic evaluation of alley cropping leucaena with maize in southern Nigeria. *Agricultural systems*. 17 : 243-258.

N'guessan Kanga A., 1994. Production d'espèces à usages multiples originaires de zone sèche en Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR, 9 p. (Document interne).

N'guessan Kanga A., 1996. Les légumineuses arborées : une alternative intégrée pour la régénération pérenne des jachères. Le cas de la zone forestière en Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR, 160 p. (Document interne).

N'guessan Kanga A., Dupuy B., 1990. Etude de la production de litière sous une plantation d'*Acacia mangium*. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.T.F.T., 8 p. (Document interne).

Nicholson D.I., 1958. Natural regeneration of logged tropical rain forest in North Borneo. *Mal. For. Rev.* 21 (1) : 65-71.

Nicholson D.I., 1958. An analysis of logging damage in tropical rain forest, North Borneo. *Mal. For. rev.* 21 (4) : 235-245.

Nicholson D.I., 1965. A review of natural regeneration in the dipterocarp forest of Sabah. *Mal. For. Rev.* 28 (1) : 4-28.

Nicholson D.I., 1979. The effects of logging and treatment on the mixed dipterocarps forest of South East Asia. Rome, Italie, F.A.O., Document FO:MISC/79/8. 65 p.

Njoukam R., Bock L., Hebert J., Mathieu L., Oliver R., Peltier R., 1995. Les sylviculteurs de l'Ouest Cameroun peuvent-ils produire du bois intensivement et durablement. *In* : Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides, Montpellier, France, 13-17 novembre 1995, C.I.R.A.D., p.266-279.

Nolan T.M., Ghartey K.K.F., 1992. Management of the tropical high forest in Ghana. *In* : Proc. of the Oxford Conf. on tropical forests. Oxford, England, O.F.I., Eds : F.R. Miller and K.L. Adams, p. 225-234.

Normand D., 1971. Forêts et bois tropicaux. Paris, France, Collection Que sais-je?, Ed. P.U.F., 126 p.

Nwoboshi L.C., 1984. Growth and nutrient requirements in a teak plantation age series in Nigeria. II. Nutrient accumulation and minimal annual requirements. *For. Sci.* 30 : 35-40.

Nwoboschi L.C., 1987. Regeneration success of natural management, enrichment planting and plantations of natives species of West Africa. *In* : Natural management of tropical moist forests. Silvicultural and management prospects of sustained utilization, England, Eds : F. Mergen and J.R. Vincent, p. 72-92.

Nye P.H., 1958. The relative importance of fallows and soils in storing plant nutrient in Ghana. *J. W. Afr. Sci. Assoc.* 4 : 31-49.

Nye P.H., 1961. Organic matter and nutrients cycles under moist tropical forest. *Plant And Soil.* 13 : 333-346.

Nye P.H., Greenland D.J., 1960. The soil under shifting cultivation. Bucks, U.K., Technical communication, Commonwealth Bur Soils Harpenden, 51, 156 p.

O.A.B., 1994. Actes du colloque sur la promotion des investissements dans les industries du bois. Paris 23-24 Novembre 1993. Bulletin d'information, 2, 92 p.

Ocana-Vidal J., 1992. Aménagement naturel des forêts naturelles par coupes rase en bandes. *Unasyva*. 169 (43) : 24-28.

Obstancias J., 1989. Etude de la régénération au sein du dispositif de recherche en forêt naturelle (Boukoko et La Lole). Nogent/marne, France, C.T.F.T., 46 p. (Document interne).

O.F.I., 1992. Wise management of tropical forest. Proceedings of the Oxford Conference on Tropical Forest, England, Eds : Miller and Adam, 288 p.

Ogbonnaya C.L., 1993. Effects of nitrogen sources on the wood properties of *Gmelina arborea* relevant to pulp and paper production. *Forest Ecology and Management*, 56 : 211-223.

Okali D.U.U, Ola-Adams B.A., 1987. Tree population changes in treated rain forest at Omo Forest reserve, south-western Nigeria. *Journal of Tropical Ecology*. 3 (4) : 291-313.

Okali D.U.U, Onyeachusim N.D., 1991. The ground flora and rain forest regeneration at omo forest reserve, Nigeria. *M.A.B./UNESCO*, 6 : 273-285.

O.I.B.T., 1990. Directives pour l'aménagement durable des forêts tropicales. Yokohama, Japon, Série technique, 5, 19 p.

O.I.B.T., 1992. Critères de mesure de l'aménagement durable des forêts tropicales. Yokohama, Japon, Politique forestière, 3, 20 p.

Ole Z., 1996. Forest fire in tropical West Africa. *Tropical Forest Update, I.T.T.O.* 6 (1) : 13-14.

Oliver R., Ganry F., 1994. Etudes des modifications de fertilité induites par une jachère arborée. Montpellier, France, C.I.R.A.D. CA, 30 p. (Document interne).

Office National des Forêts, 1989. Manuel d'Aménagement. Paris, France, 151 p.

O.R.S.T.O.M., 1980. L'arbre en Afrique tropicale. La fonction, le signe. Cahiers O.R.S.T.O.M.. Série sciences humaines. 17 (3-4) : 127-320.

O.R.S.T.O.M./UNESCO, 1983. Ecosystèmes forestiers tropicaux d'Afrique. Recherches sur les ressources naturelles. Paris, France, XIX, 474 p.

O.R.S.T.O.M./UNESCO, 1986. La végétation de l'Afrique. Paris, France, UNESCO, 384 p.

Osafu E.D., 1970. The development of silvicultural techniques applied to natural forest in Ghana. Kumasi, Ghana, Forest Product Research Institute. 13, 16 p.

Osmaton H.A., 1956. Determination of age/girth and similar relationship in tropical forestry. *Empire Forestry Review*. 25 : 193-197.

Ouallou K., 1993. Itinéraires techniques à adopter par les paysans pour la régénération de la fertilité des sols à partir des légumineuses ligneuses. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDEFOR, 11 p. (Document interne).

Pancel L. (Ed.), 1993. Tropical forestry handbook. Berlin, R.F.A., Ed. Springer-Verlag. 1, 810 p. 2, 1738 p.

Pardé J., Bouchon J., 1988. Dendrométrie. Nancy, France, E.N.G.R.E.F., 328 p.

Park C.C., 1992. Tropical rainforests. London, England, Ed. Routledge, 188 p.

Parren M.P.E., 1991. Silviculture with natural regeneration : A comparison between Ghana, Côte d'Ivoire and Liberia. Netherlands, Wageningen Agricultural University, 82 p. (Document interne).

Parren M.P.E., de Graaf N.R., 1995. The quest for natural forest management in Ghana, Côte d'Ivoire and Liberia. Tropenbos foundation, Wageningen, The Netherlands, 199 p.

Pélessier P., 1980. L'arbre en Afrique Tropicale. La fonction et le signe. Cahiers O.R.S.T.O.M., Série Sciences Humaines. XVII (3-4) : 127-130.

Peltier R., Ballé Pity E., 1993. De la culture itinérante sur brûlis au jardin agroforestier en passant par les jachères enrichies. Bois et Forêts des Tropiques. 235 : 49-57.

Peltre P., 1977. Le V Baoulé (Côte d'Ivoire centrale). Héritage géomorphologique et paléoclimatique dans le tracé du contact forêt-savane. Travaux et Documents O.R.S.T.O.M.. 80, 198 p.

Pendje G., 1994. Stratégie de régénération de neuf essences commerciales de forêt tropicale (Mayombe, Zaïre). Thèse, Université de Paris VI, 443 p.

Perraud A., 1971. Les sols,. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Paris, France, O.R.S.T.O.M., p. 269-390.

Petrucci Y., Tandeau de Marsac G., 1994. Dispositif de recherche en forêt dense de Boukoko - La Lolé. Campagne 1993. Evolution du peuplement adulte et de la régénération acquise après interventions sylvicoles. République centrafricaine. Bangui, Centrafrique, F.A.C./A.R.F., 50 p. (Document interne).

Phillips P.J., 1986.- Management systems in the tropical moist forests of the anglophone countries of Africa. Rome, Italie, F.A.O.. (Document interne).

Phillips O.L., Hall P., Gentry A.H., Sawyer S.A., Vasquez R., 1994. Dynamics and species richness of tropical rain forests. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 91 : 2805-2809.

Phillips O.L., Gentry A.H., 1994. Increasing turnover through time in tropical forests. *Science*. 263 : 954-958.

Pierlot R., 1966. Structure et composition de forêts denses d'Afrique Centrale, spécialement celle du Kiwu. Académie royale des sciences d'outre-mer, Bruxelles, Belgique, 16 (4), 367 p.

Pilon M., 1992. L'arbre qui cache la forêt. *Courrier de la Planète*. 10 : 16-17.

Plumtre R.A., 1972. Problems of increasing the intensity of utilisation of Tropical Humid Forest. *Comm. For. Rev.* 51.

Poilecot P., 1991. Un écosystème de savane soudanienne: le parc national de la Comoé (Côte d'Ivoire). Abidjan, Côte d'Ivoire, UNESCO/P.N.U.D./M.A.B., 345 p.

Pointereau P., Bazile D., 1995. Arbres des champs. Haies, alignements, prés vergers. Toulouse, France, Ed. Solagro.

Poore D., Burgess P., Palmer J., Rietbergen S., Synnot T., 1989. No timber without trees : Sustainability in the tropical forest. London, England, Earthscan Publications, 252 p.

Poorter L., Bongers F., van Rompey R., de Klerk M., 1996. Regeneration of canopy tree species at five sites in west african moist forest. *Forest Ecology and Management*, 84 : 61-69.

Pourtier R., 1992. Migrations et dynamique de l'environnement. *Afrique contemporaine. L'environnement en Afrique*. 161 : 167-187.

Prabhu B. R., Weidelt H-J., Leinert S., 1993. Sustainable management of tropical rainforests : experiences, risks and opportunities. An investigation based on four case studies. Research report, BMZ, Bonn, Germany, 276 p.

Prothery N., 1995. Recherches sylvicoles sur les peuplements naturels en forêt dense guyanaise. Présentation de quelques résultats d'ensemble 11 ans après la mise en place du dispositif. CIRAD forêt, Kourou, France, 43 p. (Document interne).

Puig H., 1979. Production de litière en forêt guyanaise. Résultats préliminaires. *Soc. Hist. Nat. Toulouse*. 115 (3) : 106-113.

Puig H., 1992. La régénération des forêts. *In* : Forêts. Paris, France, Collection l'aventure du monde, p.54-60.

Pulsford J.S., 1984. Fertilizer technology. *In* : Proceeding Australian Forest Nutrition Workshop : Productivity in perpetuity, Camberra, Australia, CSIRO, p. 239-252.

Pyatt N., Williams J., 1991. Tropical forestry : Third world priorities versus western concerns. Bangor. University College of North Wales. Royaume Uni.

Quencez P., 1989. Evolution de la pluviosité dans le sud ivoirien. Abidjan, Côte d'Ivoire, Culture et Forêts, 9-14. (Document interne).

Rao Suba B.K., Dabral B.K., Panda S.K., 1972. Litter production in forest plantation of teak (*tectona grandis*) and Sal (*Shorea robusta*) at New Forest (Dehra Dun). *In* : Tropical ecology an emphasis on organic production. U.S.A., University of Georgia, Golley Ed., p. 235-243.

Ramm S.S., 1975. Primary production and nutrient cycling in tropical deciduous forest ecosystems. *Trop. Ecol.* 16 : 140-146.

