



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Expériences sylvicoles au Cameroun : Croissance, mortalité et adaptabilité des espèces de bois d'œuvre dans la station forestière de Mangombé (1964 - 2010)

Jules Romain NGUEGUIM^{1*}, Louis ZAPFACK², Noumi Valéry NOIHA³,
Dieudonné ONANA⁴, Jean Lagarde BETTI⁵ et Bernard RIERA⁶

¹Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD). BP 77 Limbe- Batoké, Cameroun.

²Université de Yaoundé 1, Faculté des Sciences, Département de Biologie Végétale, Yaoundé, Cameroun.

³Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences, Département des Sciences Biologiques, Cameroun.

⁴Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Yokadouma, Cameroun.

⁵Département de Biologie des Organismes Végétaux, Faculté des Sciences, Université de Douala, Cameroun.

⁶UMR 7179, CNRS – MNHN, 4 av du Petit Château, 91800 Brunoy Paris, France.

*Auteur correspondant ; E-mail : njules_romain@hotmail.com; Tel: + 237 6 77 75 90 62

REMERCIEMENTS

Ce travail a été financé par la Fondation Internationale pour la Science (FIS).

RESUME

Au Cameroun, l'exploitation du bois a entraîné la réduction du couvert forestier et son appauvrissement en espèces de bois d'œuvre. Pour remédier à cette situation, de nombreuses plantations forestières ont été créées, puis abandonnées quelques décennies plus tard pour des raisons diverses, ce qui n'a pas permis de capitaliser l'ensemble des connaissances sylvicoles escomptées qui devaient permettre de réhabiliter les forêts et limiter les risques d'épuisement des stocks d'essences commerciales. Le dispositif sylvicole de Mangombé fait partie de ces initiatives, il ne compte plus que 27 parcelles d'arbres constituées de 15 espèces sur une quarantaine plantées. Ce travail, présente l'état de cette station forestière à travers l'étude de la croissance, de la mortalité des arbres et de l'adaptabilité des espèces. Dans chaque parcelle, toutes les tiges ont été inventoriées et leur diamètre à 1,30 m mesurés. Ce paramètre a permis d'établir la structure de population et d'apprécier la possible rentabilité économique des espèces. Les meilleures performances de croissance des arbres sont obtenues chez *Gmelina arborea* Roxb. (Gme-1 : 56 m²/ha) ; *Araucaria cunninghamii* Aiton ex D. Don (Ara-1 : 63 m²/ha) et *Aucoumea klaineana* Pierre (Auc-3 : 80 m²/ha). Les valeurs élevées des écarts types indiquent une croissance disproportionnée des individus à l'intérieur des parcelles. Les espèces présentant une faible mortalité et une proportion importante de tiges exploitées ainsi que de bonnes caractéristiques de croissance comme *G. arborea*, *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G. Don. (51 m²/ha) et *A. klaineana* se sont mieux adaptées au site de plantation et peuvent être recommandées pour les initiatives de reboisement dans la zone. La faible production observée chez un nombre élevé d'espèces est économiquement non rentable au regard des investissements onéreux consentis à la mise en place de la plantation.

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Mangombé, Cameroun, plantation forestière, sylviculture, croissance des arbres, mortalité, adaptabilité.

Sylvicultural experience in Cameroon: Growth, mortality and adaptability of wood species in Mangombe forest plantation (1964 - 2010)

ABSTRACT

In Cameroon, logging has led to a reduction in forest cover and an impoverishment of several wood species. To solve this problem, many forest plantations had been created, then abandoned a few decades later for various reasons. This did not make it possible for foresters and policy makers to acquire expected knowledge from these experiences, which would have led to forest rehabilitation and reduced the risk of commercial wood extinction. Mangombe tree plantation is part of these experiences, which is a remnant of 15 out of 40 originally planted tree species distributed in 27 plots. This work presents the state of Mangombe forest plantation through the study of the growth, mortality of the trees and adaptability of species. All the trees were censused and their diameters measured in each plot. These measurements facilitate the establishment of the population structure and appreciate the economic profitability of the species. The best growth performances of trees were obtained with *Gmelina arborea* Roxb. (Gme-1 : 56 m²/ha) ; *Araucaria cunninghamii* Aiton ex D. Don (Ara-1 : 63 m²/ha) and *Aucoumea klaineana* Pierre (Auc-3 : 80 m²/ha). High values of standard deviations indicate a disproportionate growth of the individuals inside the plot. Species presenting a low mortality and a significant proportion of exploited stems as well as good growth characteristics such as *G. arborea*, *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G. Gift. (51 m²/ha) and *A. klaineana* were better adapted to the site and can be recommended for future initiatives of afforestation in the zone. The low production of certain species is economically non profitable considering the high investment during the establishment of the plantation.

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Mangombé, Cameroon, forest plantation, sylviculture, trees growth, mortality, adaptability.

INTRODUCTION

Au Cameroun, depuis quelques décennies, on note une réelle prise de conscience des acteurs du secteur forestier sur le devenir de la forêt dont les superficies régressent sans cesse suite aux multiples pressions anthropiques émanant d'un ensemble d'acteurs aux intérêts divergeants. Le rapport sur l'état des forêts du bassin du Congo (EDF) en 2008 estime la superficie forestière du Cameroun à 22 523 732 ha, ce qui représente 48% du territoire national. Le taux annuel moyen de déforestation au Cameroun pour la période 1980-1995 est de 0,6%, soit une perte de près de 2 millions d'hectares, il serait monté à 0,9% dans la période 1990 - 2000 et atteint 1% entre 2000 et 2005 (FAO, 2006). Selon Kuyper et al. (2001), plus de 70% des forêts actuelles disponibles sont secondaires et pauvres en bois d'œuvre du fait des défrichements et d'une exploitation forestière industrielle sélective. Parmi les 300 espèces de bois

théoriquement commercialisables des forêts camerounaises, seulement 113 sont exploitées dont une quinzaine représentent à elles seules près de 90% des volumes prélevés et les cinq essences principales (Ayous, Sapelli, Azobé, Fraké et Iroko) constituent 70% de la production en volume estimée à environ 4,3 millions de m³ entre 2008 et 2009 (Cerruti et al., 2010). Dans ce contexte, depuis 1964, de nombreux essais sylvicoles sont apparus comme une nécessité pour réhabiliter l'état forestier et anticiper sur les risques d'épuisement des stocks de bois d'œuvres en milieu naturel. Les plantations d'arbres de Mangombé font parties de ces initiatives sylvicoles ; elles ont permis d'effectuer des essais sur de nombreuses espèces forestières locales et exotiques pour l'approvisionnement continu en bois de l'entreprise Cellulose du Cameroun (Cellucam) et capitaliser les connaissances sylvicoles. La réalisation de ce programme supposait que soient acquises : les connaissances sur le matériel végétal optimal

à utiliser et la possibilité de le reproduire et de le multiplier en masse pour la réalisation des plantations industrielles; ainsi que la connaissance des techniques de mise en œuvre dudit matériel végétal. L'abandon de ces dispositifs sylvicoles à partir des années 1980 alors que toutes les données n'étaient pas encore disponibles, n'a pas permis de capitaliser l'ensemble des efforts et investissements fournis. Owona et al. (2009) indiquent que la plupart des plantations installées en zone forestière du Cameroun ont été irrégulièrement suivies, ce qui est à l'origine de faibles résultats et d'importantes perturbations. Aujourd'hui, les plantations forestières s'inscrivent parmi les enjeux du Mécanisme de Développement Propre (MDP) et de Réduction des Emissions liées à la Déforestation et Dégradation des forêts (REDD+). L'Agence Nationale de Développement des Forêts (ANAFOR) envisage la création de nouvelles plantations d'arbres. Il nous semble pertinent de tirer les leçons des expériences sylvicoles précédentes pour éclairer les nouvelles initiatives. C'est dans ce cadre que cette étude se propose d'effectuer l'état et le bilan des plantations forestières de Mangombé à partir de l'analyse des données sur la croissance, la mortalité des arbres et l'adaptation des espèces.

