



ANALYSE DE L'EFFET DE LA CONCURRENCE VEGETALE SUR LA CROISSANCE DU MOABI EN FORET DENSE TROPICALE PERTURBEE DE L'EST – CAMEROUN

Mbonayem Liboum, K.S Bobo

► To cite this version:

Mbonayem Liboum, K.S Bobo. ANALYSE DE L'EFFET DE LA CONCURRENCE VEGETALE SUR LA CROISSANCE DU MOABI EN FORET DENSE TROPICALE PERTURBEE DE L'EST – CAMEROUN. 2014. <hal-01523222>

HAL Id: hal-01523222

<https://hal.science/hal-01523222v1>

Preprint submitted on 16 May 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

TITRE

**ANALYSE DE L'EFFET DE LA CONCURRENCE VEGETALE SUR LA CROISSANCE DU MOABI
EN FORET DENSE TROPICALE PERTURBEE DE L'EST – CAMEROUN**

**ANALYSIS OF EFFECT OF PLANT COMPETITION ON THE GROWTH OF MOABI IN DENSE
TROPICAL DISTURBED FOREST OF EASTERN CAMEROON**

TITRE ABREGE

CONCURRENCE VEGETALE D'UNE ESSENCE A FORT POTENTIEL

AFFILIATION DES AUTEURS

Mbonayem Liboum^{1,2*} et K.S. Bobo¹

¹: Université de Dschang. Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles. Département de Foresterie. B.P.: 222
Dschang, Cameroun. Tel: +237 674 22 61 97; Email: libyem@gmail.com

² Centre Technique de la Forêt Communale (CTFC). BP. : 15 107 Yaoundé. Site web : www.foretcommunale-cameroun.org

*: Auteur pour les correspondances.

Résumé :

Description du sujet. L'article traite des indices de concurrence du Moabi dans un environnement compétitif avec les arbres voisins.

Objectif. L'objet de cette étude est la maîtrise des variables de compétition qui décrivent le mieux la trajectoire de croissance du Moabi en peuplement hétérogène.

Méthode. Le dispositif expérimental utilisé est constitué de placettes semi permanentes circulaires de 20 m de rayon centrées sur chacun des 60 arbres des 79 arbres de Moabi étudiés et mis en place par la Société Pallisco depuis 2008 (Doucet *et al.*, 2012).

Résultats. Seul l'indice de concurrence STTr/Dist est la variable qui explique le mieux l'accroissement en diamètre ($R^2=25,50$) et l'accroissement en surface terrière ($R^2=20,00$) de manière soutenue. D, ID, NVD, NVT, STT sont les variables les plus proche du cercle de corrélation, donc explique le mieux la variabilité de la croissance du Moabi. La combinaison prédisant le mieux l'accroissement diamétrique du Moabi comporte trois variables (deux indices indépendants des distances (NVD, NVT) et un indice dépendant des distances (SDHP/dist)) avec un AIC de 83,51.

Conclusion. Il ressort de cette analyse qu'au-delà des indices de concurrence indépendants et dépendants de la distance, il y a également des variables de prédiction de la croissance telles que le diamètre (D) et l'indice d'éclairement du houppier (ID) qui peuvent rentrer dans l'élaboration d'un modèle prédictif efficient de l'accroissement en diamètre et en surface terrière du Moabi.

Mots clés : Accroissement en diamètre ; Compétition végétale ; Indices de concurrence ; Modèle de croissance ; Prédicibilité de la croissance.

Abstract :

Description of the subject. The article deals with competition of Moabi indices in a competitive environment with neighboring trees.

Objective . The purpose of this study is the mastery of competitive variables that best describe the Moabi growth in a heterogeneous settlement.

Method. The experimental design consists of semi circular permanent plots of 20 m radius centered on each of the 60 trees of 79 trees Moabi studied and implemented by the Pallisco logging company since 2008 (Doucet *et al.*, 2012).

Results. Only the index of competition STTR / Dist is the variable that best explains the increase in diameter ($R^2 = 25.50$) and the basal area increment ($R^2 = 20.00$) steadily. D ID, NVD, NVT, STT are the closest variables to the correlation circle which best explains the variability of Moabi growth. The better predicting combination of diametric growth of Moabi has three variables (two independent indices distances (NVD, NVT) and a dependent index distances (SPHR / dist)) with an AIC of 83.51.

Conclusion. It is clear from this analysis that beyond the independent and dependent competition indices of the distance, there are also growing predicting variables such as diameter (D) and the illumination of the crown index (ID) that can go into the development of an efficient predictive model of the increase in diameter and basal area of Moabi.

Keywords: Diameter growth; Growth model; Indices of competition; Plant competition; Predictability of growth.

43 **Introduction**

44 L'étude des phénomènes de concurrence en forêt tropicale humide s'insère dans un cadre plus large de recherche
45 sur les mécanismes qui régissent le fonctionnement de cet écosystème, afin de donner aux gestionnaires
46 forestiers les moyens d'intervenir plus rationnellement. Si en forêt tempérée on dispose pour cela d'une masse de
47 connaissances et d'outils élaborés (Gourlet – Fleury, 1998), en forêt tropicale naturelle beaucoup reste à faire.
48 Ainsi, pour la planification des ressources forestières, les modèles de croissance apportent aux gestionnaires les
49 éléments qui leur font souvent défaut La caractérisation d'un peuplement forestier, qui comporte plusieurs
50 espèces et des arbres de tous les âges et de toutes les dimensions, par des variables globales telles que la hauteur
51 dominante ou la surface terrière, n'a guère de sens, et il va de soi que des modèles de croissance plus détaillés
52 que les modèles de peuplement (tables de peuplement) sont alors nécessaires pour prédire la croissance
53 (Rondeux, 1999 ; Picard, 2007). Dès lors, les chercheurs s'intéressent depuis longtemps à la prédiction de
54 l'évolution des peuplements forestiers, et s'attèlent à mettre au point des outils pour aider les gestionnaires
55 forestiers (Pardé et Bouchon, 1988; Goreaud *et al.*, 2005).