Raven P., 1994. Sauvegarde de la biodiversité. Pourquoi est-ce fondamental? *Notre Planète*, P.N.U.E., 6 (4) : 5-8.

Repetto R., 1990. La déforestation des pays tropicaux. *Pour la science.* 152 : 36-43.

Reitsma J.M., 1988. Végétation forestière du Gabon. Netherlands, Technical series, Tropenbos, 142 p.

Reuler H.,(Van), Janssen B.H., 1992. Le rôle des éléments nutritifs dans l'intensification des cultures vivrières dans la région de Taï. Tropenbos. *In* : Atelier sur l'Aménagement intégré des forêts denses humides et des zones agricoles périphériques, Abidjan, Côte d'Ivoire, p.72-81.

Revue Forestière Française, 1975. Les incendies de forêts. Nancy, France, 2, 551 p.

Richards P.W., 1952. The tropical rain forest. An Ecology study. Cambridge, England, Univ. Press Cambridge, 450 p.

Riedacker A., 1991. Dossier effet de serre. *Bull. Afr. Energ. Bois et Environnement.* Bamako, Mali, C.R.E.S., 1 et 2 : 20-40.

Riera B., 1990. La dynamique de la forêt naturelle. *Bois et Forêts des Tropiques.* 219 : 67-78.

Riezebos E.P., Vooren A.P., Guillaumet J.L., (Eds), 1994. Le parc National de Taï. I. Synthèse des connaissances. II. Bibliographie. Wageningen, Pays-Bas, Tropenbos, 322 p.

Rimek F., 1993. Cartographie des espèces principales dans le périmètre expérimental d'étude de la forêt naturelle en zone de forêt dense humide sempervirente. Forêt d'Irobo. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.I.R.A.D./IDEFOR, 54 p. (Document interne).

Rimek F., 1993. Cartographie des espèces principales dans le périmètre expérimental d'étude de la forêt naturelle en zone de forêt dense humide semi-décidue. Forêt de Mopri. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.I.R.A.D./IDEFOR, 66 p. (Document interne).

Riswan S., Kartawinata K., 1991. Regeneration after disturbance in a lowland mixed dipterocarp forest in east Kalimantan, Indonesia. *M.A.B./UNESCO.* 6, 295-303.

Rivière L., Dufoulon G., 1990. Amélioration des peuplements naturels d'Okoumé. C.T.F.T./M.A.B./UNESCO. Atelier de Cayenne. 18 p.

Rivière L., 1992. Etude de l'évolution des peuplements naturels d'Okoumé (*Aucoumea klaineana*) dans le sud-estuaire du Gabon. Thèse Univ. Paris VI, France, 176 p.

Robert M., 1992. Le sol, ressource naturelle à préserver pour la production et l'environnement. Agricultures. Cahiers d'études et de recherches francophones. 1 (1) : 20-34.

Roche M.A., 1990. Hydrologie et érosion de l'écosystème guyanais. Opération Ecerex. I.N.R.A./C.T.F.T., 47-64.

Rollet B., 1974. L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaines. Nogent/marne, France, C.T.F.T., 298 p.

Rollet B., 1979. Application de diverses méthodes d'analyse de données à des inventaires forestiers détaillés levés en forêt tropicale. Oecol. Plant. 14 (3) : 319-344.

Rollet B., 1983. La régénération naturelle dans les trouées : un processus général de la dynamique des forêts tropicales humides. Bois Et Forêts Des Tropiques. 1 (201) : 3-34. 2 (202) : 19-34.

Romant-Amat B., 1992. Les arbres forestiers: présentation générale. *In* : Amélioration des espèces végétales cultivées, Paris, France, Ed. I.N.R.A., p.657-671.

Roose E.J., 1967. Quelques exemples des effets de l'érosion hydrique sur les cultures. C.R. Coll. Fertilité des sols, Tananarive. II, 1385.

Roose E.J., 1971. Influence des modifications du milieu naturel sur l'érosion, le ruissellement, le bilan hydrique et chimique suite à la mise en culture sous climat tropical. Synthèse des observations en Côte d'Ivoire et en Haute-Volta. Abidjan, Côte d'Ivoire, O.R.S.T.O.M., 22 p.

Roose E.J., 1977. Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. 20 années de mesures en petites parcelles expérimentales. Paris, France, O.R.S.T.O.M., Travaux et documents, 78.

Roose E., 1981. Dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Paris, France, O.R.S.T.O.M., Travaux et Documents, 130, 569 p.

Rosemberg P., 1982. Etude de l'évolution de la forêt dense ivoirienne suivant différents types d'intervention. France, C.T.F.T., 52 p. (Document interne).

Rosevear D.R., Lancaster P.C., 1953. Historique et aspect actuel de la sylviculture au Nigeria. Bois et Forêts des Tropiques. 28 : 3-12.

Ross R., 1954. Ecological studies on the rain forest of southern Nigeria. Secondary succession in the Shasha Forest Reserve. *Journal of Ecology*. 42 : 259-282.

Roussel B., 1994. Usages, perception et gestion des jachères : comparaison entre une région sèche et humide de l'Afrique de l'Ouest. *Journ. d'Agric. Trad. et de Bot. Appl. Museum National d'Histoire Naturelle*. XXXVI (1) : 29-45.

Rouw L. (de), 1991. Influence du raccourcissement de la jachère sur l'enherbement et la conduite des systèmes de culture en zone forestière. *In* : Atelier international : la jachère en Afrique de l'Ouest, Montpellier, France, p. 199-213.

Ruf F., 1995. Boom et crises du cacao. Les vestiges de l'or brun. Paris, France, Eds. Karthala. 459 p.

Ruthenberg H., 1976. Farming systems in the tropics. Oxford, England, Clarendon Press, 366 p.

Sangaré M., 1990. Contribution à l'établissement du plan de gestion du massif forestier de Yapo-Abbé. Abidjan, Côte d'Ivoire, SODEFOR, 106 p.(Document interne).

Sangaré Y., Lepage M., 1993. Productivité des savanes de Côte d'Ivoire: Bases scientifiques pour une gestion rationnelle de leurs ressources. UNESCO/P.N.U.D., Note technique, 6, 65 p.

Saint-Aubin G. (de), 1961. Aperçu sur la forêt du Gabon. *Bois et Forêts des Tropiques*. 78 : 3-17.

Saint-Aubin G.,(de), 1963. La forêt du Gabon. Nogent/Marne, France, C.T.F.T., 208 p.

Sangina N., Mulongoy K., Ayanaba A., 1988. Nitrogen contribution of *Leucaena*/rhizobium symbiosis to soil and subsequent maize crop. *Plant and Soil*, 112 : 137-141.

Sarlin P., 1969. Répartition des espèces forestières de la Côte d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*. 126 : 3-14.

Sarrailh J.M., 1990. Mise en valeur de l'écosystème forestier guyanais. France, C.T.F.T./I.N.R.A., 273 p.

Sarrailh J.M., 1991. L'évolution du milieu forestier après déforestation : Bilan de 14 années de recherches en Guyane française. *Bois et Forêts des Tropiques*. 227 : 31-35.

Sarlin P., 1969. Répartition des espèces forestières de la Côte d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*. 126 : 3-15.

Sayer J., A., 1991. Rainforest bufffer zones. Guidelines for protected area managers. Forest Conservation Program. IUCN. 94 p.

Sayer J.A., 1991. Conservation and protection of tropical rain forests: The perspective of the World Conservation Union. *Nature et Faune*. F.A.O.. (7) 4 : 13-23.

Sayer J.A., 1992. Institutional arrangements for forest conservation in Africa. *In* : Conservation de la forêt dense en Afrique centrale et de l'ouest. Washington DC, U.S.A., World Bank Environment Paper, 1, p.310-318.

Sayer J.A., Harcourt C.S., Collins N.M., (eds), 1992. The conservation atlas of tropical forests : Africa. Cambridge, England, Mac Millan Publ., 288 p.

Schlippe P., (de) 1986. Ecoculture d'Afrique. Belgique, Terre et Vie, 204 p.

Schroth G., 1994. Above and below ground interactions in alley cropping with *Gliricidia sepium* as compared to conventional and mulched sole cropping on a high base status soil in the west african rainforest zone. Germany, University of Bayreuth, 181 p.

Schmidt R., 1987. Où en est l'aménagement des forêts tropicales humides? *Unasyva*. 156 (39) : 2-17.

Schmidt R. C., 1991. Tropical rain forest management : A status report. M.A.B./UNESCO. 6 : 181-203.

Schmithüsen F., 1986. La législation forestière dans quelques pays africains. Rome, Italie, F.A.O., Etude Forêts, 65, 345 p.

Schmitt L., 1982. Mise en place d'un dispositif d'étude de l'évolution de la forêt dense centrafricaine suivant différents types d'intervention. Nogent/marne, France, C.T.F.T., 45 p. (Document interne).

Schmitt L., 1990. Validité d'interventions sylvicoles systématiques en forêt dense humide guyanaise. Atelier M.A.B./UNESCO, Cayenne, 18 p.

Schmitt L., 1989. Etude des peuplements naturels en forêt dense guyanaise. France, C.T.F.T., 50 p. (Document interne).

Schmitt L., Bariteau M., 1990. Gestion de l'écosystème guyanais. Etude de la croissance et de la régénération naturelle. Bois et Forêts des Tropiques. 220 : 3-23.

Schnell R., 1950. La forêt dense. Introduction à l'étude botanique de la région forestière d'Afrique occidentale. Paris, France, Ed. Lechevalier, 330 p.

Schnell R., 1971. Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Introduction à la phytogéographie comparée des pays tropicaux. Paris, France, C.N.R.S., Gauthier-Villars Editeur, 1, 500 p. 2, 452 p.

Schnell R., 1977. Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. La flore et la végétation de l'Afrique tropicale. Paris, France, Gauthier-Villars Editeur, 1 et 2, 950 p.

Schütz J. Ph. 1990. Sylviculture 1 : Principes d'éducation des forêts. Presses polytechniques et universitaires romandes, Zurich, Suisse, 55 p.

Sébillotte M., 1991. La jachère dans les systèmes de culture : éléments pour une théorie. In : "La jachère en Afrique de l'Ouest", Atelier international, Montpellier, France, Collection O.R.S.T.O.M.

Servat E, Kouamé B., 1989. Programme : modélisation conceptuelle globale de la relation pluie-débit en Côte d'Ivoire. Etude pluviométrique. Côte d'Ivoire, Adiopodoumé, I.I.R.S.D.A., 180 p. (Document interne).

Sessions J., Heinrich R., 1993. Harvesting. In : Tropical Forestry Handbook, Germany, L. Pancel Editor, Springer-Verlag, 2, p.1326-1379.

Shreckenberk K., Hadley M., 1991. Economic and ecological sustainability of tropical rain forest management. Paris, France, UNESCO, 100 p.

Schulz J.P., Ecological studies on rain forest in Northern Suriname. Amsterdam, Pays-Bas, 267 p.

Serageldin I., 1991. La protection des forêts tropicales ombrophiles de l'Afrique. Washington D.C., U.S.A., Banque Mondiale, 44 p.

Shukla R.P., Ramakrishnan P.S., 1986. Architecture and growth strategies of tropical trees in relation to successional status. J. Ecol. 74 : 33-46.

Sillans R., 1958. Les savanes de l'Afrique centrale. Essai sur la physionomie, la structure et le dynamisme des formations végétales des régions sèches de la République Centrafricaine. Paris, France, Lechevalier, 423 p.

Singh K.D., 1993. L'évaluation des ressources forestières tropicales. Unasyuva. 44 (174) : 10-20.

Sircoulon J., 1992. Evolution des climats et des ressources en eau. Afrique contemporaine. (161) : 57-77.