MATERIEL ET METHODES

Situation géographique de la station forestière de Mangombé

Le dispositif sylvicole de Mangombé est situé entre 03°52 de latitude Nord et 10°09 de longitude Est (Figure 1). La topographie présente un relief de plaine basse avec une altitude qui varie de 10 à 40 m de l'Est vers l'Ouest. Les sols sont beiges, très argileux, profonds et lessivés. La pluviométrie du site est estimée à 2 600 mm/an, elle est caractéristique d'un régime équatorial, pseudo tropical avec une seule saison de pluie marquée par un léger ralentissement des précipitations au mois de juillet et une humidité relative moyenne d'environ 82%. Le site est à l'origine une forêt naturelle riche en

Lophira alata Banks ex P. Gaertn (Azobé, Ochnaceae), *Sacoglottis gabonensis* (Baill.) Urb. (Bidou, Humiriaceae), *Cynometra hankei* Harms (Nkokam, Fabaceae) et *Coula edulis* Baill. (Ewomè, Olacaceae) (Letouzey, 1968). Cette végétation a été progressivement défrichée pour l'installation des plantations d'arbres. Les méthodes sylvicoles testées sont celles des grands layons qui consistent à planter des arbres le long des layons équidistants en maintenant une ambiance forestière et la méthode du recrû procède au défrichage de la forêt avant l'introduction des jeunes plants.

Collecte des données

Dans le dispositif sylvicole de Mangombé, il reste 15 espèces (dont 8 espèces locales et 7 exotiques) sur une quarantaine d'espèces initialement plantées (Tableau 1). Ces espèces sont réparties dans 27 parcelles installées entre 1964 et 1989. Les parcelles diffèrent entre elles par la superficie, l'espèce plantée, l'âge, la provenance des diaspores, la méthode de plantation (grand layons, recrû) et la densité de plantation. Quelques parcelles ont connu des traitements sylvicoles, notamment les entretiens lors des premières années, ceci concerne surtout celles installées avant le départ du Centre Technique Forestier Tropicale (CTFT) en 1975.

A l'intérieur de chaque parcelle, toutes les tiges sur pied ont été comptées, marquées et leur circonférence à 1,30 m du sol mesurée à l'aide d'un mètre ruban. Connaissant l'intervalle entre les arbres, les tiges mortes sont les souches visibles, les arbres morts sur pied ou les arbres absents au lieu où ils devraient se trouver.

Analyse des données

Les paramètres dendrométriques collectés ont permis de caractériser les peuplements et de déduire les valeurs des diamètres (1), accroissements (2) et surface terrière (3).

$$1) \quad C = \pi D_{hp}$$

$$D_{hp} = C / \pi$$

$$Dhp_{moyen} = \sum_{i=1}^n \frac{Dhp_i}{N}$$

$$2) AAM = \frac{Dhp_{moyen}}{\text{âge}}$$

$$3) G = \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^n Dhp_i^2 = \frac{1}{4\pi} \sum_{i=1}^n C_i^2$$

avec C : circonférence en cm, Dhp : diamètre (cm), N: effectif total des arbres, AAM : accroissement annuel moyen et G : surface terrière.

Les données collectées ont été encodées et traitées par le logiciel Microsoft EXCEL®, qui a également servi à élaborer la boîte à moustache (traduction de Box & Whiskers Plot) de Tukey (1977). Les tests ANOVA ont été réalisés dans le logiciel R et ADE-4 version 2.14.0.

RESULTATS

Croissance diamétrique des arbres

Le Tableau 2 présente les valeurs des paramètres indicateurs de croissance. On note pour la même espèce des taux de mortalité très variables entre les parcelles. L'okoumé présente des taux de mortalité élevés dans la parcelle Auc-1 (77%) et bas chez Auc-3 (26%) ; la mortalité observée chez le Dibetou varie de 52% (Lov-2) à 29% (Lov-1); Araucaria (Ara-2) 54% à 33% (Ara-1).

La valeur d'accroissement diamétrique annuelle moyenne (AAM) la plus importante ($1,4 \pm 0,5$ cm) a été observée dans les parcelles de Framiré (Ter-1), Gmelina (Gme-1) et *E. deglupta* (Euc-2). Ce paramètre est faible avec une valeur inférieure à l'unité chez *P. caribaea* (Pin-4 : $0,8 \pm 0,2$ cm).

Les diamètres moyens les plus grands sont enregistrés chez *Newtonia* (New : 55 ± 24 cm), Okoumé (Auc-3 : 49 ± 9 cm) et Ilomba (Pyc : 48 ± 17 cm) et les plus faibles sont observées dans les parcelles de Bété (Man : 19 ± 6 cm) et Dibetou (Lov-1 : 21 ± 10 cm). Ces deux dernières parcelles présentent de faibles valeurs de surface terrière respectivement estimées à 24 m²/ha chez le Bété (Man) et 19 m²/ha (Lov-1) – 26 m²/ha (Lov-2) chez Dibetou. Les meilleurs

performances pour ce paramètre sont observées chez Gmelina (Gme-1 : 56 m²/ha) ; *A. cunninghamii* (Ara-1 : 63 m²/ha) et Okoumé (Auc-3 : 80 m²/ha).

Analyse de la distribution des arbres selon leur diamètre

La boîte à moustaches (Figure 2) élaborée à partir du diamètre des arbres montre une grande hétérogénéité dans la croissance diamétrique des individus à l'intérieur des différentes parcelles, particulièrement dans celles à grands layons. Les plus gros arbres se retrouvent dans les parcelles de grands layons qui sont aussi les plus âgées comme celles d'Okoumé et de Niangon respectivement plantées en 1965 et 1966. Plusieurs parcelles présentent une distribution irrégulière, il s'agit pour les parcelles en recrû de *Dipterocarpus* (Dip), Okoumé (Auc-1), Pin (Pin-4), *Eucalyptus* (Euc-2), Framiré (Ter-3), *Funtumia* (Fun) et Dibetou (Lov-1) et de grands layons *Newtonia* (New-1), Okoumé (Auc-2, 3, 4) et Gmelina (Gme-2). Dans ces parcelles, la croissance en diamètre est très étalée dans le quartile supérieur tandis que *A. cookii* (Ara-3) présente des individus dont les diamètres sont étalés dans le ¼ de la population (moustache inférieure). Quelques parcelles comme celles d'Araucaria (Ara-2) et *E. urophylla* (Euc-1) semblent cependant présenter une distribution proche de la normale (gaussienne).

