

MODELISATION DE LA DYNAMIQUE DU PEUPEMENT D'ESPECES COMMERCIALES APRES ECLAIRCIE SELECTIVE PAR DEVITALISATION EN FORETS NATURELLES DE CÔTE D'IVOIRE

C. I. ZOBİ¹, A. S. GORE-Bİ² et A. P. TANON¹

¹Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny (INP-HB), Département de Foresterie et Environnement.
B.P. 2661, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. Email: icgzobi@gmail.com

²Société de Développement des Forêts (SODEFOR), Unité de Gestion Forestière de Mopri. 01 B.P. 3770 Abidjan 01,
Côte d'Ivoire.

RESUME

L'objectif des dispositifs sylvicoles de Mopri et d'Irobo est d'étudier la dynamique des forêts naturelles de Côte d'Ivoire. L'analyse des données de 1978 à 2008 a permis d'évaluer la dynamique des peuplements d'espèces commerciales selon 2 méthodes, en fonction de 7 classes de surface terrière et de 16 classes de diamètre. Avec la seconde méthode qui estime le taux d'accroissement courant annuel à partir de la moyenne par classe de surface terrière, on obtient la meilleure qualité prédictive du taux d'accroissement diamétrique des arbres ($MCE_{res} = 0,034$ et $R^2 = 99,25\%$). L'évolution de la surface terrière par classe de diamètre montre que l'éclaircie sélective par dévitalisation chimique a un effet positif sur l'accroissement diamétrique des arbres d'espèces commerciales. Cette technique sylvicole profite essentiellement aux arbres de diamètre ≥ 1 m. Avec une proportion d'espèces commerciales de 46,8 %, le dispositif de Mopri est deux fois plus riche que celui d'Irobo (23,5 %). Aussi, les valeurs estimées de l'accroissement courant annuel de la surface terrière sont-elles plus élevées à Mopri. Ce taux est maximal dans les placettes carrées de 1 ha dont la surface terrière est comprise entre 17,5 et 20 $m^2 \cdot ha^{-1}$ à Mopri, et entre 22,5 et 25 $m^2 \cdot ha^{-1}$ à Irobo.

Mots clés : Modélisation, espèce principale, taux d'accroissement, diamètre, surface terrière, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

MODELLING THE DYNAMIC OF COMERCIAL TREES SPECIES STAND AFTER LIBERATION THINNING IN NATURAL RAINFORESTS
OF CÔTE D'IVOIRE

The silvicultural plots of Mopri and Irobo aim to study and to understand dynamics of Ivorian natural rainforests. Analysis of data from 1978 to 2008 allowed to estimate dynamics of crop trees species using 2 methods, according to 7 basal area classes and 16 diameter classes. The second method estimates the annual growth rate as the basal area average calculated from basal area classes. This method is the best one for the calculation of trees annual diameter growth rate of the trees ($MS_{res} = 0.034$ and $R^2 = 99.25\%$). The evolution of the diameter growth rates shows that liberation thinning has a positive effect on the basal area increase of the crop trees species. This silvicultural technic profits mainly to the trees with reference diameter ≥ 1 m. The percentage of crop trees species in Mopri plot is 46.8 % ; that is twice higher than in Irobo plot (23.5 %). The estimated values of the basal area growth rate are also higher in Mopri plot. The diametric growth rate is maximal when the basal area of the quadrat varies from 17.5 to 20 $m^2 \cdot ha^{-1}$ in Mopri plot, and from 22.5 to 25 $m^2 \cdot ha^{-1}$ in Irobo plot.

Keywords : Modelling, crop tree species, growth rate, tree diameter, basal area, Ivory Coast.

INTRODUCTION

Les réflexions sur la création des dispositifs permanents en forêts naturelles ont commencé en 1974 avec le lancement du projet de la FAO visant à créer un dispositif d'expérimentation sylvicole en Malaisie péninsulaire (Leedy, 1989). Ce premier dispositif du genre visait à étudier l'écologie des forêts denses humides (Chave, 2000 ; Tietjen et Huth, 2006). Cette initiative s'est ensuite étendue à d'autres pays, à savoir l'Indonésie, la Guyane, le Brésil, la Centrafrique, le Congo, le Gabon et la Côte d'Ivoire (Silva *et al.*, 1995). L'objectif général de ce vaste réseau de dispositifs sylvicoles permanents est de mieux comprendre le fonctionnement des forêts tropicales naturelles en vue de leur gestion durable. Les objectifs spécifiques ont été définis en tenant compte de l'échec des essais sylvicoles antérieurs, notamment en matière de régénération naturelle et artificielle (FAO, 2009). Pour ce qui concerne la Côte d'Ivoire, l'objectif spécifique est de stimuler l'accroissement courant annuel de la surface terrière des arbres d'espèces commerciales dites « espèces principales ». Pour ce faire, des intensités variables d'éclaircies ont été appliquées au détriment des essences non encore commercialisées dites « espèces secondaires ». Les arbres éliminés par dévitalisation chimique sont essentiellement des semenciers d'espèces secondaires dont la disparition favoriserait la croissance rapide des arbres d'espèces principales dans les parcelles éclaircies.

La présente étude concerne deux des trois dispositifs expérimentaux qui ont été installés en 1978 en Côte d'Ivoire, à savoir le dispositif permanent de Mopri et celui d'Irobo. Les hypothèses émises, sont de savoir, quel est le meilleur estimateur de l'accroissement courant annuel de la surface terrière des arbres ? Cet accroissement dépend-t-il de la surface terrière des placettes ou des classes de diamètre ? Quelles sont les classes de diamètre qui bénéficient réellement des éclaircies sélectives par dévitalisation chimique ? Telles sont les principales questions qui ont suscité les analyses qui suivent. A travers ces interrogations, l'objectif de l'étude est d'évaluer l'impact de l'éclaircie sélective par dévitalisation en forêts naturelles humides de Côte d'Ivoire. Pour ce faire, la méthodologie de calcul du taux d'accroissement courant annuel est évaluée, avant de déterminer l'évolution du diamètre des

arbres d'espèces commerciales en fonction de 7 classes de surface terrière, et de 16 classes de diamètre.

