

Régénération naturelle de l'Okan (*Cylicodiscus gabunensis* Harms) et facteurs influençant la probabilité d'observation des semis

Seka M.J.¹, Bégin J.², Avana T.M.L.³, Riopel M.², Ruel J.C.²

(1) École Nationale des Eaux et Forêts - Ministère des Forêts et de la Faune (MINFOF), Cameroun - BP 69, Mbalmayo / e-mail : sekajulien@yahoo.fr

(2) Département des Sciences du Bois et de la Forêt - Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique - Université Laval, Québec, QC, Canada

(3) Département de Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Dschang, B.P. 67 Dschang-Cameroun

DOI : <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1436601>

Résumé

L'Okan est une espèce très sollicitée par les industries et les populations riveraines des forêts du Cameroun. Sa régénération naturelle, qui doit permettre la reconstitution des stocks exploités sur le long terme, est cependant peu documentée. L'objectif général de cette étude est de quantifier l'abondance de la régénération d'Okan et d'identifier les facteurs pouvant l'influencer. Pour ce faire, 54 placettes centrées sur des semenciers potentiels d'Okan ont été installées dans une Unité Forestière d'Aménagement (UFA) située dans la Région du Sud au Cameroun. Un inventaire portant sur les plantules (hauteur ≤ 19 cm) et la régénération d'Okan qualifiée d'acquise ($20 \text{ cm} \leq \text{hauteur} \leq 11,9 \text{ m}$) a été effectué dans les placettes. Une régression logistique a ensuite permis d'identifier les variables influençant la probabilité d'observer les plantules et la régénération acquise. Des densités de 5,5

et 2,3 Okan par hectare ont été dénombrées respectivement pour les plantules et la régénération acquise. La probabilité d'observer des plantules d'Okan est significativement influencée par la distance et l'azimut (par rapport au semencier) ($p < 0,0001$ et $p = 0,0151$), la surface terrière des végétaux ($p = 0,0150$) autres que les héliophiles (sous-bois) et marginalement par la hauteur du semencier ($p = 0,061$). Seules la distance ($p < 0,0032$) et la hauteur du semencier ($p = 0,0416$) influencent significativement la probabilité d'observer la régénération acquise. Les faibles densités de l'espèce (comparées à celles des autres espèces inventoriées autour de ses semenciers) et les basses probabilités d'observation de la régénération acquise suggèrent de prendre des précautions particulières pour l'exploitation durable de l'Okan dans le bassin du Congo.

Mots clés : *Cylicodiscus gabunensis*, régénération naturelle, plantules, régénération acquise

Abstract

In Cameroon, Okan is a forest species that is in high demand by industries and forest dwellers. The species is very common (endemic) in some African countries. Nevertheless, its natural regeneration, which ensures the reconstitution of harvested stands, is not well documented. The main objective of this study was to quantify the abundance of the regeneration of Okan and identify the factors that can influence it. To do this, fifty four plots based each on a seed tree of Okan were randomly chosen. Each tree was reference as the center of a circular plot (radius=50 m) within a Forest Management Unit (FMU) located in the South region of Cameroon. An inventory of seedlings (height ≤ 19 cm) and established regeneration ($20 \text{ cm} \leq \text{height} \leq 11,9 \text{ m}$) seedlings was carried out within the plots. The variables that significantly influenced the probability of observing small and tall seedlings in

the plots were determined using a logistic regression. Densities of 5.5 and 2.3 Okan per hectare were recorded for seedlings and established regeneration respectively. The probability of observing seedlings was influenced by the distance ($p < 0.0001$) and its interaction ($p = 0.0151$) with the direction (from the parent tree), the basal area of the surrounding vegetation, ($p = 0.0150$) excluding heliophilous trees and marginally the height of the seed tree ($p = 0.061$). Only the distance to the seedling parents and their height significantly influenced the recruitments. The low densities of the species (compared to the other species inventoried around its seed trees) and the low probabilities to observe its acquired regeneration suggest particular precautions for their sustainable use in Congo Basin Forest.

Keywords : *Cylicodiscus gabunensis*, natural regeneration, seedling, established regeneration

1. Introduction

L'exploitation sélective, telle que pratiquée dans le bassin du Congo, pourrait conduire à la modification de

la composition et de la structure des forêts (Degen et al., 2006). En effet, les stocks initialement prélevés de certaines espèces pourraient ne pas se reconstituer au

bout d'une rotation (Karsenty et Gourlet-Fleury, 2006). La situation est particulièrement préoccupante pour les espèces commerciales héliophiles dont la régénération est souvent déficiente (Schwartz et al., 2017). Dans ce contexte, la pérennisation des populations des espèces exploitées devrait passer par une sylviculture adaptée prenant en compte leur écologie et les facteurs influençant leur régénération (Karsenty et Gourlet-Fleury, 2006 ; Doucet, 2003 ; Debroux et Delvingt, 2002). La distance influence fortement la survie de la régénération (Clark et Clark, 1984). Ainsi, la proximité au pied producteur augmenterait la densité de graines, mais aussi les phénomènes de prédation et de parasitisme, diminuant finalement la densité de régénération acquise (Connel, 1971 ; Janzen, 1970). Le tempérament, qui décrit les besoins en lumière d'une espèce au cours de sa croissance, permet de regrouper les espèces en pionnières, héliophiles et sciaphiles. À travers ce concept s'expriment par exemple la croissance et la structure de la population (Gillet, 2013 ; Whitmore, 1989). Le mode de dissémination, quant à lui, renvoie au mode de transport des diaspores (Dominique, 2003). L'Okan (*Cylicodiscus gabunensis* Harms) est l'une des dix espèces ligneuses commerciales les plus exploitées du Cameroun (OIBT, 2011). L'espèce appartient à la famille des Leguminosae-Mimosoideae. Elle est la seule du genre *Cylicodiscus* et est endémique à quelques pays d'Afrique situés dans la zone forestière s'étendant de la Côte d'Ivoire au Gabon et au Congo (Louppe, 2008). Le tempérament de l'espèce ne fait pas l'unanimité. Elle a déjà été décrite comme sciaphile (Thorsten, 2011; Barend, 2004; Atta-Boateng et Moser, 1999) et comme héliophile (Tchouto, 2004, Doucet, 2003). Cette espèce est également présentée comme une espèce anémochore (Louppe, 2008, Tchouto, 2004, Doucet, 2003). Elle est utilisée dans la pharmacopée comme antalgique, anti-vomitif ainsi que pour soigner diverses maladies vénériennes, le paludisme, le psoriasis, les rhumatismes, les migraines et le diabète (Louppe, 2008; Soladoye et al., 2012). Bien qu'utilisée à des fins pharmaceutiques (Kouitcheu et al., 2007 ; Kouitcheu et al., 2006 ; Okokon et al., 2006), la principale pression que subit l'espèce est liée à l'exploitation forestière industrielle de son bois. Au Cameroun, par exemple, ses volumes exploités sont passés de 3 397 m³ à 149 407 m³ par an entre 1998

et 2013 (MINFOF, 2014). Malgré l'utilité avérée de l'espèce, sa régénération naturelle est peu documentée et la durabilité de l'exploitation n'est pas confirmée.

Cette étude a permis (i) d'évaluer l'abondance de la régénération d'Okan sous couvert forestier et (ii) d'identifier les facteurs influençant son occurrence.