Les parcelles de Gmelina plantées en 1984 en grands layons présentent une différence significative dans leurs performances de croissance, elles sont plus élevées chez Gme-1 (AAM : $1,4 \pm 0,5$ cm ; Dm : 37 ± 4 cm ; G : 56 m²/ha ; Mortalité : 27% ; écart interquartile : 21 cm) que dans la parcelle Gme-2 (AAM : $1,2 \pm 0,6$ cm ; Dm : 31 ± 7 cm ; G : 38 m²/ha ; Mortalité : 38% ; écart interquartile : 29 cm). Ces valeurs élevées des écarts interquartiles indiquent une hétérogénéité dans la grosseur des 50% d'arbres qui constitue le milieu de la série. Dans la parcelle Gme-1 la valeur de la médiane (39 cm) est supérieure à la moyenne

(37 cm) ce qui rappelle une distribution allongée vers les petites valeurs contrairement à Gme-2 qui présente une distribution allongée vers les grandes valeurs avec une médiane (27 cm) inférieure à la moyenne (31 cm).

Les parcelles d'Okoumé (Auc-1 et Auc-2) présentent de bonnes caractéristiques de croissance avec une surface terrière plus importante dans la parcelle Auc-2 (80 m²/ha) que dans Auc-1 (55 m²/ha) alors que ces parcelles ont des diamètres moyens relativement proches, respectivement estimés à 49 ± 9 cm et 48 ± 1 cm. Cet écart important peut s'expliquer par la mortalité qui est faible (26%) dans la parcelle Auc-2 et élevée chez Auc-1 (49%). Pour ces deux parcelles, on note des valeurs élevées d'écart interquartile et une tendance de la distribution des diamètres à s'allonger vers les grandes valeurs.

Quartiles inférieurs (Q1) et supérieurs (Q4) des effectifs d'arbres par classe de diamètre

Le Tableau 3 donne les caractéristiques des quartiles inférieurs et supérieurs des populations d'arbres dans les parcelles. Certaines parcelles présentent des étendues de séries élevées, il s'agit par ordre d'importance décroissante des Okoumé (Auc-1 : 145 cm, Auc-2 : 125 cm) et Newtonia (New: 106 cm). Ce sont les plus vieilles parcelles installées en grands layons. Plus l'étendue de la série est grande, plus les valeurs des diamètres sont dispersées. Ces parcelles ont pour la majorité un diamètre moyen des arbres supérieur à la médiane, ce qui traduit la présence de nombreux gros arbres qui tirent la moyenne vers le haut.

Les parcelles ayant de faibles valeurs de l'étendue de série traduisant une faible dispersion des diamètres sont celles de Dibetou (Lov-2 : 38 cm et Lov-1 : 47 cm) ; *E. urophylla* (Euc-1 : 35 cm) ; *Araucaria* (Ara-2: 31 cm) et Bété (Man: 30 cm).

Les valeurs élevées de l'écart interquartile chez Ilomba (Pyc : 25 cm) ; Okoumé (Auc-4: 26 cm) ; *Gmelina* (Gme-2: 29 cm) et Newtonia (New: 40 cm) indiquent

que les 50% des tiges du milieu de la série sont hétérogènes ou dispersées. Les individus de ce groupe sont relativement homogènes dans les peuplements de *A. cookii* (Ara-3), Pin (Pin-1) et *A. cunninghamii* (Ara-2) qui présentent de faibles valeurs d'écart interquartiles inférieurs à 12 cm.

La Figure 3 présente les situations les plus différentes de la distribution des arbres par classe de diamètres dans les quartiles inférieurs et supérieurs. On peut noter deux types de distributions, l'une régulière et l'autre irrégulière. Dans le premier quartile, la distribution régulière se traduit par l'augmentation des effectifs avec la grosseur des arbres, suggérant un recrutement progressif des petites tiges dans les classes de diamètres supérieurs comme chez Okoumé (Auc-1), *A. cunninghamii* (Ara-1) (Figures 3a et 3b). Dans le quartile supérieur une distribution régulière est marquée par la réduction progressive des effectifs avec la grosseur des arbres, c'est le cas chez *A. cunninghamii* (Ara-1 et 2) (Figures 3c et 3d).

Les distributions irrégulières peuvent s'observer dans les quartiles inférieurs des parcelles de *A. cunninghamii* (Ara-2), Okoumé (Auc-3) et les quartiles supérieurs de Auc-1 et 2 (Figures 3e, 3f, 3g, 3h). Par définition, le premier quartile, d'une série ordonnée dans l'ordre croissant, est la plus petite valeur de la série pour laquelle on atteint le quart de l'effectif alors que le quartile supérieur est la plus petite valeur de la série pour laquelle les trois quarts de l'effectif sont atteints.

Mortalité des arbres dans les plantations présentant les meilleurs performances de croissance

La Figure 4 présente les taux de survie et la mortalité des arbres selon leurs causes dans les parcelles ayant présentées les meilleures performances de croissance, notamment celles de *Gmelina*, *E. deglupta*, Framiré, Newtonia, Ilomba, *Dipterocarpus* et Okoumé. La mortalité a été répartie en plusieurs types : les arbres absents qui n'ont

pas été repérés au moment de l'inventaire ; les arbres morts sur pied et ceux exploités. Il y a eu de l'exploitation avec des intensités variables dans toutes les parcelles, ce qui suggère la présence de grands arbres au regard de la grosseur des souches. Les espèces présentant un taux de survie élevé et une mortalité due à l'exploitation sont celles qui peuvent être retenues comme s'étant le mieux adaptées au site de plantation. Nous estimons

que les arbres exploités étaient des tiges intéressantes, cela peut s'observer par la grosseur de quelques souches encore visibles. Parmi les espèces les mieux adaptées, on peut citer : Gmelina (taux de survie + mortalité due à l'exploitation : 73% - 90%), Dipterocarpus (66%) et Okoumé (57% - 86%). Il serait nécessaire d'effectuer de nouveaux essais sur les espèces Ilomba, Newtonia et Framiré qui présentent des taux de mortalité élevés.