56 Pour concilier les aspects environnementaux et économiques de gestion des forêts tropicales, des stratégies de
57 gestion responsable (aménagement forestier) ont été développées, et les forêts continuent de se dégrader (FAO,
58 2011). En effet, l'aménagement des forêts de production du bassin du Congo utilise encore des outils peu adaptés
59 (paramètres de détermination de la dynamique des peuplements) pour définir le type de sylviculture à appliquer
60 alors que la prédiction de l'état futur d'un peuplement hétérogène devrait passer par l'établissement de modèles
61 de croissance en grosseur ou en hauteur des espèces en présence qui dépendent le plus souvent de la localisation
62 de l'arbre central, son statut et l'importance de la végétation dans laquelle il évolue (Goreaud *et al.*, 2005).

63 En outre, la compétition au sein du peuplement est l'un des principaux facteurs de variation de la croissance des
64 arbres en forêt tropicale hétérogène (Bouchon, 1979). Ainsi, peu d'espèces de forêts hétérogènes ont à ce jour
65 fait l'objet de simulation de leur croissance individuelle en intégrant des paramètres environnementaux à des fins
66 de gestion. Le cas du Moabi, espèce phare des forêts du Sud-est Cameroun (MINEF, 1999) exploitées pour son
67 bois, et pour laquelle la croissance a pourtant fait l'objet de plusieurs études, mérite d'être traité car très peu de
68 connaissances existent sur la compétition végétale sur cette espèce dans son milieu naturel et dans un milieu
69 perturbé. Si les données de croissance moyenne du Moabi sont disponibles, les facteurs de variation de la
70 croissance ne sont à ce jour pas connus. Et, quelles sont les variables de compétition qui décrivent le mieux la
71 trajectoire de croissance du Moabi en peuplement hétérogène ?

72 **Zone d'étude**

73 L'étude est conduite dans une concession constituée de cinq Unités Forestières d'Aménagement (UFA 10-030,
74 10-039, 10-041, 10-042, 10-044) avec une superficie totale d'environ 342.000 ha. Sur le plan administratif, elle
75 est située dans la région de l'Est, département du Haut-Nyong, à cheval sur les arrondissements de Lomié,
76 Messok et Mindourou. Sur le plan géographique, la concession est comprise entre 3° et 3°45' de latitude Nord et
77 entre 13°20' et 14°32' de longitude Est (feuille cartographique 1/200.000° NA-33-XXI Medoum-Institut
78 National de Cartographie (INC) (figure 1).

79 **Méthodologie**

80 ***Dispositif de recherche***

81 Le dispositif expérimental utilisé est constitué de placettes semi permanentes circulaires de 20 m de rayon
82 centrées sur chacun des arbres de Moabi étudiés. Il s'agit d'un dispositif de suivi de la croissance du Moabi mis
83 en place par la Société Pallisco depuis 2008 (Doucet *et al.*, 2012), avec 79 arbres suivis initialement (figure 1).
84 La présente étude a porté uniquement sur les 60 arbres régulièrement suivis entre septembre 2008 et décembre
85 2012.

87 ***Collecte des données***

88 A l'intérieur de la zone de concurrence définie autour de chaque arbre central de Moabi étudié (placette semi-
89 permanente), tous les arbres ont été identifiés (espèce et famille botanique) et mesurés (diamètre de
90 référence et type de houppier) à l'aide d'un mètre ruban. Un clinomètre de marque « Suunto » a permis de
91 déterminer les pentes des placettes. Une boussole de marque « Suunto » a été utilisée pour estimer les azimuts
92 des arbres voisins à l'arbre central. Un appareil laser « Leica DISTO » a permis de déterminer les distances des
93 arbres voisins par rapport à l'arbre central. Un GPS de marque « Garmin GPS map 62 » a été utilisé pour
94 déterminer les positions des arbres à étudier. Des fiches de collecte de données ont permis de relever toutes ces
95 informations.

96 Le statut social des arbres centraux a été évalué sur la base des codes de classification établit par Dawkins (1958)
97 (Moravie *et al.*, 1999). Au terme de la collecte de données, 786 arbres compétiteurs ont été identifiés dans les 60
98 placettes semi – permanentes de Moabi.

99 *Analyse des données*

100 *Détermination des paramètres de croissance*

101 L'accroissement moyen annuel en diamètre (Δd) de chaque arbre est calculé à partir de la formule :

102
$$\Delta d \text{ (cm. an}^{-1}\text{)} = (d_n / d_{1n}) / n$$

103 L'accroissement en surface terrière (Δg) de chaque arbre est calculé suivant la formule :

104
$$\Delta g \text{ (m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}\text{)} = \pi \left(\frac{d_n - d_{1n}}{4n} \right)^2 \text{ où :}$$

105 d_n = diamètre de l'arbre à l'année n ; d_1 = diamètre de l'arbre à l'année 1 ; n = nombre d'années entre deux
106 mesures.

107 Les indices de compétition déterminés portent sur deux classes distinctes : ceux dépendants de la distance et
108 ceux qui en sont indépendants (tableau 1). Les indices indépendants de la distance expriment la densité locale et
109 le statut social (indice d'éclairement du houppier) des arbres par rapport au peuplement, alors que les indices
110 dépendants de la distance expriment ces mêmes valeurs dans l'espace.

111 *Analyse des variations de la croissance*

112 Les accroissements en diamètre et en surface terrière en fonction des différentes variables mesurées ont été
113 évaluées par analyses statistiques simples et multivariées à partir du logiciel STATISTICA. Les corrélations de
114 la croissance avec les variables qualitatives de statut social (classes d'exposition) et de diamètre (classes de
115 diamètre) des arbres, ont été déterminées par analyses de variance (ANOVA) à un facteur et ont permis
116 d'expliquer ainsi leur effet sur la trajectoire de croissance des espèces étudiées. L'hétérogénéité des variances a
117 été préalablement vérifiée par le Test de Brown et Forsythe d'Homogénéité des Variances. En cas de test
118 significatif, la différence d'accroissement diamétrique entre les classes qualitatives est analysée ensuite par le
119 Test HSD de Turkey afin de déceler les classes d'individus concernées.