Deux hypothèses ont été formulées :

- (1) Compte tenu de son tempérament supposé héliophile et des phénomènes de mortalité-densité dépendance, la probabilité d'observer la régénération acquise augmente avec la distance du producteur et diminue avec la densité de la végétation autour de celui-ci.
- (2) Compte tenu du mode de dispersion anémochore de ses semences, la probabilité d'observer des plantules d'Okan est plus élevée dans la direction des vents dominants.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Zone d'étude

La zone d'étude est l'unité forestière d'aménagement (UFA) 09 004B localisée au Sud du Cameroun (figure 1). Son altitude varie entre 554 et 800 mètres. Le climat est de type équatorial humide avec quatre saisons. Les précipitations annuelles varient entre 1450 et 2100 mm avec une moyenne annuelle de 1650 mm. L'insolation moyenne mensuelle est comprise entre 84 et 188 heures avec une moyenne de 148 heures (FIPCAM, 2016).

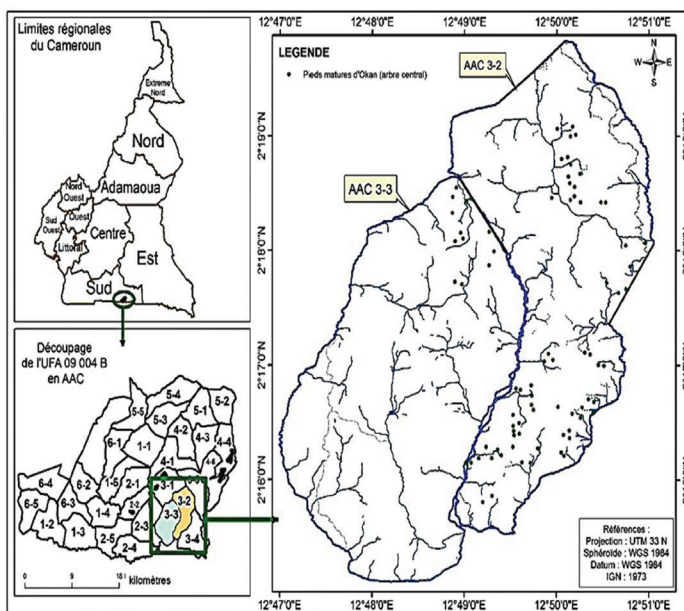


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (UFA 09 004B) dans le Sud-Cameroun (FIPCAM, 2016)

Les sols sont ferrallitiques rouges et jaunes, argileux, meubles et perméables avec par endroits, beaucoup d'humus. Dans les bas-fonds, les sols sont hydromorphes à gley. La formation végétale dominante est la forêt dense sempervirente comprenant de vastes étendues de raphiales et de forêts marécageuses. La flore est dominée par certaines familles botaniques parmi lesquelles les Fabaceae, Sapotaceae, Combrétaceae, Méliaceae et Malvaceae-Sterculioidae (FIPCAM, 2016). L'étude s'est déroulée dans les Assiettes Annuelles de Coupes (AAC) 3-2 et 3-3. Ces AAC sont situées entre 2°16' et 2°19' de latitude Nord et entre 12°47' et 12°51' de longitude Est.

2.2. Collecte des données

Cinquante-quatre placettes ont été installées entre février et mars 2014 dans les deux AAC (3-2 et 3-3). Les placettes sont circulaires avec un rayon de 50 m et centrées autour d'un semencier potentiel d'Okan, dont le diamètre est supérieur à 60 cm (Grogan et Jurandir, 2006). Les arbres centraux ont été choisis en s'appuyant sur une carte d'inventaire d'exploitation. Une distance minimale de 200 m entre deux producteurs a été respectée afin de garantir l'indépendance des données.

Les paramètres mesurés sur chaque semencier potentiel sont le Diamètre à Hauteur de Poitrine (DHP), la hauteur, le statut (dominant, codominant ou dominé) et les coordonnées géographiques. En outre, la végétation environnante a été caractérisée en inventoriant les arbres de DHP ≥ 10 cm. L'espèce, le DHP, la hauteur, l'azimut (mesuré depuis le Nord dans le sens des aiguilles d'une montre et correspondant à 8 directions cardinales) et la distance par rapport au pied d'Okan central ont été notés pour chacun des ligneux situés dans un rayon de 20 m. Dans la fraction entre 20 et 50 m de rayon, uniquement les Okan ont été recherchés. Pour chacun des Okan trouvés, la hauteur, l'azimut et la distance par rapport au pied central ont été notés.

Les arbres centraux ont été géolocalisés grâce à un GPS et les layons ouverts et orientés à l'aide d'une boussole. Les DHP ont été mesurés en se servant d'un ruban de diamètre et les hauteurs obtenues grâce à un dendromètre de type Haga.

2.3. Stades d'observation de l'Okan

Les tiges d'Okan observées ont été réparties en trois catégories : les plantules, la régénération acquise et les pieds matures. Les semenciers potentiels des placettes inventoriées font partie de cette dernière catégorie.

La catégorie « plantule » décrit le plus jeune stade d'observation. Ce groupe est caractérisé par une hauteur totale de moins de 20 cm. Cette hauteur a été choisie afin d'y concentrer la quasi-totalité des tiges issues des récentes germinations des graines (Puig et al., 1989). La régénération acquise est une régénération plus ancienne, souvent éparse (Louppe, 2008). Il a été opté de l'étaler dans les classes de hauteurs totales comprises entre 0,2 et 11,9 m. Toutes ces tiges ont des DHP < 20 cm.

Cette catégorie inclut divers stades de développement (semis de plus d'un an, gaulis et perchis) et caractérise des tiges installées lors de précédentes chutes de graines avec des troncs couverts d'épines aux stades les plus âgés. Les Okan matures ou en voie de maturation sont de grandes tiges de 12 m et plus de hauteur totale. Ces tiges incluent les arbres considérés comme semenciers potentiels qui sont des arbres de 60 cm et plus de DHP. Ce diamètre correspond au diamètre minimum d'exploitabilité de l'espèce fixé par l'administration forestière du Cameroun.

2.4. Analyse des données

2.4.1. Densité de régénération dans les placettes

Les densités (D) ont été calculées grâce à la formule:

$$D = \text{Nombre de tiges} / \text{Superficie (ha)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Elles ont été calculées pour toutes les placettes par type de : (i) sous-placette (0-20 m et 20-50 m) ; (ii) régénération (plantules et régénération acquise). Ces densités ont été comparées par des tests de t de Student.

La classification des espèces inventoriées, en fonction de leur tempérament, a été faite principalement sur la base des travaux de Tchouto (2004) et complétés par ceux de Beina (2011) et Doucet (2003). Elle a été utilisée (après calcul des densités par espèce) pour identifier le tempérament des espèces sous les Okan adultes. Le tempérament pour une essence forestière traduit l'évolution de ses besoins en lumière au cours de son développement (Sepulchre et al., 2008).

2.4.2. Facteurs influençant la probabilité d'observer les sujets de régénération d'Okan

Les 54 placettes centrées chacune sur un pied d'Okan mature (producteur/semencier potentiel) ont été retenues pour identifier les variables influençant la probabilité d'observer une régénération d'Okan. Les analyses visent à identifier, les variables qui influencent de manière significative la probabilité

d'observer des plantules ou une régénération acquise. Ces variables sont tirées du tableau 1.