Snedaker C., 1980. Successional immobilization of nutrients and biologically mediated recycling in tropical forest. Biotropica. 12 (2) : 10-22.

Sodefor, 1973. Analyse de chantier de la Sodefor et échéanciers. Abidjan, Côte d'Ivoire, 100 p. (Document interne).

Bibliographie

Sodefor, 1978. Plan d'aménagement du domaine forestier permanent. Abidjan, Côte d'Ivoire, 18 p. (Document interne).

Sodefor, 1989. Inventaire de reconnaissance de la forêt classée du Haut-Sassandra. Abidjan, Côte d'Ivoire, 9 p. (Document interne).

Sodefor, 1990. Elaboration d'une base de données permettant l'évaluation de la production des plantations Sodefor. Abidjan, Côte d'Ivoire, 80 p. (Document interne).

Sodefor, 1992. Le conflit agriculture-forêt : l'association des populations locales à la gestion forestière. Abidjan, Côte d'Ivoire, 26 p. (Document interne).

Sodefor, 1992. Schéma de l'implantation de la Sodefor en forêt classée. Préparation et contenu des aménagements et des plans de gestion. Liaison apurement/reclassement/aménagement de la forêt et de sa zone périphérique. Abidjan, Côte d'Ivoire, 13 p. (Document interne).

Sodefor, 1993. Plan type commenté de l'aménagement d'une forêt classée. Abidjan, Côte d'Ivoire, Aménagement, 1 : 77 p. Plan de Gestion, 2 : 40 p. Annexes, 3 : 45 p. (Document interne).

Sodefor, 1993. Règles de culture et d'exploitation en forêt dense. Abidjan, Côte d'Ivoire, 54 p. (Document interne).

Société Forestière de Franche-Comté, 1987, Vade-Mecum du Forestier. XI ème édition. France, 346 p.

Sommer A., 1976. Attempt at an assessment of the world 's tropical forests. *Unasylva*. 112 : 5-25.

Sokpon N., 1995. Recherches écologiques sur la forêt dense humide semi-décidue de Pobé au sud-est du Bénin : groupements végétaux, structure, régénération naturelle et chute de feuilles. Thèse, Univ. Libre de Bruxelles, Belgique, 350 p.

Spichiger R., Pamard C., 1973. Recherches sur le contact forêt-savane en Côte d'Ivoire: Etude du recrû forestier sur les parcelles cultivées en lisière d'un îlot forestier dans le sud du pays Baoulé. *Candollea*. 28 : 21-37.

Spichiger R., 1977. Contribution à l'étude du contact entre flores sèche et humide sur les lisières des formations forestières humides semi-décidues du V Baoulé et de son extension Nord-Ouest. *Bulletin de liaison des chercheurs de Lamto (Côte d'Ivoire)*. France, CNRS, 261 p.

Spichiger R., Lasailly V., 1981. Recherche sur le contact forêt-savane en Côte d'Ivoire: note sur l'évolution de la végétation dans la région de Béoumi (Côte d'Ivoire centrale). *Candollea*. 36 : 145-153.

Steiner K.G., 1985. Cultures associées dans les petites exploitations agricoles tropicales en particulier en Afrique de l'Ouest. R.F.A., GTZ, 346 p.

Steppler H.O., Ramachandran Nair P.K., 1987. Agroforestry - A decade of development. Nairobi, Kenya, I.C.R.A.F., 335 p.

Strugnell E.S., 1947. Developments in silvicultural practice in Malayan evergreen forests. Mal. For. 10 (1).

Sutton S.L., Whitmore T.C., Chadwick A.C., 1983. Tropical rain forest and management. British Ecological Society, Blackwell Scientific Publication, Oxford, England, 2.

Synnot T.J., Kemp R.H., 1976. The relative merits of natural regeneration, enrichment planting and conversion techniques. Committee on Forest Development in The Tropics. Fourth Session. Rome, Italie, F.A.O., Doc. FO:FDT/76/7a.

Synnott T.J., Kemp R.H., 1976. Choosing the best silvicultural system. Unasyuva. 28 : 74-79.

Synnott T.J., 1979. A manual of permanent plot procedures for tropical rainforests. Department of forestry. Commonwealth Forestry Institute. University of Oxford. Tropical Forestry Paper, 14, 67 p.

Swaine M.D., Hall J.B., 1983 . Early succession on cleared forest land in Ghana. Journal of Ecology. 71 : 601-628.

Swaine M.D., Hall J.B., Alexander I.J., 1987. Tree population dynamics at Kade. Ghana 1968-1982. Journal of Tropical Ecology. 3 : 331-345.

Swaine M.D., Hall J.B., 1988. The mosaic theory of forest regeneration and the determination of forest composition in Ghana. Journal of Tropical Ecology. 4 : 253-269.

Swaine M.D., Withmore T.C., 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forest. Vegetatio. 75 : 81-86.

Swaine M.D., 1990. Population dynamics of moist tropical forest at Kade. Ghana. Atelier de Cayenne M.A.B./UNESCO, France, 12 p.

Swynnerton C.F.M., 1917. Some factors in the replacement of the ancient esat african forest by wooded pasture land. 24 p.

Tailfer Y., 1989. La forêt dense d'Afrique centrale. Identification pratique des principaux arbres. Wageningen, Pays-Bas, A.C.C.T./C.T.A., 1, 455 p. 2, 1271 p.

Tassin J., 1990. Agroforesterie et conservation des sols dans les régions chaudes. France, Ed. Nature et Progrès, 140 p.

Bibliographie

Taylor C.J., 1954. La régénération de la forêt tropicale dense dans l'Ouest africain. Bois et Forêts des Tropiques. 37 : 19-23.

Taylor C.J., 1954. Research methods and records connected with the TSS in the Gold Coast. Empire Forestry Review. 33 (2) : 150-157.

Taylor C.J., 1960. Synecology And sylviculture in Ghana. Edinburg and London, England, Eds. Nelson and sons, 418 p.

Taylor C.J., 1962. The vegetation zones of the Gold Coast. Forestry Department Bulletin. 4 : 12 p.

Taylor C.J., 1962. Tropical Forestry. With particular reference to West Africa. Oxford, England, Oxford University Press, 163 p.

Teissendier De La Serve B., Tandeau De Marsac G., 1993. Dispositif de recherche en forêt dense de Boukoko/La Lolé (République Centrafricaine). Bilan de 11 années de recherches. Connaissances acquises et bibliographie. Bangui, Centrafrique, FAC/ARF, 104 p. (Document interne).

Thang H.C., 1987. Selective management system. Concept and Practice. Kuala Lumpur, Peninsular Malaysia. (Document interne).

They D., 1992. La forêt tropicale humide : Une priorité décennale pour gagner du temps dans la lutte contre le risque climatique planétaire. Bull. Afr. Energ. Bois Environnement. Bamako, Mali, C.R.E.S., 3 : 6-10.

Tomlinson P.B., 1993. Structural elements of the rain forest. In : Tropical rain forest ecosystems, London, England, Ed. Elsevier, p. 9-26.

Tran-Hoang A., Jung-Muller B., Claude S., 1989. Etude de la régénération au sein du dispositif de recherche en forêt naturelle. Forêts de Boukoko et la Lolé - République Centrafricaine. Nogent/marne, France, C.T.F.T., 28 p. (Document interne).

Tran-Hoang A., Favrichon V., Maitre H.F., 1991. Dispositifs d'étude de l'évolution de la forêt dense centrafricaine suivant différentes modalités d'intervention sylvicole. Présentation des principaux résultats après huit années d'expérimentation. Nogent/Marne, France, C.T.F.T., 61 p. (Document interne).

Trochain J.L., 1951. Nomenclature et classification des types de végétation de l'Afrique tropicale. Bull. I.E.C. 2 : 9-18.

Trochain J.L., 1957. Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique intertropicale. Bull. Inst. Etud. Entrafic. 13-14 : 55-93.

Trochain J.L, Blasco F., Puig H., 1980. Ecologie végétale de la zone intertropicale non désertique. Toulouse, France, Ed. Université Paul Sabatier, 468 p.

Tropenbos, 1994. Le parc national de Taï. I - Synthèse des connaissances. II - Bibliographie. 322 p.

Troup R.S., 1966. Silvicultural systems. London, England, Ed. E.W. Jones, Clarendon Press, 216 p.

U.I.C.N.,1990. La conservation des écosystèmes forestiers d'Afrique centrale. Switzerland and Cambridge, U.K., 124 p.

UNESCO/P.N.U.D., 1993, Savanes de Côte d'Ivoire. Synthèse bibliographique. Note technique, 5, 263 p.

Van Der Hout P., Oesterholt J., 1985. Regeneration after silviculture intervention in mixed deciduous forest in Ivory Coast. Wageningen, Pays-Bas, C.T.F.T./Wageningen agricultural university, 1-60. (Document interne).

Van Doorn J., 1973. Etude de la structure et de la floristique de stades de succession secondaire après défrichement de la forêt sur sable tertiaires. Abidjan, Côte d'Ivoire, O.R.S.T.O.M., 52 p.

Van Rompaey R., 1993. Forest gradients in west Africa. A spatial gradient analysis. Netherlands, Wageningen, PhD, Agricultural University, 142 p.

Vannière B., 1974. Les possibilités d'aménagement de la forêt dense africaine. Rome, Italie, C.T.F.T./F.A.O., 84 p.

Vannière B., 1978. Influence de l'environnement économique sur l'aménagement forestier en Afrique tropicale. Bois et Forêts de Tropiques. 175 : 3-14.

Vennetier P., Laclavere G., 1983. Atlas de Côte d'Ivoire. Paris, France, Ed. Jeune Afrique, 72 p.

Vitousek M., Sanford R.L.Jr., 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. Ann. Rev. Ecol. Syst. 17 : 137-167.

Vivien J., Faure J.J., 1985. Arbres des forêts d'Afrique centrale. Paris, France, Ed. Ministère des Relations Extérieures de la Coopération et du Développement, 565 p.

Vooren A.P., 1992. Dynamique et productivité de l'écosystème forestier dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire. In : L'Aménagement intégré des forêts denses humides et des zones agricoles périphériques. Abidjan, Côte d'Ivoire, Tropenbos, p. 88-96.

Vuattoux R., 1968. Le peuplement du palmier ronier (*Borassus aethiopicum*) d'une savane de Côte d'Ivoire. *Annales de l'Université d'Abidjan, Série E.*, 1, (1) : 138 p.

Vuattoux R., 1970. Observations sur l'évolution des strates arborées et arbustives dans la savane de Lamto (Côte d'Ivoire). *Ann. Univ. Abidjan, E.*, 3 : 285-315.

Vuattoux R., 1976. Contribution à l'étude de l'évolution des strates arborées et arbustives dans la savane de Lamto (Côte d'Ivoire). *Ann. Univ. Abidjan. C.*, 7 : 35-63.

Wadsworth F.H., 1983. Wood production from tropical forests. *In* : Tropical rain forest ecosystems, England, Ed. Golley, Elsevier, p. 279-300.

Walter H., 1971. Ecology of tropical and subtropical vegetation. Edimburg, U.K., Ed. Oliver et Boyd, 539 p.

Walton A.B., 1954. The regeneration of dipterocarp forests after high lead logging. *Emp. For. Rev.* 33 (4) : 338-344.

Walker P., Lowe R.G., 1977. Classification of canopy, stem, crown and climber infestation in natural tropical forest in Nigeria. *Journal of Applied Ecology.* 14 (3) : 897-903.

