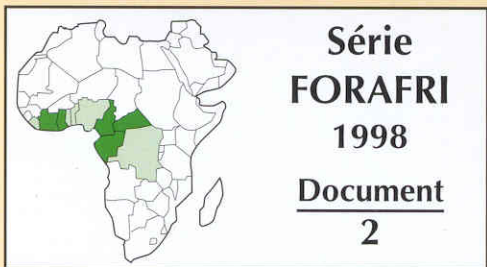


Croissance et productivité en forêt dense humide

Bilan des expérimentations dans le dispositif d'Irobo.

Côte d'Ivoire (1978 - 1990)



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

Ce document a été rédigé par :

Luc DURRIEU de MADRON, Vincent FAVRICHON, Bernard DUPUY ,
Avner BAR HEN et Henri Félix MAÎTRE

1998

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

PREFACE

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

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

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

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

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

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

Jacques Valeix
Directeur du Cirad Forêt

Résumé

La forêt dense humide ivoirienne est fortement exploitée depuis plusieurs décennies. A cause des défrichements, la superficie de cette forêt dense a fortement diminué. Elle couvrait quinze millions d'hectares au début du siècle et moins de deux millions d'hectares aujourd'hui.

La production actuelle de bois d'oeuvre est d'environ 1,7 million de m³ par an, provenant essentiellement du domaine « agricole » hors forêt classée. Cette production doit donc être ajustée progressivement aux capacités des forêts résiduelles, cela pour en permettre une gestion durable.

La SODEFOR et le CIRAD-forêt ont conjointement mis en place en 1977-78 des dispositifs d'étude destinés à tester, sur des parcelles unitaires de grande taille, la mise en oeuvre de techniques sylvicoles simples (plusieurs types d'éclaircie, exploitation...). Trois dispositifs ont ainsi été mis en place en Côte d'Ivoire : Mopri, Irobo et La Téné, ces dispositifs précédant la mise en place de ceux de M'Baïki en R.C.A., de Paracou en Guyane Française et de Strek en Indonésie.

Après plusieurs années de mesures, un bilan des dispositifs d'études mis en place en Afrique s'avérait nécessaire. Dans ce cadre, le bilan du dispositif d'Irobo est proposé dans le présent document.

Il en ressort que l'effet des éclaircies systématiques testées est bénéfique en ce qui concerne le recrutement et l'accroissement des essences commerciales. Cependant la différence entre l'effet de l'éclaircie forte et celui de l'éclaircie moyenne est faible.

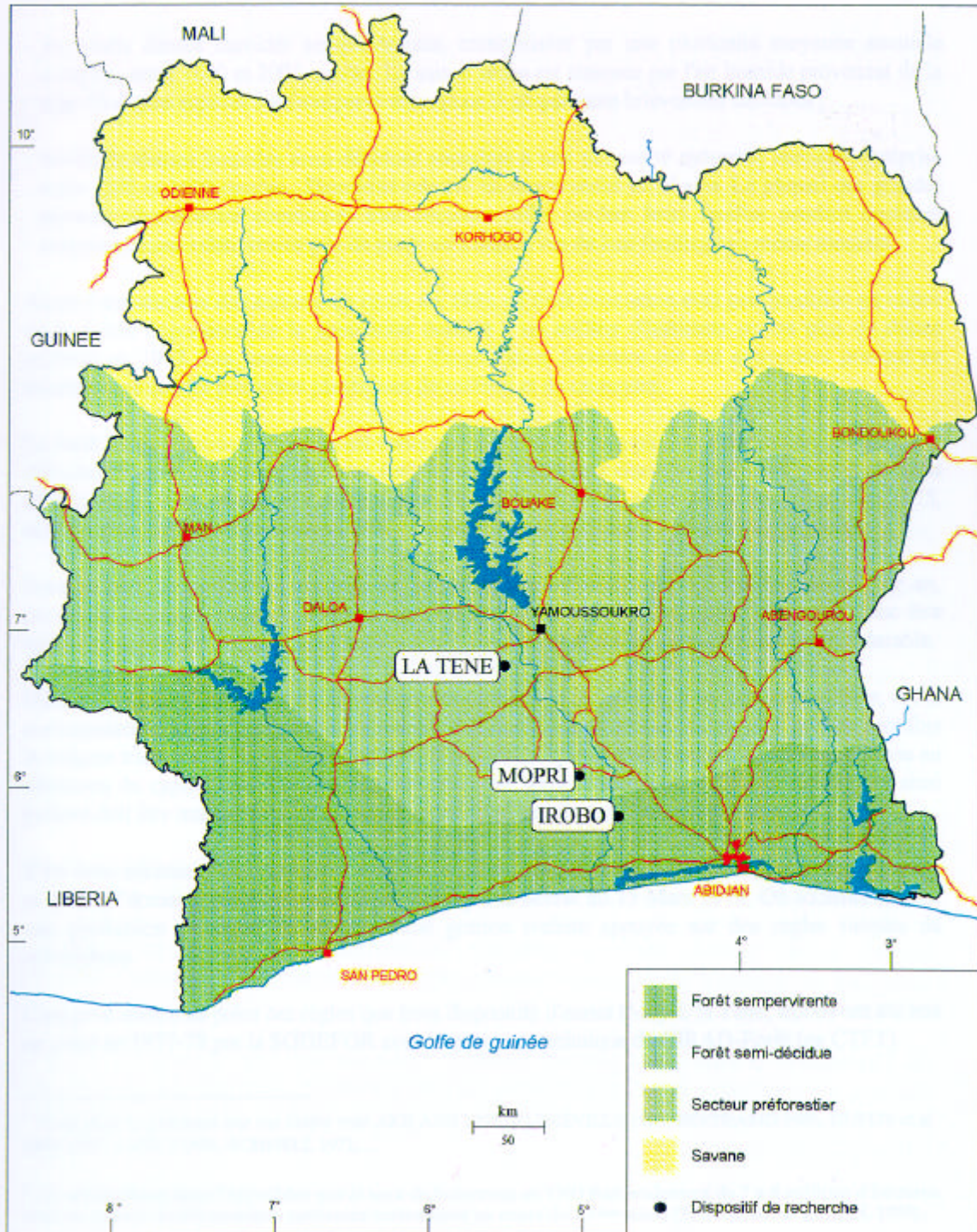
Ainsi, une éclaircie maximum de 28 % de la surface terrière initiale (5-6 m²/ha enlevés), correspondant à la borne supérieure de l'intensité de l'éclaircie moyenne, paraît être une limite à ne pas dépasser.

Table des matières

INTRODUCTION	1
1. RAPPELS SUR LES DISPOSITIFS DE RECHERCHE	2
1.0 Contraintes posées par l'aménagement de la forêt dense humide	2
1.1. Objectifs et conception des dispositifs	2
1.2. Le périmètre expérimental d'Irobo	3
1.2.1. Description du dispositif	3
1.2.2. Variables mesurées	5
1.2.3. Traitements effectués	5
2. OBJECTIFS DE L'ETUDE ET CAPITAL FORESTIER SUR PIED	9
2.1. Objectifs de l'étude	9
2.2. Capital forestier sur pied	9
2.2.1. Fiabilité des mesures	9
2.2.1.1. Essences commerciales	9
2.2.1.2. Essences secondaires	9
2.2.2. Choix des essences commerciales pour les analyses de croissance	10
3. RESULTATS	14
3.1. Analyse générale	14
3.1.1. Evolution de la surface terrière moyenne des essences commerciales	14
3.1.2. Evolution de la densité et de la surface terrière, des essences commerciales de plus de 50 cm de diamètre	18
3.1.3. Evolution des structures diamétriques des essences commerciales par traitement	18
3.2. Le recrutement des essences commerciales	20
3.2.1. Recrutement moyen sur douze ans	20
3.2.2. Evolution du recrutement dans le temps	20
3.2.3. Par essence commerciale	21
3.2.3.1. Taux de recrutement	21
3.2.3.2. Utilisation de la méthode du recrutement pondéré	22
3.2.3.3. Taux de recrutement en fonction de la surface terrière ou de la densité après traitement	23
3.3. La mortalité des essences commerciales	25
3.3.1. Chiffres globaux et évolution	25
3.3.1.1. En effectif	25
3.3.1.2. Taux de mortalité annuel	25
3.3.2. Mortalité par classe de diamètre	27
3.3.3. Par espèce commerciale	29
3.3.4. Taux de mortalité des essences commerciales en fonction du nombre de tiges par hectare et de la surface terrière	30
3.4. Les accroissements en diamètre, en surface terrière et en volume des essences commerciales	32
3.4.1. Accroissements moyens par traitement toutes essences commerciales confondues	32
3.4.1.1. Accroissement diamétrique	32

3.4.1.2. Accroissement en surface terrière	33
3.4.1.3. Accroissement en volume	33
3.4.2. Proportion d'accroissements diamétriques nuls	34
3.4.3. Accroissements diamétriques moyens par essence commerciale, par traitement	35
3.4.3.1. Evolution des accroissements moyens en diamètre dans le temps	35
3.4.3.2. Evolution des accroissements diamétriques moyens par essence commerciale	36
3.4.4. Accroissements des essences commerciales par classe de diamètre	39
3.4.4.1. Accroissement toutes essences commerciales confondues	39
3.4.4.2. Accroissement par essence	39
3.4.4.3. Méthode du "remplacement"	40
3.4.5. Liaison entre l'accroissement diamétrique des essences commerciales et la surface terrière enlevée en éclaircie	41
3.4.6. Conclusion sur les accroissements	42
3.5. Bilan en volume	43
3.5.1. Bilan en volume tous diamètres confondus	43
3.5.2. Bilan en volume commercial	43
3.6. Modélisation de l'évolution du peuplement	47
3.6.1. Mode d'utilisation du modèle de Usher	47
3.6.2. Résultats de la modélisation	47
4. CONCLUSION	50
4.1. Résumé des résultats obtenus	50
4.1.1. Evolution globale du peuplement d'essences commerciales	50
4.1.2. Effectifs d'essences commerciales de diamètre supérieur à 50 cm	50
4.1.3. Tiges d'essences commerciales recrutées	50
4.1.4. La mortalité des essences commerciales	50
4.1.5. Accroissements des essences commerciales	51
4.2. Bilan en volume et modélisation	51
4.3. Quel type d'éclaircie choisir ?	52
Bibliographie	53
Annexes	56
Annexe 1 : Liste des essences commerciales par catégories	57
Annexe 2 : Méthode du recrutement pondéré	60
Annexe 3 : Accroissements diamétriques moyens sur douze ans, par essence et par traitement	62
Annexe 4 : Taux de mortalité, densité et surface terrière par parcelle	63
Annexe 5 : Evolution de la significativité des différences d'accroissement entre traitements	64
Annexe 6 : La méthode du remplacement	66
Annexe 7 : Le modèle de Usher	67
Annexe 8 : Dégâts en fonction du volume et du nombre de tiges prélevées	69
 <i>Mots clés : Afrique de l'Ouest - Côte d'Ivoire - Forêt Naturelle - Sylviculture - Eclaircie - Accroissements - Mortalité - Modélisation.</i>	

Localisation des périmètres d'étude de la dynamique de la forêt dense humide en Côte d'Ivoire



N. Fauvet CIRAD-Forêt avril 1997

INTRODUCTION

La forêt ivoirienne fait partie du massif forestier ouest-africain, massif représentant aujourd'hui environ 8 % des superficies des forêts denses africaines¹. Elle peut être divisée en deux types principaux en fonction du régime et de l'intensité des précipitations :

- les forêts denses humides sempervirentes, caractérisées par une pluviosité moyenne annuelle comprise entre 1600 et 2000 mm/an. La saison sèche est atténuée par l'air humide provenant de la mer. Quelques espèces sont sempervirentes mais la plupart sont brièvement décidues ;
- les forêts denses humides semi-décidues soumises à une pluviosité moyenne annuelle comprise entre 1200 et 1600 mm/an ; l'humidité relative en saison sèche est élevée. La plupart des grandes espèces arborescentes communes sont décidues (elles perdent leurs feuilles pendant quelques semaines), mais relativement peu de pieds sont dépourvus de leur feuillage au même moment.

Avant l'introduction des cultures de rente, en 1880, la forêt ivoirienne était peu modifiée en raison de la faible importance de la population évaluée à un million d'habitants contre plus de douze millions en 1997. Les premières activités d'exploitation forestière ont été entreprises presque en même temps que les premières plantations de caféiers et de cacaoyers.

La forêt dense humide ivoirienne est fortement exploitée depuis plusieurs décennies. A cause des défrichements, la superficie de cette forêt dense a fortement diminué, couvrant quinze millions d'hectares au début du siècle, neuf millions d'hectares en 1966, six millions d'hectares vers 1975, environ trois millions d'hectares en 1990 et moins de deux millions d'hectares de nos jours².

Pour sa part, la production actuelle de bois d'oeuvre est d'environ 1,7 million de m³ par an, provenant essentiellement du domaine agricole hors forêt classée. Cette production doit donc être ajustée progressivement aux capacités des forêts résiduelles afin d'en permettre une gestion durable.

Un autre facteur déterminant de régression des formations forestières, à ne pas sous-estimer, est la consommation de bois énergie qui est estimée à dix millions de tonnes par an, soit environ sept fois le volume traité par la filière bois d'oeuvre. Il faut éviter que ce prélèvement ligneux ne se fasse au détriment du capital bois d'oeuvre comme cela a été souvent le cas par le passé. Le volume ainsi prélevé doit être intégré dans les calculs de possibilité lors des aménagements forestiers.

Il est donc nécessaire de trouver des solutions à cette surexploitation de la forêt en aménageant celle-ci dans le "domaine forestier permanent" établi par le décret du 15 Mars 1978. On souhaite assurer une production soutenue, au moyen d'une gestion réaliste appuyée sur des règles simples de sylviculture.

C'est pour mettre au point ces règles que trois dispositifs d'essais (Mopri, la Téné, Irobo) ont été mis en place en 1977-78 par la SODEFOR avec le concours technique du CIRAD-Forêt (ex CTFT).

¹ Pour plus de précision sur ces forêts voir AKE ASSI 1992, AUBREVILLE 1957, BERTRAND 1985, DUPUY *et al* 1993, 1997, LANLY 1991, SCHNELL 1971, ...

² Un article récent émet l'hypothèse que le taux de boisement en 1900 était seulement de 7 à 8 millions d'hectares, d'où un rythme de déforestation nettement moins élevé au cours du XX^{ème} siècle (FAIRHEAD et LEACH, 1998)..

1. RAPPELS SUR LES DISPOSITIFS DE RECHERCHE

Ils ont été décrits dans les études antérieures (Miélot et Bertault 1980 ; Maître et Hermeline 1985 ; Bertault 1986), qui ont résumé les résultats déjà acquis à ces dates. Nous nous contenterons de rappeler brièvement leurs principales caractéristiques.

1.0. Contraintes posées par l'aménagement de la forêt dense humide

L'aménagement en forêt dense tropicale se heurte à de nombreuses difficultés que l'on peut résumer ainsi (Miélot et Bertault, 1980) :

- très grande hétérogénéité floristique des peuplements ;
- peu de notions précises et fiables sur la dynamique de ces peuplements ;
- méconnaissance des caractéristiques écologiques et sylvicoles de chaque essence : tempérament, croissance, exigences pédologiques, climat, âge optimum d'exploitabilité...
- échec quasi général des méthodes de régénération naturelle expérimentées depuis une trentaine d'années en Afrique.

Face à ces contraintes, les recherches réalisées dans un milieu si hétérogène ont été menées en ordre dispersé et les objectifs fixés de recherche et d'application directes ont été confondus. De multiples parcelles d'essais (presque toujours de petite taille) ont vu le jour dans la plupart des régions forestières tropicales sans lien entre elles, faute d'une doctrine ou d'un modèle commun et sans se donner les possibilités pratiques d'interprétation et de comparaison des données récoltées.

Devant cet état de fait, les impératifs suivants sont apparus :

- ne considérer que des parcelles unitaires de grande taille (plusieurs hectares) avec le plus grand nombre possible de répétitions dans l'espace ;
- mesurer avant tout des paramètres simples (diamètre, localisation des arbres...) ;
- se donner les moyens statistiques d'interprétation des données (informatique...).

1.1. Objectifs et conception des dispositifs

Simple, robuste (parcelles unitaires de grande taille, répétitions, mesures de paramètres simples...), les dispositifs ont été conçus pour fournir des données fiables sur de longues périodes.

Installés dans des forêts à vocation de production, les efforts ont été concentrés sur l'étude de la dynamique des espèces à vocation bois d'oeuvre et sur la mise en oeuvre de techniques sylvicoles simples (éclaircie, délianage...).

On s'intéresse en priorité au peuplement constitué, c'est-à-dire aux tiges à partir de 10 cm de diamètre, en considérant que la régénération, difficile à maîtriser, sera infléchie dans un sens favorable ou défavorable en fonction de l'intensité et de la modalité des traitements sylvicoles au niveau de l'étage supérieur.

1.2. Le périmètre expérimental d'Irobo

Le périmètre d'Irobo est situé en forêt dense sempervirente.

1.2.1. Description du dispositif

De forme carrée (2 km sur 2 km) sa superficie totale est de 400 hectares (*cf* fig. 1). Mis en place en 1977-78, il comporte une zone tampon de 500 m entourant vingt cinq parcelles d'étude d'une surface de seize hectares chacune où seuls les quatre hectares centraux sont mesurés. Les traitements sylvicoles sont en revanche appliqués sur les seize hectares pour tenir compte des effets de bordure (*cf* fig. 2).

Les espèces sont réparties en deux groupes, en fonction de leurs caractéristiques technologiques évaluées dans un objectif "bois d'oeuvre" :

- les essences commerciales (ou principales) : ce sont les essences commercialisées ou à promouvoir du fait de leurs caractéristiques technologiques intéressantes. Elles sont divisées en trois catégories selon leurs qualités : grande qualité / qualité moyenne / moindre qualité (*cf.* annexe 1). Aujourd'hui, la gamme des espèces commerciales effectivement utilisées couvre la majorité de ces essences commerciales toutes catégories confondues.
- les essences secondaires : ce sont les essences non utilisées ou non utilisables à ce jour en bois d'oeuvre.

Figure 1 : Schéma d'un dispositif d'étude comportant 25 parcelles unitaires de 16 hectares

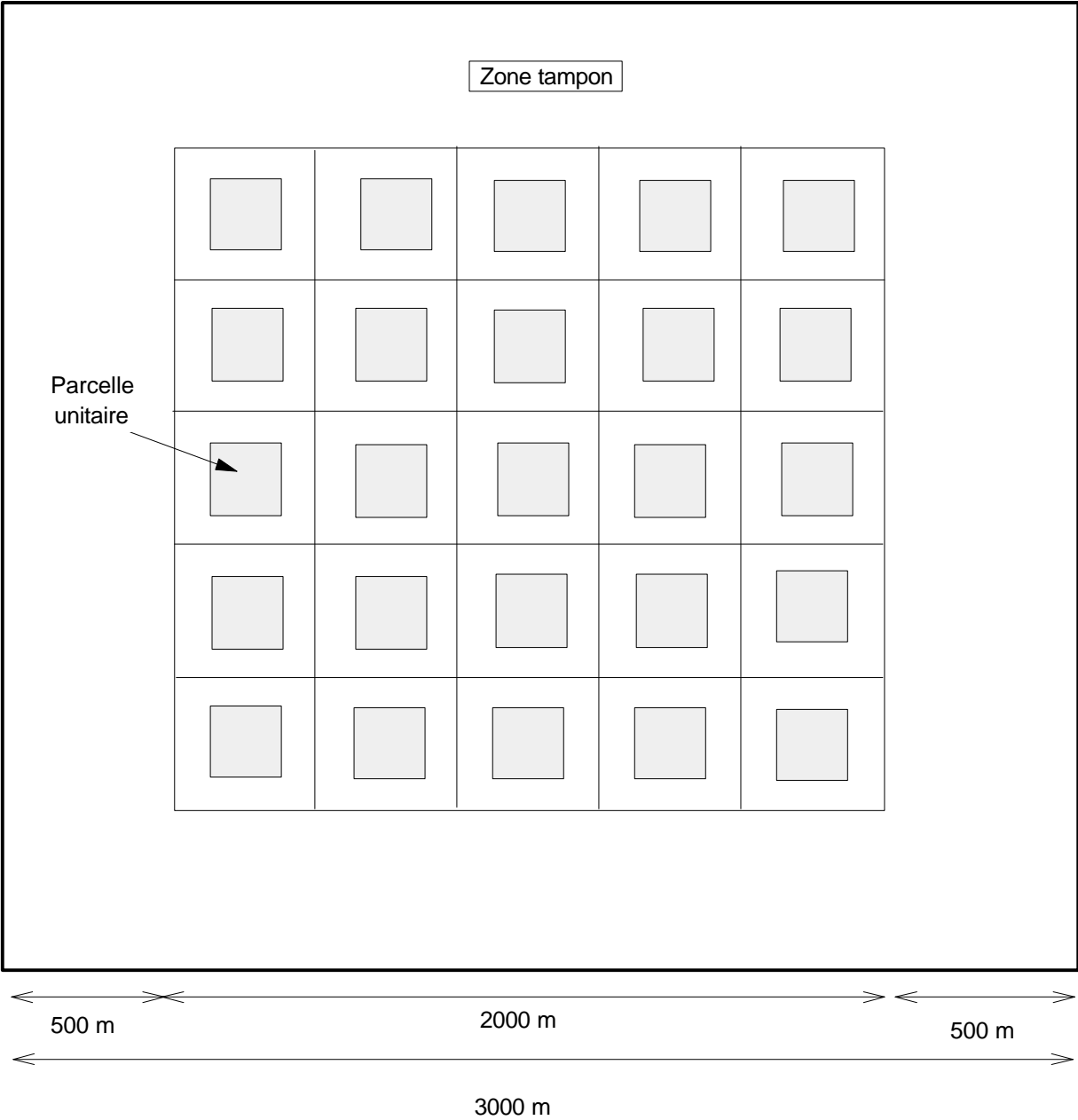
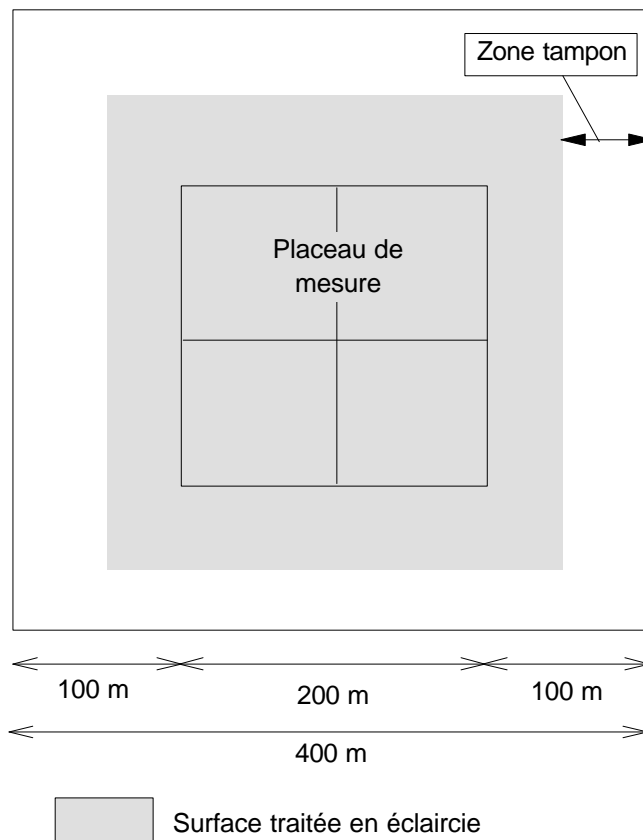


Figure 2 : Schéma d'une parcelle unitaire de 16 hectares



1.2.2. Variables mesurées

Les essences commerciales de plus de 10 cm de diamètre sont identifiées (*cf.* liste en annexe 1), positionnées au mètre près et leur diamètre à 1,30 m ou au dessus des contreforts est mesuré **tous les deux ans**. Pour les essences secondaires de plus de 10 cm de diamètre, seuls des comptages par classe de diamètre sont effectués. Ces essences ne sont ni identifiées, ni positionnées.