MATERIEL ET METHODES

Les sites d'étude sont situés, l'un à Tiassalé, en forêt semi-décidue (dispositif sylvicole de Mopri) et l'autre, à Sikensi, en forêt sempervirente (dispositif sylvicole d'Irobo). Ces deux dispositifs sylvicoles ont déjà été décrits par Zobi et Chessel (2007). Ces auteurs affirment que parmi les 75 espèces commercialisées en Côte d'Ivoire, 65 espèces (86,7 %) sont représentées à Mopri et à Irobo tandis que 10 (13,3 %) sont absentes dans les deux dispositifs. Aussi, précisent-ils qu'au total, 38 espèces principales sont à la fois présentes à Mopri et à Irobo et 19 autres espèces sont spécifiques à Mopri contre seulement 8 à Irobo.

Le paramètre dendrométrique utilisé pour caractériser l'accroissement diamétrique des arbres est la surface terrière. Pardé et Bouchon (1988) la définissent comme la surface de la section transversale d'un arbre à 1,30 au-dessus du sol. Ainsi, la surface terrière d'un peuplement d'espèces commerciales est-elle la somme (G) des surfaces terrière individuelles (g_i) de tous les arbres qui le composent. Elle s'obtient par la formule : $G = \sum g_i = \frac{\pi}{4} \sum d_i^2$, où d_i désigne le diamètre de l'arbre de surface terrière g_i . La distribution du nombre total N des arbres par classes de diamètre d_i d'effectif n_i permet d'avoir une bonne approximation de la valeur de G, soit : $G = n_a \frac{\pi}{4} d_a^2 + n_b \frac{\pi}{4} d_b^2 + \dots + n_q \frac{\pi}{4} d_q^2 = \frac{\pi}{4} \sum n_i d_i^2$

Les limites inférieure et supérieure des classes de diamètre d_i sont consignées dans le tableau 1. Il s'agit de considérer individuellement l'évolution, après éclaircie, de la surface terrière des espèces les mieux réparties sur toute la superficie du dispositif et ce, en fonction de la surface terrière des placettes carrées de 1 ha. Pour ce faire, deux critères ont permis de déterminer les espèces à analyser. Ce sont, la répartition spatiale et la densité moyenne. La répartition spatiale concerne la représentativité. Afin de disposer d'un nombre suffisant de placettes, un seuil de représentativité supérieur ou égal à 80 % a été fixé. C'est dire que, dans chaque dispositif, seules les espèces qui sont représentées dans au moins 80 des 100 placettes sont prises en compte. Concernant la densité moyenne, les espèces prise en compte ont une densité supérieure ou égale à 5

arbres.ha⁻¹. La liste des espèces principales qui remplissent ces deux critères est consignée dans le tableau 2.

La surface terrière est la variable qui caractérise la croissance diamétrique des arbres dans une placette donnée. Les différentes intensités d'éclaircie appliquées dans les dispositifs d'étude ont permis de constituer 7 classes de surface terrière (Tableau 3). La détermination des bornes inférieure et supérieure des intervalles répond uniquement au souci d'équilibrer le nombre de placettes par classes de surface terrière.

Le test de Student (Steel *et al.*, 1997) combiné au test de Wilcoxon (Yandell, 1997 ; Jeffrey, 2001) ont permis de déterminer le modèle linéaire simple, sans terme constant ($Y_i = a.X_i$), comme étant le meilleur modèle d'ajustement de l'accroissement courant annuel de la surface terrière des placettes. Le terme d'erreur généralisée correspondant à la variance commune aux 100 placettes est égal à 0,43 avec une probabilité $p < 2.10^{-16}$, très hautement significative.

La « pente a » de la droite de régression a donc servi d'estimateur du taux d'accroissement courant annuel de la surface terrière des arbres. L'analyse comparative de deux méthodes (méthode 1 et méthode 2) a permis d'estimer

sans biais la valeur réelle de ce taux. La méthode 1 a consisté à calculer d'abord le taux d'accroissement courant annuel par placette avant d'estimer l'accroissement moyen par classe de surface terrière. La méthode 2 est la démarche inverse qui a consisté à calculer d'abord la surface terrière moyenne par classe de surface terrière avant d'estimer le taux d'accroissement courant annuel. La meilleure des deux méthodes a été déterminée en comparant les coefficients de détermination (R^2) et les moyennes des carrés des écarts résiduels ($MCE_{rés}$).

En fonction des classes de diamètre, l'accroissement du peuplement commercial a été analysé afin de déterminer la dynamique des différentes catégories d'arbres. Pour ce faire, chaque classe de diamètre a été mise en relation avec chaque classe de surface terrière selon la méthode de Tietjen et Huth (2006). Par souci de clarté et de lisibilité des figures, seules les courbes d'évolution du taux d'accroissement dans les classes de diamètre 1 (courbe A), 2 (B), 3 (C), 6 (D), 9 (E), 12 (F), 15 (G) et 16 (H) ont été représentées.

L'analyse des données a été effectuée dans l'environnement du logiciel libre R.3.0.0 (R Core Team, 2013) avec le package additionnel ade4 (Chessel *et al.*, 2004 ; Dray et Dufour, 2007 ; Lafaye de Michaux *et al.*, 2011).