120 Pour les variables quantitatives décrivant soit la morphologie des arbres (le diamètre), soit la compétition du
121 peuplement (indices de compétition), leurs corrélations avec les variables de croissance ont été analysées par des
122 régressions simples qui ont permis d'apprécier la relation linéaire pouvant exister entre elles et le niveau de
123 variation qu'elles exercent sur la croissance. La performance de ces variables à expliquer les variations de la
124 croissance a été appréciée à travers les courbes de régression et les coefficients de détermination (R^2) ainsi que
125 de corrélation (r) obtenus de ces régressions.

126 Pour déterminer l'effet combiné de l'ensemble des variables qualitatives et quantitatives sur la croissance des
127 espèces, une approche d'analyse multivariée recommandée par Hill et Smith (1976) a permis de visualiser les
128 corrélations potentielles entre variables et d'identifier les principaux facteurs de variation de la croissance
129 inhérents au peuplement. Il s'agit d'une approche combinant les analyses en correspondance multiple (ACM) de
130 variables qualitatives et les analyses en composantes principales (ACP) de variables quantitatives qui permet de
131 synthétiser l'information principale (facteur de variation) véhiculée par l'ensemble des variables. L'effet
132 combiné des variables est déterminé dans un premier temps par analyse visuelle des cercles de corrélation, et
133 dans un second temps par analyse statistique des matrices de corrélation obtenues. Pour toute position en angle
134 droit entre variables par rapport au centre du cercle de corrélation, la relation est jugée inexistante et donc l'effet
135 non significatif. En cas de position autre que l'angle droit entre variables, la relation est jugée existante et sa
136 pertinence évaluée à travers les valeurs de r obtenues des matrices de corrélation.

137 *Détermination des variables prédictives potentielles de modélisation de la croissance*

138 La détermination des variables potentielles en vue de la modélisation de la croissance du Moabi est réalisée par
139 analyse en régression multiple avec une démarche de recherche exhaustive et selon la méthode des moindres
140 carrés. Elle consiste à procéder à une recherche exhaustive par itération, de combinaisons statistiquement
141 possibles (variance résiduelle et Critère d'Information d'Akaike ou AIC minimisés) de variables explicatives
142 (indices et paramètres de forme des arbres déterminés) permettant d'expliquer les variables de croissance. Les
143 régressions multiples entre chacune des variables de croissance (Δd et Δg) et l'ensemble des variables
144 explicatives déterminées ont été réalisées par itérations de façon à minimiser l'écart-type résiduel entre les
145 valeurs de croissance observées et celles estimées. Le Test du χ^2 a permis de relever le degré de corrélation
146 entre les différentes variables prédictives de l'accroissement en diamètre et en surface terrière du Moabi. En effet
147 cette corrélation est jugée non significative pour une valeur du χ^2 comprise entre 0 et 2,70 ; significative entre
148 2,70 et 3,84 et très significative lorsque supérieure à 3,84. Les variables présentes dans les dix premières
149 combinaisons ayant fourni les plus bas AIC ont été retenues comme potentiellement utilisables dans des modèles
150 prédictifs de la croissance du Moabi.

151 **Résultats**

152 *Détermination des variables de croissance et de compétition*

153 *Accroissement moyen annuel*

154 Les résultats du calcul de l'accroissement moyen diamétrique (Δd) et en surface terrière (Δg) des deux espèces
155 sur la période de 2008 à 2012 sont présentés dans le tableau 2.

156 L'accroissement diamétrique moyen (Δd) du Moabi, pour la période de 2008 à 2012, est estimé à $0,825 \pm 0,158$
157 cm/an ; Son accroissement en surface terrière (Δg) est de $1,473 \pm 0,460 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{an} \times 10^{-3}$ (Tableau 2).

158 *Indice d'éclairement du houppier*

159 Le niveau d'éclairement du houppier des arbres est apprécié visuellement sur le terrain et ne fournit pas des
160 informations qualitatives sur la concurrence entre arbres du peuplement pour l'accès à la lumière. Les classes
161 définies décrivent les conditions graduelles d'exposition, allant de celles sans aucun accès possible du houppier
162 des arbres à la lumière (classe ID1) à celles où les houppiers sont entièrement exposés à la lumière (classe ID5).
163 Les classes d'exposition intermédiaires du houppier sont fonction de la partie (latérale ou verticale) de ce dernier
164 la mieux exposée à la lumière (Tableau 3).

165 *Indices de concurrence indépendants et dépendants de la distance*

166 Les statistiques descriptives relatives à ces variables présentées dans le tableau 4 indiquent non seulement les
167 caractéristiques démographiques du peuplement, mais également illustrent la pression exercée par les arbres
168 voisins sur les arbres centraux de Moabi étudiés. De ces statistiques, on peut constater que la densité de
169 peuplement autour des arbres de Moabi étudiés est d'environ 113 arbres à l'hectare.

170 La moyenne de la plupart des variables est supérieure à 1, traduisant ainsi la densité importante des arbres
171 voisins et leur pression de concurrence assez forte du fait de leur position très proches des arbres centraux. Le
172 rapport de la surface terrière du peuplement ou de la somme des diamètres des arbres concurrents par la distance
173 qui les sépare des arbres centraux est presque identique et montre ainsi que pour deux peuplements de structure
174 différente, la pression de concurrence pouvant être observée entre les arbres peut être la même. Ainsi, la pression
175 de concurrence des grands arbres positionnés loin de l'arbre concurrencé équivaut à une pression exercée par de
176 petits arbres situés qui en sont plus proches. Des trois indices de concurrence dépendants des distances, seul
177 l'indice de densité locale correspondant au rapport de la somme des diamètres des arbres concurrents par la
178 distance qui les sépare des arbres centraux ($SSTr/dist$) et représenté par des écarts types (2,49) très élevés par

179 rapport aux deux autres indices ; ce qui traduit la grande dispersion des données. Cela prédit aussi d'une
180 tendance instable des données en régression linéaire de l'espèce (Tableau 4).