1.2.3. Traitements effectués

Le but des opérations sylvicoles est de travailler au profit des essences commerciales en pratiquant des éclaircies dans les essences secondaires, ceci pour les tiges de plus de 10 cm de diamètre.

Les traitements cherchant à provoquer directement une régénération naturelle contrôlée ont été écartés du fait de leur coût et de leur efficacité douteuse voire même contestée.

L'intention de départ était de tester trois intensités différentes d'éclaircies (suppression d'un certain pourcentage de la surface terrière des parcelles : 20, 30 et 40 %), par dévitalisation dans les tiges d'essences secondaires de plus de 10 cm de diamètre. Ce travail de dévitalisation a été réalisé systématiquement dans un ordre bien déterminé : en commençant par le peuplement dominant des essences secondaires présentes jusqu'à l'obtention du pourcentage souhaité. Dans certains cas, en

particulier dans les fortes éclaircies, une dévitalisation de certaines essences de moindre valeur commerciale appartenant aux troisième puis deuxième catégories, a été nécessaire.

Cette éclaircie a été menée avec une bonne réussite (mort effective des arbres dévitalisés) suivant la technique des entailles malaises avec pulvérisation d'arboricide (Ester amylique d'acide 2-4-5 trichlorophenoxyacétique).

Pour diverses raisons pratiques inhérentes aux conditions de terrain et à l'hétérogénéité de la forêt, ces trois intensités théoriques d'intervention n'ont abouti qu'à deux traitements effectifs. En effet, le taux de prélèvement en surface terrière a varié quasiment en continu entre 14 % et 40 % du peuplement (*cf.* tab. 4).

Le critère "surface terrière après traitement" a alors été retenu pour définir l'intensité effective de l'éclaircie afin de regrouper les parcelles dont la situation (ouverture du couvert) était similaire.

La surface terrière moyenne initiale du peuplement avant éclaircie était de 24,5 m²/ha.

La surface terrière enlevée est représentée par un petit nombre d'arbres car les éclaircies ont principalement concerné des arbres de plus de 25 cm de diamètre.

L'éclaircie forte a ramené la surface terrière moyenne des parcelles à 15 - 17 m²/ha.
8,2 m²/ha ont été enlevés en moyenne soit 28 à 40,2 % de la surface terrière initiale.

L'éclaircie moyenne a ramené la surface terrière moyenne des parcelles à 17 - 22 m²/ha.
5,6 m²/ha ont été enlevés en moyenne soit 13,8 à 27,2 % de la surface terrière initiale.

Ces interventions ont été faites simultanément à la première campagne de mesures (travaux de dévitalisation d'avril à juin 1978 et première campagne de mesure d'avril à septembre 1978). Les mesures suivent les traitements, la campagne 1 représente donc l'état juste après les travaux sylvicoles. Des parcelles témoins ont été conservées à titre de comparaison.

Tableau 1 : Nombre de parcelles et surfaces des différents traitements sylvicoles

Traitement	Nombre de parcelles	Surfaces effectivement mesurées en hectares
Témoin	10	40
Eclaircie moyenne	8	32
Eclaircie forte	7	28

Neuf campagnes de mesures, représentant une durée de seize ans, étaient disponibles pour cette étude mais ce ne sont que sept campagnes représentant une durée de douze ans qui ont été finalement retenues (*Cf.* § 2.2.1.1.). Près de 12 200 arbres appartenant aux essences commerciales ont été mesurés.

On notera que cette forêt a fait l'objet d'une exploitation bien avant l'installation du dispositif. Elle peut être considérée comme représentative des forêts sempervirentes exploitées et non dégradées. Les effectifs par hectare et par traitement ainsi que l'intensité des éclaircies figurent dans les tableaux 2, 3 et 4.

Tableau 2 : Etat du peuplement avant intervention sylvicole (1978)

Essences	Effectif par hectare	Surface terrière en m ² /ha
Essences commerciales	106	8,6
Essences secondaires	347	15,9
Total	453	24,5

Tableau 3 : Intensité des éclaircies par traitement (minimum et maximum)

Avant éclaircie		Eclaircie forte		Eclaircie moyenne	
N	G	N	G	N	G
400/500	20/27	350/400	15/17	400/450	17/22

N = Effectif par ha (minimum / maximum)

G = Surface terrière en m²/ha (minimum / maximum)

Tableau 4 : Détail des traitements sylvicoles réalisés par parcelle

N° parcelle	Traitement	% de G enlevé	Etat après éclaircie					
			Essences secondaires		Essences commerciales		Total	
			N	G	N	G	N	G
2	Témoin		340,3	16,8	122,0	8,6	462,3	25,4
6	Témoin		317,8	17,9	126,5	9,4	444,3	27,3
7	Témoin		361,8	16,4	118,8	10,4	480,6	26,8
8	Témoin		374,3	16,0	112,5	7,6	486,8	23,6
9	Témoin		327,5	14,7	107,8	8,4	435,3	23,1
11	Témoin		319,3	15,6	99,3	8,6	418,6	24,2
14	Témoin		383,5	18,5	96,8	6,6	480,3	25,1
17	Témoin		333,5	16,3	104,3	9,2	437,8	25,5
22	Témoin		297,8	13,9	140,0	11,3	437,8	25,2
25	Témoin		329,3	13,3	121,0	10,2	450,3	23,5
3	E. moy.	19	303,0	9,2	120,8	8,0	423,8	17,2
4	E. moy.	25	347,5	10,5	103,3	8,2	450,8	18,7
10	E. moy.	19	414,0	12,4	110,3	8,0	524,3	20,4
12	E. moy.	22	324,3	10,3	92,0	9,2	416,3	19,5
13	E. moy.	27	294,5	7,7	109,3	10,9	403,8	18,6
15	E. moy.	14	390,8	14,5	89,8	7,7	480,6	22,2
16	E. moy.	27	312,8	11,3	103,8	8,2	416,6	19,5
23	E. moy.	27	312,3	9,0	109,0	8,6	421,3	17,6
1	E. forte	40	294,8	6,4	103,8	8,6	398,6	15,0
5	E. forte	32	359,3	9,0	82,0	6,0	441,3	15,0
18	E. forte	38	271,3	8,5	91,3	8,4	362,6	16,9
19	E. forte	33	279,5	7,6	99,3	7,6	378,8	15,2
20	E. forte	36	276,3	6,4	106,5	8,5	382,8	14,9
21	E. forte	37	245,5	6,0	129,8	9,7	375,3	15,7
24	E. forte	28	269,0	7,4	82,8	7,4	351,8	14,8

N : densité en tiges /ha.
 G : surface terrière en m²/ha
 E. moy. : éclaircie moyenne
 E. forte : éclaircie forte.

2. OBJECTIFS DE L'ETUDE ET CAPITAL FORESTIER SUR PIED

Il s'agit de :

- caractériser autant que possible la croissance *des essences commerciales* en parcelles témoins ;
- évaluer dans le temps, l'effet des traitements sur ces mêmes essences.

2.1. Objectifs de l'étude

Le bilan de ce dispositif passera par l'étude détaillée des trois paramètres suivants :

- le recrutement ;
- la mortalité ;
- l'accroissement du peuplement initial.

En ce qui concerne les parcelles éclaircies, les questions auxquelles on s'efforcera de répondre sont les suivantes :

- Quel gain d'accroissement (en effectif/volume) génèrent les éclaircies ?
- Comment les peuplements d'espèces commerciales réagissent-ils à l'éclaircie ?
- Dans le cas d'une éclaircie, quelle est l'intensité d'éclaircie à préconiser ?

2.2. Capital forestier sur pied

Les études concernent uniquement les essences commerciales.

2.2.1. Fiabilité des mesures

2.2.1.1. Essences commerciales

Les vérifications de mesure n'ayant pas pu être réalisées pour les campagnes 8 et 9, celles-ci n'ont donc pas été incluses dans l'étude. Les données concernant les essences commerciales pour les campagnes de mesure précédentes ont été jugées fiables. En effet, une vérification d'ensemble, par une analyse en composantes principales sur les différentes circonférences individuelles par campagnes, ne révèle aucune différence significative concernant les parcelles et les traitements. Notamment, la matrice des accroissements en circonférence entre les différentes campagnes montre des variations continues d'une campagne à l'autre qui semblent normales, sans augmentation de variance d'une campagne à une autre.

2.2.1.2. Essences secondaires

La précision des mesures effectuées sur les essences secondaires est insuffisante pour les inclure dans cette étude.

2.2.2. Choix des essences commerciales pour les analyses de croissance

Cette étude sera menée, autant que possible, de l'échelle de la parcelle (quatre hectares) à celle du traitement (28 à 40 hectares de l'éclaircie forte au témoin), pour une dizaine d'essences présentant les effectifs les plus importants. Les résultats devraient ainsi être exempts de tout biais dû à un effet de composition floristique. Une extrapolation de ces résultats sera ensuite proposée avec les incertitudes qu'apporte le passage d'une essence à un groupe d'essences quant à l'évaluation de réactions à des traitements sylvicoles.

Aucun regroupement d'essences basé sur des caractéristiques simples (tempérament, diamètre maximum, vitesse d'accroissement...) n'a pu être effectué. Par exemple, des essences possédant une vitesse de croissance élevée ne sont pas toutes des héliophiles ou des arbres pouvant atteindre de gros diamètres. Une analyse en composantes principales traitant les données comme le tempérament, la vitesse de croissance et le diamètre maximum, confirme la difficulté de regrouper ces essences.

Les dix essences commerciales utilisées sont citées dans le tableau 5 : seules les essences présentant plus de 50 individus tous diamètres confondus ont été considérées. La majorité de ces essences présentent des structures diamétriques (fig. 3) exponentielles à décroissance plus ou moins marquée. Le Faro (*Daniellia thurifera*), le Kondroti (*Rodognaphalon brevicuspe*) et le Sougué (*Parinari excelsa*) ont des structures diamétriques irrégulières. Le Lo (*Parkia bicolor*) présente pour sa part une structure étalée vers les gros diamètres.

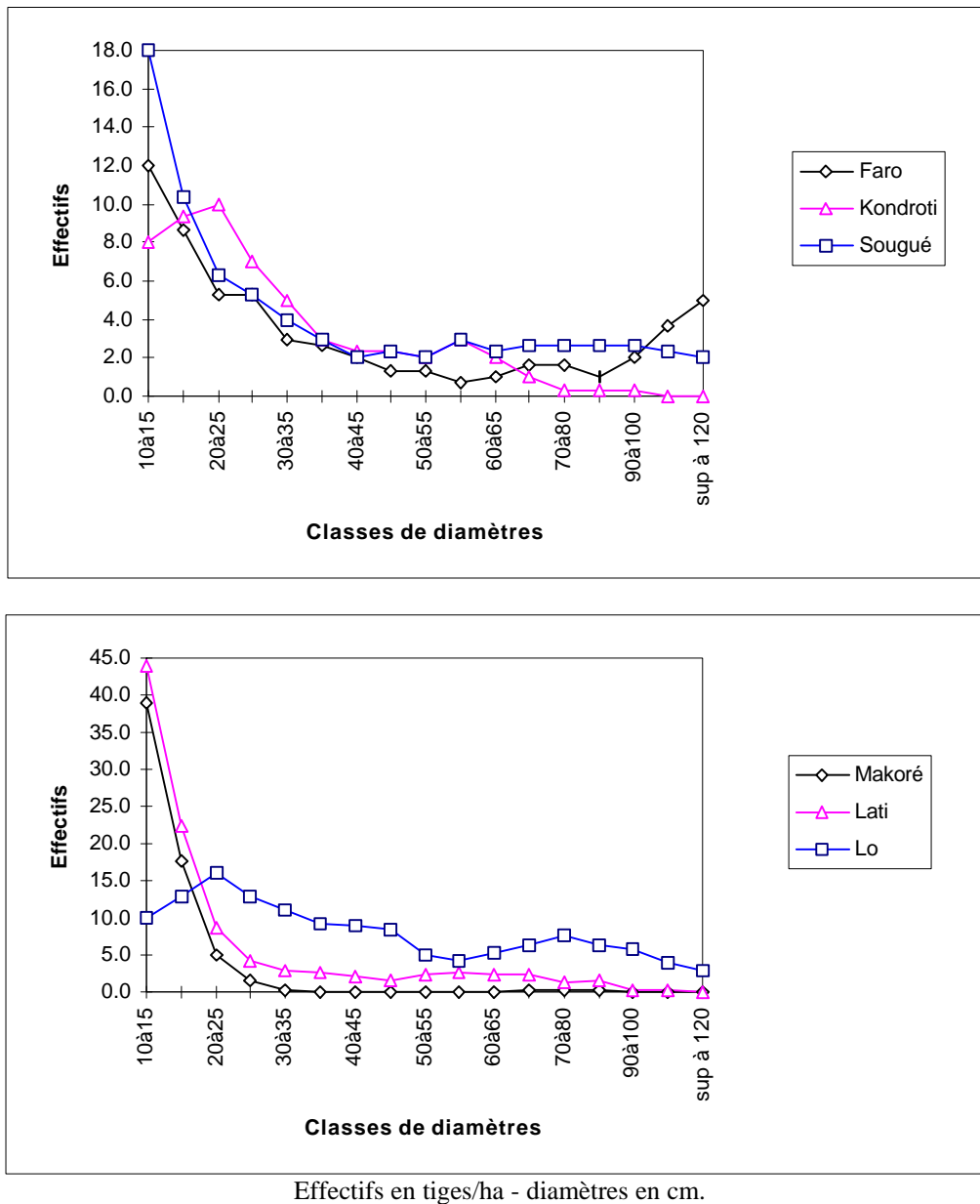
Ces essences ne seront pas forcément utilisées pour chaque analyse, la précision demandée par ces dernières pouvant nécessiter des effectifs plus ou moins importants. Pour le recrutement, quelques essences supplémentaires ont aussi été retenues.

Les dix essences suscitées représentent 88 % des effectifs et 83 % de la surface terrière des essences commerciales de l'ensemble des parcelles témoins.

Tableau 5 : Essences utilisées pour les analyses de croissance

Nom usuel	Nom scientifique
Adjouaba	<i>Dacryodes klaineana</i>
Akossika	<i>Scottelia spp.</i>
Faro	<i>Daniellia thurifera</i>
Kondroti	<i>Rodognaphalon brevicuspe</i>
Lati	<i>Amphimas pterocarpoides</i>
Lo	<i>Parkia bicolor</i>
Makoré	<i>Tieghemella heckelii</i>
Niangon	<i>Heritiera utilis</i>
Rikio	<i>Uapaca sp.</i>
Sougué	<i>Parinari excelsa</i>

Figure 3 : Structure diamétrique des essences commerciales utilisées dans les études, à la campagne 1, en parcelles témoins

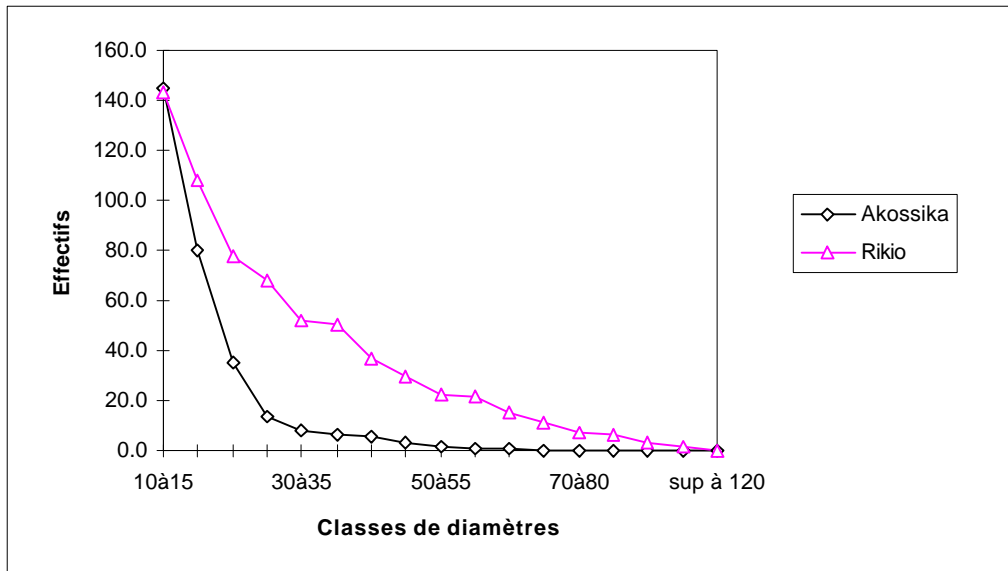
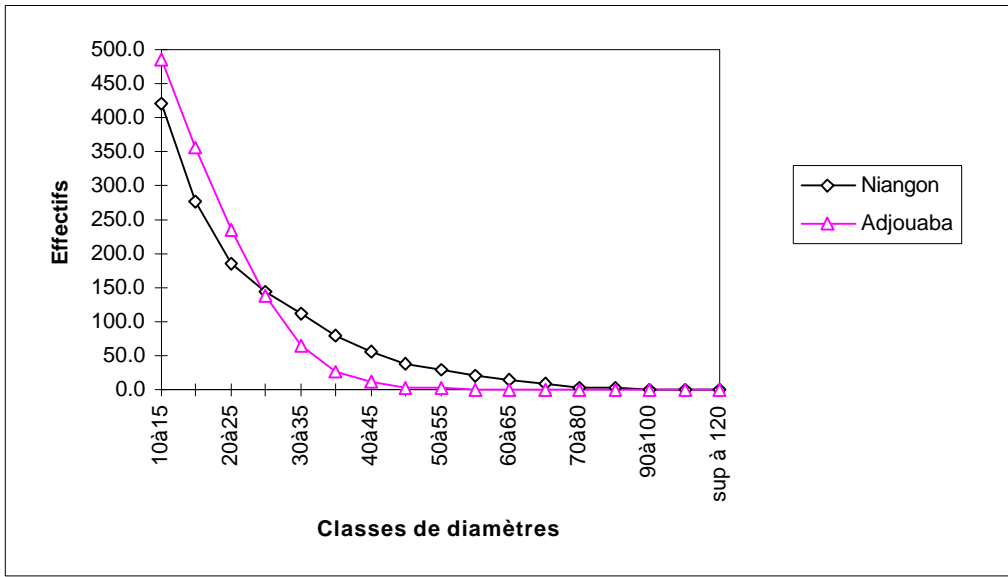


Effectifs en tiges/ha - diamètres en cm.

Les classes de diamètre vont de 5 en 5 cm jusqu'à 70 cm de diamètre, puis de 10 en 10 cm jusqu'à 100 cm. La dernière classe représente toutes les arbres de plus de 120 cm de diamètre.

Ces courbes ont été lissées à l'aide de moyennes mobiles calculées sur la valeur de la classe précédente, la valeur de la classe considérée et la valeur de la classe suivante, pour chaque classe de diamètre excepté la première et la dernière.

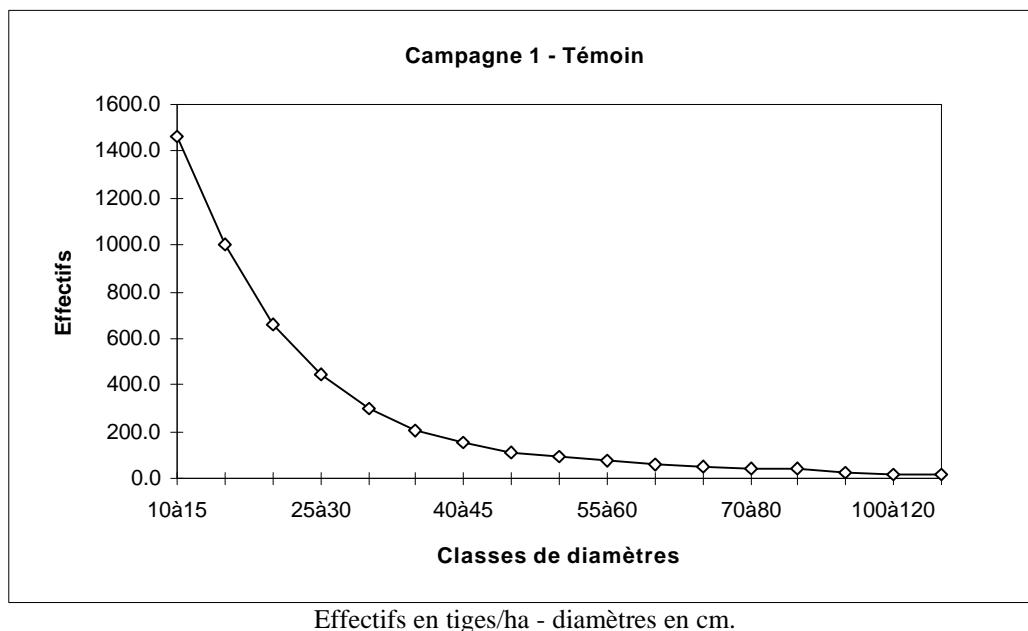
Fig.3 (suite) : Structure diamétrique des essences commerciales utilisées dans les études, à la campagne 1, en parcelles témoins



Effectifs en tiges/ha - diamètres en cm.

La structure diamétrique de l'ensemble des essences commerciales de la forêt présente une décroissante exponentielle classique, que ce soit avant ou après traitements (cf. fig. 4).

Figure 4 : Structure diamétrique de l'ensemble des essences commerciales



3. RESULTATS

Les analyses concernent principalement l'évolution de la densité, de la surface terrière et des volumes des essences commerciales.

3.1. Analyse générale

En premier lieu, les analyses concernent l'ensemble du peuplement des essences commerciales.

3.1.1. Evolution de la surface terrière moyenne des essences commerciales

Les valeurs brutes de la surface terrière ainsi que leur écart type³ calculé sur la totalité des carrés de chaque traitement (quatre carrés par parcelle) sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Evolution de la surface terrière des essences commerciales en m²/ha par traitement

	Année	0	2	4	6	8	10	12
Témoin	Moyenne	9,05	9,33	9,66	9,88	10,11	10,34	10,40
	Ecart type	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3
Ecl. moy.	Moyenne	8,64	9,11	9,60	10,04	10,43	10,81	10,98
	Ecart type	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4
Ecl. forte	Moyenne	8,04	8,51	9,07	9,59	10,17	10,68	10,95
	Ecart type	1,8	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0

Avant traitement la surface terrière initiale des essences commerciales était plus faible dans les parcelles qui ont été soumises à une éclaircie forte.

La figure 5 représente l'évolution de la surface terrière des essences commerciales, par campagne, tous diamètres confondus, ramenées à la même origine⁴ (5a) et sans effet témoin⁵(5b).