Tableau 1 : Limites inférieure et supérieure des classes de diamètre.

Lower et higher limits of the diameter classes.

Classe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Minimum	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	120	140	>160
Maximum	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	
Amplitude	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	20	20	20	--

Tableau 2 : Liste des espèces principales retenues par dispositif, en fonction des deux critères.

List of the crop tree species retained by plot, according to the two criteria.

	Espèce principale (E_i)	Famille	N°	N_1	N_2	D_1	D_2
Mopri	<i>Scottellia klaineana</i> Pierre	Flacourtiaceae	1	98	98	7,3	8,4
	<i>Chrysophyllum africanum</i> A. DC.	Sapotaceae	2	100	97	9,8	10,4
	<i>Ponteria aningeri</i> (A.Chev.) Aubrév. & Pellegr.	Sapotaceae	3	95	99	6,8	8,0
	<i>Celtis mildbraedii</i> Engl.	Ulmaceae	4	100	100	65,8	78,5
	<i>Guarea cedrata</i> (A.Chev.) Pellegr.	Meliaceae	5	88	90	8,2	9,9
	<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A. Chev.) R. Capuron	Sterculiaceae	6	100	100	7,1	14,2
	<i>Celtis adolfi-friderici</i> Engl.	Ulmaceae	7	93	96	5,5	9,0
	<i>Sterculiarhinopetala</i> K. Schum.	Sterculiaceae	8	99	99	10,3	14,2
Irobo	<i>Dacryodes klaineana</i> (Pierre) H.J. Lam	Burseraceae	1	100	100	28,6	31,6
	<i>Scottellia klaineana</i> Pierre	Flacourtiaceae	2	98	98	6,7	7,2
	<i>Tarrietia utilis</i> (Sprague) Sprague	Sterculiaceae	3	98	98	33,7	33,9
	<i>Uapacaguineensis</i> Müll. Arg.	Euphorbiaceae	4	85	87	11,7	12,2

N_1 et N_2 indiquent respectivement le nombre total de placettes où l'espèce E_i est présente au début (1978) et à la fin (2008) de l'étude ; D_1 et D_2 désignent la densité moyenne de E_i aux mêmes dates.

Tableau 3 : Limites inférieure et supérieure des classes de surface terrière.*Lower et higher limits of the basal area classes.*

Classe de surface terrière (G)	Limites de classe (m ² .ha ⁻¹)
classe 1	G < 17,5
classe 2	17,5 ≤ G < 20
classe 3	20 ≤ G < 22,5
classe 4	22,5 ≤ G < 25
classe 5	25 ≤ G < 27,5
classe 6	27,5 ≤ G < 30
classe 7	G ≥ 30

RESULTATS

COMPARAISON DES METHODES D'ESTIMATION DU TAUX D'ACCROISSEMENT

Les accroissements diamétriques ont été déterminés par la méthode 1, puis par la méthode 2. La figure 1 présente les valeurs estimées (« pente a » de la droite de régression) obtenues à partir des deux méthodes. Pour accroître la qualité de la figure, seules les classes de diamètre 1, 4, 13, et 16 ont été représentées.

La courbe obtenue à partir de la méthode 1 varie peu en fonction de la surface terrière, quel que soit la classe de diamètre. Concernant l'évolution de la courbe obtenue à partir de méthode 2, deux phases ont été distinguées (Figure 1). La première phase montre que le taux d'accroissement diamétrique des arbres évolue

proportionnellement aux classes de surface terrière de 1 à 3 pour les classes de diamètre 1 à 13. Pour la classe de diamètre 16, la courbe est ascendante de la classe de surface terrière 1 à 5, dans la première phase. Ensuite, de la classe de surface terrière 5 à 7, la courbe chute dans la deuxième phase alors qu'un palier est observé au niveau des classes de diamètre 1 à 13. L'évolution du taux d'accroissement atteint la valeur optimale dans la classe de surface terrière 5.

Les résultats du tableau 4 montrent que le coefficient de détermination R², de par la méthode 2, présente une différence très hautement significative par rapport à celui par la méthode 1. Cela indique une variabilité totale du taux d'accroissement par la méthode 2 à 99,25 contre 92,84 % pour la méthode 1. Par ailleurs, la moyenne des carrés des écarts résiduels (MCE_{rés}) par la méthode 2 est 6 fois plus faible que celle par la méthode 1.

Tableau 4 : Comparaison des coefficients de détermination (R²) et des carrés moyens des écarts résiduels (MCE_{rés}) des méthodes 1 et 2.*Comparison of the coefficients of determination (R²) and the residual mean squares (MCE_{rés}) of methods 1 and 2.*

	Méthode 1	Méthode 2	Test de Student	Test de Wilcoxon
R ²	0,9284	0,9925	5,413.10 ⁻⁴ ***	1,923.10 ⁻⁷ ***
MCE _{rés}	0,1962	0,0340	3,12.10 ⁻³ **	3,988.10 ⁻⁴ ***