181 *Analyse de la variation de l'accroissement annuel moyen*

182 Les régressions réalisées entre les valeurs de l'accroissement moyen et la taille initiale (notamment le diamètre
183 des arbres) révèlent une corrélation linéaire significative ($p < 0,05$) (figure 2). Ainsi donc, le diamètre initial des
184 arbres semble être à l'origine d'une forte variation de l'accroissement en diamètre du Moabi, avec une
185 proportion de variabilité expliquée estimée à 20,1% (coefficient de corrélation $R^2 = 0,202$). Pour les
186 accroissements en surface terrière, la distribution du nuage de points de valeurs moyennes en fonction du
187 diamètre initial des arbres montre une variation linéaire apparente et statistiquement significative (figure 3),
188 révélée par la droite de régression simple, le coefficient de détermination R^2 de 0,272 et la probabilité $p < 0,001$
189 obtenus.

190 *Effet des classes diamétriques des arbres sur la croissance*

191 Des différences de croissance entre individus de classes de diamètres différents ont été observées. En effet,
192 l'ANOVA à un facteur réalisé entre la moyenne des accroissements annuels diamétriques pris par classe de
193 diamètres des arbres indique des différences significatives ($F_{(7,52)} = 8,179$; $p < 0,001$) avec une proportion de
194 variabilité expliquée de 52,4% ($R^2 = 0,524$) (Tableau 5). Le test HSD de Tuckey, qui fait une comparaison
195 multiple entre les moyennes d'accroissement par classe de diamètres, associé à cette analyse met en exergue les
196 différences significatives entre les petites classes (20 à 40 cm) et les plus grandes classes (40 à 80 cm, et 90 à
197 110 cm). Aucune différence significative n'a été observée entre les individus de chacune des petites, et ceux de
198 chacune des grandes classes de diamètre. La plus petite croissance est enregistrée dans la classe CD8 avec la
199 valeur moyenne de $0,255 \pm 0,037$ cm/an, et la plus grande croissance dans la classe CD9 avec la valeur moyenne
200 de $1,321 \pm 0,658$ cm/an.

201 L'ANOVA à un facteur réalisée entre la moyenne des accroissements moyens en surface terrière pris par classe
202 de diamètres des arbres montre des différences significatives de croissance ($F_{(7,52)} = 9,390$; $p < 0,000$), avec une
203 proportion de variabilité expliquée de 55,83% ($R^2 = 0,558$). Les groupes d'arbres exprimant la variabilité
204 d'accroissement en diamètre de 52,4% (tableau 5) après le test HSD de Tuckey appartiennent aux classes
205 diamétriques 20-30 cm, 30-40 cm et 80-90 cm d'une part, puis 60-70 cm, 90-100 cm et 100-110 cm d'autre part.
206 Aucune différence significative n'a été observée entre les individus de chacune des petites et ceux des grandes
207 classes de diamètres. La plus petite croissance est enregistrée dans la classe CD6 avec la valeur moyenne de

0,129 \pm 0,012 m²/ha/an $\times 10^{-3}$, et la plus grande croissance dans la classe CD5 avec la valeur moyenne de 4,491 \pm 1,039 m²/ha/an $\times 10^{-3}$.

Effet de l'indice d'éclairement du houppier sur la croissance

L'évaluation de l'influence du statut social sur la croissance des arbres de Moabi étudiés par ANOVA à un facteur réalisée, entre les moyennes d'accroissement diamétrique et les classes de statut social (indice de Dawkins), a révélé un effet significatif ($F_{(4, 55)} = 3,764$; $p = 0,0089$) avec une variance totale de l'accroissement expliquée par cet indice de compétition estimée à 21,5 % ($R^2 = 0,2149$).

La plus petite valeur d'accroissement moyen en diamètre (0,38 \pm 0,42 cm/an) est observée dans la classe ID1, arbres dont les cimes sont entièrement ombragées, donc qui ne reçoivent pas de lumière. Par contre la valeur d'accroissement diamétrique moyen la plus importante (1,12 \pm 0,357 cm/an) est enregistrée dans la classe ID4 des arbres entièrement exposés à la lumière verticalement et ombragés latéralement (Tableau 6)

Effet des indices de compétition indépendants et dépendants de la distance sur la croissance

Les figures 4 et 5 permettent d'apprécier le degré de liaison entre les variables dépendantes (accroissement diamétrique moyen et en surface terrière moyenne) et les principales variables explicatives (Indices de Densité Locale) relatives au peuplement de Moabi. En effet, il ressort de la figure 4 que seul l'indice de densité locale NVD (nombre de voisins imposants par rapport au diamètre de l'arbre central) explique le mieux l'accroissement en diamètre ($R^2=33,10$) et l'accroissement en surface terrière ($R^2=30,8$). D'autre part l'indice de densité locale STD (somme de surface terrière voisins imposants par rapport au diamètre de l'arbre central) a également un taux appréciable de l'accroissement en diamètre ($R^2=21,70$) et l'accroissement en surface terrière ($R^2=23,01$) (figure 5). En outre, les indices de concurrence NVT et SST avec une corrélation compris entre 0,001 et 0,059 n'explique que très faiblement la variabilité de la croissance en diamètre et en surface terrière du Moabi.

Les figures 6 et 7 présentent les distributions d'accroissement moyen diamétrique et en surface terrière du Moabi en fonction des indices de concurrence SSTr/dist (figures 6), SST/dist (figure 7). Seul l'indice de concurrence STTr/Dist est la variable qui explique le mieux l'accroissement en diamètre ($R^2=25,50$) et l'accroissement en surface terrière ($R^2=20,00$) de manière soutenue. En outre, l'indice de concurrence SDHP/dist montre une très faible capacité d'explication de la variabilité de croissance en diamètre et en surface terrière du Moabi avec des coefficients de corrélations inférieure à 0,006.