Les variables explicatives de la régénération d'Okan, qui ont été testées, peuvent être regroupées en trois catégories : (i) les caractéristiques des pieds semenciers (producteurs) : hauteur, DHP, statut de l'arbre central; (ii) le positionnement par rapport aux semenciers : la distance allant du pied de l'arbre à la régénération observée et l'azimut ; (iii) l'environnement autour des semenciers : présence de marécage dans la placette, la densité du sous-bois et l'altitude. La densité de la végétation du sous-bois (surface terrière en dessous des héliophiles) est le paramètre qui a été retenu pour décrire les conditions d'éclairement en dessous de la canopée. La classification des végétaux par

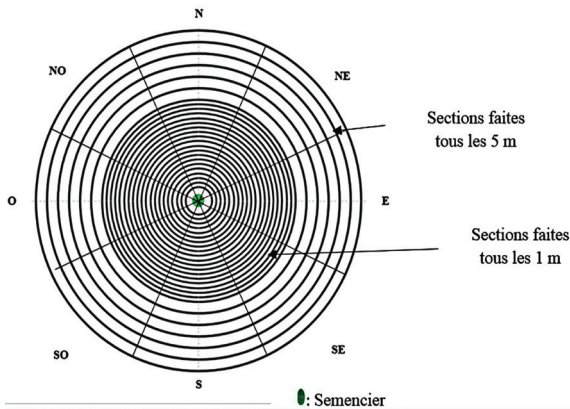


Figure 2 : Subdivision de chaque unité d'échantillonnage (placette) en 224 sections pour l'analyse des données de régénération

type de tempérament a permis de calculer diverses surfaces terrières, correspondant chacune à la somme des surfaces terrières des tiges appartenant à un tempérament.

Pour analyser l'effet des variables sur la régénération, chacune des 54 placettes a été divisée suivant les huit principales directions cardinales. Ensuite, chacune des directions a été subdivisée en sections de dimensions variables (figure 2). Elles sont larges de 1 m suivant le rayon entre 0 et 20 m et de 5 m entre 20 et 50 m pour un total de 224 sections par placette. Dans chaque section, la présence ou non de la régénération d'Okan a été observée. Les valeurs de présence/absence dans les sections ont été analysées par le biais d'une régression logistique. L'instruction log (de la superficie) a été utilisée pour tenir compte de la superficie des sections qui augmente avec la distance. En effet, l'augmentation de la superficie échantillonnée, avec la distance, affecte la probabilité d'y rencontrer de la régénération. Les combinaisons de variables expliquant la présence de plantules et de la régénération acquise ont été obtenues avec la procédure GLIMMIX en considérant les placettes en effet aléatoire. Les valeurs centrales des classes d'orientation ont été transformées en sinus et cosinus selon la méthode proposée par Stage (1976) pour tenir compte de l'interaction entre l'orientation et la distance et mobiliser peu de degrés de liberté. La robustesse des modèles a été évaluée grâce à l'aire sous la courbe ROC (Receiver Operating Characteristic) (Hosmer et Lemeshow, 2000).

Tableau 1 : Variables explicatives de la probabilité d'observer des plantules ou une régénération acquise dans les 54 placettes

	Variables	Unité	Min.	Moy.	Max.	Écart type
Variables caractérisant le semencier	Diamètre à Hauteur de Poitrine de l'arbre central (DHP)	cm	62	103,8	150	21,5
	Hauteur totale de l'arbre central (Haut)	m	18	33,8	45	5,6
	Statut de l'arbre central ⁽¹⁾	/	/	/	/	/
Variables localisant la régénération	Distance (Dist)	m	0,25	16,8	48,75	12,9
	Orientation (Az)	8 points cardinaux	/	/	/	/
Variables décrivant le milieu	Présence d'un marécage dans la placette	/	0	/	1	/
	Altitude	m	572	602,3	649	16,7
Variables de structure du peuplement	Surface terrière totale (G_{TOT})	m ² /ha	7,1	22,9	53,3	8,7
	Surface terrière des héliophiles (G_{HEL})	m ² /ha	0	8,1	18,3	4,9
	Surface terrière des ligneux arborescents autres que les héliophiles ($G_{TOT-HEL}$)	m ² /ha	4,3	14,8	35,1	6,7

⁽¹⁾Dominant, codominant ou dominé

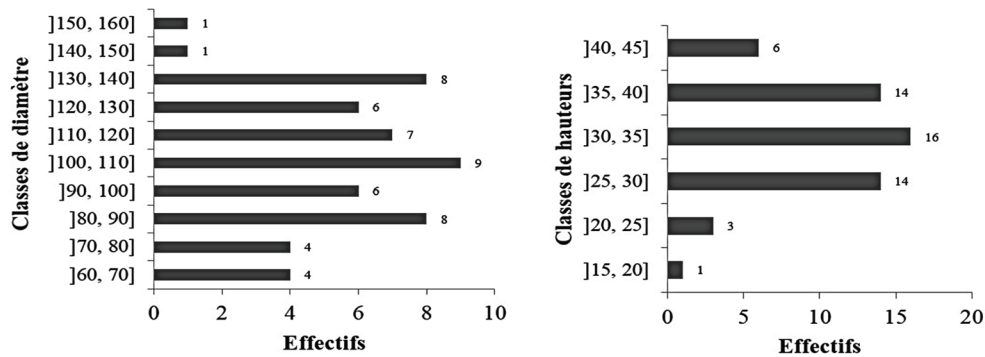


Figure 3 : Répartition en diamètre (a) et en hauteur (b) des 54 semenciers potentiels d'Okan échantillonnés

Les 54 arbres centraux avaient un diamètre moyen de 104 ($\pm 21,8$) cm et une hauteur moyenne de 33,9 ($\pm 5,7$) m. En termes de statut, tous étaient dominants et occupaient la strate supérieure. Ils se situaient au-dessus de la canopée en dessous de laquelle se trouvait la régénération dénombrée.

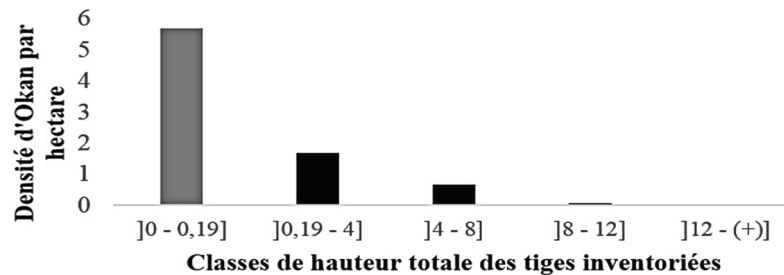


Figure 4 : Distribution de la densité des sujets de régénération par classe de hauteurs autour des 54 semenciers potentiels d'Okan (arbre central exclu)

Les analyses pour l'identification des facteurs influençant la présence des plantules et de la régénération acquise ont ensuite été reprises en fusionnant certaines sections de façon à maintenir, la plus constante possible, la superficie des sections. Ceci a été fait pour voir si les variables retenues et leurs effets se maintiennent dans ces nouvelles analyses qui ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS 9.4.

3. Résultats

3.1. Diamètre et hauteur des semenciers potentiels échantillonnés

La répartition des 54 arbres échantillonnés (centre de placette et semenciers potentiels), par classe de DHP et de hauteur, est présentée à la figure 3. La majorité des semenciers potentiels d'Okan ont des diamètres et hauteurs compris respectivement entre 80-140 cm et 25-40 m. Les variables qui influençaient de manière significative la probabilité d'observer des plantules ou une régénération acquise ont été tirées du tableau 1. Le diamètre et la hauteur moyens des arbres considérés sont respectivement de $104 \pm 21,5$ cm et $33,8 \pm 5,6$ m. En termes de statut, tous sont

dominants et occupent la strate supérieure. Ils sont situés au-dessus de la canopée en dessous de laquelle se trouve la régénération dénombrée.