(*) Significatif ; (**) Très significatif ; (***) Très hautement significatif

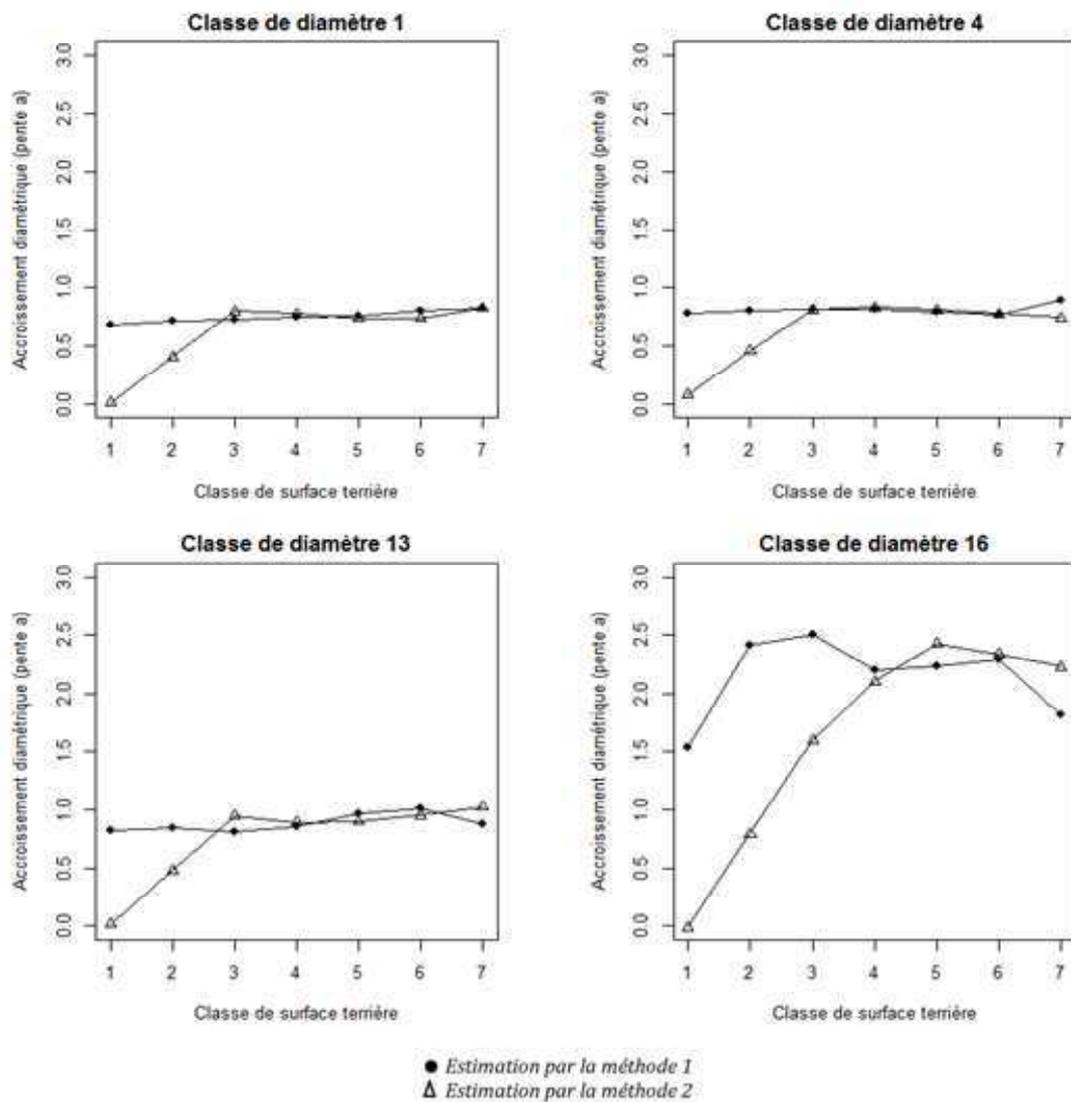


Figure 1 : Evolution des courbes d'accroissements diamétriques estimés par les méthodes 1 et 2 dans les dispositifs de Mopri et d'Irobo.

Evolution curves of the diametric growth rate according to method 1 and 2 in the plots of Mopri and Irobo.

EVOLUTION DES TAUX D'ACCROISSEMENT INDIVIDUEL DES ESPECES PRINCIPALES

La figure 2 représente individuellement l'évolution du taux d'accroissement courant annuel des espèces principales par classe de surface terrière.

A Mopri, les espèces principales *Scottelliaklaineana* (Flacourtiaceae) (1), *Chrysophyllumafricanum* (Sapotaceae) (2) et *Ponteriaaningeri* (Sapotaceae) (3) ont des taux d'accroissement plus faibles que ceux des 5 autres espèces. Ces faibles taux d'accroissement varient peu en fonction de la classe de surface terrière. Les cinq autres espèces principales, à savoir *Celtismildbraedii* (Ulmaceae) (4), *Guareacedrata* (Meliaceae) (5), *Nesogordoniapapaverifera* (Sterculiaceae) (6), *Celtisadolphi-friderici* (Ulmaceae) (7) et *Sterculiarhinopetala* (Sterculiaceae) (8) ont des taux d'accroissement relativement élevés. La valeur maximale est atteinte dans la classe de surface terrière 2. Pour *Sterculiarhinopetala* (8), cette valeur maximale se maintient dans la classe de surface terrière. Elle reste soutenue jusqu'à la classe de surface terrière dans le cas de *Celtismildbraedii* (4).

Pour les 4 essences commerciales qui ont été retenues à Irobo, les valeurs du taux d'accroissement de la surface terrière sont très faibles (Figure 3). Il est possible de regrouper,

deux par deux, ces quatre espèces. D'une part, on a *Tarrietiautilis* (Sterculiaceae) (3) et *Upacaguineensis* (Euphorbiaceae) (4) dont le taux d'accroissement est relativement élevé ; et d'autre part, *Dacryodesklaineana* (Burseraceae) (1) et *Scottelliaklaineana* (Flacourtiaceae) (2) dont le taux d'accroissement est plus faible.