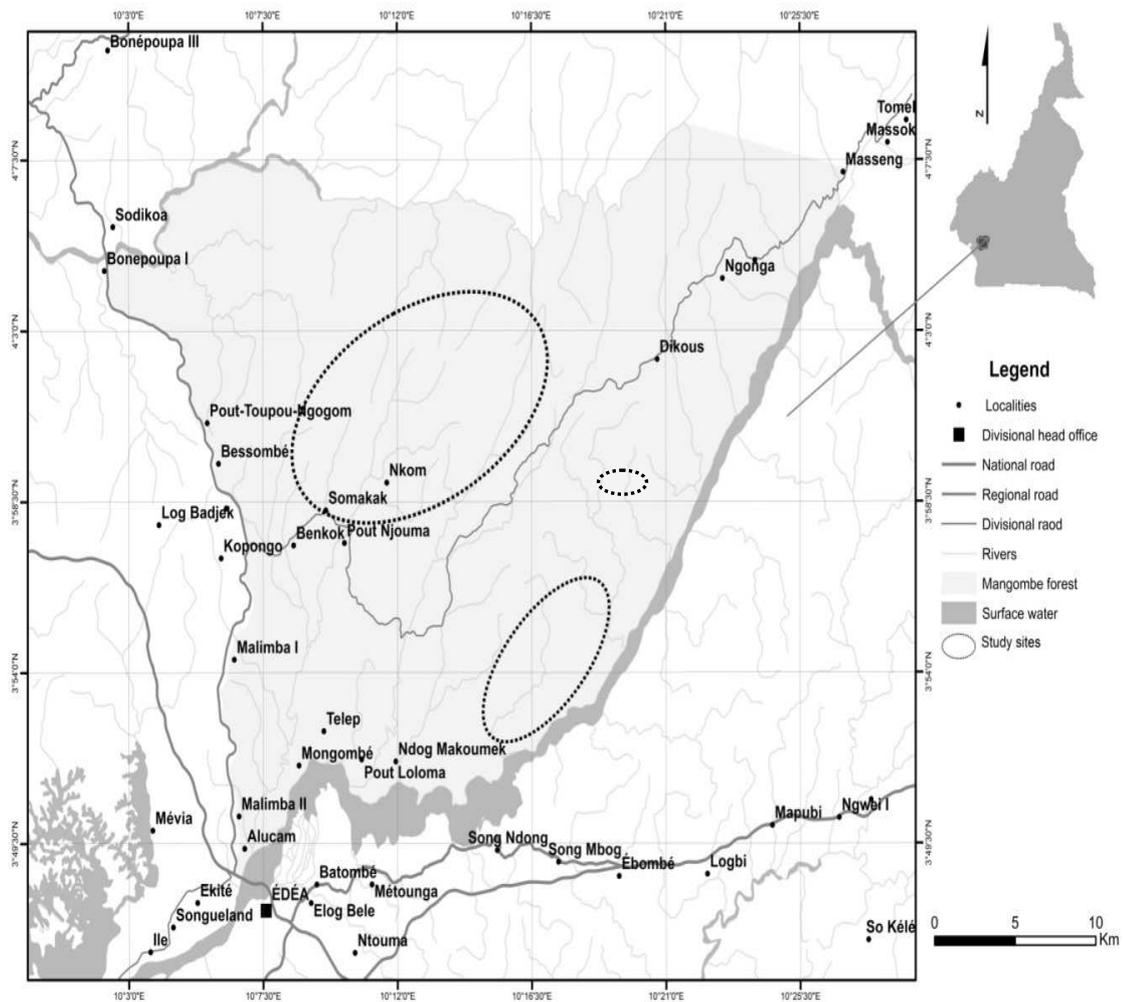


Figure 1 : Localisation des plantations d'arbre dans la station forestière de Mangombé.

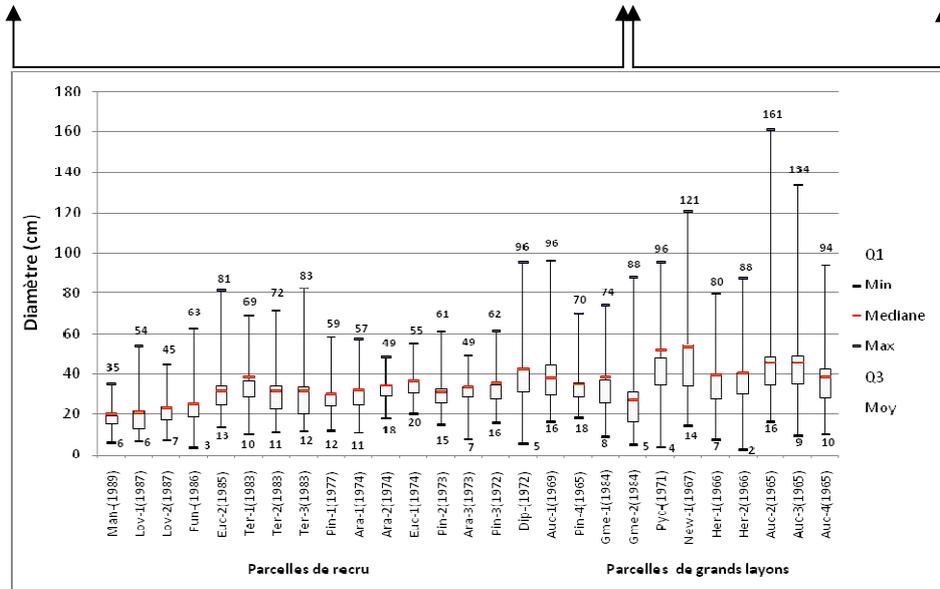
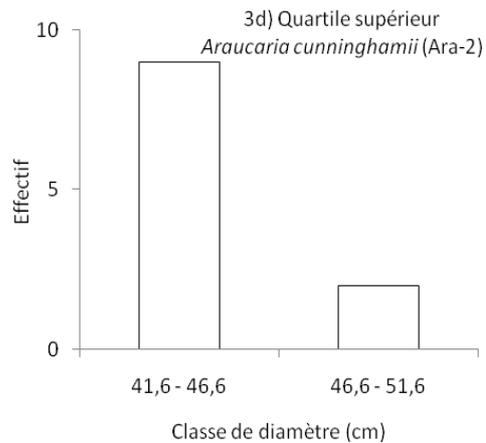
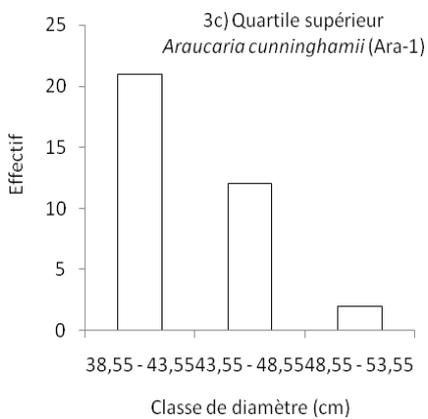
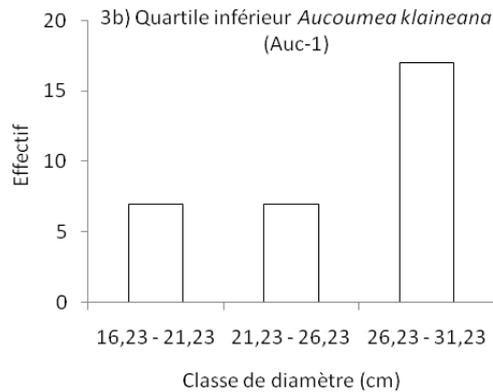
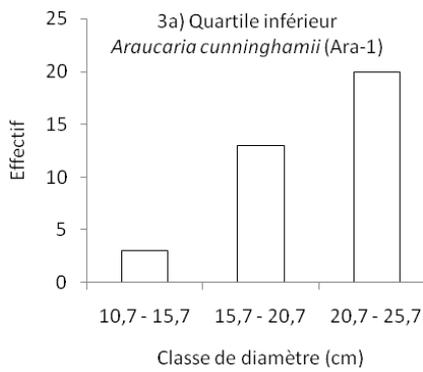


Figure 2 : Boîte à moustaches de la variable diamètre dans les parcelles d’arbre classées par ordre des âges croissants et méthode sylvicole. Les chiffres entre parenthèse désignent l’année de plantation.