3.2. État de la régénération naturelle d'Okan autour des semenciers

Les individus d'Okan dénombrés dans les 54 placettes au cours des inventaires effectués ont été regroupés dans cinq classes de hauteur. La figure 4 présente la répartition des densités d'Okan par classe de hauteurs. La tendance générale est une diminution de la densité de régénération, autour des pieds mères au fur et à mesure que l'on s'élève dans les classes de hauteur. Les plantules et la régénération acquise n'ont pas retrouvées dans toutes les placettes inventoriées. Le tableau 2 présente les effectifs de placettes avec et sans régénération, parmi les 54 analysées.

Près du quart des arbres centraux (13 placettes) était en production au cours de la période de collecte des données qui coïncide avec la période de dissémination des fruits matures de l'espèce dans la zone. Pour ce qui est de la régénération acquise, elle a été observée sur plus du 2/3 des placettes. En plus

Tableau 2 : Effectifs de placettes avec et sans régénération dans les 54 placettes analysées

Types de tiges inventoriées	Placettes avec régénération	Placettes sans régénération
Plantules	13 (24,1%)	41 (75,9%)
Régénération acquise	38 (70,4%)	16 (29,6%)
Plantules et/ou régénération acquise	42 (77,8%)	12 (22,2%)

Tableau 3 : Densité de tiges dénombrées dans les 54 placettes inventoriées par type de sous-placettes et par type de plants inventoriés (arbre central exclu)

Types de plants inventoriés	Densités (ti/ha)					
	0-20 m	20-50 m	Moy. (0-50m)	Min.	Max.	Éc. type
<i>Placettes avec un seul semencier (n=54)</i>						
Plantules	20,3	2,7	5,5	0	169,4	25,2
Régénération acquise	1,9	2,3	2,3	0	8,9	2,3
Okan en voie de maturation	0,1	0,1	0,1	0	2,5	0,4
Total	22,4	5,3	8,0	0	170,7	25,4

0-20 m : densité d'Okan dans la sous-placette de rayon 0 – 20 m

20-50 m : densité d'Okan dans la sous-placette de rayon 20 – 50 m

Tableau 4 : Fréquence (Fréq), Densité (D), Surface Terrière (ST), fréquence dans les 54 placettes (NP/54) de 20 m de rayon et tempérament des espèces les plus rencontrées autour de l'Okan

Espèce	Fréq. (ti)	D (ti/ha)	ST (m ² /ha)	NP/54	Tempérament
<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	341	50,3	4,21	54	Sciaphile
<i>Baphia leptobotrys</i>	178	26,2	1,20	20	Sciaphile
<i>Polyalthia suaveolens</i>	166	24,5	0,84	47	Sciaphile
<i>Strombosia pustulata</i>	110	16,2	0,57	37	Sciaphile
<i>Tabernae montana crassa</i>	76	11,2	0,26	20	Sciaphile
<i>Blighia welwitschii</i>	74	10,9	0,29	35	Sciaphile / Héliophile ⁽¹⁾
<i>Anthonothea fragrans</i>	63	9,2	1,17	17	Héliophile
<i>Dialium bipindense</i>	60	8,8	0,21	30	Sciaphile
<i>Santiria trimera</i>	60	8,8	0,53	35	Sciaphile / Héliophile ⁽¹⁾
<i>Eriocoelum macrocarpum</i>	49	7,2	0,20	31	Sciaphile
<i>Cylicodiscus gabunensis</i>	1	0,14	0,01	1	Sciaphile / Héliophile ⁽²⁾

⁽¹⁾ Sciaphile d'après Beina (2011), héliophile non pionnière d'après Tchouto (2004)

⁽²⁾ Espèce décrite comme sciaphile (Thorsten, 2011 ; Barend, 2004 ; Atta-Boateng et Moser, 1999) et comme héliophile (Tchouto, 2004, Doucet, 2003)

des plantules et de la régénération acquise, des Okan en voie de maturation et des Okan matures ont été retrouvés dans les sous-placettes 0-20 m et 20-50 m inventoriées autour des semenciers (tableau 3).

La densité totale des Okan dénombrés varie en fonction de la distance par rapport au semencier (0-20 m et 20-50 m). Le test de t, réalisé avec toutes les placettes (n=54), révèle des densités de régénération d'Okan plus élevées ($p = 0,05$) pour les distances comprises entre 0 et 20 m comparées à celles retrouvées entre 20 et 50 m. Il en est de même des

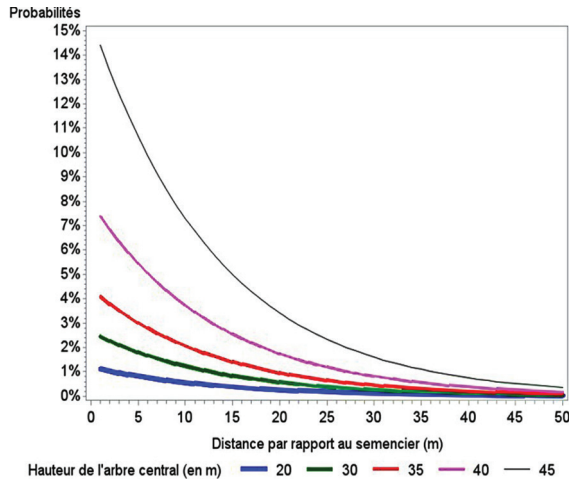
densités de tiges d'Okan par type de régénération, les plantules étant la catégorie la plus abondante ($p = 0,02$).

Autour de ces arbres centraux, la densité des arbres de 10 cm ou plus de diamètre, dans un rayon de 20 m a été de 425 tiges / hectare. Ces tiges appartiennent à 192 espèces. Des 192 espèces, 143 ont des densités supérieures à celle de l'Okan. Les espèces les plus fréquentes, leur densité et leur tempérament sont présentées au tableau 4. Parmi ces espèces, *Anthonothea fragrans* est la seule héliophile.

Tableau 5 : Coefficients, nombres de Degrés de Liberté (DL), valeurs du test t et probabilités associées pour les variables influençant la probabilité d'observer des plantules

Variables ⁽¹⁾	Estimation	DL	Valeur du test t	Valeur de p
Constante	-11.1989	94.52	-7.87	<.000
Dist	-0,07581	12096	-6,54	<.000
$G_{TOT-HEL}^{-1}$	15,4717	41,97	2,54	0,015
$\cos(Az-261,5)*Dist$	0,5139	12096	2,43	0,015
Haut ²	0,001577	64,18	1,90	0,061

⁽¹⁾ Dist (m), G (m²/ha), Az (degrés), Haut (m)