Wanner H., 1970. Soil respiration, litter fall and productivity of tropical rain forest. *J. Ecol.* 58 : 543-547.

Webb L., Tracey J.G., Williams W.T., Lance G.N., 1967. Studies in the numerical analysis of complex rain forest communities. The problem of species sampling. *J. Ecol.* 55 : 525-538.

Webb L., Tracey J.G., Williams W.T., 1972. Regeneration and pattern in the subtropical rain forest. *J. Ecol.* 60 (3) : 675-695.

Wencelius F., Besong B.J., 1992. Realistic strategies for conservation of biodiversity in the tropical moist forests of africa: regional overview. *In* : Conservation de la forêt dense en Afrique centrale et de l'ouest, Washington D.C., U.S.A., World Bank Environment Paper,1, p. 119-127.

White F., 1986. La végétation de l'Afrique avec cartes de la végétation. Paris, France, O.R.S.T.O.M./UNESCO, 356 p.

Whitmore T.C., 1975. Tropical rain forest of the far East. Oxford, England, Clarendon Press, 278 p.

Whitmore T.C., 1986. Secondary succession from seed in tropical rain forest. *Forestry Abstracts.* 44 : 767-779.

Whitmore T.C., 1990. Tropical rain forests. Oxford, England, Clarendon Press, 238 p.

Bibliographie

Whitmore T.C., 1991. Tropical rain forest dynamics and its implications for management. UNESCO. Man and the Biosphere series. 6 : 67-86.

Wilcox B.A., 1995. Ressources forestières tropicales et biodiversité : risques de disparition et dégradation des forêts. Unasylva 181 (46) : 43-49.

Willan R.L., 1990. Aménagement des forêts tropicales d'Afrique. Rome, Italie, F.A.O., Forestry Paper, 88 , 165 p.

Wilten W., 1958. Aspects de la sylviculture au Mayumbe. *In* : Sylviculture tropicale, Rome, Italie, 2 : 160-168.

Wolffsohn A., 1961. An experiment concerning Mahogany germination. *Emp. For. Rew.* 40 (1).

Wöll H. J., 1991. Réhabilitation de la forêt classée de Bossematié. Côte d'Ivoire. Abengourou, Côte d'Ivoire, Sodefor/Gtz, 12 p. (Document interne).

Wolsack J., 1993. L'utilisation des systèmes d'information géographique à l'inventaire forestier national. *Revue Forestière Française*. XLV (n° spécial) : 78-88.

Wolter F., 1993. Etudes des possibilités techniques, économiques et financières d'un aménagement des forêts tropicales humides de la cuvette centrale du Zaïre, basé sur ses capacités naturelles. Thèse de Doctorat, Université Catholique de Louvain, Belgique, 146 p + annexes.

Wong Y.K., 1966. Poison-girdling under the Malayan Uniform System. *Mal. For.* 29 (2) : 69-77.

World Bank, 1989. L'Afrique subsaharienne. De la crise à une croissance durable. Washington D.C., U.S.A., 346 p.

World Bank, 1992. Conservation de la forêt dense en Afrique centrale et de l'ouest. Washington D.C., U.S.A., Environment Paper, 1, 353 p.

World Bank, 1992. Managing the world's forests. Looking for balance between conservation and development. Iowa, U.S.A., Kendall/Hunt publishing company. Ed.Narendra P. Sharma, 605 p.

World Bank, 1994. Stratégie pour le secteur forestier en Afrique subsaharienne. Washington D.C., U.S.A., Département technique Région Afrique, 55 p.

Wormald T.J., 1992. Mixed and pure forest plantations in the tropics and subtropics. Rome, Italie, F.A.O., forestry paper, 103, 147 p.

Wyatt-Smith J., Foerander E.C., 1962. Damage to regeneration as a result of logging. *Malayan. For.* 25 (1) : 40-44.

Young M.D., 1992. Sustainable investment and resource use : Equity, environmental integrity and economic efficiency. M.A.B./UNESCO, 9, 180 p.

Zech W., 1993. Geology and soils. *In* : Tropical Forestry Handbook. Germany, Ed. L.Pancel, Springer-Verlag, 1, p. 1-87.

Zech W., Drechsel P., 1995. Degradation and amelioration of soil and tree nutrient status without and with mineral fertilizer. Bayreuth, Germany, Univ. of Bayreuth, 14 p. (Document interne).

Annexes

Liste des espèces commerciales en Côte d'Ivoire

Catégorie 1 :

Aboudikro (Sapelli)	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	Méliacées
Acajou bassam	<i>Khaya ivorensis</i>	Méliacées
Acajou blanc	<i>Khaya anthotheca</i>	Méliacées
Aiélé	<i>Canarium schweinfurthii</i>	Burséracées
Akatio (Longui)	<i>Gambeya africana</i>	Sapotacées
Ako	<i>Antiaris toxicaria</i>	Moracées
Akossika	<i>Scottellia klaineana</i>	Flacourtiacées
Amazakoué	<i>Guibourtia ehie</i>	Caesalpiniacées
Aniégré blanc	<i>Aningeria robusta</i>	Sapotacées
Aniégré rouge	<i>Gambeya gigantea</i>	Sapotacées
Assamela	<i>Pericopsis elata</i>	Papilionacées
Avodiré	<i>Turraeanthus africanus</i>	Méliacées
Azobé	<i>Lophira alata</i>	Ochnacées
Azodau	<i>Afzelia bella</i>	Caesalpiniacées
Badi	<i>Nauclea diderrichii</i>	Rubiacees
Bahia	<i>Hallea ciliata</i>	Rutacées
Bété	<i>Mansonia altissima</i>	Sterculiacées
Bossé	<i>Guarea cedrata</i>	Méliacées
Dibétou	<i>Lovoa trichilioides</i>	Méliacées
Difou	<i>Morus mesozygia</i>	Moracées
Faro	<i>Daniellia thurifera</i>	Caesalpiniacées
Fraké (Limba)	<i>Terminalia superba</i>	Combrétacées
Framiré	<i>Terminalia ivorensis</i>	Combrétacées
Fromager	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacacées
Ilomba	<i>Pycnanthus angolensis</i>	Myristicacées
Iroko	<i>Milicia regia, M. excelsa</i>	Moracées
Kondroti	<i>Rodognaphalon brevicuspe</i>	Bombacacées
Kosipo	<i>Entandrophragma candollei</i>	Méliacées
Kotibé	<i>Nesogordonia papaverifera</i>	Sterculiacées
Koto	<i>Pterygota macrocarpa</i>	Sterculiacées
Lingué	<i>Afzelia africana</i>	Caesalpiniacées
Makoré	<i>Thiagemella heckelii</i>	Sapotacées
Movingui	<i>Distemonanthus benthamianus</i>	Caesalpiniacées
Niangon	<i>Heritiera utilis</i>	Sterculiacées
Samba	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	Sterculiacées
Sipo	<i>Entandrophragma utile</i>	Méliacées
Tali	<i>Erythrophleum ivorense</i>	Caesalpiniacées
Tiama	<i>Entandrophragma angolense</i>	Méliacées

Catégorie 2 :

Abalé	<i>Petersianthus macrocarpus</i>	Lecythidacées
Ba	<i>Celtis mildbraedii</i>	Ulmacées
Bahé	<i>Fagara macrophylla</i>	Rutacées
Bi	<i>Eribroma oblonga</i>	Sterculiacées
Bodioa	<i>Anopyxis klaineana</i>	Rhizophoracées
Dabema	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	Mimosacées
Eho	<i>Ricinodendron keudelatii</i>	Euphorbiacées
Emien	<i>Alstonia boonei</i>	Apocynacées
Etimoé	<i>Copaifera salikounda</i>	Caesalpiniacées
Iatandza	<i>Albizia ferruginea</i>	Mimosacées
Kroma	<i>Klainedoxa gabonensis</i>	Irvingiacées
Lohonfé	<i>Celtis adolphi-friderici</i>	Ulmacées
Lotopha	<i>Sterculia rhinopetala</i>	Sterculiacées
Melegba	<i>Berlinia confusa</i>	Caesalpiniacées
Melegba des galeries	<i>Berlinia grandiflora</i>	Caesalpiniacées
Oba	<i>Bombax buonopozense</i>	Bombacacées
Pouo	<i>Funtumia sp.</i>	Apocynacées
Vaa (Limballi)	<i>Gilbertiodendron preussii</i>	Caesalpiniacées

Catégorie 3 :

Adjouaba	<i>Dacryodes klaineana</i>	Burséracées
Adjouaba à racines aér.	<i>Santiria trimera</i>	Burséracées
Adomonteu	<i>Anthonota fragrans</i>	Caesalpiniacées
Aniando	<i>Gambeya subnuda</i>	Sapotacées
Aniando à petits fruits	<i>Gambeya taiense</i>	Sapotacées
Aribanda	<i>Trichilia tessmannii</i>	Méliacées
Aribanda des montagnes	<i>Trichilia dregeana</i>	Méliacées
Asan	<i>Celtis zenkeri</i>	Ulmacées
Bodo	<i>Detarium senegalense</i>	Caesalpiniacées
Dabé	<i>Erythroxylum mannii</i>	Erythroxylacées
Kékélé	<i>Holoptelea grandis</i>	Ulmacées
Kodabéma	<i>Aubrevillea kerstingii</i>	Mimosacées
Koframiré	<i>Pteleopsis hylodendron</i>	Combrétacées
Lati	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	Caesalpiniacées
Lo	<i>Parkia bicolor</i>	Mimosacées
Loloti	<i>Lanea welwitschii</i>	Anacardiées
Ouochi	<i>Albizia zygia</i>	Mimosacées
Pocouli	<i>Berlinia grandiflora</i>	Caesalpiniacées
Poré-Poré	<i>Sterculia tragacantha</i>	Sterculiacées

Annexe 1

Rikio des rivières	<i>Uapaca heudelotii</i>	Euphorbiacées
Rikio des marais	<i>Uapaca paludosa</i>	Euphorbiacées
Rikio	<i>Uapaca guineensis</i>	Euphorbiacées
Sougué des rivières	<i>Parinari congensis</i>	Chrysobalanacées
Sougué	<i>Parinari excelsa</i>	Chrysobalanacées
Tchiebuessain	<i>Xylia evansii</i>	Mimosacées
Zaizou	<i>Gymnostemon zaizou</i>	Simaroubacées

Liste des essences commerciales en République Centrafricaine

CATEGORIE A

nom pilote	nom scientifique	synonyme(s)	famille
Sapelli	<i>Entandrophragma cylindricum</i> Sprague	<i>Entandrophragma rufra</i> A.Chev.	Meliaceae
Sipo	<i>Entandrophragma utile</i> Sprague	<i>Entandrophragma macrocarpum</i> A.Chev.	Meliaceae
Kosipo	<i>Entandrophragma candollei</i> Harms	<i>Entandrophragma ferrugineum</i> A.Chev.	Meliaceae
Tiama	<i>Entandrophragma angolense</i> C. DC.	<i>Entandrophragma macrophylla</i> A.Chev.	Meliaceae
Doussié	<i>Azelia bipindensis</i> Harms		Caesalpinoideae
Acajou	<i>Khaya anthotheca</i> C. DC.	<i>Garretia anthotheca</i> Welw.	Meliaceae
Dibétou	<i>Lovoa trichilioides</i> Harms	<i>Lovoa klaineana</i> Pierre	Meliaceae
Iroko	<i>Milicia excelsa</i> C.C. Berg	<i>Chlorophora excelsa</i> Benth.	Moraceae
Padouk	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.		Papilionoideae
Bilinga	<i>Nauclea diderrichii</i> Merr.	<i>Sarcocephalus diderrichi</i> De Wild. et Th. Dur.	Rubiaceae
Mukulungu	<i>Autranella congolensis</i> A. Chev.	<i>Mimusops boonei</i> , De Wild	Sapotaceae
Difou	<i>Morus mesozygia</i> Stapf.		Moraceae
Azobé	<i>Lophira alata</i> Banks		Ochnaceae
Tali	<i>Erythrophleum ivorense</i> A. Chev.	<i>Erythrophleum micranthum</i> Harms	Caesalpinoideae
Bossé clair	<i>Guarea cedrata</i> Pellegr.	<i>Trichilia cedrata</i> A.Chev.	Meliaceae