La surface terrière présente un accroissement régulier. Il existe une légère augmentation même en parcelles témoins, ce qui dénote que ces dernières ne sont pas tout à fait stabilisées. Cette augmentation se retrouve pour toutes les parcelles témoins (fig. 5c), avec cependant quelques irrégularités pour les parcelles 22 et 25 (la surface terrière de ces deux parcelles décroît entre les deux dernières campagnes de mesure).

Cela peut s'expliquer par le fait que ces forêts ont été légèrement exploitées avant l'installation du dispositif et sont donc en phase de reconstitution, un peuplement est considéré comme stabilisé lorsque, en analysant l'évolution de la surface terrière, le recrutement plus l'accroissement sont équivalents à la mortalité, cela en moyenne sur plusieurs années.

³ L'intervalle de confiance peut être calculé au besoin par la formule : $2 \times \text{Ecart type} / \sqrt{\text{nombre de carrés}}$

⁴ Pour ramener à la même origine les surfaces terrières des trois traitements, deux constantes correspondant aux différences observées à la campagne 1 entre le témoin et l'éclaircie forte d'une part et entre l'éclaircie moyenne et l'éclaircie forte d'autre part ont été enlevées pour chaque campagne respectivement au peuplement témoin et au peuplement « éclaircie moyenne ».

⁵ Les variations entre deux campagnes de mesure de la surface terrière en parcelles témoins sont soustraites à chaque fois de la variation observée en parcelles traitées entre ces deux mêmes campagnes déjà ramenées à la même origine.

Comme le montre la figure 5, la surface terrière des espèces commerciales dans les parcelles éclaircies augmente nettement plus vite que dans les parcelles témoins, ce qui traduit une action positive des éclaircies sur la croissance du peuplement commercial.

Pour étudier l'évolution de la surface terrière dans le temps, une analyse de variance a été menée sur l'ensemble des parcelles de chaque traitement, en considérant les quatre sous-parcelles de un hectare dans chacune de ces parcelles. Travailler avec les sous-parcelles permet en effet de disposer d'un effectif plus important (4 x 10 sous-parcelles en traitement témoin soit 40 sous-parcelles)⁶.

Il en résulte que les surfaces terrières des peuplements témoin et éclairci ne sont pas significativement différentes chaque année⁷. Par contre, les courbes d'évolution dans le temps des surfaces terrières ne sont pas parallèles⁸. **La surface terrière des peuplements d'espèces commerciales dans les parcelles éclaircies augmente donc plus vite que dans les parcelles témoins.**

Si on « enlève » l'effet témoin, la surface terrière dans les parcelles du traitement « éclaircie forte », après une évolution initiale moins rapide, augmente légèrement plus rapidement que la surface terrière dans les parcelles ayant subi une « éclaircie moyenne ». Cet effet de l'intensité de l'éclaircie apparaît nettement six ans après éclaircie.

⁶ Cette analyse de variance, réalisée avec l'option « mesures répétées » à cause de la dépendance de la surface terrière d'un carré donné, d'une année sur l'autre, prend en compte l'évolution des surfaces terrières par carré dans le temps, par traitement.

Un modèle linéaire est considéré : $Y_{itc} = \mu + \alpha_i + \beta_t + \alpha\beta_{it} + \Sigma_{itc}$

où Y_{itc} est la surface terrière du carré c du traitement i au temps t. L'effet temps est répété 7 fois (7 campagnes de mesure) pour chaque carré et une analyse de variance multidimensionnelle a été faite pour tester chaque effet.

⁷ différence entre les surfaces terrières des trois traitements significative pour les 7 campagnes au seuil de 5 % (2 degrés de liberté).

⁸ Il existe un effet significatif du temps couplé au traitement, au seuil de 1 pour mille (12 degrés de liberté, valeur de F minimale de 4,43 (Pillai's trace)).

Figure 5 a : Evolution des surfaces terrières des essences commerciales ramenées à la même origine

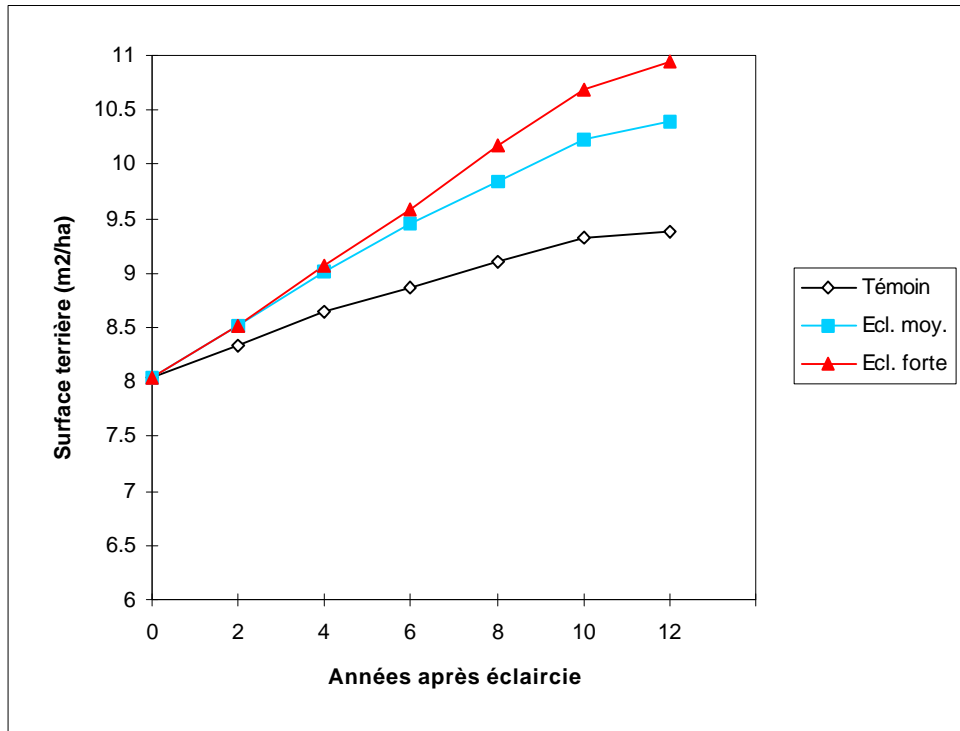


Figure 5 b : Evolution des surfaces terrières des essences commerciales sans effet « témoin ». L'effet témoin a été enlevé aux surfaces terrières ramenées à la même origine

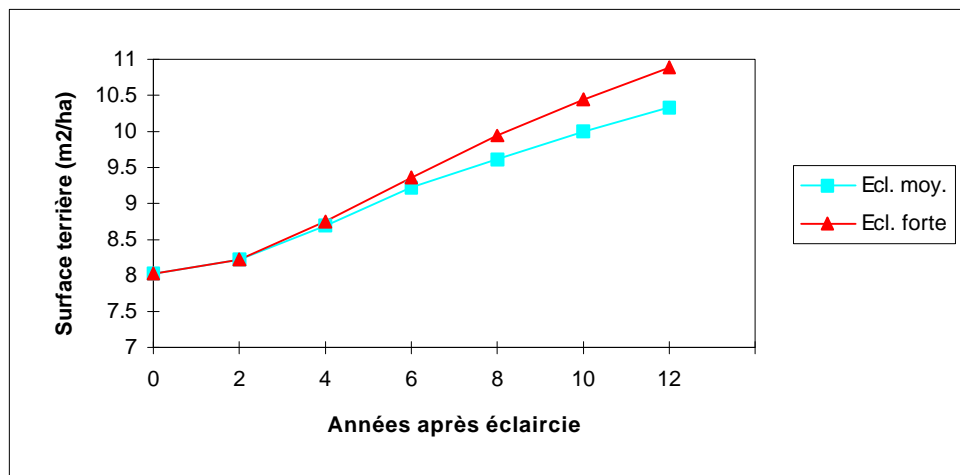
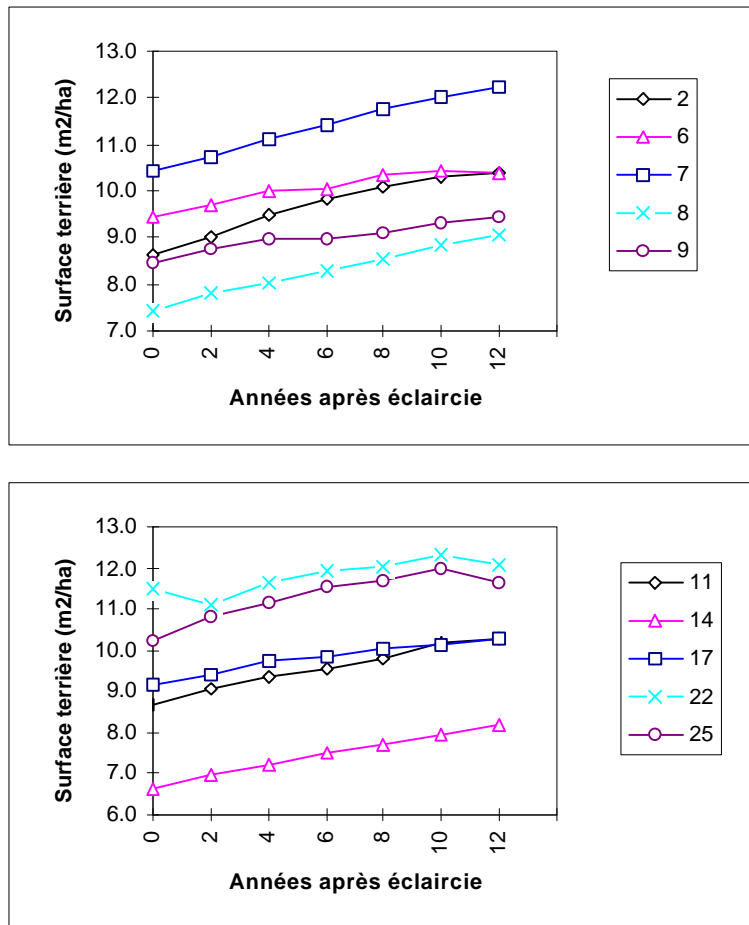


Figure 5 c : Evolution des surfaces terrières des essences commerciales dans chacune des parcelles témoins



→ en résumé ...

La surface terrière des essences commerciales du peuplement éclairci évolue favorablement par rapport au peuplement témoin. La différence entre les surfaces terrières dans les peuplements témoins et éclaircis augmente dans le temps. Si l'on compare les deux traitements « éclaircies forte et moyenne », un différentiel de croissance apparaît quatre ans après l'éclaircie. La croissance en surface terrière est alors plus importante dans les peuplements fortement éclaircis.

3.1.2. Evolution de la densité et de la surface terrière des essences commerciales de plus de 50 cm de diamètre

L'évolution de la densité et de la surface terrière des tiges de diamètre supérieur à 50 cm ainsi que leur écart type calculé sur la totalité des sous-parcelles unitaires de chaque traitement (quatre sous-parcelles de forme carrée par parcelle) se présente comme suit :

Tableau 7 : Evolution de la densité et de la surface terrière des essences commerciales, sur douze ans - arbres de plus de 50 cm de diamètre

Traitement		Année 0 (juste après éclaircie)		Année 12	
		Surface terrière (m ² /ha)	densité (tiges/ha)	Surface terrière (m ² /ha)	densité (tiges/ha)
Témoin	Moyenne	4,7	11,2	5,8	13,9
	Ecart type	1,6	3,8	2,0	4,6
Ecl. moyenne	Moyenne	4,5	11,2	6,3	15,7
	Ecart type	1,8	3,8	2,1	4,6
Ecl. forte	Moyenne	4,3	9,7	6,1	14,2
	Ecart type	1,2	3,1	1,6	3,8

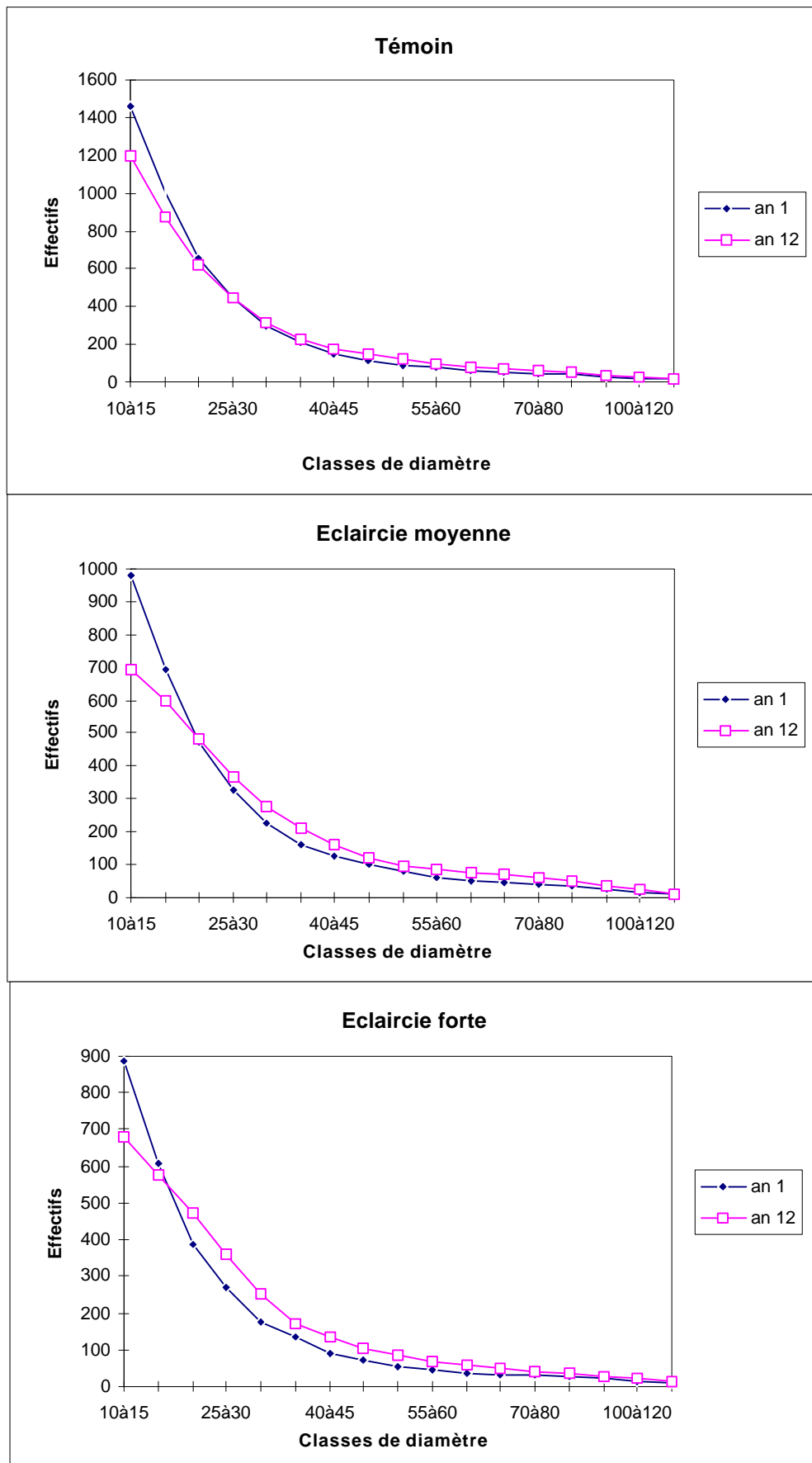
Quel que soit le traitement, on note un accroissement net de la surface terrière et de la densité par hectare. Cependant, l'augmentation de ces paramètres dendrométriques est d'autant plus importante que l'éclaircie est forte.

3.1.3. Evolution des structures diamétriques des essences commerciales par traitement

L'évolution des structures diamétriques des essences commerciales par traitement est présentée dans la figure 6. Ainsi dans les parcelles témoins, comme dans les parcelles éclaircies, on peut observer une augmentation des effectifs dans les grandes classes de diamètre et une baisse de effectifs dans les petites classes. Ceci dénote un « vieillissement » de la population, évolution normale pour des peuplements non stabilisés.

Dans les parcelles éclaircies, ce phénomène est amplifié : le passage des arbres de petits diamètres vers les classes de diamètres moyennes et fortes est plus rapide du fait de la réduction de la concurrence consécutive à l'éclaircie.

Figure 6 : Evolution des structures diamétriques lissées des essences commerciales par traitement entre l'année 1 et l'année 12 (effectifs en tiges/ha - diamètres en cm)



3.2. Le recrutement des essences commerciales

Il concerne les tiges des essences commerciales qui atteignent 10 cm de diamètre.

3.2.1. Recrutement moyen sur douze ans

Le nombre moyen de tiges recrutées par an pendant les douzes premières années, toutes essences commerciales confondues est de 0,6 tige par hectare dans les parcelles témoins ; 1,1 tige/ha dans les parcelles du traitement « éclaircie moyenne » et 1,8 tige/ha dans les parcelles du traitement « éclaircie forte ».

Ces chiffres bruts donnent une idée de l'intensité du recrutement, mais ne peuvent être comparés entre eux en l'état (voir § 3.2.3.2).

En divisant par le nombre d'arbres adultes présents à la première campagne, on obtient les taux de recrutement annuels suivants :

témoin	: 0,6 %
éclaircie moyenne	: 1,1 %
éclaircie forte	: 2,0 %

L'éclaircie a donc un effet bénéfique sur la croissance de la régénération installée *toutes essences commerciales confondues*. Une étude plus poussée (cf. 3.2.3.) est cependant nécessaire car un effet de la composition floristique initiale peut exister (il suffit qu'une espèce à taux de recrutement très élevé soit particulièrement présente dans les parcelles éclaircies pour expliquer le résultat ci-dessus).

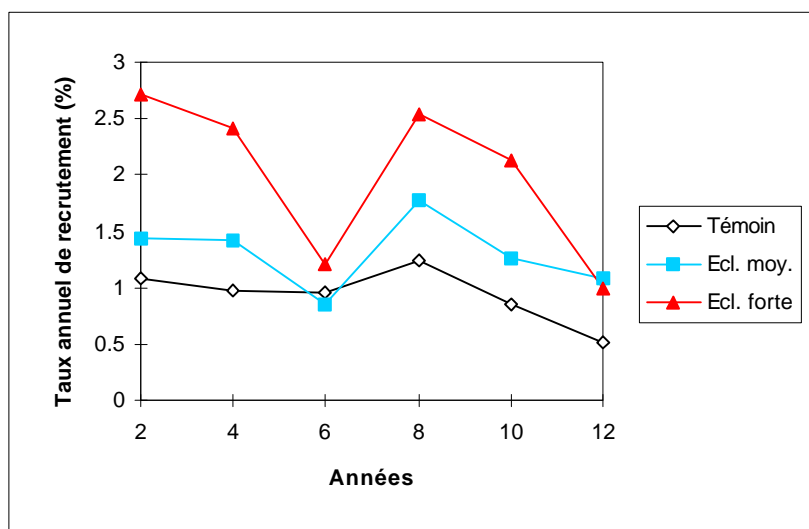
3.2.2. Evolution du recrutement dans le temps

L'évolution dans le temps des taux de recrutement par traitement, toutes essences commerciales confondues est présentée dans le tableau 8. Ces taux de recrutement moyens ainsi que leurs écarts types sont calculés par sous-parcelle de un hectare.

Tableau 8 : Evolution du taux de recrutement annuel pour les essences commerciales, en %

Années		2	4	6	8	10	12
Témoin	Moyenne	1,1	1,0	0,9	1,2	1,8	0,5
	Ecart type	0,7	0,6	0,8	1,0	0,6	0,3
Ecl. moy.	Moyenne	1,4	1,4	0,8	1,8	1,3	1,1
	Ecart type	1,0	0,7	0,5	1,3	1,5	0,9
Ecl. forte	Moyenne	2,7	2,4	1,2	2,5	2,1	1,0
	Ecart type	2,5	1,4	1,0	1,7	1,0	0,7

Figure 7 : Evolution des taux de recrutement, par traitement pour les essences commerciales (en %)



Les taux de recrutement initiaux sont élevés (*cf.* figure 7). Ils baissent ensuite pendant quatre ans pour les trois traitements. Entre les années quatre et six (1983 et 84), pour les parcelles éclaircies, le recrutement baisse fortement. Cela pourrait provenir de deux années particulièrement sèches : 1982 et 1983. Ce phénomène s'observe également à Mopri, en forêt dense semi-décidue.

Ensuite, on note une brusque augmentation entre les années six et huit. Cette brusque augmentation peut être interprétée comme un redémarrage des jeunes tiges après le coup d'arrêt des années 1983 et 1984. Le phénomène existe également en parcelles témoins, mais avec une intensité moins marquée.

3.2.3. Par essence commerciale

Après une analyse des peuplements considérés globalement, la croissance est étudiée espèce par espèce.

3.2.3.1. Taux de recrutement

Pour mieux appréhender ces taux de recrutement sans le biais éventuel dû à la composition floristique, il est nécessaire de travailler par essence. Le taux de recrutement du Makoré (*Tieghemella heckelii*) est élevé par rapport aux autres essences (*cf.* tab. 9).

Tableau 9 : Taux de recrutement annuel moyen (en %) par traitement par essence calculé sur les douze ans de mesure

Essence			Témoïn	Eclaircie moyenne	Eclaircie forte
109	Akossika	<i>Scottelia spp.</i>	0,36	0,63	1,75
135	Faro	<i>Daniellia thurifera</i>	0,30	-	-
145	Kondroti	<i>Rodognaphalon brevicuspe</i>	0,44	0,45	-
156	Makoré	<i>Tieghemella heckelii</i>	1,52	-	-
159	Niangon	<i>Heritiera utilis</i>	0,61	0,84	1,55
304	Adjouaba	<i>Dacryodes klaineana</i>	0,28	0,81	1,03
350	Lati	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	0,99	1,03	2,02
352	Lo	<i>Parkia bicolor</i>	0,48	1,55	1,55
365	Rikio	<i>Uapaca sp.</i>	0,68	1,90	3,21
368	Sougué	<i>Parinari sp.</i>	0,48	0,80	2,34

Taux de recrutement = Nombre de tiges recrutées sur le nombre d'arbres présents à la première campagne (seules les essences présentant un nombre initial de tiges supérieur à 50 sont prises en compte ici).

Tous les taux observés en parcelles traitées sont supérieurs à ceux des parcelles témoins. L'Akossika (*Scottelia spp.*), l'Adjouaba (*Dacryodes klaineana*), le Lo (*Parkia bicolor*), le Rikio (*Uapaca sp.*) et le Sougué (*Parinari excelsa*) ont des taux largement plus élevés en parcelles traitées qu'en parcelles témoin. Toutefois, l'effet de l'intensité de l'éclaircie sur le taux de recrutement est variable selon les espèces considérées.

Pour caractériser l'effet des différents traitements, sans biais dû à l'effet de la structure du peuplement, il faut prendre en compte le nombre de tiges sous le seuil de recrutement, d'où l'utilisation de la méthode du "recrutement pondéré" décrite ci-dessous.

3.2.3.2. Utilisation de la méthode du recrutement pondéré

Cette méthode est présentée en annexe 2. Le recrutement pondéré a été calculé par essence sur deux ans, pour un diamètre de recrutement de 14 cm et un intervalle de recrutement de 11 à 14 cm.

Les résultats sont résumés dans le tableau 10 et la figure 8.