235 ***Principaux facteurs de variation de la croissance***

236 Les corrélations entre variables explicatives de compétition de croissance sont visualisées dans le cercle de
237 corrélation obtenu des analyses multivariées mixtes (figure 8). Les analyses multivariées mixtes réalisées pour
238 les variables qualitatives (classe de statut social) et quantitatives (indices de compétition et accroissement en
239 diamètre des arbres et diamètre des arbres) auxquelles les variables de croissance du Moabi ont été associées,
240 révèlent l'existence de deux principaux facteurs expliquant l'inertie totale portée par les variables analysées. Le
241 cercle de corrélation décrit par ces deux principaux facteurs répartit les variables en trois principaux groupes :

- 242 (1) Les variables ID (niveau d'éclaircissement du houppier) et D (diamètre des arbres) caractérisant le statut
243 social des arbres centraux étudiés, ainsi que les variables de croissance (Δd et Δg) ;
- 244 (2) Les variables NVT (densité totale), STT (surface terrière totale), SST/dist (surface terrière totale relative
245 à la distance) et SDHP/dist (somme des diamètres relative à la distance) caractérisant la densité du
246 peuplement ;
- 247 (3) Les variables NVD (densité des concurrents imposants), STD (surface terrière des concurrents imposants
248 et SSTr/dist (surface terrière relative par rapport à la distance) caractérisant le statut social du
249 peuplement.

250 Dans ce cercle de corrélation, 78,46% de la variance est expliquée par les deux axes représentés. L'axe 1
251 représentant le facteur d'inertie Fact. 1 expliquant la plus grande proportion (62,04 %) de l'inertie totale
252 véhiculée par les différentes variables explicatives, oppose les variables décrivant le statut social du peuplement
253 à celles décrivant la densité locale du peuplement, tandis que l'axe 2 représentant le facteur Fact. 2 (16,42 % de
254 l'inertie expliquée) oppose les variables décrivant le statut social des arbres à celles décrivant la densité locale du
255 peuplement. La disposition des variables qualitatives et quantitatives de croissance dans le cercle de corrélation
256 montre une forte corrélation d'une part entre les variables du statut social du peuplement, d'autre part entre les
257 variables de densité locale du peuplement, et enfin entre les variables du statut social des arbres. D, ID, NVD,
258 NVT, STT sont les variables les plus proche du cercle de corrélation, donc explique le mieux la variabilité de la
259 croissance du Moabi. En outre, ces corrélations sont perceptibles à travers le tableau 7 de corrélation des
260 variables et des principaux facteurs de variation de la croissance obtenus des analyses multivariées.

261 ***Variables prédictives potentielles de la croissance du Moabi***

262 Les variables prédictives de l'accroissement annuel moyen sont celles susceptible d'être utilisées dans des
263 modèles de prédiction de la croissance des espèces. Les analyses en régression multiple réalisée par recherche

exhaustive de variables pertinentes avec la méthode des moindres carrés ont fourni une série de combinaisons statistiques pertinentes de variables permettant d'expliquer le maximum de variabilité de la croissance. Les dix premières combinaisons ayant le plus bas critère d'information d'Akaike (AIC) et donc les plus pertinentes de la série sont présentées dans les tableaux 7 et 8. Le seul trait morphologique des arbres qui s'est révélé pertinent dans la prédiction de la croissance du Moabi est le diamètre (D). Cette variable interviendrait particulièrement dans la prédiction de l'accroissement en diamètre et en surface terrière du Moabi. A partir du Test de Chi² qui mesure le degré de corrélation entre les variables prédictives, on n'en déduit que toutes les combinaisons enregistrées dont les variables prédictives de l'accroissement en diamètre et en surface terrière ayant une valeur du Chi² supérieure à 3,84 sont considérées comme étant très corrélées. Les meilleures combinaisons de variables pertinentes sont les premières de chaque série figurant dans les tableaux 8 et 9. La combinaison prédisant le mieux l'accroissement diamétrique du Moabi comporte trois variables (deux indices indépendants des distances (NVD, NVT) et un indice dépendant des distances (SDHP/dist)) avec un AIC de 83,51.

Discussion

Variabilité de la croissance du Moabi

L'accroissement diamétrique moyen de $0,825 \pm 0,158$ cm/an obtenu dans la présente étude, serait spécifique aux arbres de plus de 100 cm de diamètre (Delphin *et al.*, 2002). Mais, nous avons obtenu des arbres de 40 à 50 cm de diamètre avec cette performance. Ceci serait le fait de la perturbation due à l'exploitation forestière qui a contribué à ouvrir la canopée forestière, permettant ainsi aux jeunes arbres d'accéder facilement à la lumière. La différence significative d'accroissement entre les classes de diamètre obtenue, avec une proportion de variabilité expliquée de 52,4% (voir aussi Moneye (2012) pour le Tali en forêt tropicale perturbée) peut s'expliquer par le fait que la croissance des arbres de Moabi n'est pas linéaire entre les petits et les grands diamètres respectivement en dessous et au-dessus de la canopée (voir Delphin *et al.*, 2002). Cependant, cette variabilité dans la croissance pourrait aussi être la conséquence de la compétition interspécifique entre les arbres centraux de Moabi et leurs voisins, ou de l'influence des paramètres environnementaux tels que l'accessibilité de l'éclairement solaire par le houppier des arbres, ou encore la disponibilité des ressources hydriques et des nutriments naturels du sol.

Pour le Moabi, le fait que la plus petite valeur d'accroissement moyen en diamètre ($0,38 \pm 0,42$ cm/an) soit observée dans la classe « ID₁ », c'est-à-dire chez les arbres dont les cimes sont entièrement ombragées et donc qui ne reçoivent pas de lumière, par opposition à la valeur d'accroissement diamétrique moyen la plus

importante ($1,12 \pm 0,357$ cm/an) enregistrée dans la classe « ID₄ » des arbres entièrement exposés à la lumière verticalement et ombragés latéralement, indique clairement le comportement héliophile non-pionnier de l'espèce (Doucet *et al.*, 2003) qui tolère ainsi l'ombre à tous les stades de son développement. L'évaluation de l'éclairement du houppier sur la base des moyennes d'accroissement diamétrique et des classes de statut social a révélé un effet significatif indiquant que l'environnement lumineux a une influence significative sur la croissance du Moabi avec une variance totale de l'accroissement expliquée par cet indice de compétition de 21,5 %. Ces résultats sont semblables à ceux obtenus pour le Sapelli par Moneye (2012) et pour le Moabi par Delphin *et al.* (2002).