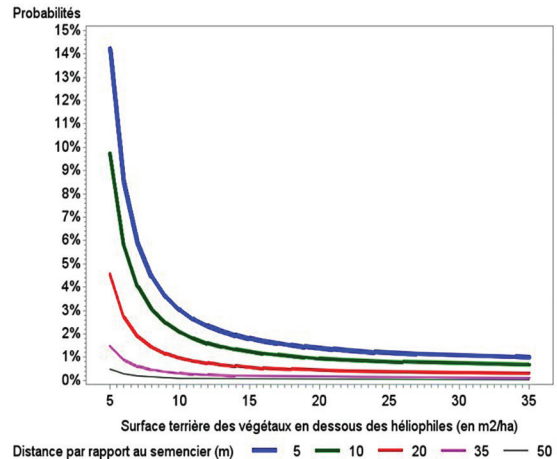
La hauteur des plantules est comprise entre 0 et 19 cm, la superficie considérée est de 100 m², la surface terrière des ligneux en dessous des héliophiles était de 15 m²/ha, l'azimut de 270 degrés

Figure 5 : Probabilités d'observer des plantules d'Okan en fonction de la distance par rapport au semencier, pour différentes hauteurs de l'arbre central (20, 30, 35, 40, 45 m)

3.3. Facteurs influençant la probabilité de trouver de la régénération

3.3.1. Facteurs influençant la probabilité de trouver des plantules

Les variables qui influencent significativement la probabilité de rencontrer les plantules autour des semenciers de ces 54 placettes sont (tableau 5) : la distance (Dist) entre les plantules et le semencier ($p < 0.00$) ; l'inverse de la surface terrière ($G_{TOT-HEL}^{-1}$) des végétaux autres que les héliophiles ($p = 0.01$) et le cosinus de l'azimut en interaction avec la distance ($\cos(Az-261.4)*Dist$, $p = 0.0151$). La valeur de p de la hauteur au carré étant pratiquement significative ($p = 0.06$), cette variable a été retenue dans le modèle. L'aire sous la courbe ROC (0,73) montre que la probabilité de rencontrer ou non une plantule est bien discriminée par le modèle.

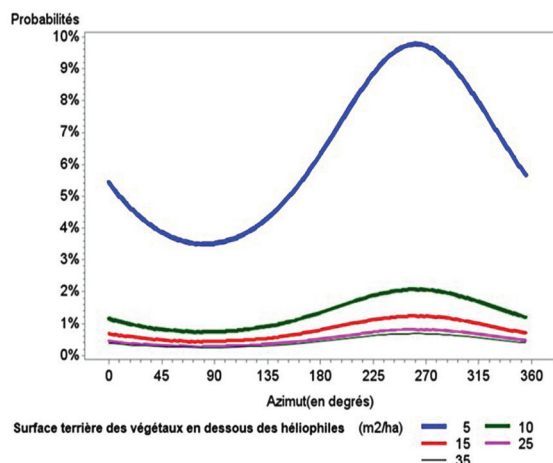


La hauteur des plantules est comprise entre 0 et 19 cm, la superficie considérée est de 100 m², la hauteur du semencier de 30 m et l'azimut de 270°

Figure 6 : Probabilités d'observer des plantules d'Okan en fonction de la surface terrière des végétaux (arbres) en dessous des héliophiles

La distance étudiée varie entre 0 et 50 m. De manière générale, plus on s'éloigne de l'Okan central, plus la probabilité d'observer des plantules d'Okan diminue. Un exemple est donné à la figure 5 pour la direction Ouest. L'effet de la distance a été présenté pour diverses hauteurs de l'arbre central. La surface terrière des végétaux en dessous des héliophiles (sous-bois) varie entre 4,3 et 35,1 m²/ha avec une moyenne de 14,8 m²/ha. Ces végétaux partagent les strates en dessous de celle des héliophiles (dominants). Il s'agit des plantes sciaphiles, des autres végétaux tolérants à l'ombre (semi-héliophiles) et des végétaux à statut indéterminé en dessous de la canopée des arbres dominants. La tendance générale est une diminution de la probabilité d'observer une plantule avec l'augmentation de ladite surface terrière (figure 6).

Au-delà de la valeur moyenne de la surface terrière,



La hauteur des plantules est comprise entre 0 et 19 cm, la superficie considérée est de 100 m², la distance par rapport au semencier est de 10 m, et la hauteur du semencier de 30 m

Figure 7 : Probabilités d'observer des plantules d'Okan en fonction de l'azimut pour différentes surfaces terrières des végétaux (arbres) en dessous des héliophiles (5, 10, 15, 25, 35 m²/ha)

Tableau 6 : Coefficients, nombres de Degrés de Liberté (DL), valeurs du test t et probabilités associées pour les variables influençant la probabilité d'observer la régénération acquise

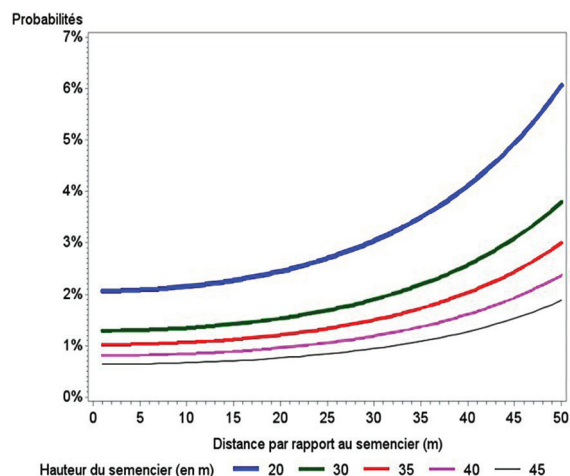
Variables ⁽¹⁾	Estimation	DL	Valeur du test t	Valeur de p
Constante	-7,5475	63,16	-9,66	<.0001
Dist ²	0,000431	12096	2,95	0,0032
Haut	-0,04692	59,66	-2,08	0,0416

⁽¹⁾ Dist (m), Haut (m)

les probabilités d'observer les plantules d'Okan deviennent très faibles lorsque la surface terrière croît. Ces probabilités s'élèvent rapidement lorsqu'à partir de la moyenne, la surface terrière diminue. La tendance générale observée dans les placettes autour des arbres centraux est que, la direction Ouest (261°) est celle qui offre les probabilités les plus élevées de trouver une plantule. À l'opposé, la direction Est (81°) est celle vers laquelle la probabilité d'observer des plantules est généralement la plus faible (figure 7).

3.3.2. Facteurs influençant la probabilité de trouver la régénération acquise

En général, les probabilités d'observer une régénération acquise sont plus faibles que celles d'observer une plantule. Les variables qui contribuent à expliquer la présence de la régénération acquise sont



La hauteur considérée pour la régénération acquise est comprise entre 0,19 m et 12 m et la superficie considérée est de 100 m²

Figure 8 : Probabilité d'observer la régénération acquise d'Okan pour diverses hauteurs du semencier (20, 30, 35, 40, 45 m)

: la distance au carré par rapport au semencier (Dist², p=0.003) et la hauteur du semencier (Haut, p=0.041) comme le montre le tableau 6. L'aire sous la courbe ROC (0,82) montre que la probabilité de rencontrer une régénération acquise est bien discriminée par le modèle retenu. La probabilité d'observer la régénération acquise croît avec l'éloignement par rapport au semencier dans l'intervalle 0 à 50 m (figure 8). Plus la hauteur du semencier croît, plus faibles deviennent les probabilités de rencontrer de la régénération acquise.