Tableau 10 : Taux de recrutement pondéré, en %, de zero à deux ans après éclaircie, pour les essences les plus représentées, diamètre de recrutement de onze à quatorze cm

Essence		Campagne 1 à 2			Campagne 6 à 7		
		Témoïn	Ecl. moy.	Ecl. forte	Témoïn	Ecl. moy.	Ecl. forte
Akossika	<i>Scottelia spp.</i>	2,4	3,8	10,5	6,0	4,5	4,0
Niangon	<i>Heritiera utilis</i>	10,8	18,6	30,5	7,3	23,5	15,4
Adjouaba	<i>Dacryodes klaineana</i>	4,0	12,1	12,6	4,8	10,0	6,8
Rikio	<i>Uapaca sp.</i>	30,3	35,7	43,2	15,9	15,0	30,8
Catégorie 1	Toutes essences	8,3	16,4	24,1	5,6	18,7	15,4

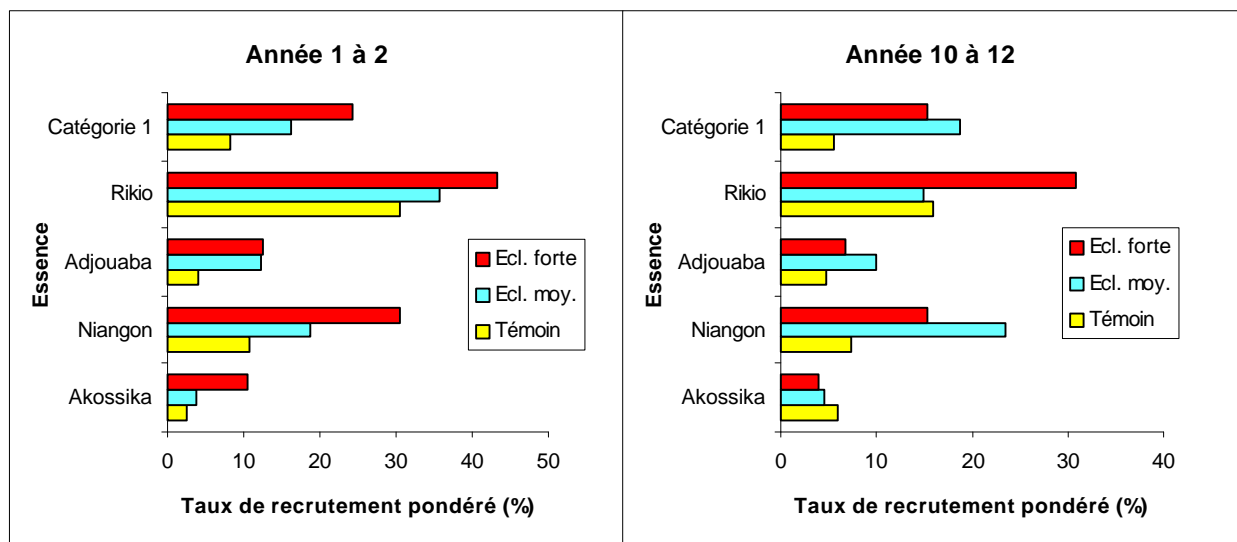
Deux ans après traitement, l'effet des éclaircies sur le recrutement de ces quelques essences est nettement positif. Plus l'éclaircie est forte, plus le recrutement pondéré est fort (seule exception : le Rikio (*Uapaca sp.*), en parcelles « éclaircie moyenne »).

Au bout de dix ans, on observe une diminution générale des taux de recrutement pondéré du traitement « éclaircie forte », sauf pour le Rikio. L'effet des éclaircies est cependant encore positif, mis à part pour l'Akossika (*Scottelia spp.*).

Pour l'ensemble des essences de première catégorie, l'effet des éclaircies est biaisé par l'effet de la composition floristique, mais il est encore positif deux ou dix ans après traitement (cf. fig. 8).

On note donc un effet bénéfique de l'ouverture du peuplement sur le recrutement à 14 cm des essences commerciales de première catégorie en général et pour toutes les essences commerciales étudiées ici.

Figure 8 : Recrutement pondéré, calculé de zéro à deux ans et de dix à douze ans, pour les essences les plus représentées, pour un intervalle de recrutement de 11 à 14 cm



3.2.3.3. Taux de recrutement en fonction de la surface terrière ou de la densité après traitement

Une éventuelle liaison entre le taux de recrutement et la surface terrière et la densité juste après traitement, a été étudiée toutes essences commerciales confondues. Un taux de recrutement entre l'année zéro et l'année douze est calculé. La densité et la surface terrière sont celles des essences commerciales et des essences secondaires prises ensemble à la campagne 1. Une transformation de la variable expliquée « taux de recrutement » (tr) en « logit de tr » égal à $(\ln(tr/1-tr))$ est nécessaire pour que les erreurs suivent des lois normales indépendantes et de même variance.

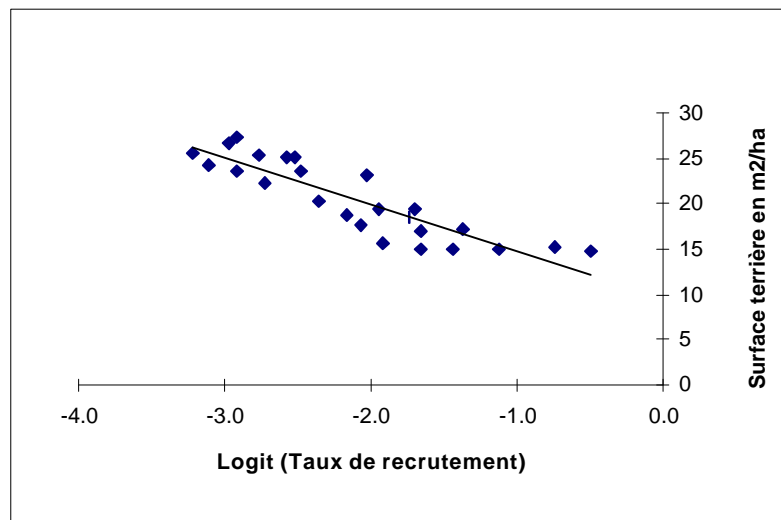
On obtient alors des régressions significatives (au seuil de 1 %) entre le taux de recrutement et la surface terrière, en prenant en compte seulement les parcelles traitées :

$$\text{Logit du taux de recrutement} = 1,7973 - 0,1993 G$$

$$(R^2 = 0,62 ; p = 0,0004)^9$$

La régression avec la densité n'est pas significative.

Figure 9 : Relation entre le taux de recrutement (transformé en logit) et la surface terrière par parcelle éclaircie



La surface terrière étant reliée au recrutement par un coefficient négatif, il apparaît donc qu'elle agit assez logiquement comme un frein au recrutement quand elle est élevée.

→ En résumé ...

L'effet de l'éclaircie sur le recrutement est net par rapport au témoin. Les taux de recrutement initiaux après éclaircie sont élevés. Ils baissent ensuite pour remonter entre les années six et huit après traitement. Cette brusque augmentation pourrait être interprétée comme un redémarrage des jeunes tiges après le coup d'arrêt constaté en 1983 et 1984.

Après la huitième année, les taux de recrutement chutent régulièrement.

Pour les quelques essences étudiées individuellement, les taux de recrutement dans les parcelles éclaircies sont tous supérieurs à ceux des parcelles témoins.

Quand on considère le recrutement à 14 cm pondéré par l'effectif des tiges de 11 à 14 cm de diamètre, plus l'éclaircie est forte, plus ce recrutement pondéré est fort.

Le taux de recrutement est négativement corrélé à la surface terrière après éclaircie, toutes parcelles traitées confondues.

⁹ Les erreurs standard (égales à l'écart type sur \sqrt{n}) sont respectivement 0,745 (intercept) et 0,042 (G).

3.3. La mortalité des essences commerciales

Elle joue un rôle important dans les bilans de production et dans le déroulement de la sylvigénèse.

3.3.1. Chiffres globaux et évolution

3.3.1.1. En effectif

La mortalité par traitement calculée sur douze ans, pour les essences commerciales, figure dans le tableau 11.

Tableau 11 : Nombre de tiges d'essences commerciales mortes par hectare et par an, par traitement

Traitement	N/ha/an
Témoin	0,95
Eclaircie moyenne	0,94
Eclaircie forte	0,85

Il y a peu de différence entre le nombre de tiges commerciales mortes mesurées dans les peuplements éclaircis et dans le peuplement témoin, au bout de douze ans. Cependant ces chiffres ne sont pas comparables entre eux, étant donné la variabilité des peuplements dans chaque traitement. Pour limiter ce biais, il est nécessaire de travailler avec des taux de mortalité.

3.3.1.2. Taux de mortalité annuel

Le taux de mortalité annuel est exprimé comme suit (Sheil *et al.* 1995) :

$$\text{Taux annuel (\%)} = 100 \times \left[1 - \left(\frac{N(T+t_0)}{Nt_0} \right)^{(1/T)} \right]$$

avec N_{T+t_0} = Nombre d'arbres vivants au temps $T+t_0$

et N_{t_0} = Nombre d'arbres vivants initialement (recrutés pris en compte)

Le taux de mortalité moyen par an et par traitement figure dans le tableau 12a. Les arbres qui sont arrivés à 10 cm de diamètre pendant ces douze ans sont pris en compte. Ce taux représente la moyenne des taux calculés par sous-parcelle de un hectare.

Tableau 12a : Taux de mortalité annuels moyens, par traitement (toutes essences commerciales confondues)

Traitement	Taux, en %	Ecart type
Témoin	0,85	0,41
Eclaircie moyenne	0,96	0,39
Eclaircie forte	0,91	0,34

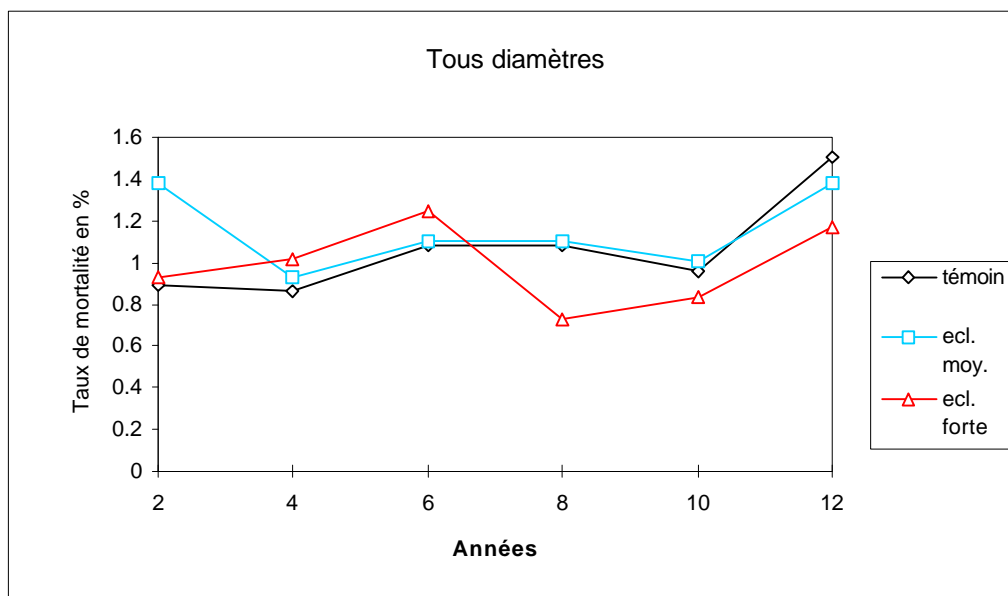
L'évolution de ces taux de mortalité toutes essences commerciales confondues, par traitement et par campagne, est présentée dans le tableau 12b et la figure 10.

Entre les différentes campagnes de mesure, il existe une forte variabilité, notamment pour le peuplement témoin.

Tableau 12b : Evolution du taux de mortalité annuel pour les essences commerciales (en %)

Années		2	4	6	8	10	12
Témoin	Moyenne	0,89	0,86	1,08	1,08	0,96	1,50
	Ecart type	1,08	0,66	0,81	0,68	0,79	1,00
Ecl. moy.	Moyenne	1,37	0,93	1,10	1,10	1,01	1,38
	Ecart type	1,1	0,79	0,80	0,78	0,70	1,11
Ecl. forte	Moyenne	0,93	1,02	1,25	0,73	0,83	1,17
	Ecart type	0,76	1,12	0,95	0,61	0,58	0,80

Figure 10 : Taux de mortalité des essences commerciales en %, par campagne et par traitement



Les taux de mortalité ont des comportements erratiques, difficiles à expliquer. Les peuplements des trois traitements ont des taux de mortalité qui augmentent à la dernière campagne de mesure. Cependant, l'augmentation observée à l'année 6 en traitement « éclaircie forte » correspond à une baisse du taux de recrutement. Il s'agit encore probablement de l'effet des années sèches de 1982 et 1983, d'autant plus visibles que l'éclaircie est forte.

Les taux de mortalité entre les peuplements des deux intensités d'éclaircies sont à peu près similaires quatre ans après traitement, il n'y a donc plus d'effet dû à l'éclaircie quatre ans après traitement.

3.3.2. Mortalité par classe de diamètre

Les classes de diamètre suivantes ont été utilisées :

10 à 20 cm - 20 à 30 cm - 30 à 60 cm - supérieur à 60 cm

Le nombre minimum d'individus est de 172 par classe de diamètre (éclaircie forte, arbres de plus de 60 cm de diamètre) toutes catégories commerciales confondues. Les nombres d'arbres morts et d'arbres vivants sont relevés campagne par campagne, pour prendre en compte les changements de classe de diamètre des arbres au cours des douze ans d'observation.

Le taux annuel est calculé comme le rapport entre la moitié (l'intervalle entre chaque campagne est de 2 ans) de la somme des arbres morts observés à chaque campagne et la somme des populations initiales de chaque campagne précédente.

La précision de ces taux est donnée par la demi-longueur de l'intervalle de confiance au niveau de 95 %, lui-même issu de la variance¹⁰ du taux annuel.

Pour les parcelles témoin, les résultats sont les suivants (cf. tab. 13) :

Tableau 13 : Taux de mortalité annuels par classe de diamètre, en %, en parcelles témoins, pour toutes les essences commerciales et pour les essences de première catégorie seules

Classe de diamètre (en cm)	Taux de mortalité (en %)	
	toutes essences commerciales	Catégorie 1
10 à 20	0,86	1,06
20 à 30	0,79	1,16
30 à 60	1,01	1,31
> 60	1,05	1,26

Le nombre minimum d'individus est de 78 pour la classe de diamètre supérieure à 60 cm, en première catégorie, ce qui ne permet pas d'effectuer des tests statistiques sur cette catégorie.

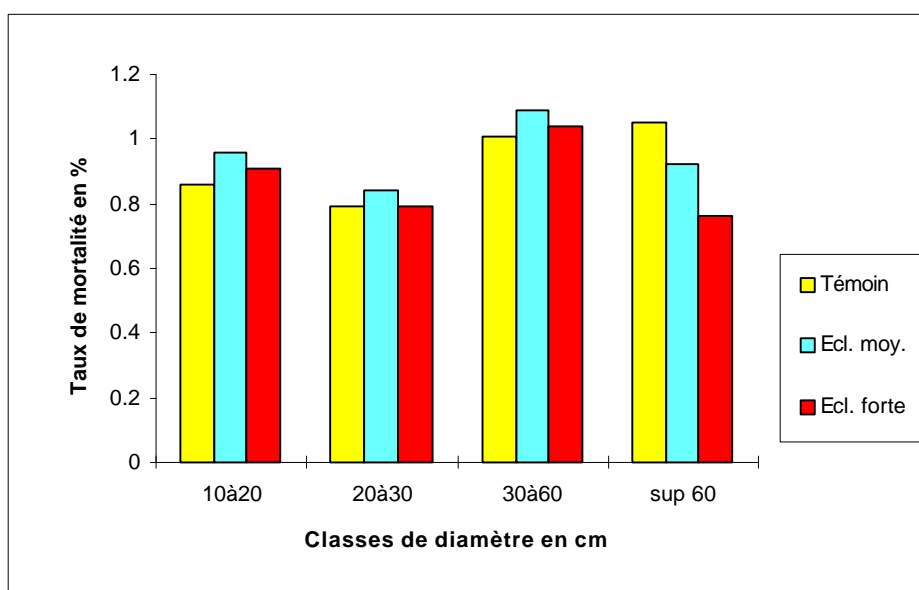
¹⁰ Variance du taux de mortalité = (Taux (1-taux))/(somme des populations initiales à chaque campagne). La précision est égale à 2 fois la racine carrée de cette variance.

Les résultats pour les trois traitements, toutes essences commerciales confondues, sont présentés dans la figure 11.

Quel que soit le traitement, le taux de mortalité par classe de diamètre ne varie pas significativement.

En parcelles témoins, les précisions obtenues sont en général inférieures à 0,25 %, sauf pour les classes de diamètre de plus de 60 cm, où elles peuvent atteindre 0,47 %.

Figure 11 : Taux de mortalité par classe de diamètre et par traitement pour les essences commerciales



3.3.3. Par espèce commerciale

Le taux de mortalité annuel par espèce et par traitement a été calculé pour les essences les mieux représentées sur chaque traitement (cf. tableau 14).

Tableau 14 : Taux de mortalité annuel (en %) par traitement et par essence, calculé sur douze ans

Essence			Témoïn	Eclaircie moyenne	Eclaircie forte
Code	Nom pilote	Nom scientifique			
109	Akossika	<i>Scottelia spp.</i>	0,69	0,91	1,23
135	Faro	<i>Daniellia thurifera</i>	0,15	-	-
145	Kondroti	<i>Rodognaphalon brevicuspe</i>	0,15	0,31	-
156	Makoré	<i>Tieghemella heckelii</i>	0,15	-	-
159	Niangon	<i>Heritiera utilis</i>	1,05	1,37	1,30
304	Adjouaba	<i>Dacryodes klaineana</i>	0,31	0,41	0,37
350	Lati	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	0,27	0,49	0,36
352	Lo	<i>Parkia bicolor</i>	0,81	0,51	0,70
365	Rikio	<i>Uapaca sp.</i>	2,06	2,13	1,57
368	Sougué	<i>Parinari sp.</i>	0,74	0,59	0,30

NB : Seules les essences présentant un nombre initial de tiges supérieur à 50 sont prises en compte ici. Quand un traitement ne présente pas assez d'individus, la case du tableau comporte un tiret.

En fonction du traitement, les taux de mortalité par essence sont variables : certaines essences sont indifférentes à l'éclaircie, d'autres réagissent fortement. L'Akossika (*Scottelia spp.*), par exemple, semble réagir très mal à une forte ouverture du peuplement.

3.3.4. Taux de mortalité des essences commerciales en fonction du nombre de tiges par hectare et de la surface terrière

Peut-on expliquer le taux de mortalité par la densité ou la surface terrière du peuplement sur pied dans la parcelle considérée ?

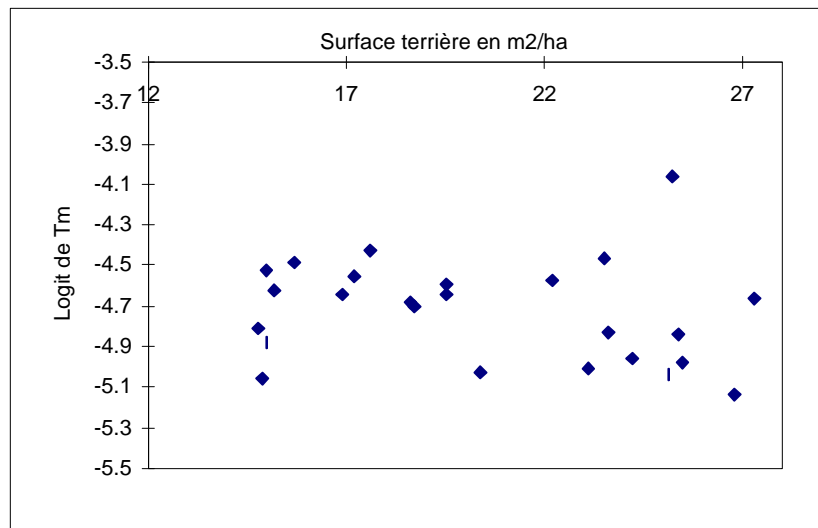
La relation entre ces trois paramètres a été étudiée en parcelles témoins, en parcelles traitées puis toutes parcelles confondues. La densité et la surface terrière sont celles des essences commerciales et des essences secondaires prises ensemble à la campagne 1.

Le taux de mortalité est pris de la campagne 1 à la campagne 6, soit sur une période de dix ans. Il est probable qu'une densité ou une surface terrière donnée pourra influencer le taux de mortalité sur ce laps de temps, sans trop changer elle-même. Une transformation de la variable expliquée « taux de mortalité » (t_m) en « logit de t_m » égal à $(\ln(t_m/1-t_m))$ est nécessaire pour que les erreurs suivent des lois normales indépendantes et de même variance.

Aucune relation n'est significative entre le taux de mortalité et la densité ou la surface terrière (au seuil de 5 %), ce qui n'était pas le cas dans le dispositif de Mopri. Cette différence de comportement entre forêt dense sempervirente et semi-décidue est probablement due à la composition floristique différente des deux forêts. Les effectifs de la seule essence commune ne sont pas suffisants pour confirmer cette hypothèse.

La figure 12 présente la relation entre la surface terrière et le logit du taux de mortalité.

Figure 12 : Relation entre le taux de mortalité des essences commerciales (T_m) et la surface terrière totale, par parcelle



→ En résumé...

Il n'y a plus d'effet sur la mortalité du à l'éclaircie quatre ans après traitement, mais les taux de mortalité des essences commerciales par traitement restent variables selon les années, y compris en parcelles témoins. Le taux de mortalité des essences commerciales n'est pas corrélé à la surface terrière totale du peuplement restante après traitement.

Par essence, aucune conclusion générale concernant l'effet des éclaircies sur le taux de mortalité ne peut être tirée dans les conditions expérimentales de ces dispositifs. Cependant, l'Akossika (*Scottelia spp.*) semble très mal réagir à une forte ouverture du peuplement.

Les taux de mortalité sont à peu près égaux entre traitements dans les dernières années de mesure. Les taux annuels moyens sur douze ans sont proches de 0,9 %.

Les taux de mortalité par classe de diamètre ne sont pas significativement différents entre eux.

La mortalité est un phénomène discontinu et de ce fait délicat à cerner en raison du faible nombre de données disponibles.

3.4. Les accroissements en diamètre, en surface terrière et en volume des essences commerciales

D'une manière générale, pour l'étude de l'accroissement, les arbres avec contreforts ou dont la hauteur de mesure a changé au cours des différentes campagnes d'inventaire (apparition de contreforts, cannelures...), ne sont pas pris en compte, de même que les arbres ayant subi des blessures sur le tronc.

Le diamètre maximum pris en compte pour l'accroissement est de 70 cm. Au dessus de cette valeur limite, les mesures du diamètre sur le terrain ne sont plus assez fiables, compte tenu de l'apparition de contreforts, cannelures, etc.

De plus, seuls les arbres présents de la campagne 1 à la campagne finale sont considérés (les arbres morts et recrutés ne sont pas pris en compte) lors des analyses.

Les études sur l'accroissement réalisées, toutes essences commerciales confondues, pour des diamètres compris entre 10 cm et 70 cm, sont les suivantes :

- accroissement en diamètre (en cm par an),
- accroissement en surface terrière (en m² par hectare et par an),
- accroissement en volume (en m³ par hectare et par an).