.
En outre, le diamètre de référence, influence aussi significativement la croissance du Moabi et constitue un des principaux facteurs de variation de l'accroissement du diamètre ou de la surface terrière (Courbaud, 1997). La variable 'diamètre initial' serait à l'origine d'une forte variation de l'accroissement en diamètre du Moabi, avec une proportion de variabilité expliquée de 20,2% ; Ceci s'apparente à celui observé par Moneye (2012) pour le Tali (25,7%).

Comportement du Moabi face aux indices de compétition indépendants et dépendants des distances

L'expression de l'indice de densité locale NVD (nombre de voisins imposants par rapport au diamètre de l'arbre central) explique au mieux l'accroissement en diamètre ($R^2=33,10$) et l'accroissement en surface terrière ($R^2=30,08$) dans la présente étude. Ces valeurs s'apparentent à celles observées par Gourlet-Fleury (1998) qui a obtenue des indices de compétition utilisés dans les forêts du Paracou permettant d'expliquer 47% de la variance observée sur l'accroissement moyen annuel en diamètre du *Carapa procera*. L'indice de densité locale STD (somme de surfaces terrières voisins imposants par rapport au diamètre de l'arbre central) qui explique le mieux l'accroissement en diamètre ($R^2=21,70$) et l'accroissement en surface terrière ($R^2=23,00$) pour le Moabi s'apparentent le mieux à ceux que donnent Chai (1993) pour les forêts marécageuses mixtes du Sarawak (18% de la variance totale observée sur l'accroissement annuel en diamètre des arbres, toutes espèces confondues). Parmi les indices de compétition dépendant des distances étudiés (SST/dist, SSTr/dist et SDHP/dist), l'indice de concurrence STTr/Dist est la seule variable qui explique l'accroissement en diamètre ($R^2=20,00$) ; ce qui s'apparente à la variance de 21% observée sur l'accroissement moyen annuel en diamètre, toutes espèces confondues, dans les forêts du Paracou de Guyanes Française (Gourlet-Fleury, 1998).

322 ***Principaux facteurs de variation de la croissance du Moabi***

323 Les fortes corrélations observées entre les facteurs de croissance et les variables explicatives de densité locale et
324 de compétition montrent que les facteurs de croissance du Moabi correspondent aux variables de statut social des
325 arbres centraux (D, ID), aux variables de statut social du peuplement (STD, SStr/dist, NVD) et aux variables de
326 densité locale du peuplement (STT, SDHP/dist, SST/dist, NVT). En effet, les variables du statut social des arbres
327 centraux (ID, D), de densité locale du peuplement (SST, NVT) et de statut social du peuplement (STD, NVD)
328 sont d'une importance majeure en aménagement forestier et notamment dans l'accroissement des essences
329 forestières (Gourlet-Fleury, 1998). Ainsi, Il apparaît que la croissance des espèces végétales ne peut se faire si
330 on n'a pas une maîtrise parfaite de l'éclairement du houppier des arbres, c'est-à-dire de la quantité de lumière
331 dont a besoin une plante pour réaliser sa photosynthèse (Prevosto, 2005). De même, les indices de densité locale
332 qui permettent d'évaluer le niveau de compétition interspécifique des espèces sont des variables qui rentrent dans
333 le développement des combinaisons de prédictibilité de la croissance des arbres (Gourlet-Fleury, 1998).

334 ***Prédictibilité de la croissance du Moabi***

335 L'évaluation de la performance par ordre décroissant (voir tableaux 7 et 8) des régressions multiples
336 sélectionnant les variables prédictives pertinentes de l'accroissement en diamètre et en surface terrière
337 du Moabi à partir de la plus petite valeur de l'AIC nous permet de déduire que (1) la combinaison des
338 indices de compétition dépendants et ceux indépendants des distances semblent être les plus
339 performants à prédire l'accroissement diamétrique et en surface terrière du Moabi ; (2) les indices les
340 plus pertinents, en tenant compte de l'analyse en composante multiple et des indices impliqués dans la
341 modélisation de l'accroissement en diamètre et en surface terrière, sont D, ID, NVT, NVD et STT. Par
342 ailleurs, la combinaison prédisant le mieux l'accroissement diamétrique du Moabi comporte trois
343 variables (deux indices indépendants de distance et deux indices dépendant des distances) avec un AIC
344 de 83,51. Pour l'accroissement en surface terrière, le meilleur modèle sera constitué des variables D,
345 NVT, NVD, STD, SST/dist et SDHP/dist (AIC = 503,49). En effet, ces modèles sont d'autant plus
346 urgent à développer à l'heure où l'aménagement forestier durable en zone tropicale n'est basé à ce jour
347 que sur des simulations des tables de peuplement d'arbres qui sont en fait le résultat d'observations à
348 long terme de l'évolution de peuplements de référence (Houllier *et al.*, 1991). Ces premiers outils
349 présentent cependant deux principaux inconvénients car ils ne rendent compte que de l'évolution
350 moyenne des peuplements, et en général ils ne permettent pas de simuler différents types de
351 sylviculture ou de nouveaux scénarios (Goreaud *et al.*, 2005).

352 **Conclusion**

353 La mesure de la compétition pour les ressources ligneuses est longue et nécessite un appareillage spécialisé
354 (Prévosto, 2005). Malgré les contraintes dues à la taille réduite de l'échantillon d'arbres retenus dans la présente
355 étude et à l'absence de données de croissance sur le peuplement d'arbres concurrents ne permettant pas d'évaluer
356 clairement l'effet progressif de la compétition et celui réellement engendré par la perturbation due à
357 l'exploitation forestière sur la croissance du Moabi, il ressort tout de même que (1) au-delà des indices de
358 concurrence indépendants et dépendants de la distance, il y a également des variables de prédiction de la
359 croissance telles que le diamètre (D) et l'indice d'éclairement du houppier (ID) qui peuvent rentrer dans
360 l'élaboration d'un modèle de prédiction efficient de son accroissement en diamètre et en surface terrière ; (2)

361 après analyses multivariées des différents indices de compétition, d'une manière générale les indices de
362 concurrence qui sont les mieux corrélés aux facteurs de variation de sa croissance sont prioritairement ceux du
363 statut social des arbres centraux (ID, D), de la densité locale du peuplement (STT, NVT) et du statut social du
364 peuplement (STD, NVD) qui sont toutes des indices de densité indépendant de la distance ; (3) le meilleur
365 modèle de prédiction de son accroissement en diamètre est constitué des variables explicatives SST/dist et
366 SDHP/dist (indices dépendant des distances), NVD, NVD (indices de densité locale) et SDHP/dist (indice
367 dépendant de la distance) ; (4) le meilleur modèle de prédiction de son accroissement en surface terrière est
368 constitué des variables explicatives D, NVT, NVD, STD, SSTr/dist, SDHP/dist.