CATEGORIE B

nom pilote	nom scientifique	synonyme(s)	famille
Ayous	<i>Triplochiton scleroxylon</i> K.Schum	<i>Triplochiton nigericum</i> Sprague	Sterculiaceae
Limba	<i>Terminalia superba</i> Engl. et Diels	<i>Terminalia altissima</i> A.Chev.	
	Combretaceae		
Dabéma	<i>Piptadeniastrum africanum</i> Brenan	<i>Piptadenia africana</i> Hock. F.	Mimosoideae
Ilomba	<i>Pycnanthus angolensis</i> Warb.	<i>Pycnanthus kombo</i> Warb.	Myristicaceae
Fromager	<i>Ceiba pentandra</i> Gaertn.	<i>Eriodendron anfractuosum</i> D.C.	Bombacaceae
Essessang	<i>Ricinodendron heudelotii</i> Pierre	<i>Ricinodendron africanum</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae
Niové	<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb.	<i>Staudtia gabonensis</i> , Warb. <i>S. stipitata</i> , Warb.	Myristicaceae
Aiélé	<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	<i>Canarium occidentale</i> A.Chev.	Burseraceae
Emien	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.		Apocynaceae
Eyong	<i>Eribroma oblonga</i> Pierre	<i>Sterculia oblonga</i> Mast.	Sterculiaceae
Ebène	<i>Diospyros crassiflora</i> Hiern	<i>Diospyros ampullacea</i> Gürke	Ebenaceae
Tchitola	<i>Oxystigma oxyphyllum</i> J. Léonard	<i>Pteryogopodium oxyphyl.</i> Harms	Caesalpinoideae
Kotibé	<i>Nesogordonia papaverifera</i> R. Cap.	<i>Cistanthera papaverifera</i> A.Chev.	Sterculiaceae
Olong PF et GF	<i>Fagara lemairi</i> De Wild.	<i>Fagara gracilifolia</i> Mildbr. Hutch. Et Dalz	Rutaceae
Oboto	<i>Mammea africana</i> Sabine	<i>Ochrocarpus africanus</i> Oliv.	Guttifereae
Angueuk	<i>Ongokea gore</i> Pierre	<i>Ongokea klaineana</i> Pierre	Olacaceae
Essia	<i>Petersianthus macrocarpus</i> Liben.	<i>Combretodendron africanum</i> Exell	Lecythidaceae
Ako	<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch.	<i>Antiaris africana</i> Engl.	Moraceae
Hévéa	<i>Funtumia elastica</i> Stapf.		Apocynaceae
Colatier	<i>Cola nitida</i> Schott et Endl.	<i>Sterculia nitida</i> Vent.	Sterculiaceae
Mboulou	<i>Aningeria altissima</i> Aubr. et Pellegr.	<i>Hormogyne altissima</i> A.Chev.	Sapotaceae
Mbaléké	<i>Gambeya boukokoensis</i> Aubr. et Pellegr.		Sapotaceae
Mobambou	<i>Gambeya lacourtiana</i> Aubr. et Pellegr.	<i>Chrysophyllum lacourtianum</i> De Wild	Sapotaceae
Monzounzé	<i>Gambeya africana</i> Pierre	<i>Chrisophyllum africanum</i> Bak.	Sapotaceae

Liste des essences commerciales au Cameroun

101	Acajou à grandes folioles	Meliacées	<i>Khaya grandifoliola</i> C. D.C.
102	Acajou blanc	Meliacées	<i>Khaya anthotheca</i> (Welw) CDC
103	Acajou de bassam	Meliacées	<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.
104	Assamela /Afrormosia	Fabacées	<i>Pericopsis elata</i> (Harms) van Meeuwen
105	Bété	Sterculiacées	<i>Mansonia altissima</i> (A. Chev.) A. Chev.
106	Bossé clair	Meliacées	<i>Guarea cedrata</i> (A. Chev.) Pellegr.
107	Bossé foncé	Meliacées	<i>Guarea thompsonii</i> Sprague & Hutch.
108	Dibétou / Bibolo	Meliacées	<i>Lovoa trichiloides</i> Harms
109	Doussié blanc	Cesalpiniacées	<i>Afzelia pachyloba</i> Harms
110	Doussié rouge	Cesalpiniacées	<i>Afzelia bipindensis</i> Harms
111	Doussié Sanaga	Cesalpiniacées	<i>Afzelia africana</i> Smith ex Pers
112	Ebène	Ebenacées	<i>Diospyros crassiflora</i> Hiern
113	Framiré	Combretacées	<i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev.
114	Iroko	Moracées	<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) Berg.
115	Kossipo	Meliacées	<i>Entandrophragma candollei</i> Harms
116	Kotibé	Sterculiacées	<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A. Chev) Cap
117	Douka/Makoré	Sapotacées	<i>Tieghemella africana</i> Pierre
118	Moabi	Sapotacées	<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre
119	Okoumé	Burseracées	<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre
120	Sapelli	Meliacées	<i>Entandrophragma cylindricum</i> (Sprague) Sprague
121	Sipo	Meliacées	<i>Entandrophragma utile</i> (Dawe & Sprague) Sprague
122	Tiama	Meliacées	<i>Entandrophragma angolensis</i> (Welw) C. DC.
123	Wenge	Fabacées	<i>Millettia laurentii</i> De Wild.
201	Aningré « A »	Sapotacées	<i>Aningeria altissima</i> (A. Chev.) Aubr. & Pellegr.
202	Aningré « R »	Sapotacées	<i>Aningeria robusta</i> (A. Chev.) Aubr. & Pellegr
203	Ayous	Sterculiacées	<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.
204	Azobé	Ochnacées	<i>Lophira alata</i> Banks ex Gaertn.
205	Bahia	Rubiacées	<i>Hallea ciliata</i> (Aubrevill & Pellegr.)
206	Bongo H	Rutacées	<i>Zenthoxylum heitzii</i> (Aubrevill & Pellegr.) Waterman
210	Bubinga E	Cesalpiniacées	<i>Guibourtia ehie</i> (A. Chev.) Léonard
211	Bubinga Rouge	Cesalpiniacées	<i>Guibourtia demeusei</i> (Harms) Léonard
212	Bubinga Rose	Cesalpiniacées	<i>Guibourtia tessmanii</i> (Harms) Léonard
213	Eyong	Sterculiacées	<i>Eribroma oblonga</i> (Mast.) Pierre ex Germain
214	Longhi	Sapotacées	<i>Gambeya africana</i> (Bak.) Pierre
215	Movingui	Cesalpiniacées D	<i>Distemonanthus benthamianus</i> Baill.
217	Lotofa/Nkanang	Sterculiacées S	<i>Sterculia rhinopetala</i> K Schum.
218	Ozigo	Burseracées	<i>Dacryodes buettneri</i> (Engl.) Lam
301	Aielé	Burseracées	<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.
302	Ako « A »	Moracées	<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch var. <i>africana</i>
303	Ako « W »	Moracées	<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch var. <i>welwitshii</i>
304	Bilinga	Rubiacées	<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild. & Th. Dur.) Merrill
305	Dabéma	Mimosacées	<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook. F.) Brenan
306	Diana Z	Ulmacées	<i>Celtis zenkeri</i> Engl
307	Difou	Moracées	<i>Morus mesozygia</i> Stapf. ex A. Chev.
308	Ebiara Edéa	Cesalpiniacées	<i>Berlinia bracteosa</i> Benth
309	Ekoune	Myfisticacées c	<i>Coelocaryon preussii</i> Warbug

Annexe 3

310	Emien	Apocynacées	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.
311	Fraké	Combrétacées	<i>Terminalia superba</i> Engl & Diels
312	Fromager	Bombacacées	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn
313	Iatandza	Afimosacées	<i>Abizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.
314	Ilomba	Myristicacée	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.
315	Kondroti	Bombacacées	<i>Bombax brevicuspe</i> Sprague
316	Kumbi	Anacardiacees	<i>Lannea welwitschii</i> (Hierne) Engl.
317	Landa	Erythroxyliacées	<i>Erythroxylum mannii</i> Oliv.
318	Limbali	Cesalpiniacées	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) Léonard
319	Mukulungu	Sapotacées	<i>Autranella congolensis</i> (De Wild.) A. Chev.
320	Mutondo	Apocynacées	<i>Funtumia elastica</i> (Preuss) Stapf
321	Niové	Myfisticacée	<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb.
322	Oboto	Clusiacees	<i>Mammea africana</i> Sab.
323	Okan	Mimosacées	<i>Cylicodiscus gabonensis</i> Harms
324	Onzabili « K »	Anacardiacees	<i>Antrocaryon klaineum</i> Pierre
325	Onzabili « M »	Anacardiacees	<i>Antrocaryon micraster</i> A. Chev. & Guillaum.
326	Padouk rouge	Papilionacées	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.
327	Padouk blanc	Papilionacées	<i>Pterocarpus mildbraedii</i> Harms
328	Tali	Cesalpiniacées	<i>Erythrophleum ivorense</i> A. Chev.
329	Tchitola	Cesalpiniacées	<i>Oxystigma oxyphyllum</i> (Harms) Léonard
330	Tola	Cesalpiniacées	<i>Gosweilerodendron balsamiferum</i> (Vermoe.) Harms
331	Zingana	Cesalpiniacées	<i>Microberlinia bisulcata</i> A. Chev.
438	Amouk/Mambodé	Cesalpiniacées	<i>Detarium macrocarpum</i> Harms
448	Angueuk	Olacacées	<i>Ongokea gore</i> (Hua) Pierre
465	Avodiré	Meliacées	<i>Turreanthus africanus</i> (Welw; ex C DC.) Pelleg.
506	Naga	Cesalpiniacées	<i>Brachystegia eurycoma</i> Harms
557	Kapokier	Bombacacées	<i>Bombax buonopozense</i> P. Beauv.
558	Koto	Sterculiacées	<i>Pterygota macrocarpa</i> K. Schum.
563	Lati	Fabacées	<i>Amphimas</i> spp.
628	Bodioa/Noudougou	Anisophylleacées	<i>Anopyxis klaineana</i> (Pierre) Engl.
645	Alep/Omang	Irvingiacées	<i>Desbordesia glaucescens</i> (Engl.) Van Tiegh
650	Osanga	Combretacées	<i>Pteleopsis hylodendron</i> Mildb.
661	Pao rosa	Cesalpiniacées	<i>Swartzia fistuloides</i> Harms

Etude des cernes annuels pour quelques espèces de bois d'oeuvre africaines (P. DETIENNE 1998).

A cause de la luxuriance de la forêt tropicale et de l'absence de saisons bien différenciées comme sous les climats tempérés, les forestiers ont longtemps gardé le préjugé selon lequel aucun cerne annuel d'accroissement ne pouvait être décelé dans le bois des essences tropicales africaines. Néanmoins, certains scientifiques avaient soupçonné assez tôt leur existence et Ch. Coster démontra en 1927, par des observations faites dans des plantations indonésiennes, qu'il était possible de connaître l'âge des arbres de certaines essences comme l'Acajou de Cuba (*Swietenia mahagoni* Jacq.), le Lilas de Perse (*Melia azedarach* L.) et le Teck (*Tectona grandis* L.f.).