TAUX D'ACCROISSEMENT PAR CLASSE DE DIAMETRE ET DE SURFACE TERRIERE

Le tableau 5 donne les valeurs du taux d'accroissement par classes de diamètre et par classes de surface terrière, à Mopri et à Irobo et la figure 4 représente son évolution dans les classes de diamètre 1(A), 2(B), 3(C), 6(D), 9(E), 12(F), 15(G) et 16 (H) à Mopri. Cette figure révèle une hiérarchisation des courbes d'évolution. L'accroissement diamétrique des arbres de plus gros diamètre reste, en effet, supérieur à celui des plus petits diamètres. Au-delà de la classe de surface terrière 2, le taux d'accroissement par classes de diamètre diminue à mesure que la surface terrière augmente. La diminution des valeurs du taux d'accroissement est de moitié au passage de la classe de surface terrière 2 à la classe 3. Ce taux reste relativement constant de la classe de surface terrière 3 à la classe 5. Une légère hausse des valeurs est observée dans la classe de surface terrière 5, suivie d'une diminution graduelle de la classe 6 à 7.

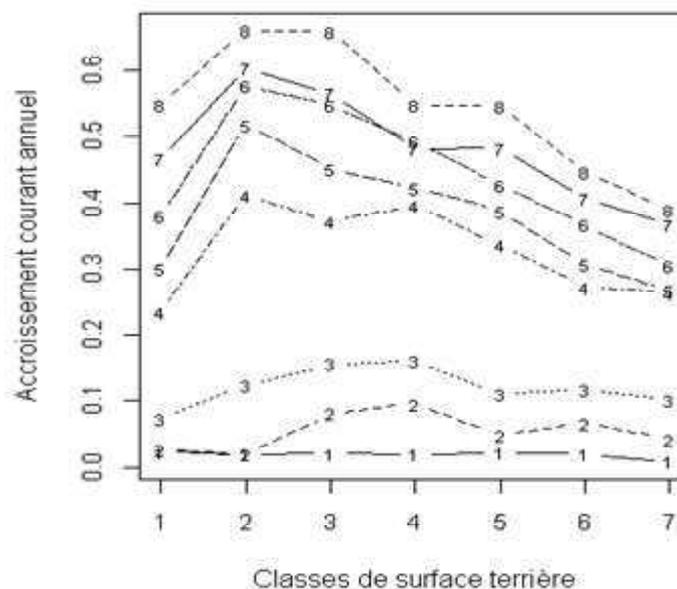


Figure 2 : Evolution de l'accroissement diamétrique des arbres d'espèces principales en fonction des classes de surface terrière, dans le dispositif de Mopri.

Evolution of the diametric growth rate of the crop trees species according to basal area in Mopri plot.

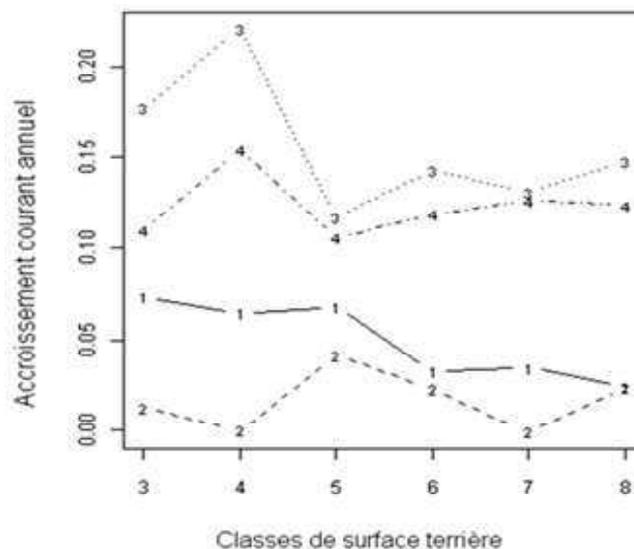


Figure 3 : Evolution de l'accroissement diamétrique des arbres d'espèces principales en fonction des classes de surface terrière, dans le dispositif d'Irobo.

Evolution of the diametric growth rate of the crop trees species according to basal area in Irobo plot.

Tableau 5 : Comparaison des valeurs d'accroissement courant annuel (pente a) par classes de surface terrière et par classes de diamètre dans les dispositifs de Mopri et d'Irobo.

Comparison of the annual growth values (parameter a) by basal area classes and by diameter classes in the plots of Mopri and Irobo.