369 La présente étude est un précurseur dans l'élaboration future des modèles de croissance des essences dans les
370 peuplements hétérogènes. Mais il se trouve que pour y arriver, plusieurs facteurs environnementaux devront être
371 pris en compte (compétition pour l'air ou pour la lumière, les nutriments du sol, la disponibilité de la ressource
372 hydrique) en dehors de la compétition des arbres voisins par rapport aux arbres cibles. Ainsi, en développant
373 cette réflexion jusqu'à son terme, on pourrait mieux comprendre la compétition que subissent les espèces et
374 proposer des modèles de prédiction de leur croissance pour la gestion durable des forêts denses tropicales
375 humides.

376

377

378 **Références bibliographiques**

- 379 • **Bouchon J., 1979.** Structure des peuplements forestiers. Annales des Sciences Forestières 36. pp.175-209.
- 380 • **Chai F.Y.C., 1993.** Development and testing of diameter increment models for mixed swamp forests of
381 Sarawak. Forest Ecology and Management. pp.51-64.
- 382 • **Courbaud B., 1997.** Modélisation de l'éclaircissement et de la croissance de l'épicéa (*Picea abies* L. Karst) en forêt
383 irrégulière de montagne. Thèse de Doctorat, Université de Lyon I, Lyon, (France). 236p.
- 384 • **Daniels R.F., Burkhardt H.E. & Clason T.R., 1986.** A comparison of competition measures for predicting
385 growth of loblolly pine trees. Canadian Journal of Forest Research 16. pp.1230 - 1237.
- 386 • **Dawkins H.C., 1958.** The management of natural tropical high-forests with special reference to Uganda.
387 Imperial Forestry Institute, University of Oxford. Institute Paper 34. 155p.
- 388 • **Debroux L., 1998.** L'aménagement des forêts tropicales fondé sur la gestion des populations d'arbres :
389 l'exemple du moabi (*Baillonella toxisperma* Pierre) dans la forêt du Dja, Cameroun. Thèse de Doctorat.
390 Faculté Universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux. Belgique. 283p.
- 391 • **Delphin M., Louppe D. & Ingueza, D. 2002.** Fiche de présentation du Moabi. CIFOR. CIRAD. 4p
- 392 • **Detienne P., Oyono F., De Madron L.D., Demarquez B. & Nasi R., 1998.** L'analyse de cernes : applications
393 aux études de croissance de quelques essences en peuplements naturels de forêt dense africaine. CIFOR –
394 Forêt Montpellier. Série FORAFRI. Document 15. CIRAD. 42p.
- 395 • **De Madron L.D., 2003.** Accroissement diamétrique du Bété et de l'Moabi. Note de recherche : Bois et Forêt
396 des Tropiques 275. pp.83 – 85.
- 397 • **Food and Agriculture Organisation (FAO), 2011.** Situation des forêts du monde. Rome. 193p
- 398 • **Feteke F., Hubert D. & Nkolong E., 2004.** Plan d'Aménagement de l'UFA 10 030. Document final. Pallisco.
399 Cameroun. 168p
- 400 • **Gourlet-Fleury S., 1998.** Indices de concurrence en forêt dense tropicale humide: étude de cas sur le dispositif
401 sylvicole expérimental de Paracou (Guyane française). Annales des Sciences Forestières 55(6). pp.623 –
402 653.
- 403 • **Goreaud F., De Coligny F., Courbaud B., Dhote J.F., Dreyfus PH. & Perot T., 2005.** La modélisation : un
404 outil pour la gestion et l'aménagement en forêt. VertigO. Volume 6 N°2. 20p.

- 405 • **Houllier F., Bouchon J. & Birot Y., 1991.** Modélisation de la dynamique des peuplements forestiers : état et
 406 perspectives. *Revue Forestière Française* 33(2). pp.87-108.
- 407 • **Hill M.O., & Smith A.J.E., 1976.** Principal component analysis of taxonomic data with multi-state discrete
 408 characters. *Taxon* 25. pp.249-255.
- 409 • **Ministère de l'Environnement et des Forêts (MINEF), 1999.** Traitement des inventaires appliqué à la
 410 modélisation des aménagements (TIAMA). République du Cameroun : Manuel d'utilisation du logiciel.
 411 Ministère de l'Environnement et des Forêts. Direction des Forêts - Agence Canadienne de Développement
 412 International (projet 232/18027) - Tecsalt Inc., Québec.
- 413 • **Moneye J.J., 2012.** Contribution à l'aménagement des forêts denses humides tropicales de l'est du Cameroun :
 414 détermination des indices de concurrence du Sapelli (*Entandrophragma cylindricum* Sprague Sprague) et
 415 du Tali (*Erythrophloeum suaveolens* (Guill. & Perr.) Brenan). Mémoire présenté en vue de l'obtention du
 416 Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées/Master 2 en Aménagement et Gestion Intégrés des Forêts et
 417 Territoires Tropicaux, Université de Kinshasa, Kinshasa (Congo Démocratique). 218p.
- 418 • **Moravie M.A., Durand M., & Houllier F., 1999.** Ecological meaning and predictive ability of social status,
 419 vigour and competition indices in a tropical rain forest (India). In *Forest Ecology and Management* 131(1-
 420 3). pp.269-289.
- 421 • **Ofori D.A., 2007.** *Milicia excelsa* (Welw.) C.C.Berg. In: Louppe D., Oteng-Amoako A.A. et Brink M., eds.
 422 Protas: Timbers/Bois d'œuvre 1. Wageningen, The Netherlands: PROTA [en ligne]. Disponible à
 423 http://database.prota.org/PROTAhtml/Milicia%20excelsa_Fr.htm [cité 25 Mai 2013]
- 424 • **Parde J., & Bouchon J., 1988.** Dendrométrie - 2ème édition. ENGREF. 328p.
- 425 • **Picard N., 2007.** Modélisation de la dynamique de forêts naturelles tropicales : quel niveau de description?
 426 Mémoire de synthèse en vue d'une candidature à une habilitation à diriger des recherches. Université
 427 Montpellier II. 100p.
- 428 • **Prevosto B., 2005.** Les indices de compétition en foresterie : exemples d'utilisation, intérêts et limites. *Revue*
 429 *Forestière Française* LVII. pp.413 – 430.
- 430 • **Rondeux J., 1999.** La mesure des arbres et des peuplements forestiers. 1ème Edition. Gembloux, Belgique :
 431 Les Presses agronomiques. 521p.