En Afrique, ce n'est qu'au début des années 60 que deux forestiers, R. Catinot et A. Mariaux, pensèrent que les stries concentriques visibles en bout des billes d'Okoumé pouvaient traduire un certain rythme de formation du bois. Ils émirent d'abord l'hypothèse d'un rythme rapide, mensuel ou bi-mensuel, tant ce préjugé d'accroissement très rapide des arbres tropicaux était ancré dans les mentalités. Pour vérifier leur hypothèse, ils mirent au point une expérimentation originale basée sur des blessures périodiques (voir explications dans le paragraphe suivant). Ces blessures, faites mensuellement, dans des Okoumé révélèrent que le rythme de croissance indiqué par les stries concentriques était beaucoup plus lent que prévu, probablement annuel. Les deux forestiers entreprirent alors une grande et très longue opération visant à détecter les cernes d'accroissement et à prouver leur périodicité annuelle, par cette méthode de blessures, faites annuellement et non plus mensuellement, dans la plupart des essences tropicales africaines exploitées.

TECHNIQUES D'ETUDE

Les blessures périodiques

Une blessure profonde faite dans l'écorce d'un arbre provoque une réaction cicatricielle imprimée dans le bois et situant avec précision la date du traumatisme. Cette marque apparaît dans le bois sous la forme d'une discontinuité locale du plan ligneux, soulignée, chez certaines essences, par la duraminisation d'une mince couche de bois ayant été formée juste avant la blessure.

L'entaille, faite à hauteur de poitrine, consiste à enlever une languette verticale d'écorce de 4 ou 5 cm de longueur sur 2 à 5 mm de largeur (selon les essences et leur type d'écorce). La hauteur de la blessure est peu importante mais la largeur doit être minimale, afin d'éviter des attaques possibles du bois par des champignons ou des réactions cicatricielles importantes qui perturberaient trop la structure du bois dans la zone blessée. Par contre, il est conseillé de gratter légèrement le fond de la blessure avec un petit tournevis afin de bien détruire le cambium, sinon la réaction cicatricielle serait très faible, ne présentant pas de discontinuité apparente dans la structure du bois. Pour faciliter les observations ultérieures des cernes dans le bois, l'entaille doit être faite au cours de la grande saison sèche, période pendant laquelle l'activité du cambium est nulle ou très réduite.

Un an plus tard, lors de la saison sèche suivante, une seconde blessure est faite à quelques cm de la première, et rigoureusement à la même hauteur. Cette opération est à renouveler chaque année, chaque nouvelle blessure étant faite impérativement soit toujours à droite (ou toujours à gauche) de la précédente. Le nombre de blessures par arbre, donc la durée de l'expérience, peut varier en fonction du nombre d'arbres testés pour une essence, de la qualité et de la quantité des informations que l'on souhaite recueillir (aspect et fréquence d'éventuels faux cernes ou cernes nuls etc...), ou du délai fixé à l'avance pour l'étude. Ainsi, par exemple, cinq arbres d'une même essence ayant reçu cinq blessures et abattus pendant la saison sèche de la 6^{ième} année pourront montrer 25 (5x5) couches annuelles de bois ou, dix arbres ayant reçu quatre blessures et abattus à la fin de la cinquième année présenteront quarante (10x4) couches.

Les rubans dendromètres

Les rubans dendromètres, en acier inoxydable, avec une graduation précise à 0,2 mm, sont mis en place sur l'arbre au moment de la première blessure, à 30-50 cm au-dessus de celle-ci. Ils ne sont pas nécessaires pour détecter la présence de cernes dans le bois ni pour confirmer leur caractère annuel mais, si leurs mesures sont relevées fréquemment et très régulièrement (tous les 15 jours par exemple ou, mieux encore, toutes les semaines). Ces rubans donneront des renseignements très utiles sur la durée des phases d'activité ainsi que sur les variations éventuelles de la vitesse de croissance en diamètre des arbres tout au long de l'expérience.

La récolte et la préparation

Après avoir reçu un certain nombre de blessures annuelles, l'arbre est abattu et son tronc sectionné au niveau des cicatrices qui sont toujours bien visibles sur l'écorce. C'est sur cette section traversant toutes les cicatrices que seront observés les éventuels cernes. Un second trait de scie permet de détacher une rondelle de 3 à 5 cm d'épaisseur.

Les rondelles ainsi obtenues sont séchées, naturellement ou artificiellement, puis poncées. Le ponçage de la section traversant les cicatrices a pour but d'obtenir une surface plane, lisse et propre sur laquelle les différents tissus du bois et leurs variations pourront être vus à l'oeil nu ou à la loupe. Le ponçage, commencé avec un grain grossier (60 ou 80/mm²), se fait avec des grains de plus en plus fins, 180, 250, 320, et se termine par un passage au grain 400. La qualité de cette préparation est importante car c'est d'elle que dépendra la visibilité des limites d'accroissement parfois très discrètes chez certaines essences.

L'observation

L'observation à l'oeil nu des variations rythmiques de l'aspect du plan ligneux sur les surfaces finement poncées n'est pas souvent possible. Elle n'est réalisable que chez des espèces ayant des accroissements annuels relativement larges, délimités par une variation bien marquée de la structure du bois. En général il est nécessaire d'utiliser une loupe grossissant 6, 12 et même parfois 20 fois, pour détecter et analyser avec certitude et précision la nature de la limite des accroissements.

Le meilleur équipement semble être une loupe binoculaire portée par deux pieds verticaux entre lesquels la rondelle de bois peut être déplacée au gré de l'observation. Un éclairage d'appoint, le plus rasant possible, est indispensable, surtout avec des grossissements égaux et supérieurs à 10.

La première tâche est le repérage et la datation des cicatrices laissées dans le bois par les blessures de l'expérience. La cicatrice la plus proche de l'écorce est celle de la dernière blessure faite un an avant l'abattage. La cicatrice suivante, à gauche ou à droite, selon le sens adopté pour blesser l'arbre, sera celle faite l'année précédente, et ainsi de suite jusqu'à la dernière cicatrice, correspondant à la première blessure, qui devrait être la plus éloignée de l'écorce.

Une fois les cicatrices datées, la seconde étape consiste à repérer une variation quelconque de la structure du bois au niveau de chacune des cicatrices qui ne se répéterait pas dans la couche de bois située entre deux cicatrices consécutives. Si un, ou plusieurs caractères particuliers du bois, apparaissent systématiquement à la hauteur de chaque cicatrice et jamais entre deux, ils traduisent alors l'expression même de la limite de l'accroissement à rythme annuel.

RESULTATS

Il est communément admis que les cernes d'accroissement du bois sont visibles, donc présents, essentiellement dans le bois des essences poussant sous des climats relativement rigoureux, ayant une saison très froide ou très sèche. Cette assertion est à la fois vraie et fausse. Ainsi, le bois des espèces de Chêne (*Quercus spp.*) poussant au Canada ou en Mongolie présente des cernes bien visibles à l'oeil nu, car soulignés par une zone poreuse, alors que celui des espèces du Guatemala ou du Vietnam, sans zones poreuses, ne montre les limites de ses cernes annuels que sous une

loupe. Par contre, s'il est souvent possible de compter à l'oeil nu les cernes annuels du Doussié ou de l'Iroko du Cameroun, il faut utiliser une loupe pour détecter avec certitude ceux du Bouleau ou du Sorbier poussant en Finlande.

En définitive, la présence et/ou la visibilité des cernes annuels dans le bois, semblent dépendre plus du genre botanique que du climat sous lequel a poussé l'arbre. L'Acajou d'Afrique, genre *Khaya*, ne présente pas de cernes visibles alors que l'Acajou d'Amérique, genre *Swietenia*, de la même famille, montre des cernes annuels bien nets alors qu'il pousse dans des forêts semblables aux mêmes latitudes.

Les essences analysées et les différents types de cernes

ACAJOU (*Khaya anthotheca* C.DC. et *K ivorensis* A.Chev., famille des Méliacées) : Les cicatrices des blessures annuelles ne se trouvent jamais au niveau d'une variation remarquable du plan ligneux bien que des arrêts annuels de croissance diamétrale aient été constatés par les lectures des rubans dendromètres. Aucun cerne annuel d'accroissement ne peut être repéré dans cette essence par de simples observations à la loupe sur une section du tronc. Par contre les espèces d'Acajou américain appartenant au genre botanique *Swietenia* (*S. mahagoni* Jacq. et *S. macrophylla* King) forment chaque année une ligne typique de parenchyme en limite d'accroissement, bien souvent perceptible à l'oeil nu sur une section finement poncée.

AIELE (*Canarium schweinfurthii* Engl., famille des Burséracées) : Dans cette essence au plan ligneux très semblable à celui de L'Acajou africain, caractérisé par la rareté du parenchyme, aucune limite de cerne régulièrement présente chaque année n'a pu être mise en évidence.

AVODIRE (*Turraeanthus africana* Pellegr., famille des Méliacées) : Dans cette essence très différente par son aspect de l'Acajou africain, mais très proche par la structure de son bois, aucune limite d'accroissement annuel dans le bois n'a pu être observée d'une façon simple et rapide.

BETE (*Mansonia altissima* A.Chev., famille des Sterculiacées) : Les limites d'accroissements annuels existent mais sont relativement difficiles à repérer car elles sont la somme de variations plutôt discrètes du plan ligneux dont la perception est souvent atténuée par la couleur brun beige du bois parfait. La limite de l'accroissement est définie par un passage brusque de fibres à section un peu aplatie à des fibres de section plus cylindrique, de chaînettes de parenchyme fines et serrées à des chaînettes à distribution plus lâche et par la présence de pores de plus petit diamètre immédiatement avant la limite. Parfois une mince couche de bois sans pore caractérise le bois initial.

Des cernes partiellement nuls (aucune formation de bois durant une ou plusieurs années dans un secteur) ne sont pas rares d'où la nécessité d'analyser la section entière du tronc pour dater un arbre. Le phénomène de cerne nul (aucune formation visible de bois durant 1 ou 2 années sur toute la circonférence) existe mais ne semble pas fréquent.

BOSSE (*Guarea cedrata* Pellegr., famille des Méliacées) : Cette essence marque ses accroissements annuels plus ou moins distinctement selon les individus, ou les périodes de vie dans le même arbre. Les lignes de parenchyme, relativement épaisses, espacées et sinueuses en début d'accroissement tendent à devenir plus fines, plus serrées et plus rectilignes à la fin. La dernière ligne de l'accroissement, fine et rectiligne, matérialise la limite du cerne.

Ce type de limite de cerne est parfois d'interprétation difficile chez les individus à croissance lente (cernes étroits). Chez ces individus, la datation peut être légèrement sous-estimée à cause de cernes nuls non décelables.

DIBETOU (*Lovoa trichilioides* Harms, famille des Méliacées) : Dans cette essence, botaniquement et anatomiquement très proche de l'Acajou africain, aucune limite de cernes régulièrement présente chaque année n'a pu être mise en évidence de manière simple.

DOUSSIE (*A. africana* Smith, *A. bipindensis* Harms et *A. pachyloba* Harms, famille des Caesalpiniacées) : La limite des cernes annuels est tracée par une fine ligne de parenchyme aisément repérable dans ce bois où le parenchyme est essentiellement associé aux pores. Dans le bois final, ce parenchyme forme plutôt de courtes ailes autour des pores alors que, dans le bois initial, il dessine plutôt un manchon ou un losange. Fréquemment l'accroissement débute par une mince bande de bois sans pore ni parenchyme.