Dans les trois cas, ces accroissements sont représentés par la moyenne et l'écart type des accroissements calculés par sous-parcelle de un hectare.

Pour limiter le risque de biais dû à la différence de composition floristique pouvant exister entre deux parcelles et a fortiori entre deux traitements, les deux types d'analyse des accroissements suivantes ont été employées :

- l'accroissement sur le diamètre par classe de diamètre pour les espèces étudiées ci-dessus ;
- la méthode du "remplacement" (voir en annexe 6).

3.4.1. Accroissements moyens par traitement pour les arbres de 10 à 70 cm de diamètre, toutes essences commerciales confondues

Les accroissements moyens annuels sur le diamètre, en surface terrière et en volume sont présentés ci-après. Etant donné que ces valeurs brutes ne sont pas comparables, les accroissements relatifs (en %) sont également figurés. L'effet traitement apparaît nettement. Cependant il faut se garder de tirer des conclusions définitives car la composition floristique et la structure diamétrique biaisent les résultats.

3.4.1.1. Accroissement diamétrique

Cette fois-ci, seuls les arbres vivants entre les deux campagnes de mesures, à niveau de mesure stable, non blessés et à troncs cylindriques sont pris en compte (*cf.* tab. 15). L'accroissement correspond à la différence calculée entre la première et la dernière campagne. L'effet traitement est net, toutes essences commerciales et tous diamètres confondus.

Tableau 15 : Accroissement diamétrique annuel moyen (en cm/an) sur douze ans, par traitement, arbres de 10 à 70 cm de diamètre, toutes essences commerciales confondues

	Témoin	Eclaircie moyenne	Eclaircie forte
Accroissement moyen (en cm/an)	0,27	0,44	0,52
Ecart type	0,07	0,08	0,11

3.4.1.2. Accroissement en surface terrière

L'accroissement moyen annuel en surface terrière a été calculé sur tous les arbres vivants présents (cf. tab. 16). L'effet traitement avec les accroissements relatifs est net, toutes essences commerciales et tous diamètres confondus.

Tableau 16 : Accroissement annuel moyen de la surface terrière (en m²/ha/an) calculé sur douze ans, par traitement, tous diamètres et toutes essences commerciales confondus

		Témoin	Eclaircie moyenne	Eclaircie forte
Accroissement absolu (en m ² /ha/an)	Moyenne	0,18	0,31	0,38
	Ecart type	0,07	0,07	0,08
Accroissement relatif (en %)	Moyenne	2,30	3,38	3,77

3.4.1.3. Accroissement en volume

Les mêmes arbres que pour les accroissements en surface terrière sont pris en compte *sauf les arbres recrutés* entre la première et la dernière campagne (cf. tab. 17 a, b et c). L'effet traitement avec les accroissements relatifs est toujours net, toutes essences commerciales confondues et pour les arbres de diamètre inférieur ou supérieur à 50 cm. L'accroissement relatif atteint une valeur très élevée (7,1 %) pour les tiges de moins de 50 cm de diamètre, en traitement « éclaircie forte ».

Tableau 17a : Accroissement annuel moyen sur douze ans par traitement, en volume (m³/ha/an) des arbres de 10 à 70 cm de diamètre, toutes essences commerciales confondues

		Témoin	Eclaircie moyenne	Eclaircie forte
Accroissement moyen (en m ³ /ha/an)	Moyenne	2,0	2,8	2,9
	Ecart type	0,8	0,7	0,7
Accroissement relatif (en %)	Moyenne	3,3	4,8	5,7

Tableau 17b: Accroissement annuel moyen sur douze ans par traitement, en volume ($m^3/ha/an$) - arbres de moins de 50 cm de diamètre, toutes essences commerciales confondues

		Témoïn	Eclaircie moyenne	Eclaircie forte
Accroissement moyen (en $m^3/ha/an$)	Moyenne	1,5	2,3	2,5
	Ecart type	0,6	0,6	0,6
Accroissement relatif (en %)	Moyenne	3,8	5,8	7,1

Tableau 17c: Accroissement annuel moyen sur douze ans par traitement, en volume ($m^3/ha/an$) - arbres de 50 à 70 cm de diamètre, toutes essences commerciales confondues

		Témoïn	Eclaircie moyenne	Eclaircie forte
Accroissement moyen (en $m^3/ha/an$)	Moyenne	0,4	0,5	0,4
	Ecart type	0,3	0,2	0,2
Accroissement relatif (en %)	Moyenne	2,2	2,7	2,6

3.4.2. Proportion d'accroissements diamétriques nuls

Parmi les arbres observés, beaucoup ne poussent pas. La proportion d'arbres à accroissements nuls entre l'année zéro et l'année quatre puis entre l'année huit et l'année douze est présentée dans le tableau 18.

L'effet général des traitements est visible : les quatre premières années, le nombre de tiges à accroissement diamétrique nul est moindre dans les peuplements éclaircis. La proportion d'arbres à accroissement nul est plus forte parmi les petites tiges (moins de 20 cm de diamètre).

Le nombre de tiges qui ont un accroissement nul augmente dans le temps, que ce soit en parcelles témoins ou en parcelles traitées. Cependant, cette augmentation est moindre pour les arbres de plus de 20 cm de diamètre, dans le traitement « éclaircie forte »

Tableau 18 : Pourcentages des accroissements nuls entre un et quatre ans et entre huit et douze ans par traitement et par classe de diamètre, toutes essences commerciales confondues

Classes de diamètres	Témoïn		Eclaircie moyenne		Eclaircie forte	
	1 à 4 ans	8 à 12 ans	1 à 4 ans	8 à 12 ans	1 à 4 ans	8 à 12 ans
10 à 20 cm	25,6 %	30,1 %	13,1 %	19,5 %	7,0 %	19,9 %
20 à 30 cm	12,7 %	19,1 %	5,8 %	10,7 %	5,4 %	9,1 %
30 à 50 cm	4,5 %	13,1 %	4,2 %	11,4 %	2,0 %	6,4 %

3.4.3. Accroissements diamétriques moyens par essence commerciale et par traitement - arbres de 10 à 70 cm de diamètre

Les accroissements moyens ont été calculés pour toutes les essences commerciales comportant plus de vingt individus entre 10 et 70 cm de diamètre. Le tableau 19 donne les valeurs pour les essences commerciales ayant plus de 50 individus présents pendant les sept campagnes. Le tableau complet figure en annexe 3.

Tableau 19 : Accroissements moyens du diamètre (en cm/an) sur douze ans, pour les principales essences commerciales et par traitement - arbres de 10 à 70 cm de diamètre

Essence		Témoin	Eclaircie moyenne	Eclaircie forte
Akossika	<i>Scottelia spp.</i>	0,10	0,24	0,26
Kondroti	<i>Rodognaphalon brevicuspe</i>	0,24	-	-
Makoré	<i>Tieghemella heckelii</i>	0,18	-	-
Niangon	<i>Heritiera utilis</i>	0,36	0,58	0,68
Adjouaba	<i>Dacryodes klaineana</i>	0,12	0,26	0,31
Lati	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	0,22	0,39	0,34
Lo	<i>Parkia bicolor</i>	-	0,75	0,69
Rikio	<i>Uapaca sp.</i>	0,62	0,88	0,84

Les accroissements moyens de ces essences sont systématiquement plus importants dans les parcelles éclaircies même si quelques fois la différence des accroissements entre les parcelles « éclaircie forte » et « éclaircie moyenne » est très faible voire négative.

3.4.3.1. Evolution des accroissements moyens en diamètre dans le temps

La figure 13 montre l'évolution des accroissements dans le temps, par traitement, pour les arbres de 10 à 70 cm de diamètre, toutes essences commerciales confondues.

Dès la première campagne de mesure, les accroissements en parcelles éclaircies sont supérieurs à ceux des parcelles témoins. Pendant les quatre premières années, les accroissements moyens en diamètre ont stagné ou légèrement augmenté en parcelles éclaircies. Puis on observe, à partir de huit ans après éclaircie, une diminution régulière.

Pour les parcelles témoins, les accroissements moyens varient peu d'une campagne à une autre.

A l'année 12, il y a toujours une différence entre les accroissements diamétriques moyens des peuplements témoins et éclaircis.

Figure 13a : Accroissements diamétriques par campagnes - toutes essences commerciales confondues - arbres de 10 à 70 cm de diamètre

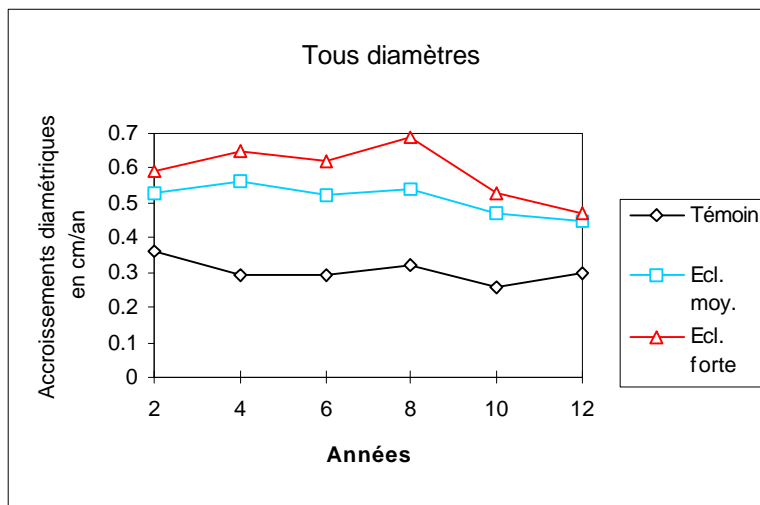
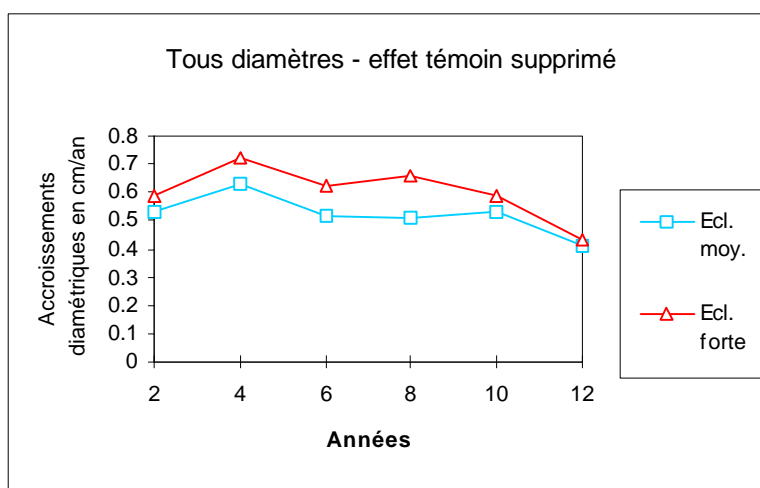


Figure 13b : Accroissements diamétriques par campagnes - toutes essences commerciales confondues - arbres de 10 à 70 cm de diamètre - « Effet témoin » enlevé



3.4.3.2. Evolution des accroissements diamétriques moyens par essence commerciale

Pour étudier la durée de l'effet des traitements, les accroissements par traitement des essences commerciales les plus représentées (plus de 60 individus utilisables) ont été comparés à chaque campagne de mesure par une analyse de variance non paramétrique. Les arbres ont été groupés en deux sous-ensembles : les arbres de 10 à 20 cm de diamètre et ceux de 20 à 50 cm de diamètre. En travaillant ainsi par essence et par classe de diamètre, on peut considérer qu'il y a indépendance entre les accroissements des individus. Ces classes sont de taille variable pour une raison d'effectifs.

Dans les tableaux 20 et 21, seules les années où les différences entre traitements ne sont plus significatives sont présentées. Seules les différences très nettes de significativité sont notées. Dans la très grande majorité des cas, la différence entre les accroissements passe brutalement d'une significativité au seuil de 1 % à une non-significativité au seuil de 5 %, c'est à dire qu'il n'y

a plus de différence entre les accroissements. La puissance de ce test de comparaison entre deux moyennes est systématiquement vérifiée¹¹.

On peut résumer les résultats ainsi :

- Classe de diamètre 10 à 20 cm (tab. 20) :

Les résultats sont variables d'une essence à l'autre. En général, l'effet de l'éclaircie moyenne ou forte est toujours significativement supérieur à celui du témoin après douze ans de mesure.

Les courbes d'évolution de la significativité de ces différences d'accroissements sont présentées en annexe 5.

La réaction du Lo (*Parkia bicolor*) et du Lati (*Amphimas pterocarpoides*) sont erratiques dans le temps en ce qui concerne la différence d'accroissement entre le témoin et l'éclaircie moyenne pour le premier et la différence entre les deux éclaircies et le témoin pour le second.

Pour les essences de première catégorie prises ensemble, la différence entre les accroissements est significative pour toutes les campagnes de mesure (au seuil de 1‰) en ce qui concerne les deux éclaircies par rapport au témoin. La différence entre les accroissements des parcelles éclaircies n'est plus significative huit ans après traitement.

- Classe de diamètre 20 à 50 cm (tab. 21) :

Les résultats sont comparables à ceux des tiges de la classe précédente.

Le Lo (*Parkia bicolor*) et le Lati (*Amphimas pterocarpoides*) ne réagissent pas significativement aux éclaircies.

Les différences d'accroissement de l'Akossika (*Scottelia spp.*) cessent d'être significatives douze ans après éclaircies.

Pour l'ensemble des essences de première catégorie, la différence entre les accroissements est significative toutes les campagnes de mesure (au seuil de 1‰) en ce qui concerne les deux éclaircies par rapport au témoin. La différence entre les accroissements des parcelles éclaircies n'est plus significative quatre ans après traitement.

Les tendances sont donc variables pour les essences étudiées mais d'une manière générale, on peut dire que les différences d'accroissement entre les peuplements éclaircis et le témoin perdurent encore douze ans après éclaircie.

En ce qui concerne les essences de première catégorie regroupées, la différence entre les accroissements des parcelles éclaircies n'est plus significative huit ans après traitement pour les tiges de 10 à 20 cm de diamètre et quatre ans après traitement pour les tiges de 20 à 50 cm de diamètre.

¹¹ Vérification à l'aide des abaques de Pearson et Hartley (cités par Dagnelie, 1986) qui donnent la différence relative de moyenne minimale mise en évidence pour un risque d'erreur de première espèce de 5 % par rapport à l'effectif de chacun des échantillons et au coefficient de variation.

Tableau 20 : Années où les différences sur l'accroissement diamétrique moyen entre traitements ne sont plus significatives au seuil de 5 %, par essence - arbres de 10 à 20 cm de diamètre

Essence		Témoin /ecl. moyenne	Témoin / ecl. forte
Catégorie 1		-	-
Akossika	<i>Scottelia spp.</i>	-	10
Niangon	<i>Heritiera utilis</i>	-	-
Adjouaba	<i>Dacryodes klaineana</i>	-	-
Lati	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	2 -12*	2 - 12*
Lo	<i>Parkia bicolor</i>	variable	0
Rikio	<i>Uapaca sp.</i>	-	-
Sougué	<i>Parinari excelsa</i>	6	-**

* la différence entre les accroissements du témoin et de l'éclaircie redevient significative aux années 6, 8 et 10.

** la différence entre les accroissements du témoin et de l'éclaircie redevient significative à l'année 8.

un tiret signifie que la différence entre les accroissements est toujours significative.

Tableau 21 : Années où les différences sur l'accroissement diamétrique moyen, entre traitement ne sont plus significatives au seuil de 5 %, par essence - arbres de 20 à 50 cm de diamètre

Essence		Témoin /ecl. moyenne	Témoin / ecl. forte
Catégorie 1		-	-
Akossika	<i>Scottelia spp.</i>	12	12
Niangon	<i>Heritiera utilis</i>	-	-
Adjouaba	<i>Dacryodes klaineana</i>	-	-
Lati	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	0	0
Lo	<i>Parkia bicolor</i>	-	0
Rikio	<i>Uapaca sp.</i>	-	-
Sougué	<i>Parinari excelsa</i>	10	variable

3.4.4. Accroissement des essences commerciales par classe de diamètre

Ils sont étudiés sur les arbres vivants à hauteur de mesure stable, non blessés et à troncs cylindriques

3.4.4.1. Accroissement toutes essences commerciales confondues

Les accroissements diamétriques annuels moyens ont été calculés pour trois classes de diamètre. (cf. tab. 22).

Les accroissements absolus toutes campagnes confondues sont croissants par classe de diamètre. Ce résultat est valable jusqu'à la classe de diamètre de 50 cm. Au delà, les effectifs deviennent trop faibles. Il est probable que l'accroissement au delà de ce diamètre diminue (Mengin-Lecreux, 1990). L'évolution par campagne est similaire à celle observée tous diamètres confondus.

Tableau 22 : Accroissement diamétrique annuel moyen sur douze ans par traitement, pour trois classes de diamètre (en cm/an), toutes essences commerciales confondues

Classes de diamètre	Témoin	Eclaircie moyenne	Eclaircie forte
10 à 20 cm	0,17	0,33	0,43
20 à 30 cm	0,32	0,46	0,54
30 à 50 cm	0,49	0,69	0,54

Une analyse de variance non paramétrique montre que les écarts entre les accroissements diamétriques par classe de diamètre sont significatifs au seuil de 1 % pour chaque traitement.

3.4.4.2. Accroissement par essence

Les essences présentant plus de vingt individus par classes de diamètre ont été prises en compte. Les mêmes classes de diamètre que ci-dessus sont retenues.

Une analyse de variance non paramétrique montre que la significativité des écarts entre les accroissements diamétriques par classe de diamètre est variable par essence (cf. tab. 23).

Tableau 23 : Significativité de la différence d'accroissement par classe de diamètre, pour les essences commerciales les plus représentées

Traitement	Niangon	Rikio	Adjouaba	Lo
Témoin	S (0,0001)	S (0,002)	S (0,0001)	NS 0,379
Eclaircie moyenne	S (0,0001)	S (0,038)	S (0,0001)	S 0,005
Eclaircie forte	S (0,0001)	NS (0,96)	S (0,0001)	-

NS = Différence non significative

S = différence significative au seuil de 5 %

(0,0001) = P value

- = moins de 20 individus

3.4.4.3. Méthode du "remplacement"

Dans le tableau 24 sont présentés les résultats de la simulation par la méthode du remplacement (cf. annexe 6). On obtient des gains en surface terrière (en %) entre deux traitements.

Tableau 24 : Gains en surface terrière obtenus par la méthode du remplacement, par essence - arbres de diamètre inférieur à 70 cm

Essence		Gain en surface terrière		
		Ecl. moyenne/ Témoin (en %)	Ecl. forte/ Témoin (en %)	Ecl. forte/ ecl. moyenne (en %)
Toutes essences commerciales		16,4	24,2	6,1
Catégorie 1	Toutes essences	16,5	27,0	8,7
Adjouaba	<i>Dacryodes klaineana</i>	17,3	23,1	5,0
Akossika	<i>Scottelia spp.</i>	12,0	17,1	2,7
Niangon	<i>Heritiera utilis</i>	17,5	25,4	6,3
Lati	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	24,0	22,7	-1,8
Lo	<i>Parkia bicolor</i>	23,5	19,0	-4,1
Makoré	<i>Tieghemella heckelii</i>	25,4	31,3	6,2
Kondroti	<i>Rodognaphalon brevicuspe</i>	10,4	20,4	7,3
Rikio	<i>Uapaca sp.</i>	19,9	19,3	-2,3
Sougué	<i>Parinari sp.</i>	26,1	30,1	-6,3

NB : Ces rapports sont calculés par classe de diamètres puis sommés, de l'année 0 à l'année 12.

Il demeure en général un net effet traitement sur les gains en surface terrière par essence après douze ans de mesure. Les gains sont cependant variables en fonction du traitement et des essences étudiées. Ainsi, l'éclaircie forte semble induire parfois un accroissement plus faible que l'éclaircie moyenne (notamment pour le Sougué (*Parinari sp.*)).

De même que pour les durées des effets des éclaircies par rapport au témoin, on ne peut directement corréler le tempérament des essences avec ces gains d'accroissement par intensité d'éclaircie.

3.4.5. Liaison entre l'accroissement diamétrique des essences commerciales et la surface terrière enlevée en éclaircie

Peut-on, comme pour le recrutement, relier l'accroissement diamétrique moyen calculé sur une période de douze ans, à la surface terrière ou à la densité restantes juste après éclaircie (essences commerciales + secondaires), sur les parcelles traitées ?

Seules deux essences ont des effectifs suffisants par parcelle pour étudier cette éventuelle relation : le Niangon (*Heritiera utilis*) et l'Adjouaba (*Dacryodes klaineana*).

Aucune régression n'est significative pour le Niangon.

Pour l'Adjouaba, la corrélation est significative (au seuil de 5 %) entre l'accroissement diamétrique moyen et la surface terrière des tiges conservée sur pied après éclaircie.

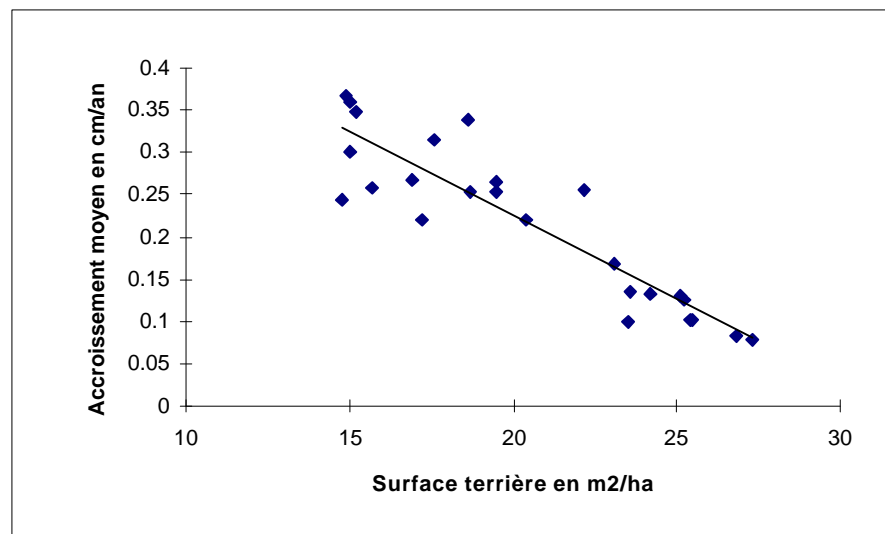
$$\text{Accroissement moyen} = 0,6256 - 0,02 G$$

$$(R^2 = 0,82 ; p = 0,0001)^{12}$$

La régression avec la densité n'est pas significative.

Il en est de même en prenant en compte le pourcentage de surface terrière enlevé.

Figure 9 : Relation entre l'accroissement moyen de l'Adjouaba et la surface terrière par parcelle



Pour cette espèce, la surface terrière étant reliée à l'accroissement par un coefficient négatif, il apparaît donc que ce paramètre agit en tant que frein à l'accroissement quand il est élevé.

¹² Les erreurs standard (égales à l'écart type sur \sqrt{n}) sont respectivement 0,0406 (intercept) et 0,0019 (G).