4. Discussion

Généralités sur la régénération de l'Okan

Les Okan ont été répartis en trois catégories lors des observations de terrain. Les plantules sont les plus jeunes tiges observées, suivies de la régénération acquise et des Okan matures ou en maturation. Les densités se sont montrées décroissantes lorsqu'on passe des plantules aux tiges matures (figure 4). Un quart des placettes contiennent des plantules lors de la collecte des données. Bien que les plantules aient des densités plus élevées, la régénération acquise a été rencontrée dans un plus grand nombre de placettes (tableau 2). Les plantules seraient saisonnières. En effet, les graines d'Okan ne montrent pas de dormance et germent en 5-12 jours (Loupe, 2008). En plus des plantules de l'année, la présence des gousses d'Okan dans les placettes a confirmé que les arbres sont en production.

En termes de densité, en dessous de ses semenciers, les plantules d'Okan présentent les densités les plus élevées (5,5 tiges / ha contre 2,3 pour la régénération acquise) par rapport aux autres stades de régénération de l'espèce. L'abondance des plantules (en rapport avec les autres classes) est entre autres justifiable par le fait que l'inventaire a été effectué pendant la période de chute des graines. Cependant, pour les tiges de plus de 10 cm de diamètre, les densités de l'Okan sont inférieures à celles de 143 des 192 espèces inventoriées autour de ses semenciers. Cette décroissance des densités se rapproche d'un «J» inversé (figure 4). Les espèces présentant ce type de structure sont des espèces «plus ou moins tolérantes à l'ombrage dans leur jeune âge et réagissant positivement à un apport lumineux» (Forni, 1997). Ces résultats indiquent que la croissance et le développement subséquent des tiges d'avenir sont conditionnés par la couverture végétale environnante.

Les adultes situent leur cime dans la zone la plus élevée du couvert, l'espèce étant toujours dominante ou co-dominante à son stade adulte. La régénération, quant à elle, a été dénombrée en dessous d'une végétation dominée par les adultes et serait tolérante à l'ombre (Louppe, 2008). Ceci laisse à penser que le comportement de l'espèce face à la lumière varie en fonction du stade d'observation. Ces observations excluent l'espèce du groupe des espèces pionnières et de celui des sciaphiles strictes. Ceci constitue un grand avantage pour assurer sa régénération en milieu naturel en dehors des autres facteurs qui peuvent affecter leur survie.

Facteurs influençant la présence d'une plantule d'Okan

Les conditions favorables à l'observation des plantules, dans leurs stades les plus jeunes, sont : le choix de la période de collecte et le diamètre des arbres. Les périodes d'observation sont importantes, d'une part parce que les dates de floraison, fructification de l'espèce sont fonction du lieu où on se trouve dans son aire de répartition et d'autre part, les graines de *C. gabunensis* germent quelques jours après leur chute (Louppe, 2008). Le diamètre tire son importance du fait que les notions de Diamètre Minimum pour la Floraison (DMF) et Diamètre de Fructification Régulière (DFR) utilisées par Doucet et al. (2007) pour les essences tropicales sont applicables à l'Okan même si les valeurs pour l'espèce restent à déterminer.

Les paramètres retenus pour décrire la régénération de l'Okan incluent : les caractéristiques propres des semenciers, les paramètres décrivant le milieu et la disponibilité de lumière dans le sous-bois (tableau 1). En effet, les principaux paramètres qui influencent le comportement des espèces en zone tropicale humide sont d'une part la lumière, d'autre part l'eau et le sol (Dupuy, 1988). La lumière a été prise en compte à travers la surface terrière. Les variables qui décrivent la présence ou non des plantules sont : la distance au semencier, l'azimut, la surface terrière et marginalement la hauteur. La diminution de probabilité d'observer une plantule au fur et à mesure qu'on s'éloigne des semenciers corrobore les observations faites sur d'autres espèces tropicales (Norghauer et al., 2011 ; Grogan et Jurandir, 2006 ; Puig et al. ; 1989). Cette distance tendrait à classer l'Okan parmi les espèces ptérochores (planeurs lourds à aile) comme la plupart des espèces forestières anémochores (Daniel, 1989).

Les sous-placettes de la direction Ouest se sont révélées être celles ayant la plus forte probabilité d'avoir au moins une plantule. L'espèce étant décrite comme anémochore (Louppe, 2008 ; Doucet, 2007), l'effet du vent a été identifié comme la première raison pouvant justifier la différence de probabilité entre diverses orientations. Il agit sur les graines en les transportant à plusieurs mètres des semenciers, mais également sur les gousses (Forget, 1998 ; Rollet, 1969). Cependant il a été difficile de le confirmer d'une part, en raison de l'indisponibilité des données locales (dans la forêt étudiée), d'autre part, à cause du comportement des vents en forêt. En effet l'orientation générale des vents dominants de la région incluant la zone d'étude désigne des vents dominants allant de l'Ouest vers l'Est. Cependant, cette orientation générale n'a pu être soutenue par des informations locales qui sont également importantes dans le contexte de l'étude (Wilfried et al., 2014). De plus, les valeurs moyennes ne sont pas les plus intéressantes ; les données spécifiques à la période de dispersion des graines étant les meilleures. La probabilité d'observation élevée à l'Ouest peut aussi être en lien avec un phénomène autre que le vent ; une possibilité en lien avec l'éclairement et la chaleur. À cause du déplacement du soleil, la régénération ne souffre pas de l'ombrage de la même manière à l'Ouest et à l'Est de l'arbre-mère. La régénération du côté ouest profite de l'éclairement et de la chaleur de l'après-midi. Un développement plus rapide du

côté ouest mettrait la régénération plus rapidement à l'abri de la prédation, les graines étant mangées par de nombreux primates (White et Abernethy, 1996). Le niveau d'encombrement du sous-bois est décrit par la surface terrière des végétaux autres que les héliophiles (tableau 5) qui se positionnent comme dominants. Un niveau élevé d'encombrement peut : i) diminuer significativement la probabilité des graines libérées du semencier d'atteindre le sol ; ii) diminuer les probabilités de survie des plantules germées en raison d'un éclaircissement moindre. Plus cette surface terrière est élevée, plus faible est la régénération, comme cela a été observé dans de précédentes études (Ducrey et Labbé, 1986). Le couvert forestier aussi influence l'évolution des espèces surtout celles héliophiles. Pour ce qui est de la hauteur, bien qu'elle se soit avérée non significative au seuil de 5%, on peut penser que les grands arbres, dominant la végétation, sont plus offerts à l'effet du vent et ont une plus grande portée offrant une meilleure dispersion des semences. En dehors de ces facteurs, d'autres facteurs environnementaux et édaphiques peuvent conditionner l'observation des plantules. C'est le cas de la présence de sols temporairement inondables qui a été favorable à l'observation des plantules nouvellement germées. Cependant, cette variable n'a pas été retenue dans le modèle expliquant la probabilité d'observer une plantule en raison du faible nombre de placettes concernées, présentant ce type de sol.