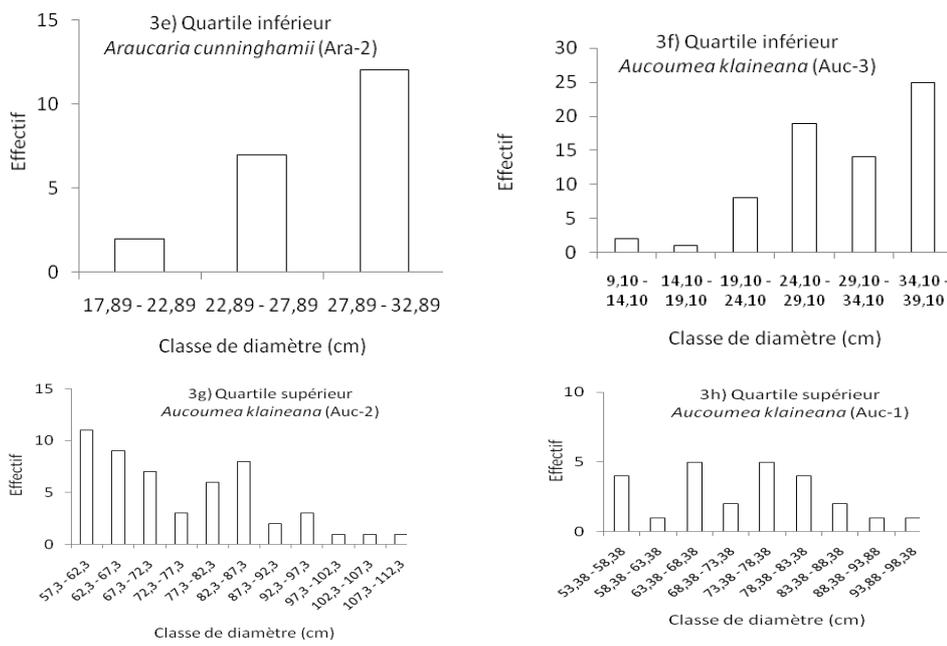


Figure 3 : Types de distribution des arbres par classe de diamètre dans les quartiles inférieurs et supérieurs.

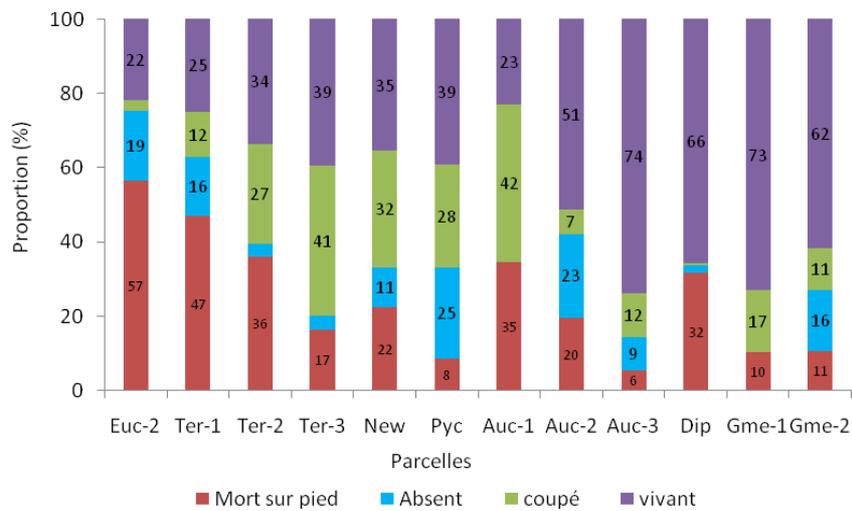


Figure 4 : Taux de survie et mortalité des arbres dans les plantations présentant les meilleures performances de croissance.

Tableau 1 : Caractéristiques des parcelles restantes dans le dispositif sylvicole de Mangombé.

Plantation	Nom commun	Famille	Code plantation	Année de plantation	Interligne (m)	Densité (tiges/ha)
<i>Araucaria cunninghamii</i> Aiton ex D.Don	Araucaria	Araucariaceae	Ara-1	1974	3 x 3	1111
<i>Araucaria cunninghamii</i> Aiton ex D.Don	Araucaria	Araucariaceae	Ara-2	1974	3 x 3	1111
<i>Araucaria cookie</i> R. Br. ex. Endl	Araucaria	Araucariaceae	Ara-3	1973	3 x 3	1111
<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre	Okoumé	Burseraceae	Auc-1	1969	4 x 4	625
<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre	Okoumé	Burseraceae	Auc-2	1965	5 x 4	500
<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre	Okoumé	Burseraceae	Auc-3	1965	4 x 5	500
<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre	Okoumé	Burseraceae	Auc-4	1965	5 x 5	400
<i>Dipterocarpus alatus</i> Roxb. ex G. Don	Dipterocarpus	Dipterocarpaceae	Dip	1972	5 x 4	500
<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T.Blake	Eucalyptus	Myrtaceae	Euc-1	1974	3 x 3	1111
<i>Eucalyptus deglupta</i> Blume	<i>Eucalyptus</i>	Myrtaceae	Euc-2	1985	3 x 3	1111
<i>Funtumia Africana</i> (Benth.) Stapf	Funtumia	Apocynaceae	Fun	1986	3 x 3	1111
<i>Gmelina arborea</i>	Gmelina	Verbenaceae	Gme-1	1984	4 x 4	625
<i>Gmelina arborea</i>	Gmelina	Verbenaceae	Gme-2	1984	4 x 4	625
<i>Heritiera utilis</i> (Sprague) Sprague	Niangon	Sterculiaceae	Her-1	1966	4 x 5	500
<i>Heritiera utilis</i> (Sprague) Sprague	Niangon	Sterculiaceae	Her-2	1966	5 x 5	400
<i>Lovoa trichiloïdes</i> Harms	Dibetou	Meliaceae	Lov-1	1987	4 x 4	625
<i>Lovoa trichiloïdes</i> Harms	Dibetou	Meliaceae	Lov-2	1987	3 x 3	1111
<i>Mansonia altissima</i> (A.Chev.) A.Chev.	Bété	Sterculiaceae	Man	1989	2 x 3	1666
<i>Newtonia leucocarpa</i> (Harms) G.C.C. Gilbert & Boutique	Newtonia	Fabaceae	New	1967	5 x 4	500
<i>Pinus caribaea</i> var hond.	Pin	Pinaceae	Pin-1	1977	3 x 3	1111
<i>Pinus caribaea</i> var hond.	Pin	Pinaceae	Pin-2	1973	3 x 3	1111
<i>Pinus caribaea</i> var hond.	Pin	Pinaceae	Pin-3	1972	3 x 3	1111
<i>Pinus caribaea</i> var hond.	Pin	Pinaceae	Pin-4	1965	3 x 3	1111
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb	Ilomba	Myristicaceae	Pyc	1971	5 x 4	500
<i>Terminalia ivorensis</i> A.Chev.	Framiré	Combretaceae	Ter-1	1983	3,5 x 3	952
<i>Terminalia ivorensis</i> A.Chev.	Framiré	Combretaceae	Ter-2	1983	3,5 x 3,5	816
<i>Terminalia ivorensis</i> A.Chev.	Framiré	Combretaceae	Ter-3	1983	3,5 x 4	714

Tableau 2 : Croissance diamétrique des arbres dans les plantations en stations forestière de Mangombé.