	Classes de diamètre (cm)	Classes de surface terrière G (m ² .ha ⁻¹)						
		1	2	3	4	5	6	7
Mopri	[10, 15[	0,108	0,295	0,178	0,180	0,199	0,098	0,053
	[15, 20[	0,211	0,497	0,297	0,308	0,388	0,205	0,126
	[20, 25[	0,323	0,710	0,401	0,417	0,502	0,294	0,203
	[25, 30[	0,366	0,884	0,481	0,499	0,600	0,327	0,281
	[30, 35[	0,389	0,971	0,577	0,594	0,679	0,403	0,304
	[35, 40[	0,422	1,073	0,625	0,630	0,713	0,412	0,304
	[40, 50[	0,422	1,051	0,637	0,629	0,736	0,425	0,316
	[50, 60[	0,430	1,027	0,644	0,636	0,750	0,421	0,301
	[60, 70[	0,438	1,096	0,702	0,704	0,783	0,411	0,308
	[70, 80[	0,444	1,121	0,732	0,727	0,780	0,421	0,299
	[80, 90[	0,448	1,124	0,708	0,711	0,805	0,429	0,309
	[90, 100[	0,542	1,148	0,723	0,767	0,784	0,411	0,307
	[100, 120[	0,529	1,178	0,719	0,729	0,810	0,419	0,309
	[120, 140[	0,543	0,997	0,705	0,734	0,739	0,407	0,308
	[140, 160[	0,601	1,333	0,798	0,800	0,788	0,486	0,381
> 160	0,633	1,389	0,911	0,825	0,897	0,487	0,390	
Irobo	[10, 15[	0,011	0,014	0,013	0,011	0,012	0,013	0,013
	[15, 20[	0,033	0,030	0,027	0,025	0,024	0,023	0,022
	[20, 25[	0,024	0,024	0,020	0,021	0,020	0,020	0,021
	[25, 30[	0,023	0,022	0,020	0,019	0,020	0,016	0,016
	[30, 35[	0,025	0,028	0,025	0,023	0,025	0,023	0,019
	[35, 40[	0,018	0,016	0,016	0,015	0,016	0,012	0,012
	[40, 50[	0,026	0,031	0,031	0,030	0,029	0,027	0,025
	[50, 60[	0,023	0,026	0,023	0,022	0,023	0,020	0,019
	[60, 70[	0,017	0,015	0,012	0,012	0,012	0,013	0,011
	[70, 80[	0,009	0,007	0,005	0,004	0,004	0,006	0,005
	[80, 90[	0,007	0,012	0,009	0,011	0,010	0,014	0,014
	[90, 100[	0,012	0,016	0,014	0,011	0,012	0,010	0,012
	[100, 120[	0,018	0,021	0,019	0,021	0,020	0,023	0,020
	[120, 140[	0,022	0,025	0,024	0,022	0,022	0,019	0,018
	[140, 160[	0,024	0,026	0,024	0,026	0,023	0,022	0,021
> 160	0,008	0,008	0,007	0,009	0,009	0,008	0,006	

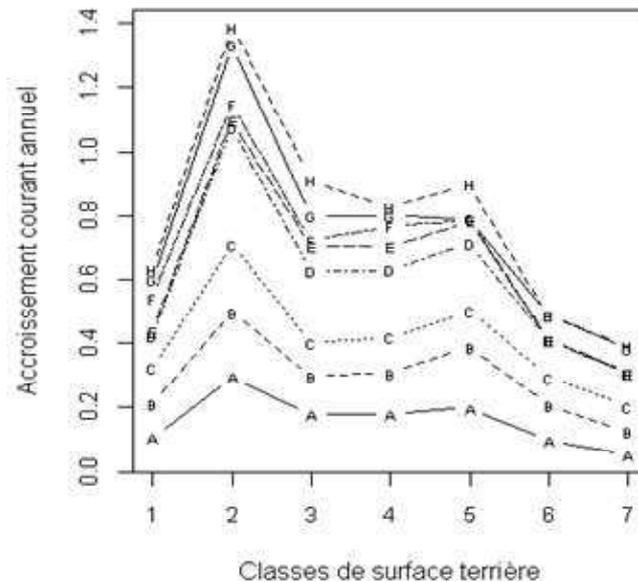


Figure 4 : Accroissement courant annuel par classe de surface terrière et par classe de diamètre dans le dispositif de Mopri.

Annual growth rate according to basal area and diameter classes in Mopri plot.

(Les lettres A, B, C, D, E, F, G, et H désignent respectivement les classes de diamètre 1, 2, 3, 6, 9, 12, 15 et 16)
(Letters A, B, C, D, E, F, G, and H indicate respectively the diameter classes 1, 2, 3, 6, 9, 12, 15 and 16)

DISCUSSION

ESTIMATION DU TAUX D'ACCROISSEMENT COURANT ANNUEL

Selon Pardé et Bouchon (1988), le taux d'accroissement courant annuel du diamètre représente la moyenne de la production diamétrique au cours d'une période donnée de la vie de l'arbre ou du peuplement. Il exprime un gain ponctuel de production (Kariuki, 2008). Concernant les dispositifs sylvicoles de Côte d'Ivoire, Zobi (2002) a déjà assimilé ce taux à la pente d'un modèle linéaire représentant l'évolution du diamètre en fonction du temps. La présente étude confirme ce procédé de calcul et évalue les valeurs estimées du taux d'accroissement diamétrique selon deux méthodes : méthode 1 et 2. La méthode 2 s'est révélée plus précise et plus fiable que la méthode 1. Elle préconise que la meilleure estimation de l'évolution d'un paramètre dendrométrique par catégories de placettes, s'obtient en calculant d'abord la moyenne du paramètre. Ainsi, à Mopri comme à Irobo, l'accroissement de la surface terrière du peuplement commercial est caractérisé par deux phases. La première correspond à un accroissement diamétrique

proportionnel aux surfaces terrières inférieures à $22,5 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, pour les arbres de 10 à 120 cm de diamètre. Pour les arbres de plus de 120 cm de diamètre, cette phase se poursuit dans les placettes dont la surface terrière avoisine $27,5 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. La seconde phase correspond à un palier où le taux d'accroissement diamétrique devient relativement constant. Le point d'inflexion de la courbe se situe dans la catégorie de surface terrière $17,5$ à $20 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. Assmann (1970) affirme que le point d'inflexion désigne la valeur optimale de la surface terrière d'un peuplement. Roy (2005) quant à lui, soutient qu'il indique le renforcement progressif de la compétition pour la lumière entre les arbres. Le résultat obtenu conforte la théorie de l'optimum énoncée par Assmann (1970). Car, la compétition entre les arbres d'espèces principales est plus perceptible à la classe de surface terrière 20 à $22,5 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ qu'au point d'inflexion ($17,5$ à $20 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$).