La détection et le comptage des cernes annuels sur cette essence sont faciles. Le seul inconvénient susceptible de perturber l'exactitude d'une datation est le phénomène des cernes nuls qui peut se présenter dans des arbres à croissance très lente. Par contre le phénomène de dédoublement de la ligne terminale n'a pas été observé. En conséquence tout cerne, même très étroit, doit être considéré comme représentant une couche annuelle d'accroissement.

FARO (*Daniella klainei* Pierre, *D. soyauxii* Rolfe et *D. thurifera* Benn., famille des Caesalpiniacées) : Les cernes annuels d'accroissement et leur limite présentent les mêmes caractéristique que ceux du Doussié. Cependant, à l'inverse du Doussié, les Faro de forêt dense ne semblent pas avoir de cernes nuls. Par contre le dédoublement de la ligne terminale de parenchyme n'est pas un phénomène rare, même s'il est moins fréquent que dans les espèces de savane. Tout cerne anormalement étroit (moins d'un mm de large) parmi des cernes régulièrement larges de plusieurs mm doit être considéré comme faux.

FRAMIRE (*Terminalia ivorensis* A.Chev., famille des Combrétacées) : Les limites des accroissements annuels sont essentiellement matérialisées par les pores et le tissus fibreux. Les dernières fibres de l'accroissement ont des parois plus épaisses et dessinent une mince bande sombre perceptible à l'oeil nu. Dans cette bande de fin de cerne, les pores ont un diamètre plus faible. Le début du cerne est caractérisé par une couche de bois sans pore. Cette couche, généralement remarquable peut être très mince, à peine perceptible lorsque les cernes sont étroits. Elle est très large (1 à 2 mm) dans les cernes des arbres à croissance très rapide.

L'expérience n'ayant été faite que sur des arbres de plantation, les phénomènes des faux cernes et des cernes nuls n'ont pas été observés. Néanmoins, il est probable qu'ils soient très rares ou inexistants.

KOSIPO (*Entandrophagma candollei* Harms, famille des Méliacées) : Le bois de cette essence est caractérisé par son parenchyme en bandes épaisses, perceptibles à l'oeil nu. Dans les arbres ayant eu une croissance normale ou rapide, la limite des accroissements apparaît comme une bande sombre due à un plus grand espacement entre l'ultime bande claire de parenchyme de l'année précédente et la première bande de l'année suivante. Néanmoins tous les cernes d'accroissement ne peuvent être correctement et efficacement repérés qu'avec une loupe. La limite même de l'accroissement est matérialisée par une fine ligne de parenchyme continue ou discontinue. Il arrive que cette ligne typique soit partiellement ou totalement fusionnée avec la dernière bande de parenchyme. Dans ce cas, la limite est possible à situer car cette dernière bande de parenchyme de l'accroissement apparaît beaucoup plus rectiligne que les autres présentes dans le cerne.

Le phénomène des cernes nuls existe dans cette essence. Il est certain que le comptage des cernes dans de petits arbres à croissance lente ou au coeur de gros arbres ayant eu une jeunesse difficile sous-estimera légèrement l'âge véritable de l'individu. Par contre les faux cernes semblent très rares.

IROKO (*Milicia excelsa* C.C. Berg et *Milicia regia* C.C. Berg, famille des Moracées) : La couche annuelle d'accroissement se caractérise par une mince bande initiale sans pore ni parenchyme (apparaissant de teinte plus sombre sur le bois) puis par la présence de parenchyme associé aux pores qu'il relie plus ou moins fréquemment par anastomose. Ces anastomoses sont de plus en plus fréquentes à la fin de l'accroissement qui se termine par une fine ligne de parenchyme fréquemment entrecoupée.

Les causes d'erreur dans la détermination de l'âge, faux cernes et cernes nuls, sont rares dans cette essence.

LIMBA (*Terminalia superba* Engl. et Diels, famille des Combrétacées) : Bien que le Limba soit totalement différent de l'essence précédente, ses cernes annuels présentent des caractères très semblables. Le début de l'accroissement est marqué par une petite couche de bois sans pore ni parenchyme puis les pores apparaissent entouré d'un parenchyme en losange tendant à devenir aliforme en fin d'accroissement. La limite est marquée par une fine ligne de parenchyme, continue ou discontinue. Cette ligne est parfois absente mais, dans ce cas, la transition bois final-bois initial est suffisamment nette pour marquer la limite.

Les phénomènes des cernes nuls ou des faux cernes très trompeurs n'ont pas été remarqués.

DOUKA-MAKORE (*Tieghemella africana* Pierre et *T. heckelii* Pierre, famille des Sapotacées) : La détection des limites annuelles d'accroissement s'appuie essentiellement sur le parenchyme. Celui-ci se présente en lignes tangentiels tendant à se resserrer en fin d'accroissement. A la reprise d'activité l'année suivante, l'arbre forme une couche fibreuse avant de produire la première ligne de parenchyme. Cet espacement relativement large entre l'ultime ligne de parenchyme d'un cerne et la première ligne du cerne suivant est le principal caractère permettant de positionner la limite. En cas de doute, l'examen à plus fort grossissement permet de voir les fibres à section aplatie à la fin du cerne immédiatement suivies par les fibres à section plus circulaires du bois initial.

Les difficultés de repérage de ces cernes, et donc les imprécisions de datation, sont nombreuses, essentiellement chez les sujets à croissance lente ou très lente. Si le phénomène des cernes totalement nuls est indécélable lors du comptage, celui des cernes partiellement nuls peut être résolu en analysant chaque cerne sur toute la circonférence. Ce suivi des limites des cernes sur toute la circonférence permet aussi de déceler des cas où certaines limites s'estompent dans des secteurs, devenant indistinctes. Les faux cernes semblent très rares mais des dédoublements de limites peuvent être relativement fréquents dans les arbres à croissance rapide. Le dédoublement apparaît sous la forme de deux bandes fibreuses sombres encadrant un "cerne" très mince ne possédant que 2 ou 3 lignes de parenchyme alors que les autres cernes de cette zone en contiennent plus d'une quinzaine.

MOABI (*Baillonella toxisperma* Pierre, famille des Sapotacées) : Cette essence n'a pas été testée. Cependant sa très grande parenté botanique et anatomique avec le Douka-Makoré permet de penser que ses cernes sont annuels et ont les mêmes caractéristiques.

NIANGON (*Heritiera utilis* Kosterm, famille des Sterculiacées) : Bien que cette essence présente des variations à périodicité annuelle de son plan ligneux, leur analyse et leur dénombrement se révèlent délicats. Dans le meilleur des cas la limite est dessinée par une très fine ligne de parenchyme. Cependant cette ligne peut être épaisse et représenter alors soit une véritable limite atypique, soit une fausse limite. Le passage brusque d'une zone de couleur sombre (bois final) à une zone de teinte plus claire (bois initial) est aussi un bon critère de positionnement de la limite. Cependant si ces variations de teinte sont dues au contrefil ou à une plus grande abondance du parenchyme en chaînettes ou à une zone plus poreuse, elles doivent être interprétées comme des limites de faux cernes.

En définitive le comptage des cernes du Niangon est extrêmement délicat et les résultats obtenus doivent n'être considérés que comme des estimations approchées des âges et vitesses de croissance.

OKOUME (*Aukoumea klaineana* Pierre, famille des Burséracées) : Les cernes d'accroissement de cette essence sont très généralement bisannuel mais un rythme annuel est distinct sur le bois. L'accroissement commence par une large bande de bois clair, puis vient une large bande de bois plus sombre, suivie par une fine bande de bois clair et enfin par une fine bande de bois sombre. En pratique, l'âge de l'arbre devrait être égal soit à la moitié du nombre des bandes sombres, soit au nombre de bandes du même type, par la teinte comme par la largeur.

Le repérage et le comptage des cernes annuels ne posent pas de difficultés chez les arbres ayant eu une croissance normale ou rapide. Chez les arbres ayant eu une croissance lente ou très lente, la deuxième bande claire est souvent absente et les deux bandes sombres, la large et la fine, se trouvent fusionnées. La nature annuelle de l'alternance des couches est alors délicate à définir.

PADOUK (*Pterocarpus soyauxii* Taub., famille des Fabacées) : Des cernes d'accroissement sont bien dessinés. Dans ce bois où le parenchyme est essentiellement associé aux pores, aliforme, les limites sont définies par une ligne de parenchyme, rectiligne ou très finement ondulée, continue ou brièvement interrompue. Ces limites apparaissent chaque année mais peuvent aussi se montrer au milieu de certains accroissements annuels où elles dessinent des faux cernes identiques aux vrais annuels. Dans l'ignorance de la fréquence de ces fausses limites, la détermination de l'âge des arbres de cette essence doit être considérée comme impossible actuellement. Cependant, ceci est la conclusion d'une étude réalisée sur un petit nombre d'arbres d'une même provenance (M'balmayo au Cameroun). Une seconde étude serait à faire sur plusieurs arbres de diverses provenances pour donner une conclusion définitive.

SAMBA (*Triplochiton scleroxylon* K.Schum., famille des Sterculiacées) : La limite des accroissements annuels est dessinée par une ligne de parenchyme, pouvant aussi apparaître sous la forme d'un fin alignement de chaînettes. Avant cette ligne, le bois a une teinte plus sombre (bois final) due à l'épaississement des parois des fibres, après cette ligne, le bois prend une couleur plus claire.

Sachant que les variations de couleur du bois dues à des variations d'abondance de parenchyme ou de pores, ainsi que les bandes occasionnelles de parenchyme, sont à interpréter comme faux cernes, la datation des arbres de cette essence s'effectue facilement et avec précision, d'autant plus que le phénomène des cernes nuls n'a pas été observé. Les seules difficultés apparaissent lorsque les cernes annuels sont très étroits, ce qui n'est pas fréquent chez cette essence.

SAPELLI (*Entandrophrgma cylindricum* Sprague, famille des Méliacées) : La limite de l'accroissement annuel est dessinée par une ligne de parenchyme continue ou seulement très brièvement interrompue. Cette ligne limite se distingue bien des lignes plus courtes, et souvent associées aux pores, présentes dans l'accroissement. Dans les cernes relativement larges, le bois initial débute par une bande pauvre en pores et en parenchyme qui apparaît plus sombre et souligne ainsi la position de la limite.

Les faux cernes ne posent pas de problème. Observés lors de périodes à croissance très rapide, ils apparaissent sous la forme de dédoublements de la ligne limite dans des cernes très larges et pauvres en parenchyme. Inversement les phases de croissance lente posent des problèmes. Outre le fait que les limites des accroissements minces ne sont pas toujours faciles à apprécier, le phénomène des cernes nuls, ou partiellement nuls, existe. Si les cernes partiellement nuls peuvent être détectés en analysant tous les cernes sur toute la circonférence, l'absence totale de cernes ne peut être détectée. Ce phénomène de cernes nuls peut se manifester fréquemment chez de jeunes et petits arbres très dominés.

SIPO (*Entandrophragma utile* Sprague, famille des Méliacées) : Dans ce bois au parenchyme en courtes lignes onduleuses, la limite des accroissements annuels est tracée par une ligne de parenchyme continue et rectiligne. Elle est souvent suivie par une mince bande de bois initial de teinte plus sombre car pauvre en pores et en parenchyme.

Comme dans les autres essences, la lecture des cernes est parfois difficile dans le bois formé pendant des périodes à croissance lente. Cependant le phénomène des faux cernes est rare et celui des cernes nuls n'a pas été constaté.