Méthode de plantation	Code plantation	Densité Initiale (tige/ha)	Effectif observé (vivant+mort)	Effectif observé (vivant)	Densité actuelle (tige/ha)	Mortalité (%)	AAM (cm)	Dhpm (cm)	G (m ² /ha)
	Lov-1	625	194	137	442	29	0,9 ± 0,4	21 ^a ± 10	19
	Lov-2	1111	268	129	538	52	1,0 ± 0,4	24 ^b ± 9	26
	Ara-1	1111	207	138	726	33	0,9 ± 0,3	32 ^a ± 10	63
	Ara-2	1111	94	43	538	54	1,0 ± 0,2	34 ^a ± 8	50
	Ara-3	1111	323	140	483	57	0,9 ± 0,2	33 ± 8	45
	Dip	500	265	174	328	34	1,1 ± 0,4	42 ± 15	51
	Euc-1	1111	454	104	254	77	1,0 ± 0,2	37 ± 9	29
	Fun	1111	323	209	721	35	1,0 ± 0,4	25 ± 10	40
Recrû	Man	1667	324	149	784	54	0,9 ± 0,3	19 ± 6	24
	Pin-1	1111	438	199	510	55	0,9 ± 0,2	30 ^c ± 7	37
	Pin-2	1111	426	194	511	55	0,9 ± 0,2	32 ^b ± 9	45
	Pin-3	1111	529	145	302	73	0,9 ± 0,2	35 ^a ± 9	31
	Pin-4	1111	572	196	384	66	0,8 ± 0,2	36 ^a ± 10	41
	Ter-1	952	460	115	240	75	1,4 ± 0,5	37 ^a ± 3	29
	Ter-2	816	324	109	273	66	1,2 ± 0,6	34 ^a ± 5	29
	Ter-3	714	315	124	282	61	1,3 ± 0,5	34 ^a ± 4	30
	Euc-2	1111	459	100	244	78	1,4 ± 0,5	34 ± 13	25

	Auc-1	625	459	105	144	77	1,1 ± 0,5	44 ^b ± 10	26
	Auc-2	500	391	200	256	49	1,1 ± 0,5	48 ^a ± 1	55
	Auc-3	500	271	200	370	26	1,1 ± 0,4	49 ^a ± 9	80
	Auc-4	400	520	197	152	62	0,9 ± 0,4	42 ^b ± 8	25
	Her-1	500	368	202	273	45	0,9 ± 0,4	40 ^a ± 7	40
Grand layon	Her-2	400	379	199	209	48	0,9 ± 0,4	41 ^a ± 6	31
	New	500	387	137	178	65	1,2 ± 0,5	55 ± 24	50
	Gme-1	625	281	205	456	27	1,4 ± 0,5	37 ^a ± 4	56
	Gme-2	625	367	226	383	38	1,2 ± 0,6	31 ^b ± 7	38
	Pyc	500	365	143	196	61	1,2 ± 0,4	48 ± 17	39

AAM : Accroissement Annuel Moyen en diamètre (cm). Dhp_m: Diamètre moyen (cm) ; a, b et c marquent les différences significatives pour les plantations de même espèces

Tableau 3 : Comparaison des quartiles inférieurs et supérieurs dans les parcelles d'arbre en station forestière de Mangombé

Technique sylvicole	Code Plantation	Effectif	Quartile inférieur (cm)	Quartile supérieur (cm)	Ecart interquartile (m)	Etendue série (cm)	
Recrû	Lov-1	137	13	27	14	47	
	Lov-2	129	17	30	13	38	
	Ara-1	138	25	38	14	47	
	Ara-2	43	29	40	11	31	
	Ara-3	140	29	39	10	42	
	Dip	174	31	49	18	91	
	Euc-1	104	31	44	13	35	
	Fun	209	19	31	12	60	
	Man	149	15	23	7	30	
	Pin-1	199	24	34	10	47	
	Pin-2	194	25	38	13	47	
	Pin-3	145	28	40	12	46	
	Pin-4	196	29	42	13	52	
	Euc-2	100	25	41	16	68	
	Ter-1	115	29	46	17	59	
	Ter-2	109	20	42	22	71	
	Ter-3	124	23	44	21	61	
	Auc-1	105	30	53	23	80	
	Grand layon	Pyc	143	35	60	25	92

Auc-2	200	35	58	23	145
Auc-3	200	35	59	24	125
Her-1	202	28	52	24	72
Her-2	199	30	52	21	85
Auc-4	197	28	54	26	84
New	137	34	74	40	106
Gme-1	205	25	47	21	66
Gme-2	226	16	45	29	84

DISCUSSION

Croissance des arbres

Croissance en diamètre

Parmi les espèces présentant les meilleures performances de croissance, *Gmelina* avait déjà été identifié par Wenceslius (1980). Certaines essences avec une bonne croissance ont leurs aires de distribution naturelle qui s'étend au site de Mangombé ou alors ont des caractéristiques relativement proches. C'est le cas d'Okoumé qui est une essence des forêts secondarisées dont l'aire naturelle recouvre le Gabon qu'elle déborde largement sur le Congo, la Guinée Equatoriale et légèrement sur le Sud du Cameroun, près de la frontière avec la Guinée Equatoriale. On peut également citer *Newtonia* dont l'aire de répartition est limitée en Afrique Centrale (Cameroun, Guinée Equatoriale, Gabon, Congo), dans les forêts pluviales humides sempervirentes et *Ilomba* qui se retrouve au Cameroun, dans toutes les zones de forêt dense humide sempervirente, dans les îlots forestiers et les galeries forestières de la zone post-forestière soudano-guinéenne (CTFT, 1989).

Doucet et al. (2007) indiquent que les espèces dont l'aire naturelle de distribution est géographiquement éloignée du site où elles sont introduites peuvent aussi présenter de bonnes performances de croissance ; c'est le cas de *Gmelina* qui est une essence originaire d'Asie, elle supporte des gammes de température et de précipitation assez larges (18 °C – 48 °C et 760 mm - 4600 mm/an) et peut se développer sur de nombreux types de sols.

Les mesures d'AAM des arbres réalisées par Owona et al. (2009) dans les parcelles bien suivies de l'arboretum de Mbalmayo en forêt dense humide semi décidue du Cameroun s'inscrivent dans le même ordre de grandeur que celle de Mangombé pour Bété (0,93 cm) et Okoumé

(0,83 cm). L'habitat naturel de Bété se trouve en forêt dense semi décidue alors que celui d'Okoumé est la forêt dense humide sempervirente. Les parcelles de Dibetou sont jeunes (27 ans) et présentent des AAM relativement faibles (1cm) comparés aux valeurs 1,5 – 1,7 cm indiquées par le CTFT (1989) dans des parcelles plus âgées (35 – 40 ans).

Les mesures effectuées sur Dibetou dans le dispositif d'Irobo, en forêt dense sempervirente de Côte d'Ivoire présentent un AAM de $0,5 \pm 0,5$ cm pour les arbres de 10 à 70 cm de diamètre (Durrieu De Madron, 2000), cette valeur est faible comparée à celle obtenue pour cette espèce à Mangombé ($1 \pm 0,4$ cm).

Les valeurs de AAM observées pour Niangon ($0,9 \pm 0,4$ cm) sont supérieures à celles des forêts naturelles camerounaises estimées à 0,5 cm et du dispositif d'Irobo ($0,4 \pm 0,3$ cm) (Durrieu De Madron, 2000).

La parcelle d'Ilomba a un diamètre moyen de 48 ± 17 cm, ce qui suggère que de nombreuses tiges ont atteint le diamètre minimal de fertilité (42 cm) et de fructification (45 cm) (Doucet, 2003). Les fructifications sont régulièrement observées pour cette espèce dans le site de Mangombé, ce qui suggère la possibilité d'identifier les portes-graines pouvant approvisionner les pépiniéristes en semences.

Les diamètres moyens des parcelles d'Okoumé âgées de 41 – 45 ans dans le site de Mangombé varient de 42 ± 8 cm (Auc-4) à 49 ± 9 cm (Auc-3). Ces valeurs indiquent de faibles performances de croissance comparées au diamètre moyen (42 cm) obtenu dans des parcelles âgées de 22 ans au Gabon (Bile, 1989). Dans la station de Mangombé, Bibani (1984) a observé chez Okoumé des AAM de 1,3 – 1,8 cm pour des arbres âgés de 14 à 18 ans et un diamètre moyen de 23 cm à 30 cm entre 14 et 16 ans. Les paramètres

d'accroissement diamétrique n'ont pas significativement variés avec le temps, alors que le diamètre moyen des peuplements a pratiquement doublé. Ces performances de croissance permettent d'affirmer que cette espèce s'est bien adaptée dans le site de Mangombé. Amougou (1991) indique que l'accroissement annuel moyen en diamètre va décroissant de 2 cm/an (à l'âge de 7 ans) à 1,2 cm/an (22 ans) et à 45 ans un peuplement a un diamètre moyen d'environ 45 cm. Les parcelles d'Okoumé étudiées répondent à ces caractéristiques.