Régénération acquise : indicateur de survie des plantules

Les probabilités d'observer une régénération acquise sont généralement plus faibles que celles d'observer les plantules bien que la régénération acquise couvre une gamme de tailles nettement plus étendue (figure 4). Les raisons qui le justifient n'ont pas été étudiées pour l'Okan, mais suggèrent un taux de mortalité élevé. Cela peut être dû à la prédation, aux agents pathogènes, au pourrissement (Puig, 1989) ou à des facteurs environnementaux (Baraloto, 2003 ; Janzen, 1970) tels que la nature du sol, la disponibilité ou non des précipitations lors de la chute des graines, etc.. Les facteurs environnementaux, pour la régénération acquise, semblent favorables à mesure qu'on s'éloigne des semenciers et sous les semenciers de petite hauteur. Les grands arbres incluent ceux les plus robustes, aux cimes les plus développées, couvrant de plus grandes superficies dans les placettes et

offrant plus d'espace à l'installation d'autres arbres qui contribuent à densifier le sous-bois. Ils sont ainsi moins favorables à la survie des plantules, la hauteur du couvert au sein d'une forêt pouvant être à l'origine d'un régime lumineux différent (Canham et al., 1990). En observant les plantules pour décrire la dissémination comme l'a fait Puig (1989), on déduit que les conditions préalables à une dissémination optimale des graines d'Okan sont différentes de celles favorables à la survie des plantules. En effet, la variation des signes des coefficients (distance et hauteur) dans les tableaux 5 et 6 montre que, plus les arbres sont hauts, mieux ils disséminent et plus ils font de l'ombrage, défavorable pour la survie de la régénération acquise.

5. Conclusion

Des hypothèses formulées, on retient que la distance par rapport au semencier, la surface terrière des individus du sous-bois et l'orientation par rapport au pied mère sont déterminants pour la probabilité d'observer une plantule ; la distance et la hauteur du semencier le sont pour la régénération acquise. De tous les stades observés, la régénération acquise est la plus à même de remplacer les semenciers ; ses densités étaient plus faibles (2,3 tiges /ha). L'Okan a des densités plus faibles en dessous de ses semenciers que 143 des 192 espèces inventoriées. Les plantules et la régénération acquise d'Okan sont retrouvées dans le sous-bois, en dessous des arbres parents, tandis que les tiges adultes sont en général dominantes et entourées de plants tolérants à l'ombre.

Afin d'assurer une sylviculture qui soit adaptée à son maintien, il faut approfondir les aspects suivants : la quantification de l'éclaircissement du sous-bois en présence des Okan doit être effectuée ; il en est de même des conditions pédologiques favorables à la germination et à la survie des graines qui tombent des semenciers. Même si la tendance dans la zone de collecte est à gérer l'espèce (plantules et adultes) comme héliophile, son tempérament ne fait pas l'unanimité. De plus, les plantules et les adultes semblent ne pas adopter le même comportement face à la lumière.

L'une des exigences faites aux gestionnaires forestiers (au Cameroun par exemple) pendant les travaux d'exploitation forestière est de laisser sur pied, après abattage, des semenciers capables d'accompagner la reconstitution des espèces (MINEF, 1998).

Cette exigence s'appuie uniquement sur la capacité des arbres à produire des graines, qui à leur tour produisent les plantules qui deviendront plus tard la régénération acquise. Il a été noté que les facteurs favorables à l'observation des plantules ne sont pas toujours propices au passage au stade de régénération acquise. C'est le cas de la distance, ou de la hauteur. Les opérations de récolte peuvent tenir compte des orientations vers lesquelles on observe le plus grand nombre de plantules. Le débardage de tiges abattues doit ainsi se faire dans la direction présentant les probabilités les plus faibles d'observer les plantules afin d'infliger le moins de dégâts possible à la régénération.

Dans les zones où les peuplements sont très dégradés, des actions sylvicoles peuvent favoriser la restauration de l'espèce. Une régénération artificielle de l'Okan dans ces zones peut être envisagée pour soutenir la régénération naturelle de l'espèce. Des études complémentaires portant par exemple sur le diamètre de fructification régulière, le tempérament de l'Okan, sa capacité à coloniser les trouées, résultant d'opérations de récolte, et sa régénération artificielle contribueraient à une meilleure gestion de l'espèce.

Remerciements

Cette étude qui est une contribution à la connaissance et l'aménagement des espèces forestières commerciales du Bassin du Congo a été menée à terme grâce à l'implication de plusieurs acteurs. L'occasion est ici donnée de remercier le Programme Elargi de Formation en Gestion des Ressources Naturelles dans le Bassin du Congo (PEFOGRN-BC), l'Université Laval et le Réseau des Institutions de Formation Forestière et Environnementale d'Afrique Centrale (RIFFEAC) qui ont financé les études de l'auteur principal et la grande partie des activités de terrain.

Cet appui a été consécutif à une sollicitation formulée par le Ministère des Forêts et de la Faune (MINFOF) à travers l'École Nationale des Eaux et Forêts (ENEF) du Cameroun. Des remerciements spécifiques à Marie-Rose Ndedi, Ibrahim Linjouom, Prospère Magloire Seme qui ont pris des décisions favorables à la poursuite de ces travaux ; aux plus hautes instances du MINFOF-MINFOPRA du Cameroun qui ont donné leurs quitus pour la mise en disponibilité de l'auteur principal pour la réalisation de ces travaux.

Les auteurs remercient également la Fabrique

Camerounaise des Parquets (FIPCAM) en général, son Unité d'Aménagement et sa direction en particulier qui a ouvert ses sites d'exploitation et facilité les travaux de terrain. Une reconnaissance est aussi témoignée à Narcis Dogmo, Joseph Bitounou, Mbarga Mbarga et Vidal Ouamba, qui ont participé à la collecte des données.

Bibliographie

- Atta-Boateng, J. et Moser, J.W., Jr. (1999).** A method for classifying commercial tree species of an uneven-aged mixed species tropical forest for growth and yield model construction. *Forest Ecology and Management*, 104, 89-99.
- Baraloto, C. (2003).** Régénération forestière naturelle : de la graine à la jeune tige. *Rev. For. Fr. LV*, 179-187.
- Barend, S.V.G. (2004).** Disturbance diversity and distributions in Central African rain forest. *Wageningen University*, 199 p.
- Beina, D. (2011).** Diversité floristique de la forêt dense semi-décidue de Mbaïki, république centrafricaine : étude expérimentale de l'impact de deux types d'intervention sylvicole. *Thèse de doctorat, Université de Picardie Jules Verne*, 226 p.
- Canham, C.D., Denslow, J.S., Platt, W.J., Runkle, J.R., Spies, T.A., White, P.S. (1990).** Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Can. J. For. Res.* 20, 620-631.
- Clark, D.A. et Clark, D.B. (1984).** Spacing dynamics of a tropical rain forest tree: evaluation of the Janzen-Connell model. *The American Naturalist*, 124(6), 769-788.
- Connell, J.H. (1971).** On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. *Proc. Adv. Study Inst. Dynamics Numbers Popul. (Oosterbeek)*, 298-312.
- Daniel, Y.A. (1989).** Dynamique de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire. *Thèse de doctorat, Collection Études et Thèses*, 102 p.
- Debroux, L. et Delvingt, W. (2002).** Perspectives pour un aménagement des forêts naturelles fondé sur la gestion des populations d'arbres : l'exemple du Moabi (*Baillonella toxisperma* Pierre) dans la forêt du Dja (Cameroun). *Séminaire FORAFRI de Libreville – Session 4 : exploitation, aménagement, gestion*, 1-14.