TIAMA (*Entandrophragma angolense* C.DC., famille des Méliacées) : Comme chez les autres *Entandrophragma*, la limite des accroissements annuels est matérialisée par une ligne continue de parenchyme. Celle ci se remarque facilement car, dans cette essence, le parenchyme est relativement rare, en petit manchon autour des pores. De ce fait, la mince bande fibreuse de bois initial soulignant la limite de cerne est bien moins visible que dans le Sapelli et le Sipo.

Des faux cernes pouvant être interprétés comme véritables n'ont pas été observés. Par contre, le phénomène des cernes partiellement ou totalement nuls existe et se manifeste d'autant plus fréquemment que la vitesse de croissance de l'arbre est faible.

Références bibliographiques

Amobi, C.C. 1973. Periodicity of wood formation in some trees of lowland rainforest in Nigéria. *Ann. Bot.* 37 : 211-218.

Coster, Ch. 1927 & 1928. Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen- und Ann. *Jard. Bot. Buitenzorg* 37: 49-160 & 38: 1-114.

Detienne, P. & A. Mariaux. 1975. Nature et périodicité des cernes dans le bois de Niangon. *Bois et Forêts des Tropiques.* 159 : 29-37.

Detienne, P. & A. Mariaux. 1976. Nature et périodicité des cernes dans le bois de Samba. *Bois et Forêts des Tropiques.* 169 : 29-35.

Detienne, P. & A. Mariaux. 1977. Nature et périodicité des cernes dans les bois rouges des méliacées africaines. *Bois et Forêts des Tropiques.* 175 : 52-61.

Lowe, R.G. 1968. Periodicity of a tropical rain forest tree, *Triplochiton scleroxylon* K.Sch. *Commonw. For. Rev.* 47, (132) : 150-163.

Mariaux, A. 1967. Les cernes dans les bois tropicaux africains. Nature et périodicité. *Bois et Forêts des Tropiques.* 113 : 3-14 & 114: 23-37.

Mariaux, A. 1969. La périodicité des cernes dans le bois de Limba. *Bois et Forêts des Tropiques* 128: 39-54.

Mariaux, A. 1970. La périodicité de formation des cernes dans le bois d'Okoumé. *Bois et Forêts des Tropiques.* 131 : 37-50.

Rogers, S. 1981. Seasonal variation in radial growth and phloem activity of *Terminalia ivorensis* A.Chev. *Ann. Bot.* 47 : 603-610.

Glossaire

Glossaire

Accroissement	:	Volume dont s'accroissent dans un temps donné les arbres inventoriés au début de cette période.
Amélioration	:	Opérations culturales favorisant la croissance d'un peuplement.
Andain	:	Alignement de végétaux coupés rassemblés en cordons pour en faciliter la destruction.
Anémophile	:	Qualifie les plantes chez lesquelles la pollinisation est assurée par le vent.
Annélation	:	Destruction totale ou partielle des tissus vivants d'un végétal sur un anneau tout autour de la tige.
Anthropisation	:	Modification d'un milieu due à la présence de l'homme.
Autécologie	:	Partie de l'écologie étudiant les relations entre les populations ou les espèces considérées isolément et leur environnement.
Aubier	:	Ensemble des couches périphériques du bois d'un arbre vivant.
Bilan hydrique	:	Partition de l'eau qui a pénétré dans le sol : drainage du sol+stockage dans le sol+eau évaporée+eau utilisée par les plantes.
Bille	:	partie de grume.
Biocénose	:	Composante vivante de l'écosystème : populations animales, végétales et microbiennes qui interagissent dans un milieu déterminé.
Bioclimat	:	Ensemble des caractéristiques d'un climat qui ont une incidence directe sur les organismes vivants.
Biodiversité	:	Ensemble des types biologiques, des rôles écologiques qu'ils remplissent et de la diversité génétique qu'ils renferment.
Biogéographie	:	Etude de la distribution à la surface du globe des êtres vivants.

Glossaire

Biomasse	:	Masse des organismes vivants exprimée en poids (frais ou sec), peuplant un milieu donné et rapporté à l'unité de surface.
Biotope	:	Composante physique de l'écosystème, conditionnant l'existence dans la nature des populations formant la biocénose. Le biotope est parfois appelé habitat en référence à une espèce particulière.
Biotique	:	Qui a rapport à la vie.
Capacité de rétention	:	Quantité d'eau retenue par le sol quand celui-ci est complètement ressuyé.
Classe de fertilité	:	Amplitude de variation du potentiel de production d'un peuplement forestier.
Climax	:	Milieu naturel de référence, en équilibre dans des conditions climato-édaphiques données.
Conversion	:	Changement du mode de traitement d'une forêt.
Coupe d'abri	:	Eclaircie dans un peuplement vieilli en vue d'installer une essence d'ombre. Puis découvert progressif par éclaircies plus ou moins fortes.
Coupe d'ensemencement	:	Première des coupes progressives de régénération qui provoque en principe l'apparition des semis.
Coupe unique	:	Coupe de régénération comportant l'abattage en une seule fois de tous les arbres du peuplement mûr.
Débardage	:	Opération consistant à amener les bois du point de chute jusqu'à l'emplacement de stockage.
Decidu(e)	:	A feuillage caduc.
Dépressage	:	Desserrement des semis des essences objectifs réalisés au sein de fourrés et de gaulis très denses pour favoriser leur croissance et éliminer les mal-conformés.
Dominant	:	Se dit de l'espèce prépondérante dans un peuplement, soit en nombre d'arbres, soit en volume, soit en couvert.

Ecosystèmes	:	Ensemble écologique réduit (une forêt, un lac...). ensemble formé par une communauté biologique et son milieu physique réagissant entre eux en un système fonctionnel.
Edaphique	:	Relatif à un caractère lié au sol.
Equienne	:	De même âge.
Espèce	:	Population ou ensemble de population dont les individus peuvent se reproduire entre eux, mais qui ne peuvent échanger des gènes avec des membres d'autres espèces.
Essence	:	Synonyme d'espèce pour les arbres.
Etage	:	Ensemble de cîmes d'arbres, situées sensiblement à la même hauteur.
Evapo-transpiration	:	Somme de l'évaporation du sol et de la perte en eau d'une plante (ou d'une végétation) dissipée par transpiration et évaporation.
Faciès	:	Physionomie particulière d'une communauté végétale due à la dominance locale d'une espèce.
Fourré	:	Stade consécutif à celui du semis. Peuplement formé de tiges très nombreuses et ramifiées. Diamètre inférieur à 1 cm et hauteur de 0,5 à 3 m.
Fût	:	Partie du tronc d'un arbre sur pied comprise entre sa souche et son houppier.
Futaie	:	Peuplement constitué de tiges provenant en général du développement de semis.
Futaie irrégulière	:	Futaie dans laquelle les parcelles présentent un mélange de plages équiennes d'âges divers.
Futaie jardinée	:	Futaie dans laquelle chaque parcelle renferme un mélange équilibré d'arbres de tous âges mêlés par bouquets.
Gaulis	:	Jeune peuplement composé de brins de semence ayant perdu leurs branches basses, n'atteignant pas encore 10 cm de diamètre.

Glossaire

Gradient	:	Variation progressive d'un phénomène par rapport à une unité de distance, par exemple la température/altitude.
Grume	:	Tronc ou section de tronc d'un arbre abattu et ébranché.
Houppier	:	Ensemble des ramifications (branches et rameaux d'un arbre).
Irrégulier	:	Se dit d'un peuplement forestier dont les arbres sont de toutes dimensions (hauteur, diamètre).
Layon	:	Limite rectiligne séparant des parcelles ou des unités d'inventaire.
Mésologie	:	Etude des caractères du milieu physique envisagés par rapport aux organismes vivants.
Ombrophile	:	Qui aime la pluie.
Passage à la futaie	:	Nombre de tiges qui atteignent dans une période donnée la dimension minima pour l'inventaire d'une futaie.
Perchis	:	Jeune peuplement composé de brins de semence ayant de 10 à 30 cm de diamètre.
Peuplement	:	Ensemble d'arbres ayant une uniformité suffisante quant à sa composition floristique, sa structure, son âge, sa répartition spatiale pour se distinguer des peuplements voisins et pouvant ainsi former une unité élémentaire sylvicole ou d'aménagement.
Phytomasse	:	Masse des organismes végétaux vivants exprimée en poids (frais ou sec), peuplant un milieu donné et rapporté à l'unité de surface.
Possibilité	:	Quotité annuelle des coupes; se détermine par contenance, par volume ou par pied d'arbres.
Production	:	Somme du passage à la futaie et de l'accroissement.
Recrû	:	Ce qui repousse après une coupe forestière.
Récolement	:	Opération de contrôle faite en fin d'exploitation afin de vérifier si celle-ci a été exécutée conformément aux prescriptions prévues.

Glossaire

Ressources génétiques	:	Valeur économique, scientifique ou sociale du matériel héréditaire contenu dans une espèce ou dans un ensemble d'espèces.
Révolution	:	Durée qui a été fixée pour la réalisation de la totalité du matériel existant sur une certaine surface.
Rotation	:	Durée qui sépare deux passages en coupe successifs sur le même point.
Sciaphile	:	qui vit principalement à l'ombre.
Semencier	:	Tout arbre produisant ou sur le point de produire des semences.
Semis	:	Jeunes sujets issus de graines à tige non ramifiée, hauteur inférieure à 40 cm.
Sempervirent	:	Se dit d'espèces dont les feuilles ne tombent pas à la fin de la saison de végétation.
Série	:	Unité d'aménagement. Forêt ou partie de forêt homogène du point de vue des principaux objectifs d'aménagement.
Surface terrière	:	Superficie de la section de la tige d'un arbre mesurée sur écorce le plus souvent à hauteur d'homme (1,30 m). Pour un peuplement c'est la somme de la surface terrière des arbres dont il est constitué. Elle est exprimée en m ² /ha.
Sylviculture	:	La science et l'art de cultiver les peuplements forestiers en se basant sur la connaissance de l'écologie forestière.
Synécologie	:	Etude des rapports du milieu avec les ensembles complexes végétaux, animaux, humains qui y vivent.
Taxon	:	Nom donné à des ensembles d'êtres vivants tels que variété, espèce genre, famille...
Vidange	:	Ensemble des opérations destinées à évacuer les produits du parterre de la coupe.
Xérique	:	Qualifie un milieu très sec.
Xéromorphisme	:	Caractères d'une espèce adaptée à la sécheresse.

Série FORAFRI

Document 1.

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

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

Document 2.

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

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

Document 3.

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

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

Document 4.

Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide africaine.

1998. Bernard Dupuy. 328 p.

Document 5.

Quelques méthodes statistiques pour l'analyse des dispositifs forestiers.

1998. Avner Bar-Hen. 110 p.

Document 6.

Aménagement forestier en Guinée.

1998. Nicolas Delorme. 185 p.

Document 7.

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

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

Document 8.

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

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

Document 9.

Estimation de la qualité des arbres sur pied.

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

Document 10.

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

1998. Vincent Freycon, Nicolas Fauvet. 84 p.

Les bibliographies du CIRAD

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

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

Document 11.

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

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

Document 12.

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

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

Document 13.

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

1998. Vincent Freycon, Etienne Yandji. 70 p.

Document 14.

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

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

Document 15.

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

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

Document 16.

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

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

Document 17.

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

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

Document 18.

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

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

Document 19.

L'aménagement forestier au Gabon – historique, bilan perspectives

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

Document 20.

Croissance et productivité en forêt dense humide après incendie

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

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