Les performances de croissance d'une espèce dépendent non seulement des traitements sylvicoles mais également des facteurs environnementaux et des capacités intrinsèques d'adaptation. Les écarts types parfois élevés sont observés dans la croissance diamétrique de certaines parcelles installées la même année comme celles de Dibetou (2,4 cm), Gmelina (6 cm) et Okoumé (Auc-2, 3 et 4) (6,4 cm). Ces écarts élevés, indiquent une croissance disproportionnée entre les individus au sein des peuplements. Cette hétérogénéité dans la croissance diamétrique peut être expliquée par la concurrence inter et intra-spécifique, la grande variabilité des conditions de mise en place des plantations (méthode de préparation de terrain, densité de plantation), la mortalité et de nombreuses perturbations (anthropiques et naturelles) dans le site.

Structure de population

Les structures de population présentent la répartition des arbres en fonction de leur taille dans un peuplement. Ces outils sont indispensables à l'étude de la dynamique de croissance des arbres et à la prise de décision en aménagement forestier. Dans un peuplement équienne, la structure de population présente des individus qui se répartissent sensiblement suivant la loi de Gauss, pour donner la représentation

graphique d'une courbe en cloche, dont le sommet représente l'arbre moyen. Ceci n'est pas le cas pour de nombreuses parcelles dans le site de Mangombé qui présentent des courbes asymétriques. La forte disparité de la grosseur des arbres est certainement liée au caractère spécifique de chaque parcelle, mais également à la mortalité (naturelle, anthropique). Les structures asymétriques sont révélatrices d'une absence de suivi et d'éclaircie des peuplements, ces interventions auraient dû contribuer à réduire la compétition et améliorer la croissance des arbres.

En général, en plantation forestière, les arbres nécessitent des opérations de sylviculture au moment opportun pour améliorer leur croissance. Les plantations forestières demandent un fort investissement en matière de sélection, de pépinières, de travaux de préparation de terrain, de plantation, d'entretien ou d'éclaircie. Ces investissements sont payés en retour par la qualité des produits forestiers récoltés.

Problèmes dans la station forestière de Mangombé

Plusieurs problèmes dans la station forestière de Mangombé ont eu une incidence sur la croissance des espèces plantées.

Les techniques de plantation pas toujours adaptées

Les densités de plantation élevée peuvent engendrer la compétition inter et intra spécifique. La méthode de recrû pour les espèces papetières plantées à plus de 1000 tiges/ha, présente de nombreuses casses du fait de la chute des arbres empoisonnés (Wenceslius, 1979).

La déficience d'adaptation de nombreuses espèces

Les conditions environnementales (climat, sols) de la station de Mangombé diffèrent parfois largement de celles de l'aire écologique de certaines espèces. Ceci a abouti

à une production médiocre de nombreuses espèces comme *Pinus caribaea* var *bahamensis* (Griseb.) W.H.G. Barrett & Golfari, *P. elliotii* Engelm., *P. kesiya* Royle ex Gordon, *P. merkusii* Jungh. & de Vriese et *Eucalyptus alba* Reinw. ex Blume.

L'abandon et absence de suivi des plantations

La mortalité des arbres est très variable entre les parcelles. Elle varie de 27% chez Gmelina à 78% chez *E. deglupta*. Des taux de mortalité élevé (50 - 75%) ont également été observés après trois années d'abandon (1930 et 1936) dans les plantations forestières de Makak et d'Ottotomo au Cameroun (Grandclement, 2007).

En l'absence de surveillance, la station forestière de Mangombé a connu des pressions très diversifiées émanant des populations riveraines. Parmi ces activités anthropiques, on peut relever la pratique de la chasse (gibiers), la cueillette des produits forestiers non ligneux (poivre, écorces, racines) et l'exploitation illégale d'intensité variable de bois d'œuvre. La pression foncière est aussi remarquable et se caractérise par l'extension des champs vivriers dont le système est itinérant sur brûlis et les défrichements pour les besoins d'urbanisation. Toutes ces activités conduisent à la dégradation des ressources et du milieu.

Les proportions importantes des arbres exploités dans les parcelles mettent en lumière l'étroite dépendance des communautés rurales aux ressources tirées de la forêt et les problèmes fonciers qui émanent des insuffisances du droit moderne qui ne s'est pas efficacement substitué au droit coutumier.

Prédations et attaques parasitaires

Les plants en station forestière de Mangombé ont souffert de la prédation par les escargots, les grenouilles, les rongeurs (rats, hérissons, porc-épic), chenilles et de nombreuses attaques parasitaires.

P. caribaea a souffert de la fonte de semis et des attaques de pourridiés au niveau de la pépinière. Jusqu'en 1979 aucun traitement n'était envisagé. La solution a consisté à trouver une date de semis susceptible de contourner cet obstacle et de déterminer la taille appropriée des plantes à la plantation. En pépinière, une bonne hygiène prophylactique et des opérations au moment opportun sont susceptibles de réduire l'agression infligée aux plants et de limiter l'utilisation des produits chimiques, ce qui minimise les coûts et garantit les rendements. Les plants de *H. utilis* ont été attaqués par des cérambycides foreurs de bourgeons en 1969 ; la méthode de lutte a été la coupe des extrémités attaquées (Schirle, 1973).

A. klaineana a été attaqué par les psylles. Cette attaque a pu être contrôlée par pulvérisation du kilval, un insecticide.

Les essais d'entretien chimique au Diuron (herbicide de pré émergence) et au Gramuron (herbicide mixte) ont été réalisés dans les parcelles de *P. caribaea*. Cette expérimentation de l'entretien chimique des plantations est restée embryonnaire.

En dehors des paramètres environnementaux (climat, altitude, géomorphologie locale) et l'adaptabilité d'une espèce à un site, certaines contraintes telles que l'action des ravageurs et des maladies peuvent avoir un impact notable sur la production. Globalement, la grande variabilité des performances de croissance observée sur les arbres en zone tropicale et subtropicale donne à penser que le rendement moyen des plantations forestières peut être considérablement amélioré dans la plupart des pays de cette zone (FAO, 2001).