3.4.6. Conclusion sur les accroissements

En moyenne sur douze ans, il existe un effet net des éclaircies sur les accroissements en surface terrière des essences commerciales. Par rapport au témoin, pour l'ensemble des essences de première catégorie, le gain est de l'ordre de +12 % pour l'éclaircie moyenne et de +17 % pour l'éclaircie forte.

Les accroissements (diamètre, surface terrière) diminuent dans le temps pour toutes les parcelles étudiées et ne sont pas encore revenus au niveau de ceux des parcelles témoins au bout de douze ans.

En ce qui concerne l'ensemble des essences de première catégorie, l'effet de l'éclaircie sur les accroissements diamétriques n'est plus significatif huit ans après traitement pour les tiges de 10 à 20 cm de diamètre et quatre ans après traitement pour les tiges de 20 à 50 cm de diamètre.

Le nombre de tiges à accroissement diamétrique nul est moindre dans les peuplements éclaircis.

Aucune règle générale ne se dégage en ce qui concerne l'analyse des effets des éclaircies par classe de diamètre. Cependant, les plus forts gains en diamètre sont principalement observés dans les petites classes de diamètre.

*Pour l'Adjouaba (*Dacryodes klaineana*), une des deux seules essences qui présentait des effectifs suffisants pour ce test, la corrélation négative est significative (au seuil de 5 %) entre l'accroissement diamétrique moyen et la surface terrière des tiges conservée sur pied après éclaircie.*

3.5. Bilan en volume

Le bilan en volume concerne les essences commerciales.

3.5.1. Bilan en volume tous diamètres confondus

On peut dresser un bilan de l'accroissement en volume, tous diamètres confondus :

Tableau 25 : Bilan en volume de la mortalité, du recrutement et de l'accroissement, toutes essences commerciales confondues, pour les tiges de plus de 10 cm de diamètre, sur douze ans

Traitement	Volume initial (après éclaircie)	Volume à douze ans	Accroissement annuel		Pertes par mortalité		Recrutement à 10 cm		Bilan annuel	
	(m ³ /ha)	(m ³ /ha)	absolu (m ³ /ha/an)	relatif (en %)	absolu (m ³ /ha/an)	relatif (en %)	absolu (m ³ /ha/an)	relatif (en %)	absolu (m ³ /ha/an)	relatif (en %)
Témoin	101,6	130,3	2,29	2,25	0,95	0,94	0,08	0,08	1,41	+ 1,38
Eclaircie moyenne	101,6	118,5	3,14	3,09	0,92	0,91	0,17	0,17	2,39	+ 2,35
Eclaircie forte	94,8	130,0	3,31	3,49	0,72	0,76	0,35	0,37	2,94	+ 3,10

3.5.2. Bilan en volume commercial

Le bilan en volume de la mortalité, du recrutement et de l'accroissement peut être dressé, toutes essences commerciales confondues (cf. tableaux 26 a et b et figures 14 et 15).

Le bilan en parcelle témoin est de 1,1 m³/ha/an pour les tiges d'essences commerciales de plus de 50 cm de diamètre et de 0,9 m³/ha/an pour les tiges de plus de 60 cm de diamètre.

Les bilans en parcelles éclaircies sont supérieurs à celui du peuplement témoin mais restent modestes, de l'ordre de 1,8 m³/ha/an pour les tiges d'essences commerciales de plus de 50 cm de diamètre et de 1,5 m³/ha/an pour les tiges de plus de 60 cm de diamètre.

Il existe une différence entre ces chiffres et ceux cités au paragraphe 3.4.1.3. car, pour ces derniers, seuls les arbres présents et vivants de la première campagne de mesure à la dernière sont pris en compte.

Douze ans après éclaircies, les volumes sur pied estimés dans les parcelles éclaircies ont rattrapé voire dépassé le volume dans les parcelles témoins.

Tableau 26 a : Bilan en volume comprenant la mortalité, le recrutement et l'accroissement, toutes essences commerciales confondues, pour les tiges de plus de 50 cm de diamètre, sur douze ans

Traitement	Volume initial (après éclaircie)	Volume à douze ans	Accroissement annuel		Pertes par mortalité		Recrutement à 50 cm		Bilan annuel	
	(m ³ /ha)	(m ³ /ha)	absolu (m ³ /ha/an)	relatif (en %)	absolu (m ³ /ha/an)	relatif (en %)	absolu (m ³ /ha/an)	relatif (en %)	absolu (m ³ /ha/an)	relatif (en %)
Témoin	56,7	70,3	0,75	1,33	0,58	1,02	0,97	1,70	1,14	2,01
Eclaircie moyenne	56,7	79,0	0,87	1,52	0,48	0,85	1,50	2,64	1,86	3,27
Eclaircie forte	54,3	73,4	0,85	1,57	0,33	0,61	1,40	2,56	1,92	3,53

Tableau 26 b : Bilan en volume comprenant la mortalité, le recrutement et l'accroissement, toutes essences commerciales confondues, pour les tiges de plus de 60 cm de diamètre, sur douze ans

Traitement	Volume initial (après éclaircie)	Volume à 12 ans	Accroissement annuel		Pertes par mortalité		Recrutement à 50 cm		Bilan annuel	
	(m ³ /ha)	(m ³ /ha)	absolu (m ³ /ha/an)	relatif (en %)	absolu (m ³ /ha/an)	relatif (en %)	absolu (m ³ /ha/an)	relatif (en %)	absolu (m ³ /ha/an)	relatif (en %)
Témoin	44,0	54,3	0,49	1,10	0,43	0,98	0,80	1,83	0,86	1,95
Eclaircie moyenne	44,3	62,9	0,54	1,21	0,35	0,78	1,40	3,16	1,54	3,49
Eclaircie forte	44,1	62,4	0,58	1,32	0,24	0,54	1,17	2,65	1,52	3,45

Figure 14a : Bilan en volume comprenant la mortalité, le recrutement et l'accroissement, toutes essences commerciales confondues, pour les tiges de plus de 50 cm de diamètre, sur douze ans

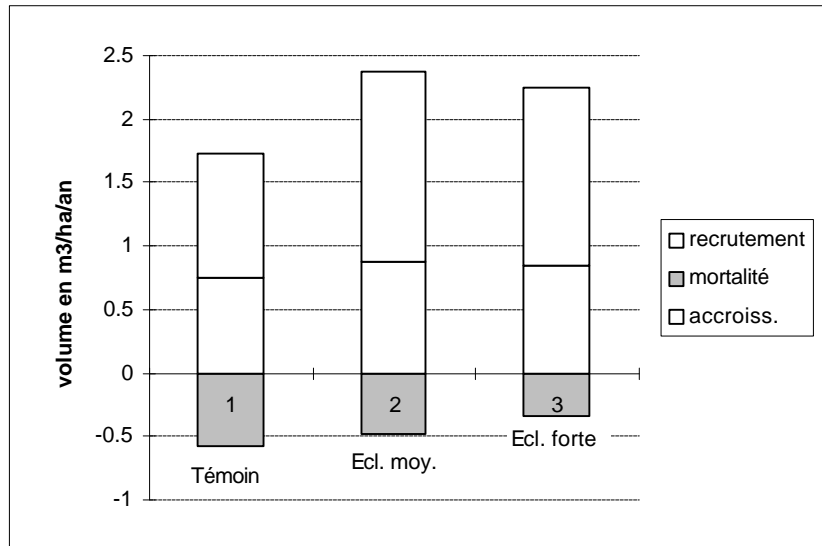


Figure 14b : Bilan global, en volume, toutes essences commerciales confondues, pour les tiges de plus de 50 cm de diamètre, sur douze ans

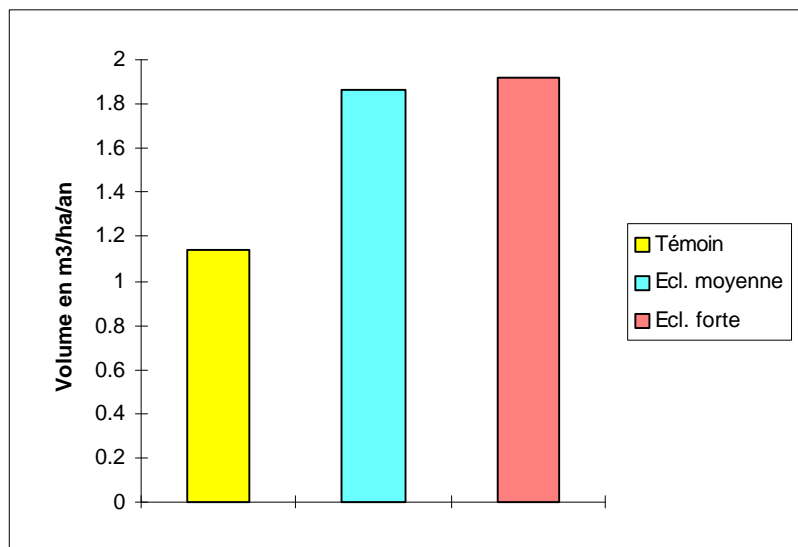


Figure 15 a : Bilan de la mortalité, du recrutement et de l'accroissement en volume, toutes essences commerciales confondues, pour les tiges de plus de 60 cm de diamètre, sur douze ans

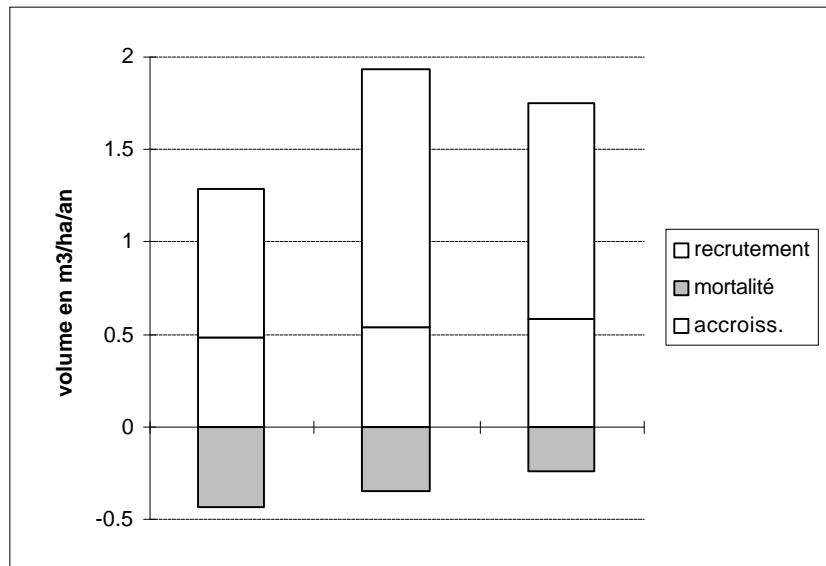
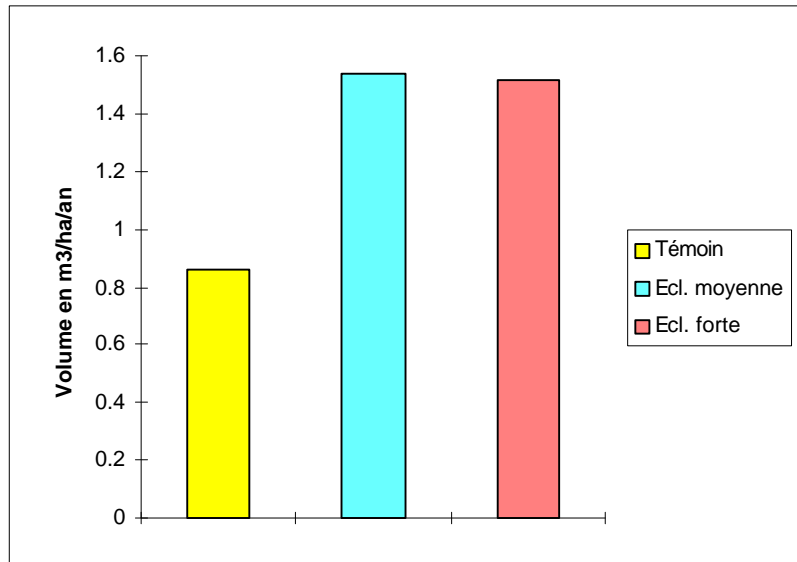


Figure 15 b : Bilan global, en volume, toutes essences commerciales confondues, pour les tiges de plus de 60 cm de diamètre, sur douze ans



3.6. Modélisation de l'évolution du peuplement

La modélisation permet la prédiction à moyen terme de la croissance des peuplements.

3.6.1. Mode d'utilisation du modèle de Usher

Le modèle est présenté en annexe 7. Il utilise les probabilités de passage d'une classe de diamètre donnée à une classe supérieure (Mengin Lecreulx, 1990 ; Favrichon, 1995).

Ces probabilités sont calculées dans les parcelles témoins, tous les deux ans. On dispose ainsi de sept itérations successives en six campagnes.

On vérifie qu'avec les probabilités ainsi calculées, on retrouve les effectifs par classe de diamètre de la campagne 7 en partant de ceux de la campagne 1, en parcelles témoins.

Les résultats simulés sont très proches de ceux observés (à quelques pour-cent près, voir en annexe 7). Les paramètres calculés semblent donc satisfaisants.

Les effectifs des trois premières classes de diamètre en parcelles témoins diminuent entre l'année 0 et l'année 12. La diminution globale est de 3,8 individus par hectare.

La différence entre les accroissements *par essence* est encore significative pour la majorité de celles étudiées, à la campagne 7.

Ainsi, dans ce modèle, l'effet des éclaircies sur les accroissements a été considéré comme *terminé au bout de seize ans*. Ensuite le peuplement éclairci suivra l'évolution observée du peuplement témoin.

Dans ce laps de temps, faire augmenter la population des parcelles traitées semble correct, étant donné que le peuplement témoin ne représentait pas une forêt primaire mais avait fait l'objet d'une exploitation dans le passé.

La tendance du modèle basé sur cette population sera donc de faire diminuer sans fin les effectifs de la majorité des classes de diamètre. Ce modèle n'est donc utilisable que pour un laps de temps de deux ou trois décennies car une telle diminution des effectifs ne peut se poursuivre à l'infini d'une manière réaliste.

Aucune régulation par un facteur densité ou surface terrière n'a été utilisée car la surface terrière ou la densité du peuplement au complet (avec les essences secondaires) n'est disponible de manière fiable qu'à la première campagne et pas aux suivantes.

Les résultats obtenus par cette modélisation ne sont que des *estimations*, entachées d'erreurs, visant simplement à donner un ordre de grandeur et une tendance.

3.6.2. Résultats de la modélisation

Le tableau suivant résume l'évolution du nombre de tiges par hectare de diamètre supérieur à 50 cm d'une part, de diamètre supérieur à 60 cm d'autre part.

Tableau 27 : Evolution du nombre de tiges de diamètre supérieur à 50 cm et de diamètre supérieur à 60 cm par hectare, avec le modèle de Usher

	Diamètre	An 0	An 12	An 20	An 30
Témoin	Tiges > 50 cm	9,5	12,5	<i>17,4</i>	<i>19,8</i>
	Tiges > 60 cm	5,1	6,9	<i>9,8</i>	<i>11,5</i>
Ecl. moyenne	Tiges > 50 cm	9,6	13,4	<i>15,7</i>	<i>18,7</i>
	Tiges > 60 cm	5,4	7,9	<i>9,2</i>	<i>10,7</i>
Ecl. forte	Tiges > 50 cm	8,1	11,5	<i>14,3</i>	<i>17,4</i>
	Tiges > 60 cm	4,6	6,5	<i>7,8</i>	<i>9,5</i>

en italique : valeurs modélisées

Figure 16 a : Evolution modélisée du nombre de tiges de diamètre supérieur à 50 cm

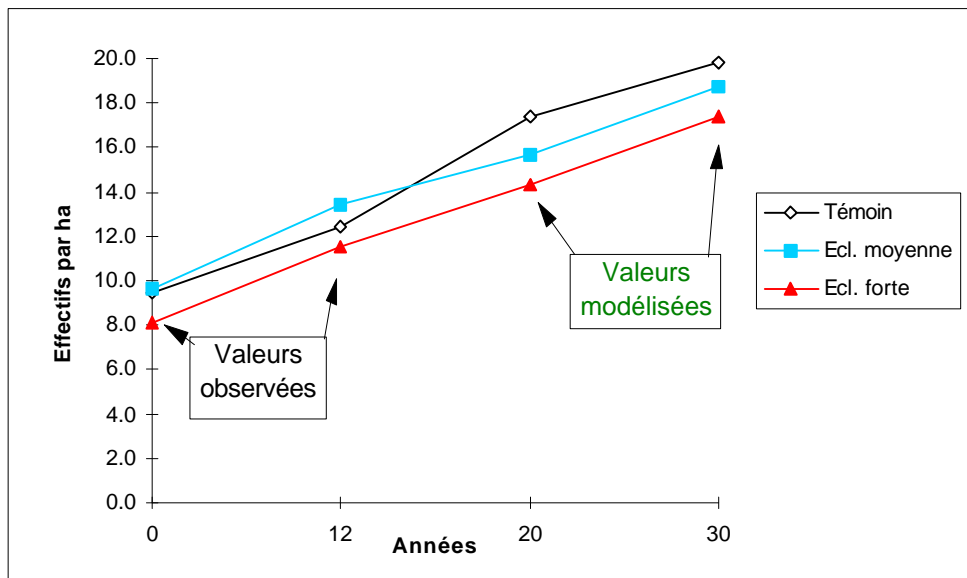
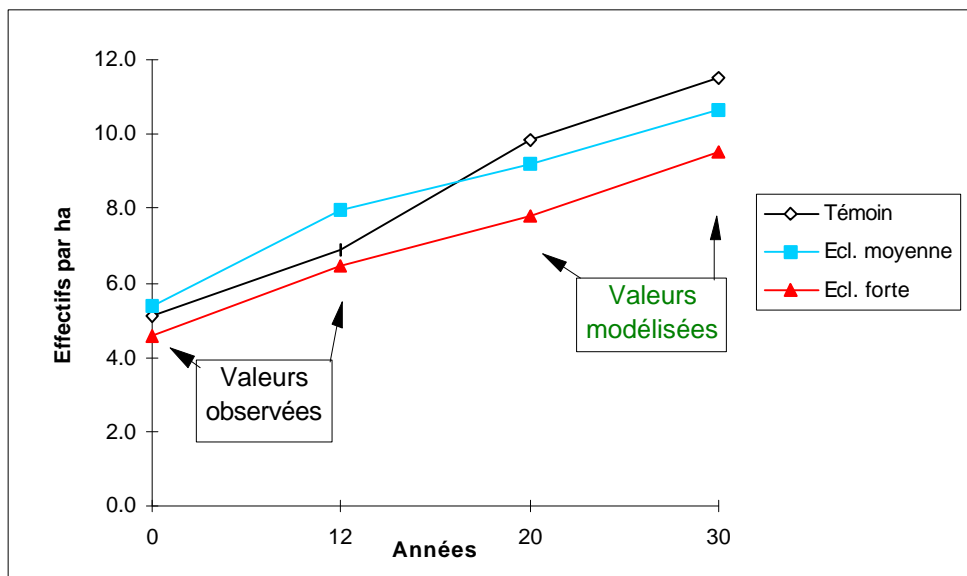


Fig. 16 b : Evolution modélisée du nombre de tiges de diamètre supérieur à 60 cm



D'une manière générale, on observe une augmentation constante du nombre d'individus. Pour les tiges de plus de 50 cm de diamètre, l'évolution modélisée des peuplements éclaircis « éclaircie forte » suit une évolution favorable. Le nombre d'individus initial de plus de 50 cm de diamètre dans les parcelles témoins est reconstitué en une dizaine d'années.

L'évolution des courbes des parcelles éclaircies étant presque parallèle, toute la différence réside dans le nombre de tiges « disponibles/restantes » après éclaircie.

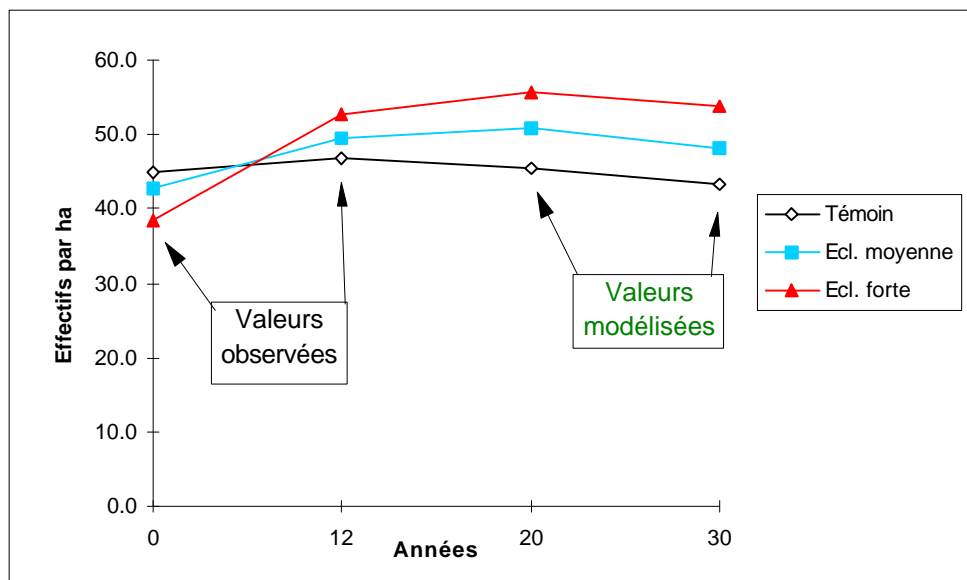
Les mêmes conclusions peuvent être faites pour les tiges d'espèces commerciales de plus de 60 cm de diamètre avec cependant encore plus de prudence, la dernière classe de diamètre prise en compte par ce genre de modèle posant souvent des problèmes, notamment pour l'estimation de la mortalité (Favrillon, 1995).

Tableau 28 : Evolution du nombre de tiges d'espèces commerciales de diamètre compris entre 20 et 50 cm, avec le modèle de Usher

	An 0	An 14	An 24	An 30
Témoin	44,9	46,7	<i>45,5</i>	<i>43,2</i>
Ecl. moyenne	42,8	49,6	<i>50,7</i>	<i>48,1</i>
Ecl. forte	38,4	52,6	<i>55,7</i>	<i>53,7</i>

en italique : valeurs modélisées

Figure 17 : Evolution du nombre de tiges d'espèces commerciales de diamètre compris entre 20 et 50 cm, avec le modèle de Usher



En ce qui concerne les tiges de 20 à 50 cm de diamètre, l'augmentation des effectifs modélisée est en forme de courbe convexe, le nombre de tiges diminuant après avoir augmenté pendant les premières années.

4. CONCLUSION

Les études réalisées permettent de dégager des conclusions multiples sur la croissance des peuplements éclaircis.

4.1. Résumé des résultats obtenus

Les principaux résultats dendrométriques sont brièvement repris.

4.1.1. Evolution globale du peuplement d'essences commerciales

La surface terrière du peuplement éclairci évolue favorablement par rapport au peuplement témoin. La différence entre les surfaces terrières des peuplements témoins et éclaircis augmente dans le temps.

4.1.2. Effectifs d'essences commerciales de diamètre supérieur à 50 cm

L'évolution du nombre ou de la surface terrière des arbres de plus de 50 cm de diamètre est stimulée par l'éclaircie, sans véritable différence entre les deux traitements « éclaircie forte et éclaircie moyenne ».