EVOLUTION DES TAUX D'ACCROISSEMENTS INDIVIDUELS DES ESPECES PRINCIPALES

L'accroissement diamétrique de *Scottellaklaineana*, *Chrysophyllum africanum* et *Ponteriaaningeri* est quasiment nul. Ces trois espèces principales ou essences commerciales

sont à croissance lente (Zobi, 2002). Elles produisent, en effet, des arbres de petits diamètres (50 à 60 cm) qui se rencontrent préférentiellement dans le sous-bois. De plus, *Chrysophyllum africanum* appartient à la famille des Sapotaceae dont le bois est classé dans le groupe commercial LONGHI. Normand et Paquis (1977) caractérisent ce groupe commercial par des bois relativement denses ($D = 0,60$ à $0,80$) et bien colorés (bruns jaunâtres à brun ocrés).

Pour les espèces principales, *Guareacedrata*, *Nesogordoniapapaverifera*, *Guareacedrata*, *Celtisadolphi-friderici* et *Sterculiarhinopetala*, le pic d'accroissement diamétrique est observé à la classe de surface terrière $17,5$ à $20 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. Cette classe enregistre les valeurs maximales d'accroissement diamétrique des arbres d'espèces commerciales à Mopri.

Dans les deux dispositifs, l'évolution de l'accroissement diamétrique des arbres est particulièrement hiérarchisée, quel que soit la classe de surface terrière. Dans l'ordre croissant du taux d'accroissement diamétrique à Mopri, les espèces principales retenues sont ordonnées comme suit : *Chrysophyllum africanum*, *Scottelliaklaineana*, *Celtismildbraedii*, *Guareacedrata*, *Nesogordoniapapaverifera*, *Guareacedrata*, *Celtisadolphi-friderici* et *Sterculiarhinopetala*. Pour les espèces principales retenues à Irobo, le même ordre est : *Scottelliaklaineana*, *Dacryodesklaineana*, *Tarrietiautilis* et *Uapacaguineensis*.

La possibilité de regrouper, deux par deux, les espèces principales d'Irobo pourrait constituer la base de la formation de groupes fonctionnels en vue de la modélisation de la dynamique de production ligneuse (Deleuze, 1996).

TAUX D'ACCROISSEMENTS PAR CLASSE DE DIAMETRE ET DE SURFACE TERRIERE

Le taux d'accroissement courant annuel est proportionnel au diamètre des arbres. Ceci se justifie par la structure hiérarchisée des courbes représentant l'évolution du taux d'accroissement par classe de diamètre et par classe de surface terrière. Les arbres de classes de diamètre supérieures croissent, en effet, plus vite que les arbres de classes inférieures. Ce résultat confirme la conclusion d'Assmann (1970) qui soutient qu'à mesure que la surface terrière d'un peuplement forestier croît, la concurrence pour la lumière s'intensifie entre les arbres au

détriment des arbres de petits diamètres. Ainsi, la décroissance du taux d'accroissement diamétrique est-elle inversement proportionnelle à la surface terrière d'un peuplement (Degen *et al.*, 2006 ; Kariuki, 2008).

Dans le processus de compétition pour la lumière, les arbres de gros diamètres ont un double avantage par rapport aux petits diamètres. Car, de par leur hauteur dominante, les gros arbres bénéficient mieux du rayonnement solaire. De plus, ce sont les bénéficiaires directs des éclaircies sélectives qui ont essentiellement dévitalisé les gros arbres d'espèces secondaires. L'éclaircie sélective a moins profité aux arbres de diamètre ≤ 100 cm. Pour ces arbres, l'ouverture de la canopée n'a pas modifié l'intensité de la concurrence interspécifique ; et de surcroît, ce sont les premières victimes de la chute des branches des arbres qui ont été dévitalisés.

Le pic observé à la classe de surface terrière est conforme à celui observé au sujet de l'accroissement individuel des arbres. Ceci confirme l'intervalle $17,5$ à $20 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ comme étant l'optimum de surface terrière à maintenir après éclaircie sélective par dévitalisation en forêt naturelle. De façon générale, les valeurs du taux d'accroissement sont plus faibles à Irobo qu'à Mopri. Dans les deux sites d'étude, le taux d'accroissement diminue lorsque la surface terrière des placettes croît. Pour les classes de diamètre 1, 4, 7 et 16, le taux d'accroissement diamétrique est maximal à la surface terrière $22,5$ à $25 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Outre la surface terrière, d'autres paramètres tels que la nature du sol (Reinhard et Bernd, 1998) ou la composition floristique (Widenfalk et Weslien, 2009) influencent également l'évolution du taux d'accroissement diamétrique des arbres. Une étude complémentaire incluant ces autres paramètres comme covariables (Park *et al.*, 2005) pourrait fournir des connaissances pratiques en vue de l'aménagement et la gestion durable des forêts tropicales naturelles.

CONCLUSION

L'étude de l'impact de l'éclaircie sélective par dévitalisation chimique en forêts naturelles humides fournit une approche fiable du calcul de l'accroissement courant annuel d'un paramètre dendrométrique par placette (Zeide, 1993 ; Radtke, 1996 ; Doyon, 2004). Basée sur

la méthode des moindres carrés, cette approche prend en compte toutes les données successives (Zeide, 1989), et se décline en deux procédés de calcul, dits méthode 1 et 2. La méthode 2 s'est révélée meilleure pour déterminer l'accroissement diamétrique des arbres ; ce qui justifie la conclusion de Yandell (1997), préconisant de calculer d'abord la valeur moyenne d'une variable quantitative avant d'en évaluer la dynamique temporelle. Dans les deux dispositifs d'étude, Mopri et Irobo, l'analyse des données de 1978 à 2008 a révélé un effet positif des éclaircies sélectives sur l'accroissement diamétrique des arbres d'espèces principales. Cet effet dépend de la surface terrière des placettes et de la classe de diamètre. La plupart des taux d'accroissement de la surface terrière est plus élevée à Mopri qu'à Irobo. La valeur maximale est obtenue dans les placettes de surface terrière 17,5 à 20 m².ha⁻¹ à Mopri, contre 22,5 à 25 m².ha⁻¹ à Irobo. En outre, les éclaircies sélectives par dévitalisation chimique bénéficient surtout aux arbres de plus de 1 m de diamètre de référence.