Conclusion

Les espèces qui présentent les meilleures caractéristiques de croissance diamétrique sont : *G. arborea*, *E. deglupta*, *T.*

ivorensis, *N. leuocarpa*, *P. angolensis*, *D. alatus*, *A. klaineana*. Les taux de mortalité élevé ont été observés dans les plantations de *E. deglupta* (78,21%), *T. ivorensis* (75%). La mortalité des arbres résultent à la fois des pressions anthropiques (exploitation, écorçage) et de la mortalité naturelle (maladie, attaques parasitaires, volis, chablis). Les fortes mortalités ont parfois contribué à réduire la valeur des surfaces terrières comme cela peut s'observer pour les parcelles d'Okoumé. On peut estimer que les espèces présentant une faible mortalité et une proportion importante de tiges exploitées ainsi que de bonnes caractéristiques de croissance comme *G. arborea*, *D. alatus*, *P. angolensis* et *A. klaineana* se sont mieux adaptées au site de plantation. *G. arborea* est une espèce plastique qui s'adapte bien dans des milieux assez variés. *A. klaineana* est une espèce qui régénère bien dans les clairières (parc à bois, jachère). On peut lier ses meilleures performances de croissance (même si elle présente assez de variabilité) à une situation initiale de la forêt relativement ouverte. Certaines espèces comme *T. ivorensis*, *N. leuocarpa* nécessitent de nouveaux essais pour confirmer leur adaptation. De grands écarts de croissance sont constatés entre les arbres de la même espèce, ce qui laisse à penser que les traitements sylvicoles notamment les éclaircies et élagages pouvaient permettre d'améliorer la croissance des arbres et d'avoir des tiges de grosseurs homogènes. Cette hétérogénéité peut aussi s'observer dans la distribution contrastée des plantations de *G. arborea*, *T. ivorensis*, *P. caribea*. Il est cependant difficile de tirer des enseignements sur la sylviculture des espèces plantées, compte tenu des perturbations et de l'absence de suivi des plantations. Le manque d'archives et du plan de conduite des parcelles, font parties des principales contraintes à la rédaction de cet article.

Les problèmes des expérimentations sylvicoles réalisées à Mangombé peuvent être recherchés au niveau de l'adaptation des diaspores au site, l'impact des ravageurs, les maladies, les perturbations anthropiques et le manque de traitement sylvicole. Les pressions anthropiques dans le site montrent bien qu'on ne peut dissocier la forêt de ses habitants.

La situation d'abandon n'a pas permis aux plantations de répondre aux objectifs de production de bois et d'amélioration des connaissances sur la sylviculture des espèces. Marien et al. (2004) reconnaissent pourtant que les plantations forestières peuvent, par leur diversité et leur souplesse de mise en œuvre, contribuer efficacement à satisfaire les besoins nationaux en produits ligneux et agroforestiers et participer au développement économique. La mise en place des plantations de Mangombé n'a pas suffisamment intégré le fait qu'un projet forestier est une initiative qui s'étend dans l'espace et le temps, le bail du domaine doit être clairement défini et reposer sur des bases légales sûres, les considérations sociales doivent être prises en compte et les financements garantis sur le long terme. Globalement, on note un faible succès dans le site de Mangombé, comme l'indique Bertault et al. (1999) pour de nombreux essais sylvicoles réalisés en forêt dense humide. Il en résulte peu de notions concrètes pouvant servir à l'aménagement forestier. Quatre essences, *G. arborea*, *D. alatus*, *P. angolensis* et *A. klaineana* se sont mieux adaptées et peuvent être valorisées dans les initiatives de reboisement actuellement envisagées dans la zone. L'extension de cette étude aux autres dispositifs sylvicoles installés au Cameroun permettrait de tirer des leçons utiles pour les futurs projets de plantations forestières.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêt.

CONTRIBUTION DES AUTEURS

JRN a été l'initiateur du projet de recherche, a collecté et analysé des données, et a rédigé le manuscrit ; LZ, JLB et BR ont corrigé le draft du projet de recherche, collecté les données; NVN et DO ont collecté les données de terrain, saisie et apurement de la base de données. Tous les auteurs ont lu et approuvé le manuscrit.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le laboratoire d'Ecologie Général du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris basé à Brunoy pour l'accueil et le cadre de travail nécessaire à la rédaction de cet article.

REFERENCES

- Amougou OG. 1991. Résultats d'essais d'introduction de l'Okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre) en bandes mécanisées dans la région de Mangombé (Edéa, Cameroun). Mémoire d'Ingénieur, Université Omar Bongo, Gabon. 74 p + annexes.
- Bertault JG, Miézan K, Dupuy B, Durrieu de Madron L, Amsallem I. 1999. *Croissance et Productivité en Forêt Dense Humide après Incendie. Le Dispositif de La Téné - Côte d'Ivoire (1978 - 1993)*. CIRAD-Forêt : Montpellier, France ; 68p.
- Bibani MR. 1984. *Adaptation, Croissance et Productivité de l'Okoumé dans la Région d'Edéa (Mangombé)*. IRA - SRF : Cameroun.
- Bile A. 1989. Etude comparative des plantations d'Okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre) de déforestation à blanc-étoc versus celles de la méthode traditionnelle en République Gabonaise. Mémoire, Université de Laval.
- Cerruti P.O., Lescuyer G., Robiglio V., Essiane Mendoula E., Ondoua J.P., Nguiebouri J., Assembe Mvondo S. Nasi R., Tacconi L. 2010. Le marché domestique du sciage artisanal au Cameroun : état des lieux, opportunités et défis, rapport de recherche (projet), CIFOR, Yaoundé, Cameroun.
- CTFT (Centre Technique Forestier Tropical). 1989. Memento du Forestier. Technique rurale en Afrique. 3^{ème} édition. 1266p
- Doucet JL. 2003. L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon. Thèse de doctorat, communauté française de Belgique, Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux. 323p + annexe.
- Doucet JL., Dissaki A, Mengome A, Issembe Y, Dainou K, Gillet JF, Kouadio L, Laporte J. 2007. Dynamique des peuplements forestiers d'Afrique central. Faculté des sciences agronomiques de Gembloux. 134p.
- Durrieu de Madron L, Favrichon V, Dupuy B, Bar Hen A, Houde L, Maître HF. 1998. *Croissance et Productivité en Forêt Dense Humide : Bilan des Expérimentations dans le Dispositif de Mopri - Côte d'Ivoire (1978 -1992)*. CIRAD- Forêt, Montpellier, France. 82p.
- Food and Agriculture Organization. 2001. *Global Forest Resources Assessment*. FAO: Rome, Italie.
- Food and Agriculture Organization. 2006. *Évaluation des Ressources Forestières Mondiales 2005 : Progrès vers la Gestion Forestière Durable*. FAO : Rome.
- Grandclement G. 2007. Le traitement et l'enrichissement de la forêt dense. *Bois et Forêt des Tropiques*, 291(1).
- Letouzey R. 1968. *Etude Phytogéographique du Cameroun. Encyclopédie Biologique* 69. Ed. Paul Lechevalier : Paris, France ; 511p.
- Maître HF. 1986. Dynamique et production des peuplements naturels de forêt dense

- humide en Afrique. *Bois et Forêt des Tropiques*, **213**: 3-12.
- Marien JN, Mallet B. 2004. Nouvelles perspectives pour les plantations forestières en Afrique centrale. *Bois et Forêts des Tropiques*, **282**(4): 67-79.
- MINAGRI, ONADEF (Ministère de l'Agriculture et Office National de Développement des Forêts). 1991. Inventaire d'Aménagement forêt de Kienké Sud, 29p.
- Owona NPA, Peltier R, Linjouom I, Louppe D, Smektala G, Beligné V, Njoukam R, Tieche B, Temgoua L. 2009. Plantations de bois d'œuvre en zone équatoriale africaine : cas de l'arboretum de l'Enef de Mbalmayo au sud du Cameroun. *Bois et Forêt des Tropiques*, **299**(1): 37- 48.
- Wenceslius F. 1979. Expérimentation sur les espèces papetières dans la région d'Edéa. IRAF, 46p.
- Wenceslius F. 1980. Expérimentation sur les espèces papetières dans la région d'Edéa, *Bois et Forêt des Tropiques*, **193**: 3-35.