4.1.3. Tiges d'essences commerciales recrutées

L'effet de l'éclaircie sur le recrutement est net par rapport au témoin. Les taux de recrutement initiaux après éclaircie sont élevés. Ils baissent ensuite pour les trois traitements pour remonter entre les années six et huit après traitement. Cette brusque augmentation pourrait être interprétée comme un redémarrage des jeunes tiges après le coup d'arrêt constaté en 1983 et 1984. Après la huitième année, les taux chutent régulièrement.

Pour les quelques essences étudiées individuellement, les taux de recrutement en parcelles traitées sont tous supérieurs à ceux des parcelles témoins. Toutefois, l'effet de l'intensité de l'éclaircie est variable sauf en considérant le recrutement à quatorze cm pondéré par les tiges de 11 à 14 cm de diamètre. A ce moment là, plus l'éclaircie est forte, plus le recrutement pondéré est fort.

Le taux de recrutement, est négativement corrélé à la surface terrière après éclaircie, toutes parcelles traitées confondues.

4.1.4. La mortalité des essences commerciales

Les taux de mortalité des essences commerciales par traitement sont variables selon les années. Quel que soit l'intensité de l'éclaircie, quatre ans après traitement, ces taux deviennent similaires.

Par essence, aucune conclusion générale concernant l'effet des éclaircies sur le taux de mortalité ne peut être tirée de ces dispositifs. Cependant, l'Akossika (*Scottelia spp.*) semble réagir très mal à une forte ouverture du peuplement.

Les taux de mortalité sont à peu près égaux entre traitements dans les dernières années de mesure. Les taux annuels moyens sur douze ans sont proches de 0,9 %.

Les taux de mortalité par classe de diamètre ne sont pas significativement différents entre eux.

Le taux de mortalité des essences commerciales n'est pas corrélé à la surface terrière totale du peuplement après traitement.

4.1.5. Accroissements des essences commerciales

Pour les essences commerciales, les accroissements annuels moyens sont de l'ordre de 0,37 à 0,52 cm/an sur le diamètre. En surface terrière, les accroissements relatifs sont de l'ordre de 2,3 à 3,8 %. L'accroissement en volume, pour les arbres vivants de la première à la dernière campagne, est de 2,0 à 2,9 m³/ha/an pour les arbres de 10 à 70 cm de diamètre, avec des accroissements relatifs de l'ordre de 3,3 à 5,7 %.

En moyenne sur douze ans, il existe donc un effet net des éclaircies sur les accroissements en surface terrière des essences commerciales. Par rapport au témoin, pour l'ensemble des essences de première catégorie, le gain est de l'ordre de +12 % pour l'éclaircie moyenne et de +17 % pour l'éclaircie forte.

Ces accroissements diminuent dans le temps pour toutes les parcelles traitées mais n'ont pas encore rejoint ceux des parcelles témoins au bout de douze ans.

La durée de l'effet des éclaircies est variable par essence mais, d'une manière générale, on peut dire que les différences d'accroissement entre les peuplements éclaircis et le témoin perdurent encore douze ans après éclaircie.

En ce qui concerne l'ensemble des essences de première catégorie, la différence entre les accroissements des parcelles éclaircies n'est plus significative huit ans après traitement pour les tiges de 10 à 20 cm de diamètre et quatre ans après traitement pour les tiges de 20 à 50 cm de diamètre

Le nombre de tiges à accroissement diamétrique nul est moindre dans les peuplements éclaircis.

Aucune règle générale ne se dégage en ce qui concerne l'analyse des effets des éclaircies par classe de diamètre. Cependant, les plus forts gains en diamètre sont principalement observés dans les petites classes de diamètre.

Pour l'Adjouaba, une des deux seules essences qui présentait des effectifs suffisants pour ce test, la corrélation entre l'accroissement diamétrique moyen et la surface terrière des tiges conservée sur pied après éclaircie est significative.

4.2. Bilan en volume et modélisation

Sur une période de douze ans, le bilan en parcelle témoin est de +1,1 m³/ha/an pour les tiges d'essences commerciales de plus de 50 cm de diamètre et de +0,9 m³/ha/an pour les tiges de plus de 60 cm de diamètre.

Les bilans en parcelles éclaircies sont supérieurs ceux des parcelles témoins mais restent modestes, de l'ordre de +1,8 m³/ha/an pour les tiges d'essences commerciales de plus de 50 cm de diamètre et de +1,5 m³/ha/an pour les tiges de plus de 60 cm de diamètre, **avec peu de différence entre les bilans des deux éclaircies même en bilan relatif.**

4.3. Quel type d'éclaircie choisir ?

On a vu que l'effet des éclaircies est bénéfique en ce qui concerne le recrutement et l'accroissement des essences commerciales.

Cependant, l'évolution du nombre de tiges de plus de 50 et de plus de 60 cm de diamètre dans ce type de peuplement, montre une faible différence entre l'effet de l'éclaircie forte par rapport à celui de l'éclaircie moyenne. Ainsi, une éclaircie maximum de 30 % de la surface terrière initiale (5-6 m²/ha enlevés) correspondant sensiblement à la borne supérieure de l'intensité de l'éclaircie moyenne, paraît être une limite à ne pas dépasser.

Une exploitation de deux à trois tiges par hectare d'espèces commerciales correspond en fait à l'intensité d'éclaircie préconisée.

Ce taux de deux à trois arbres exploitables à l'hectare devient courant dans les plans d'aménagement (Centrafrique : projet de la Sangha M'Baéré et projet ECOFAC, Cameroun : projet API Dimako...).

Il peut même parfois être plus élevé (jusqu'à quatre arbres à l'hectare).

L'ouverture du couvert étant déjà réalisée par l'exploitation, il suffit alors pour limiter le développement des espèces secondaires des réaliser des éclaircies par dévitalisation permettant de dégager les tiges d'avenir des espèces commerciales.

Il s'agirait alors de dévitaliser les essences secondaires d'un certain diamètre autour de *chaque arbre d'avenir* (éclaircie sélective ou semi sélective).

C'est d'ailleurs aujourd'hui, la solution vers laquelle les sylviculteurs s'orientent. Les dispositifs anciens ont permis de préciser la vitesse de reconstitution des peuplements commerciaux en fonction du degré d'ouverture des peuplements. Si des prélèvements de l'ordre de 20 m³/ha (hors dégâts d'abattage) sont envisageables, ils nécessiteront des rotations d'une trentaine d'années au moins pour assurer une gestion durable des peuplements. Les dégâts d'abattage concernent environ 7 % de la surface totale de la parcelle (voir annexe 8). Le volume concerné par ces dégâts augmentera d'autant la durée de la rotation dans le cadre d'une gestion durable. Des améliorations doivent être obtenues pour réduire ces dégâts dus à l'exploitation. De nombreux efforts sont actuellement réalisés dans ce sens et doivent être généralisés.

L'étude financière des éclaircies en forêt naturelle intégrant les points cités ci-dessus est à développer pour préciser leur rentabilité.

Dans le long terme, l'évolution de la biodiversité au sein de ces forêts de production doit faire l'objet d'un suivi. Les études concernant la régénération naturelle devront y être incluses.

BIBLIOGRAPHIE

Aké Assi (L.) 1992.

Aspects floristiques de l'aménagement de la forêt naturelle et des produits secondaires utilisés par la population locale. Tropenbos. Séminaire sur l'aménagement intégré des forêts denses humides et des zones agricoles périphériques, Abidjan, Côte d'Ivoire : 221-227.

Aubréville (A.) 1957.

Accord à Yangambi sur la nomenclature des types africains de végétation. Bois et Forêts des Tropiques, 51: 2327.

Aubréville (A.) 1959.

La flore forestière de Côte d'Ivoire. 2ème Edition. CTFT. (1), 369 p. (2), 341 p. (3), 334 p.

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. Thèse de Doctorat, Université de Nancy I, 254p.

Bertault (J.G.), Dupuy (B.), Maitre (H.F.) 1992.

Recherches sylvicoles pour un aménagement durable en forêt dense humide. IUFRO Berlin, 19 p.

Bertrand (A.) 1983.

La déforestation en zone de forêt en Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques. 202 : 3-18.

Cailliez (F.), Goudet (J.P.) 1977.

Aménagement des périmètres de Mopri - Téné - Irobo. Méthodologie. SODEFOR/ CTFT. 23 p.

Cailliez (F.), Miélot (J.) 1977.

Aménagement expérimental : Méthodologie. SODEFOR. 22 p.

Dagnélie (P.) 1986.

Théorie et méthodes statistiques. Vol. 2. Presses agronomiques de Gembloux. 463 p.

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. IDEFOR/CIRAD. Abidjan. Côte d'Ivoire. 70 p.

Dupuy (B.), Doumbia (F.), Diahuissie (A.), Brevet (R.) 1997.

Effet de deux types d'éclaircies en forêt dense ivoirienne. Bois et Forêts des Tropiques, 252 : 5-21.

Durrieu de Madron (L.) 1993.

Mortalité, chablis et rôle des trouées dans la sylvigénèse avant et après exploitation sur le dispositif sylvicole de Paracou - Guyane française Thèse de doctorat ENGREF/CIRAD-forêt, 202 p. + annexes.

Efron (B.), Tibshirani (R.) 1993.

An introduction to the bootstrap. Chapman & Hall eds. 436 p.

Fairhead (J.), Leach (M.) 1998.

Réexamen de l'étendue de la déforestation en Afrique de l'Ouest au XX^{ème} siècle. Unasylva 192 vol.49:38-45

Favrichon (V.) 1995.

Modèle matriciel déterministe en temps discret - application à l'étude de la dynamique d'un peuplement forestier tropical humide (Guyane française). Thèse de l'université Claude Bernard Lyon I., 252 p + annexes.

Lanly (J.P.) 1991.

The status of tropical forests. International Student Forest Symposium. UCNW. Bangor, Wales : 3-15.

Maître (H.F.), Hermeline (M.) 1985.

Dispositif d'étude de l'évolution de la forêt dense ivoirienne suivant différentes modalités d'intervention sylvicole. CTFT. 83 p.

Maître (H.F.) 1990.

Recherche 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 », World Bank environment paper, number 1 : 146-158.

Mengin-Lecreulx (P.) 1990.

Simulation de la croissance d'un peuplement de forêt dense : le cas de la forêt de Yapo. SODEFOR/CTFT, 56 p.

Miélot (J.), Bertault (J.G.) 1980.

Etude dynamique de la forêt dense de Côte d'Ivoire. SODEFOR/CTFT, 166 p.

Moser (J.W.) 1978.

Discrete time Markov process. USDA for. serv. tech. rep., NC-46 : 21-27.

Schnell (R.) 1971.

Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Introduction à la phytogéographie comparée des pays tropicaux. 2 Vol., C.N.R.S., Gauthier-Villars Editeur, 500 p., 452 p.

Sheil (D.), David (F.R.), Burslem (P.), Alder (D.) 1995.

The interpretation and misinterpretation of mortality rates measures. Journal of tropical ecology 83 : 331-333.

Usher (M.B.) 1966.

A matrix approach to the management of renewable resources, with special reference to selection forests. J. Appl. Ecol. 3 : 335-367.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Liste des essences commerciales par catégories

En Côte d'Ivoire, les espèces commercialisées en bois d'oeuvre sont regroupées en trois catégories selon leurs qualités (grande qualité / qualité moyenne / moindre qualité). Les espèces de première catégorie sont les espèces les plus recherchées, pour l'ébénisterie et le tranchage en particulier.

Catégorie 1

Nom pilote	Nom scientifique	Famille	Code
Aboudikro (Sapelli)	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	Méliacée	102
Acajou bassam	<i>Khaya ivorensis</i>	Méliacée	103
Acajou blanc	<i>Khaya anthotheca</i>	Méliacée	103
Aiélé	<i>Canarium schweinfurthii</i>	Burséracée	106
Akatio (Longhi)	<i>Gambeya africana</i>	Sapotacée	107
Ako	<i>Antiaris africana</i>	Moracée	108
Akossika	<i>Scottelia spp.</i>	Flacourtiacée	109
Amazakoué	<i>Guibourtia ehie</i>	Césalpiniacée	110
Aniégré blanc	<i>Aningeria robusta</i>	Sapotacée	111
Aniégré rouge	<i>Gambeya gigantea</i>	Sapotacée	112
Assamela	<i>Pericopsis elata</i>	Papilionacée	114
Avodiré	<i>Turraeanthus africanus</i>	Méliacée	116
Azobé	<i>Lophira alata</i>	Ochnacée	117
Azodau	<i>Azelia bella</i>	Césalpiniacée	118
Badi	<i>Nauclea diderrichii</i>	Rubiacée	120
Bahia	<i>Hallea ciliata</i>	Rutacée	122
Bété	<i>Mansonia altissima</i>	Sterculiacée	123
Bossé	<i>Guarea cedrata</i>	Méliacée	127
Dibétou	<i>Lovoa trichilioides</i>	Méliacée	130
Difou	<i>Morus mesozygia</i>	Moracée	131
Faro	<i>Daniellia thurifera</i>	Césalpiniacée	135
Fraké (Limba)	<i>Terminalia superba</i>	Combrétacée	136
Framiré	<i>Terminalia ivorensis</i>	Combrétacée	137
Fromager	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacacée	138
Ilomba	<i>Pycnanthus angolensis</i>	Myristicacée	140
Iroko	<i>Milicia regia, M. excelsa</i>	Moracée	141
Kondroti	<i>Rhodognaphalon brevicuspe</i>	Bombacacée	145
Kosipo	<i>Entandrophragma candollei</i>	Méliacée	146
Kotibé	<i>Nesogordonia papaverifera</i>	Sterculiacée	147
Koto	<i>Pterygota macrocarpa</i>	Sterculiacée	148
Lingué	<i>Azelia africana</i>	Césalpiniacée	151
Makoré	<i>Tieghemella heckelii</i>	Sapotacée	156
Movingui	<i>Distemonanthus benthamianus</i>	Césalpiniacée	158
Niangon	<i>Heritiera utilis</i>	Sterculiacée	159
Samba	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	Sterculiacée	166
Sipo	<i>Entandrophragma utile</i>	Méliacée	167
Tali	<i>Erythrophleum ivorense</i>	Césalpiniacée	169
Tiama	<i>Entandrophragma angolense</i>	Méliacée	171

Catégorie 2

Nom pilote	Nom scientifique	Famille	Code
Abalé	<i>Petersianthus macrocarpus</i>	Lécythidacée	201
Ba	<i>Celtis mildbraedii</i>	Ulmacée	219
Bahé	<i>Fagara macrophylla</i>	Rutacée	221
Bi	<i>Eribroma oblonga</i>	Sterculiacée	224
Bodioa	<i>Anopyxis klaineana</i>	Rhizophoracée	225
Dabéma	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	Mimosacée	229
Eho	<i>Ricinodendron africanum</i>	Euphorbiacée	232
Emien	<i>Alstonia boonei</i>	Apocynacée	233
Etimoé	<i>Copaïfera salikounda</i>	Césalpiniacée	234
Iatandza	<i>Albizia ferruginea</i>	Mimosacée	239
Kroma	<i>Klainedoxa gabonensis</i>	Irvingiacée	249
Lohonfé	<i>Celtis adolphi-frederici</i>	Ulmacée	253
Lotofa	<i>Sterculia rhinopetala</i>	Sterculiacée	255
Melegba	<i>Berlinia confusa</i>	Césalpiniacée	257
Melegba des galeries	<i>Berlinia grandiflora</i>	Césalpiniacée	257
Oba	<i>Bombax buonopozense</i>	Bombacacée	260
Pouo	<i>Funtumia spp.</i>	Apocynacée	264
Vaa (Limballi)	<i>Gilbertiodendron preussii</i>	Césalpiniacée	272

Catégorie 3

Nom pilote	Nom scientifique	Famille	Code
Adjouaba	<i>Dacryodes klaineana</i>	Burséracée	304
Adjouaba à racines aériennes	<i>Santiria trimera</i>	Burséracée	304
Adomonteu	<i>Anthonotha fragans</i>	Césalpiniacée	305
Aniando	<i>Gambeya subnuda</i>	Sapotacée	
Aniando à petits fruits	<i>Gambeya taiense</i>	Sapotacée	
Aribanda	<i>Trichilia tessmannii</i>	Méliacée	313
Aribanda des montagnes	<i>Trichilia splendida</i>	Méliacée	313
Asan	<i>Celtis zenkeri</i>	Ulmacée	315
Bodo	<i>Detarium senegalense</i>	Césalpiniacée	326
Dabé	<i>Erythroxylum mannii</i>	Erythroxylacée	328
Kékélé	<i>Holoptelea grandis</i>	Ulmacée	342
Kodabéma	<i>Aubrevillea kerstingii</i>	Mimosacée	343
Koframiré	<i>Pteleopsis hylodendron</i>	Combrétacée	344
Lati	<i>Amphimas pterocarpoïdes</i>	Césalpiniacée	350
Lo	<i>Parkia bicolor</i>	Mimosacée	352
Loloti	<i>Lannea welwitschii</i>	Anacardiacee	354
Ouochi	<i>Albizia zygia</i>	Mimosacée	361
Pocouli	<i>Berlinia grandiflora</i>	Césalpiniacée	362
Poré-Poré	<i>Sterculia tragacantha</i>	Sterculiacée	363
Rikio des rivières	<i>Uapaca heudelotii</i>	Euphorbiacée	365
Rikio des marais	<i>Uapaca paludosa</i>	Euphorbiacée	365
Rikio	<i>Uapaca guineensis</i>	Euphorbiacée	365

Sougué	<i>Parinari excelsa</i>	Rosacée	368
Tchiebuessain	<i>Xylocarpus evansii</i>	Mimosacée	370
Zaizou	<i>Gymnostemon zaizou</i>	Simaroubacée	373

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 usages multiples. Parmi ces plantes, il faut citer, sans pouvoir être exhaustif (Aké Assi 1992) :

Les plantes médicinales

Alafia multiflora, *Carpolobia lutea*, *Cnestis ferruginea*, *Corynanthe pachyceras*, *Holarrhena floribunda*, *Lannea nigritana*, *Leea guineensis*, *Monodora myristicata*, *Okoubaka aubrevillei*, *Pachypodanthium staudtii*, *Piper guineense*...

Les plantes alimentaires de cueillette

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

Les plantes utilisées dans le milieu rural et l'artisanat

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

ANNEXE 2 : Méthode du recrutement pondéré

L'étude du recrutement par traitement et toutes essences confondues, ne permet pas de comparer des traitements entre eux, même pour une essence donnée. En effet, le recrutement est fonction de deux choses : le nombre d'individus de la classe de diamètre précédant le seuil de recrutement (par exemple ici la classe de moins de 10 cm de diamètre pour un diamètre de recrutement de 10 cm), représentant le potentiel, et la vitesse de croissance de ces individus. Le potentiel dépend de la structure diamétrique de l'espèce, elle-même reliée à l'histoire du peuplement et au tempérament de l'essence (*cf.* fig. A).

Nous ne disposons d'aucune donnée utilisable sur les arbres de moins de 10 cm de diamètre. Cependant, ce potentiel peut être pris en compte en étudiant le recrutement des tiges à un diamètre D supérieur à 10 cm de diamètre, entre les temps T et T_0 par rapport au nombre de tiges vivantes de diamètre de 10 à D cm au temps T_0 .

D'autre part, chaque année des arbres recrutés sont oubliés lors des inventaires de terrain. Cela est visible quand on calcule les recrutements aux diamètres de 10 à 16 cm¹³. En effet, certains petits arbres sont jugés « à l'oeil » sur le terrain d'un diamètre inférieur à 10 cm sans vérification par une mesure directe sur le tronc. Le recrutement sera donc considéré à partir de 11 cm.

Ainsi, pour pouvoir comparer le recrutement d'une essence donnée ou d'un groupe d'essences donné entre deux traitements, le rapport du nombre de recrutés sur le potentiel sera calculé pour le diamètre de recrutement de 14 cm en fonction du nombre initial d'arbres vivants de 11 à 14 cm (intervalle de recrutement). Le recrutement sera étudié sur deux ans, entre les campagnes 1 et 2 et entre les campagnes 6 et 7. Cette méthode est appelée le "recrutement pondéré" (*cf.* fig. B).

¹³ Les calculs sont effectués sur la circonférence, car le fait d'arrondir au diamètre entier le plus proche crée un biais pour les effectifs de classes aussi petites.