Au-delà des aspects théoriques, l'étude répond aux préoccupations actuelles des gestionnaires forestiers, notamment celles des sylviculteurs. Car, l'applicabilité des résultats obtenus devrait contribuer au développement des règles simples de gestion sylvicole durable des forêts naturelles de production en Côte d'Ivoire.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'Organisation Internationale des Bois Tropicaux (OIBT) pour le financement de l'étude à travers le programme de bourse «Fonds Freezailah».

REFERENCES

- Assmann E. 1970. The principles of forest yield study. Pergamon Press. New York. 506 p.
- Chave J. 2000. Spatio-temporal Dynamics of tropical forest. *Ann. Phys.* 26, 1 - 189.
- Chessel D., Dufour A. B. and J. Thioulouse. 2004. The ade4 package-I- One-table methods. *R News.* 4 : 5 - 10.
- Degen B., Blanc L., Caron H., Maggia L., Kremer A. and S. Gourlet-Fleury. 2006. Impact of selective logging on genetic composition and demographic structure of four tropical tree species. *Biol. Conserv.* 131 (3) : 386 -401.
- Deleuze C. 1996. Pour une dendrométrie fonctionnelles : essai de l'intégration des connaissances écophysologiques dans les modèles de production ligneuse. Thèse unique de Doctorat de l'ENGREF de Nancy (France). 305 p.
- Doyon F. 2004. Evaluation du modèle d'accroissement par taux de Sylva II. Institut Québécois d'Aménagement de la Forêt Feuillue (IQAFF), Ripon, Québec. Rapport technique. 31 p.
- Dray S. and A. B. Dufour. 2007. The ade4 package : implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software.* 22 (4) : 1 - 20.
- FAO. 2009. Situation des forêts dans le monde 2009. Rome, Italie. 152 p.
- Jeffrey R. F. 2001. Statistical power in forest monitoring. *For. Ecol. Manage.* 151 (1 - 3) : 211 - 222.
- Kariuki M. 2008. Modelling the impacts of various thinning intensities on tree growth and survival in a mixed species eucalypt forest in central Gippsland, Victoria, Australia. *For. Ecol. Manage.* 256 (12) : 2007 - 2017.
- Lafaye de Michaux P., R. Drouilhet. et B. Liquet. 2011. Le logiciel R : maîtriser le langage, effectuer des analyses statistiques. Paris, Springer. 488 p.
- Leedy P. D. 1989. Practical research planning and design. 4th Ed., New York, Macmillan Publishing Co. 312 p.
- Normand D. et J. Paquis. 1977. Manuel d'identification des bois commerciaux. Tome 2, Afrique guinéo-congolaise, CTFT. 335 p.
- Pardé J. et J. Bouchon. 1988. Dendrométrie. 2^e Ed, ENGREF, Nancy, France. 328 p.
- Park A., Justiniano M. J. and T. S. Fredericksen. 2005. Natural regeneration and environmental relationships of tree species in logging gaps in a Bolivian tropical forest. *For. Ecol. Manage.* 217 (2 - 3) : 147 - 157.
- R Core Team. 2013. R : A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>. Consulted on March the 4th 2013.

- Radtke P. J. 1996. Basal Area Growth and Crown Dynamics in a Loblolly Pine Spacing Trial. Thesis, Science in Forestry, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University (USA), 55 p.
- Reinhard F. H. and U. S. Bernd. 1998. Forest ecosystem degradation and rehabilitation. *Ecol. Eng.* 10 (1) : 19 - 31.
- Roy R. L. 2005. Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. *Ecol. Eng.* 24 (4) : 403 - 418.
- Silva J. N. M., De Carvalho J. O. P., Lopes J. C. A., De Almeida B. F., Costa L.C., De Oliveira D. H. M., Vanclay J. K. and J. P. Skovsgaard. 1995. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. *For. Ecol. Manage.* 71 (3) : 267 - 274.
- Steel R. G. D., Torrie J. H. and D. A. Dickey. 1997. Principles and procedures of statistics - A biometrical approach. WCB, McGraw Hill, New York San Francisco, California. 666 p.
- Tietjen B. and A. Huth. 2006. Modelling dynamics of managed tropical rainforests - An aggregated approach. *Ecol. Modell.* 199 (4) : 421 - 432.
- Widenfalk O. and J. Weslien. 2009. Plant species richness in managed boreal forest ; Effects of stand succession and thinning. *For. Ecol. Manage.* 257 (5) : 1386 - 1394.
- Yandell B. S. 1997. Practical data analysis for designed experiments. Chapman and Hall, New York. 437 p.
- Zeide B. 1989. Accuracy of equations describing diameter growth. *Canadian Journal of Forest Resources*, 19 : 1283 - 1286.
- Zeide B. 1993. Analysis of growth equations. *Forest Science*, 39 : 594 - 616.
- Zobi I. C. 2002. Contribution à la gestion sylvicole des forêts humides ivoiriennes à travers l'analyse des dispositifs permanents de Mopri et d'Irobo. Thèse unique de Doctorat de l'Université Claude Bernard Lyon I (France). 204 p.
- Zobi I. C. et D. Chessel. 2007. Analyse des processus d'apparition et de disparition des espèces commerciales dans deux types de forêts humides de Côte d'Ivoire. *Agron. Afr.* 19 (3) : 233 - 249.