- Degen, B., Blanc, L., Caron, H., Maggia, L., Kremer, A., Gourlet-Fleury, S. (2006).** Impact of selective logging on genetic composition and demographic structure of four tropical tree species. *Biological Conservation*, 131, 386-401.
- Dominique, P.C. (2003).** Le rôle de la faune sur la régénération forestière naturelle. *Rev. For. Fr. LV*, 195-205.
- Doucet, J.L., Issembé, Gillet, J.F., Nimbot, Y., Boubady, A. (2007).** Dynamique des peuplements forestiers d'Afrique centrale ; *seconde partie : fiches descriptives*, 58 p.
- Doucet, J.L. (2003).** L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon. *Thèse de doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux*, 390 p.
- Ducrey, M., Labbé, P. (1986).** Étude de la régénération naturelle contrôlée en forêt tropicale humide de Guadeloupe. II - Installation et croissance des semis après les coupes d'ensemencement. *Annales des sciences forestières, INRA/EDP Sciences*, 43 (3), 299-326.
- Dupuy, B. (1988).** Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide africaine. *Projet FORAFRI, CIRAD*, 387 p.
- Forget, P.M. (1998).** Dissémination et régénération naturelle de huit espèces d'arbres en forêt guyanaise. *Thèse de doctorat, Université de Paris 6*, 285 p.
- FIPCAM (2016).** Plan d'aménagement révisé de l'Unité Forestière d'Aménagement 09 004B, 94 p.
- Forni, E. (1997).** Types de forêts dans l'Est Cameroun et étude de la structure diamétrique de quelques essences. *Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'études approfondies en Sciences agronomique et Ingénierie biologique. Faculté universitaire*.
- Fredericksen, T.S. et Putz, F.E. (2003).** Silvicultural intensification for tropical forest conservation. Kluwer Academic Publishers, *Biodiversity and Conservation*. 12, 1445-1453.
- Gillet, J.F. (2013).** Les forêts à marantaceae au sein de la mosaïque forestière du nord de la république du Congo. *Thèse de doctorat, Université de Liège-Gembloux Agro-Bio tech*, 194 p.
- Grogan, J. et Jurandir, G. (2006).** Factors limiting post-logging seedling regeneration by big-leaf Mahogany (*Swietenia macrophylla*) in Southeastern Amazonia, Brazil, and implications for sustainable management. *BIOTROPICA*, 38(2), 219-228.
- Hosmer, D.W. et Lemeshow, S. (2000).** Applied logistic regression (Second Edition). *Wiley, Inc.*, New York, 397 p.
- Janzen, D. (1970).** Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist*, 104, 501-528.
- Karsenty, A., Cerutti, P., Doucet, J.L., Putz, F.E., Romero, C., Bernard, C., Eba'a Atyi, R., Douard, P., Claey, F., Desbureaux, S., Ezzine de Blas, D., Fayolle, A., Fomété, T., Forni, E., Gond, V., Gourlet-Fleury, S., Kleinschroth, F., Mortier, F., Nasi, R., Nguinguiri, J.C., Vermeulen, C., De Wasseige, C. (2016).** L'aménagement forestier au Congo engendre-t-il plus de déforestation ? *Agritrop*. <http://dx.doi.org/10.18167/agritrop/00001>, 17 p.
- Karsenty, A. et Gourlet-Fleury, S. (2006).** Assessing sustainability of logging practices in the Congo Basin's managed forests: the issue of commercial species recovery. *Ecology and Society*, 11 (1), 26. 13p.
- Kouitcheu, M.L.B., Kouam, J., Pewannlap, B.V., Bonaventure, N.T., Ngadjui, F.Z.T. et Etoa, F.X. (2007).** Evaluation of antimicrobial activity of stem bark of *Cylicodiscus gabunensis* (Mimosaceae). *Afr. J. Trad (CAM)*, 4(1), 87-93.
- Kouitcheu, M.L.B., Penlap, B.V., Kouam, J., Ngadjui, B., Bonaventure, T. et Etoa, F.X. (2006).** Evaluation of antidiarrhoeal activity of the stem bark of *Cylicodiscus gabunensis* (Mimosaceae). *African Journal of Biotechnology*, 5 (11), 1062-1066.
- Loupe, D., Oteng-Amoako, A.A., Brink, M. (2008).** Ressources végétales de l'Afrique Tropicale. Bois d'œuvre. Traduction de plant : Plant Ressources of Tropical Africa Timbers. *Fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas*. 783p.
- MINEF (1998).** Normes d'intervention en milieu forestier. Ministère de l'Environnement et des Forêts.
- MINFOF (2016).** Programme National de Reboisement. Cellule de suivi de la Régénération du Reboisement, Cameroun. 68 p.
- MINFOF (2014).** Bases de données du Système Informatique de Gestion d'Informations Forestières. SIGIF, Cameroun.
- Ndongo, D. (2010).** Mise en place d'un dispositif de recherche pour la collecte des données sur la biologie et

l'écologie de *Pericopsis elata* (Assamela) au Cameroun (*Rapport partiel*). Projet OIBT/CITES, 79 p.

Norghauer, J.M., Nock, C.A., Grogan, J. (2011). The importance of tree size and fecundity for wind dispersal of big-leaf mahogany. *PLoS ONE*, 6(3), 1-12.

OIBT (2011). Situation de la gestion des forêts tropicales 2011. *Organisation Internationale des Bois Tropicaux*, 46-54.

Okokon, J.E., Basil, N.I. and Aniekan, E.U. (2006). Antiplasmodial activity of *Cylicodiscus gabunensis*. Science Direct, *Journal of Ethnopharmacology*, 107, 175-178

Puig, H., Forget, P.M., et Sist, P. (1989). Dissémination et régénération de quelques arbres en forêt tropicale guyanaise. Bulletin de la Société Botanique de France. *Actualités Botaniques*, 136(3/4), 119-131.

Rollet, B. (1969). La régénération naturelle en forêt dense sempervirente de plaine de la Guyane Vénézuélienne. *Bois et Forêts des Tropiques*, 124, 19-38.

Schwartz, G., Falkowski, V., and Peña-Claros, M. (2017). Natural regeneration of tree species in the Eastern Amazon: Short-term responses after reduced-impact logging. *Forest Ecology and Management*, 385, 97-103.

Sepulchre, F., Dainou, K., Doucet, J.L. (2008). Étude de la vulnérabilité de 18 essences ligneuses commerciales d'Afrique centrale reprises sur la liste rouge IUCN. 51 p.

Sist, P. et Brown, N. (2004). Silvicultural intensification for tropical forest conservation: a response to Fredericksen and Putz. *Biodiversity and Conservation*, 13, 2381-2385.

Soladoye, M.O., Chukwuma, E.C. and Owa, F.P. (2012). An 'Avalanche' of Plant Species for the Traditional Cure of Diabetes mellitus in South-Western Nigeria. *J. Nat. Prod. Plant Resour.*, 2 (1), 60-72.

Stage, A.R. (1976). An Expression for the Effect of Aspect, Slope, and Habitat Type on Tree Growth. *Forest Sci.*, 22, 45-460.

Tchouto, G.P.M. (2004). Plant diversity in a Central African rain forest, Implications for biodiversity conservation in Cameroon. *Wageningen University*, 1-205.

Thorsten, D.H. (2011). Inventory of Natural Regeneration and the Recovery of Logging Gaps in the Nkrabia Forest Reserve in Ghana – A Comparison between Chainsaw Milling and Conventional Logging. *Bachelor Thesis*. 77 p.

White, L. et Abernethy, K. (1996). Guide de la Végétation de la Réserve de la Lopé. *ÉCOFAC Gabon*. 229 p.

Whitmore, T.C. (1989). Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology*, 70(3), 536-538.

Wilfried, P.M., Bain, C.L., Chadwick, R.S., Graham, R., Sonwa, D.J., Kamga, F.M. (2014). Identification of processes driving low-level westerlies in West Equatorial Africa. *American Meteorological Society*, (57), 4245-4262.