Figure A : Recrutement en fonction de la structure diamétrique avec l'ancienne méthode de calcul

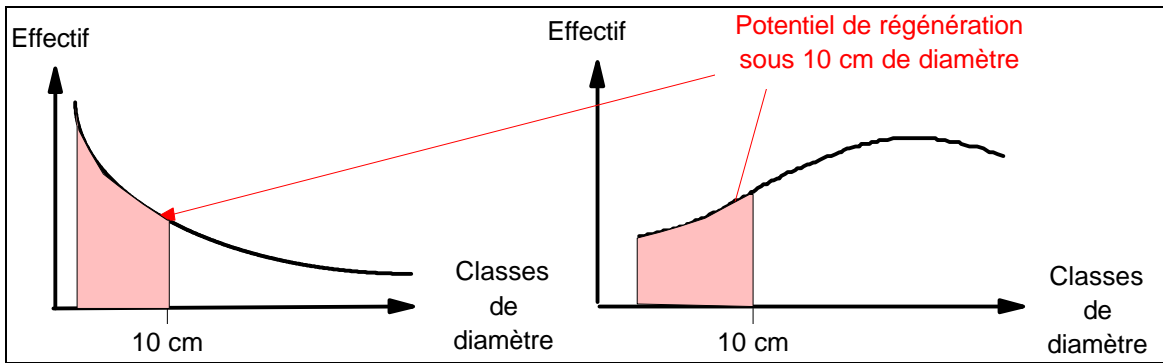
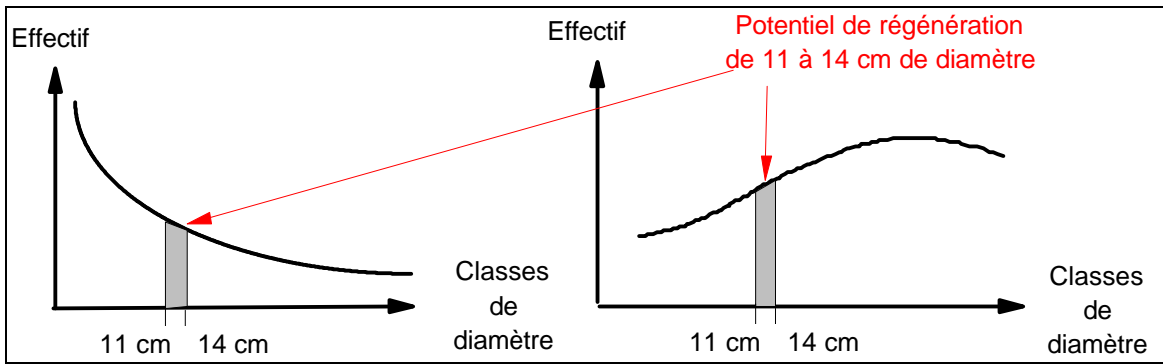


Figure b : Méthode du recrutement pondéré



ANNEXE 3 : Accroissements diamétriques moyens sur douze ans par essence et par traitement, en cm/an - arbres de 10 à 70 cm de diamètre

Essence	Témoïn			Eclaircie moyenne			Eclaircie forte		
	N	Accroiss.	Ecart type	N	Accroiss.	Ecart type	N	Accroiss.	Ecart type
Adjouaba	1230	0.12	0.12	765	0.26	0.19	731	0.31	0.20
Adomonteu	34	0.38	0.41	-	-	-	-	-	-
Ako	39	0.34	0.30	24	0.95	0.63	-	-	-
Akossika	253	0.10	0.13	184	0.24	0.19	154	0.26	0.19
Bahé	31	0.41	0.34	22	0.80	0.45	25	0.76	0.32
Bahia	29	0.08	0.10	33	0.24	0.24	21	0.37	0.29
Bodioa	34	0.35	0.29	-	-	-	-	-	-
Dibétou	24	0.33	0.46	22	0.46	0.45	-	-	-
Faro	41	0.36	0.39	23	0.51	0.34	-	-	-
Ilomba	24	0.39	0.27	-	-	-	-	-	-
Kondroti	54	0.24	0.28	49	0.43	0.36	33	0.43	0.33
Kroma	-	-	-	-	-	-	20	0.42	0.27
Lati	80	0.22	0.34	89	0.39	0.51	62	0.34	0.34
Lo	92	0.45	0.45	85	0.75	0.50	85	0.69	0.45
Makoré	52	0.18	0.19	41	0.32	0.24	21	0.33	0.33
Méliacées*	23	0.28	0.26	23	0.40	0.40	22	0.44	0.36
Niangon	1057	0.36	0.33	839	0.58	0.39	611	0.68	0.42
Pocouli	-	-	-	20	0.52	0.27	-	-	-
Pouo	21	0.59	0.40	-	-	-	29	1.08	0.44
Rikio	418	0.62	0.55	152	0.88	0.51	193	0.84	0.59
Sougué	48	0.40	0.41	44	0.78	0.55	34	0.65	0.53
Tali	20	0,62	0,50	11	0,72	0,54	11	1,15	0,51
Tiama	23	0.28	0.26	23	0.40	0.40	22	0.44	0.36
Vaa	34	0.08	0.13	-	-	-	-	-	-

* Méliacées = *Sapelli*, *Sipo*, *Kosipo* et *Tiama* réunis

N= nombre d'individus sur lesquels ont été calculés les accroissements

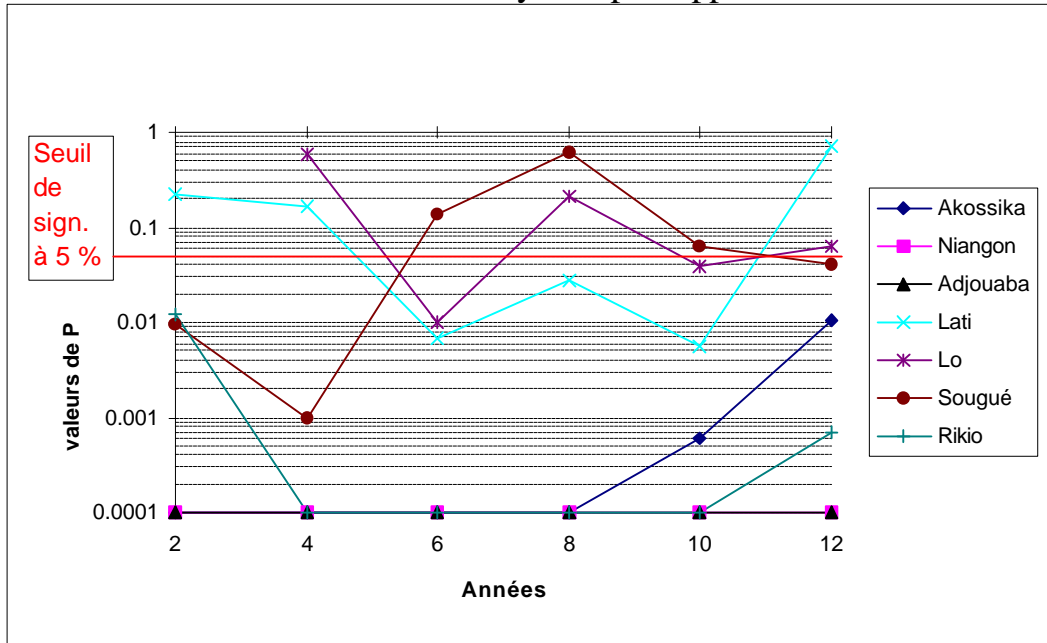
ANNEXE 4 : Densité, surfaces terrière et taux de mortalité par parcelle

	Parcelles	Densité (N/ha)	Surface terrière (m ² /ha)	Taux de mortalité annuel (en %)
Témoïn	2	462,3	25,4	0,78
	6	444,3	27,3	0,94
	7	480,6	26,8	0,58
	8	486,8	23,6	0,79
	9	435,3	23,1	0,66
	11	418,6	24,2	0,70
	14	480,3	25,1	0,65
	17	437,8	25,5	0,68
	22	437,8	25,2	1,69
	25	450,3	23,5	1,13
Eclaircie moyenne	3	423,8	17,2	1,05
	4	450,8	18,7	0,91
	10	524,3	20,4	0,65
	12	416,3	19,5	1,00
	13	403,8	18,6	0,92
	15	480,6	22,2	1,03
	16	416,6	19,5	0,95
	23	421,3	17,6	0,81
Eclaircie forte	1	398,6	15,0	0,75
	5	441,3	15,0	1,08
	18	362,6	16,9	0,96
	19	378,8	15,2	0,97
	20	382,8	14,9	0,63
	21	375,3	15,7	1,11
	24	351,8	14,8	0,81

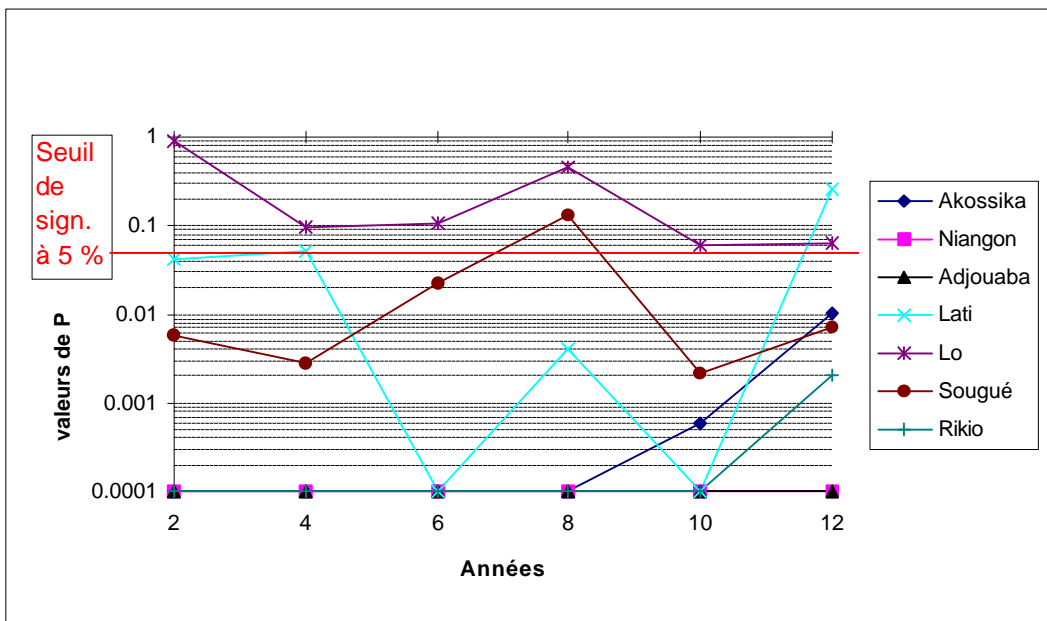
Notes : Le taux de mortalité est calculé sur dix ans, de la campagne 1 à la campagne 6.
La densité et la surface terrière sont relevés à la campagne 1.

ANNEXE 5 : Evolution de la significativité des différences d'accroissements entre traitements, pour les arbres de 10 à 20 cm de diamètre

Réaction de l'éclaircie moyenne par rapport au témoin

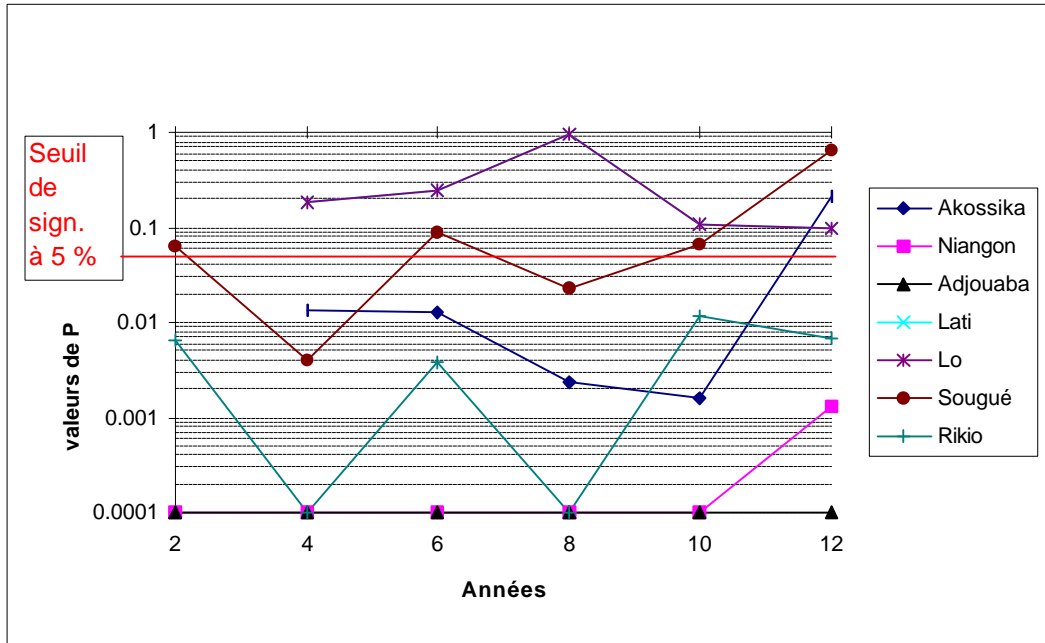


Réaction de l'éclaircie forte par rapport au témoin



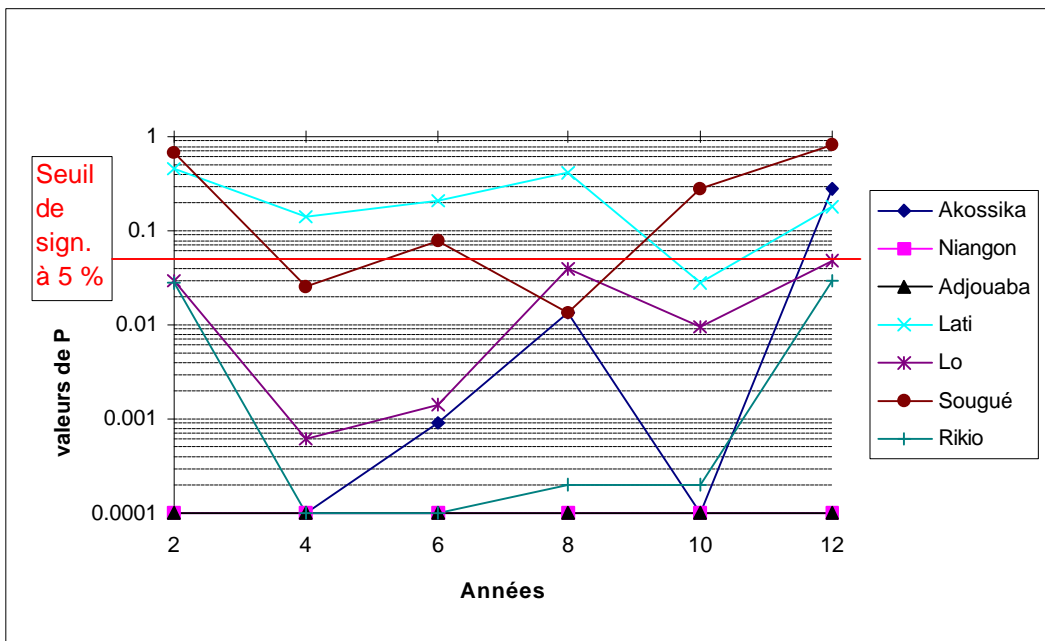
ANNEXE 5 suite : Evolution de la significativité des différences d'accroissements entre traitements, pour les arbres de 20 à 50 cm de diamètre

Réaction de l'éclaircie moyenne par rapport au témoin



Les portions de courbes manquantes correspondent à un effectif trop faible pour pouvoir mettre en évidence en différence de manière significative la différence d'accroissement observée.

Réaction de l'éclaircie forte par rapport au témoin



ANNEXE 6 : La méthode du remplacement

La comparaison de l'accroissement en surface terrière entre les parcelles témoins et traitées est difficile à interpréter puisque en plus d'une différence potentielle globale, il y a une différence de distribution diamétrique. La comparaison directe rend ces deux effets indiscernables. La méthode du remplacement est une méthode de rééchantillonnage du type bootstrap (Efron et Tibshirani, 1993) qui recrée une distribution diamétrique semblable à celle des parcelles traitées mais avec des accroissements semblables à ceux des parcelles témoins. La comparaison est ainsi corrigée de l'effet de la structure diamétrique.

Cela consiste alors à appliquer les accroissements observés pour chaque arbre en parcelles témoins à chaque arbre des parcelles traitées et cela par classe de diamètre et à comparer les valeurs observées aux valeurs simulées. En pratique, on travaille à l'aide des surfaces terrières par hectare.

Les accroissements moyens par arbre en surface terrière, par classe de diamètre et pour une essence donnée (ayant un nombre élevé d'individus) sont calculés pour les parcelles témoins. Ces accroissements sont ensuite appliqués à la population en parcelles traitées par classe de diamètre (G simulée).

Le rapport $\frac{\mathbf{G\ observé\ à\ la\ campagne\ 7\ en\ parcelles\ traitées}}{\mathbf{G\ simulée\ avec\ les\ accroissements\ témoins}}$

peut ainsi être calculé et un gain en pourcentage peut être déterminé.

Cette méthode ne fournit que des valeurs brutes sans variance ni écart-type.

Cette méthode peut se résumer comme suit :

	d_1	d_2	d_3	d_N)	Classes de diamètre
	N_1	N_2	N_3	N_N)	Effectifs à la Campagne 1
Parcelles témoins	↓	↓	↓	↓)	
	ac_1	ac_2	ac_3	ac_n)	Accroissements moyens par classe de diamètre observés à la Campagne 7.
	G_1^t	G_2^t	G_3^t	G_N^t)	Surface terrière à la Campagne 1
Parcelles traitées	G_1^t	G_2^t	G_3^t	G_N^t)	Surface terrière à la Campagne 7 (G observée)
	G_1^t	G_2^t	G_3^t	G_N^t)	On ajoute les accroissements témoin moyens à la surface terrière en parcelles traitées calculée à la Campagne 1, par classe de diamètre, soit
	+	+	+	+)	
	ac_1	ac_2	ac_3	ac_N)	
		↓	↓	↓)	
	G_1^s	G_2^s	G_3^s	G_N^s	=	G simulée

ANNEXE 7 : Le modèle de Usher

Ce modèle a été utilisé en Côte d'Ivoire (Mengin Lecreux, 1990) et en Guyane (Favrichon, 1995). Il a été présenté la première fois par Usher, en 1966.

Mengin Lecreux justifiait l'utilisation de ce modèle par le fait que les accroissements pour une essence donnée sont très variables, une grande partie des arbres ayant une croissance nulle. Ceci est vérifié avec les données actuelles : près d'un tiers des arbres ne poussent pas lors des 4 dernières années. Ces accroissements sont liés à la taille de l'arbre, son statut social, son environnement et son histoire. Pour cette raison, il s'est basé sur l'estimation par classe de diamètre des proportions du nombre de tiges qui passent dans la classe de diamètre supérieure, dans un intervalle de temps donné.

L'amplitude des classes de diamètre a été fixée à 5 cm sauf pour les classes de diamètre au dessus de 50 cm. En effet, dans ces classes supérieures, les effectifs deviennent trop faibles pour pouvoir avoir des données utilisables sur les proportions de passage à d'autres classes.

Les classes de diamètre utilisées ont donc été les suivantes dans l'étude présente :

classe 1	: 10 à 15 cm
classe 2	: 15 à 20 cm
classe 3	: 20 à 25 cm
classe 4	: 25 à 30 cm
classe 5	: 30 à 35 cm
classe 6	: 35 à 40 cm
classe 7	: 40 à 45 cm
classe 8	: 45 à 50 cm
classe 9	: 50 à 60 cm
classe 10	: 60 à 90 cm

L'intervalle de temps utilisé est de 2 ans.

Le modèle peut être résumé ainsi :

$$N_1(t+2) = \text{Rec} + P_{11} N_1(t)$$

$$N_2(t+2) = P_{22} N_2(t) + P_{12} N_1(t)$$

$$N_3(t+2) = P_{33} N_3(t) + P_{23} N_2(t) + P_{13} N_1(t)$$

.....

$$N_i(t+2) = P_{ii} N_i(t) + P_{(i-1)+1} N_{i-1}(t) + P_{(i-2)+2} N_{i-2}(t)$$

Pour la dernière classe :

$$N_d(t+2) = P_{dd} N_d(t) + P_{((d-1)+1)} N_{d-1}(t) + P_{((d-2)+2)} N_{d-2}(t)$$

avec les notations suivantes :

Classe i : effectif $N_i(t)$ au temps t et $N_i(t+2)$ au temps $t+2$ ans

P_{ii} = probabilité pour un arbre de la classe i de rester dans cette classe

P_{i+1} = probabilité pour un arbre de la classe i de passer dans la classe supérieure

P_{i+2} = probabilité pour un arbre de la classe i de passer deux classes au dessus

Cette dernière probabilité est très faible par rapport aux autres (de l'ordre du pourcent) mais elle permet d'avoir une meilleure précision.

Tableau a : Distributions observées et modélisée, en parcelles témoins et comparaison entre les deux distributions

Classes de diamètre	Distribution observée à t= 0	Distribution observée à t= 12 ans	Distribution simulée à t=12ans	$\frac{N_{obs12} - N_{sim 12}}{N_{sim 12}}$ en %
10 à 15 cm	1464	1194	1216	-1,9
15 à 20 cm	902	815	802	1,6
20 à 25 cm	648	601	596	0,8
25 à 30 cm	423	452	464	-2,7
30 à 35 cm	269	289	284	1,6
35 à 40 cm	203	207	209	-0,8
40 à 45 cm	156	183	186	-1,7
45 à 50 cm	95	147	147	-0,3
50 à 60 cm	175	222	214	3,7
60 à 90 cm	204	276	257	6,9
toutes classes	4539	4386	4375	0,2

Tableau b : Distributions observées et modélisée, en traitement « éclaircie moyenne »

Classes de diamètre	Distribution observée à t= 0	Distribution observée à t= 12 ans	Distribution simulée à t=20ans	Distribution simulée à t=30ans
10 à 15 cm	981	694	813	796
15 à 20 cm	631	618	545	493
20 à 25 cm	474	478	454	395
25 à 30 cm	308	358	359	346
30 à 35 cm	203	268	263	239
35 à 40 cm	160	202	220	197
40 à 45 cm	122	163	187	194
45 à 50 cm	102	117	139	167
50 à 60 cm	135	174	209	256
60 à 90 cm	173	254	295	341
toutes classes	3289	3326	3484	3424

Tableau c : Distributions observées et modélisée, en traitement « éclaircie forte »

Classes de diamètre	Distribution observée à t= 0	Distribution observée à t= 12 ans	Distribution simulée à t=20ans	Distribution simulée à t=30ans
10 à 15 cm	885	678	860	828
15 à 20 cm	556	573	537	498
20 à 25 cm	385	483	459	398
25 à 30 cm	220	363	385	358
30 à 35 cm	199	229	250	243
35 à 40 cm	114	158	187	188
40 à 45 cm	95	130	155	172
45 à 50 cm	63	111	124	144
50 à 60 cm	99	141	181	221
60 à 90 cm	128	181	219	266
toutes classes	2744	3047	3358	3315

ANNEXE 8 : Dégâts en fonction du volume et du nombre de tiges prélevés

	Nombre de tiges exploitées par ha	Volume exploité (m ³ /ha)	Surface atteinte (%)
API Dimako (SE Cameroun)	0,77	10,8	6,35
API Dimako (SE Cameroun)	0,35	50	5,5
M'Baiki (RCA)	2,6	66	14
M'Baiki (RCA)	4,0		22

Source : Généralités sur l'aménagement des forêts de production de la province de l'Est, API Dimako - Rep du Cameroun 1995.

Figure 1 : Dégâts en fonction du volume prélevé

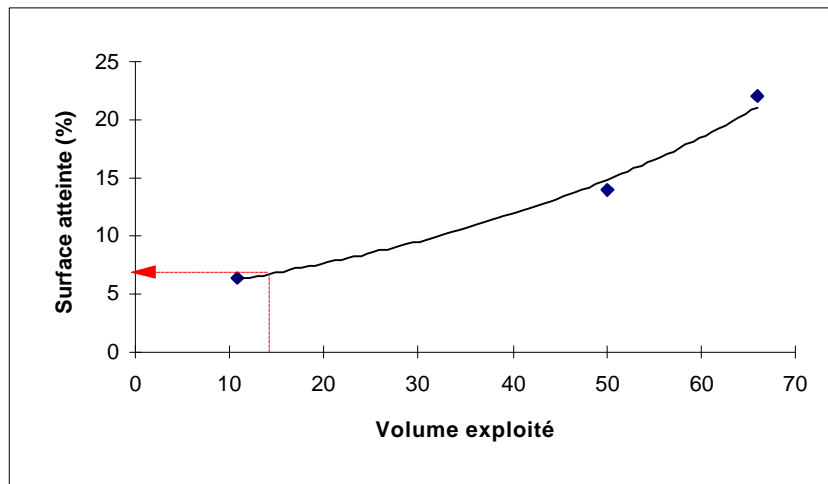
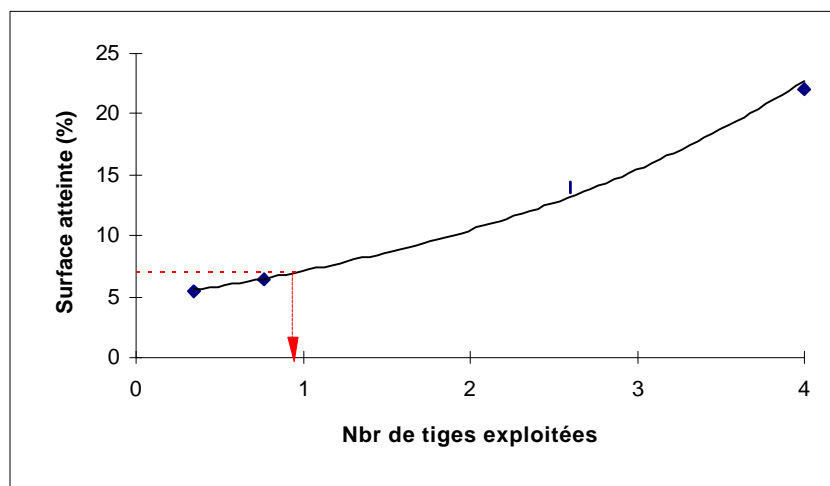


Figure 2 : Dégâts en fonction du nombre de tiges prélevées



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.