- 432 • **Steneker G.A., & Jarvis J.M., 1963.** A preliminary study to access competition in a white spruce-trembling
433 aspen stand. Forest Chronicle 39. pp.334 - 336.

Tableaux

Tableau 1. Liste des indices de compétition déterminés pour le Moabi

Variables et description	Formule de calcul	Références
<p><i>ID</i> : indice d'exposition du houppier à la lumière/ exposure index of the tree crown on light</p>	<p>ID1 : houppier ne recevant pas de lumière/ tree crown not receiving light,</p> <p>ID2 : houppier recevant peu de lumière/ tree crown receiving little light,</p> <p>ID3 : houppier recevant moyennement la lumière/ tree crown receiving medium light,</p> <p>ID4 : houppier recevant verticalement la lumière /tree crown receiving verticaly light,</p> <p>ID5 : houppier recevant entièrement la lumière/ tree crown receiving completely light</p>	Dawkins (1958)
<p><i>NVT</i> : nombre d'arbres du peuplement ramené à l'hectare/nombre d'arbres voisins totaux (ha⁻¹)/ number of trees of settlement back in hectare / total number of trees neighbors</p>	$NVT = \sum k$	Steneker et Jarvis (1963)
<p><i>NVD</i> : nombre à l'hectare des arbres du peuplement de diamètre supérieur à l'arbre considéré /nombre d'arbres voisins imposant (ha⁻¹)/ number of trees per hectare of settlement of larger diameter to the central tree/ number of neighboring trees imposing</p>	$NVD = \sum_{k=1}^{k=n_g} k_g$	Steneker et Jarvis (1963)
<p><i>STT</i> : surface terrière du peuplement ramené à l'hectare/ Surface Terrière cumulée à l'hectare de la totalité des arbres voisins (m².ha-1)//</p>	$STT = \sum_{k=1}^{k=NVT} \frac{\pi}{4} * dhp_k^2$	Steneker et Jarvis (1963)

Variables et description	Formule de calcul	Références
basal area per hectare / cumulative basal area per hectare of all the surrounding trees		
<i>STD</i> : surface terrière à l'hectare des arbres du peuplement de diamètre supérieur à l'arbre considéré/surface terrière cumulée à l'hectare des arbres voisins imposant (m ² .ha-1)/ basal area per hectare of trees in the settlement of larger diameter / basal area per hectare of cumulative neighboring imposing trees	$STD = \sum_{k=1}^{k=NVD} \frac{\pi}{4} * dhp_k^2$	Steneker et Jarvis (1963)
<i>SST/dist.</i> : surface terrière du peuplement pondérée par la distance avec l'arbre considéré (m/ha)/ basal area weighted by the distance to the central tree	$\frac{SST}{dit} = \sum_{k=1}^{k=NVT} ST_k / dist_k$	Steneker et Jarvis (1963)
<i>SSTr/dist.</i> : surface terrière relative du peuplement pondérée par la distance avec l'arbre considéré (m ⁻¹)/ relative basal area weighted by the distance stand with the central tree	$\frac{SSTr}{dit} = \sum_{k=1}^{k=NVT} ST_k / (dist_k * ST)$	Daniels <i>et al.</i> (1986)
<i>SDhp/dist.</i> : diamètre cumulé des arbres du peuplement pondéré par la distance avec l'arbre considéré (m ⁻¹)/ cumulative diameter trees weighted of the settlement by the distance to the central tree	$\frac{SDhp}{dist} = \sum_{k=1}^{k=NVT} \frac{1}{dist_k} * \frac{DHP_k}{DHP}$	Steneker et Jarvis (1963)

Tableau 2. Statistiques descriptives des données d'accroissement en diamètre (Δd) et en surface terrière (Δg) du Moabi

Fonctions statistiques	Δd (Cm/an)	
	Δg (m ² /ha/an x 10 ⁻³)	
Moyenne/Average	0,825	1,473
Intervalle de confiance/ Confidence interval	0,158	0,460
Erreur-type/Standard- error	0,081	0,234
Écart-type/Standard deviation	0,625	1,818
Variance de l'échantillon/Sample variance	0,391	3,306
Nombre d'arbres/Trees number	60	

Tableau 3. Distribution des effectifs d'arbres centraux de Moabi en fonction des classes diamétriques (CD) et du statut social (ID)

Classe de statut (ID)	Classes de diamètres (CD en cm)										Total
	CD 20	CD 30	CD 40	CD 50	CD 60	CD 70	CD 80	CD 90	CD 100	CD 110	
ID ₁	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ID ₂	10	5	2	0	0	0	0	0	0	0	17
ID ₃	1	4	2	0	0	0	1	0	0	0	8
ID ₄	4	2	3	0	1	3	1	3	1	0	18
ID ₅	1	2	4	1	1	0	1	3	2	0	15
Total	17	14	11	1	2	3	3	6	3	0	60

ID : Statut social/Social status

CD : Classes de diametre/Diameter classes

Tableau 4. Statistiques descriptives des indices de concurrence indépendants et dépendants de la distance déterminés pour le Moabi

Paramètres	NVT	NVD	STT	STD	SST/dist	SSTr/dist	SDHP/dist
statistiques	(arbres/ha)	(arbres/ha)	(m ² /ha x 10 ⁻³)	(m ² /ha x 10 ⁻³)	(m/ha)	(m ⁻¹)	(m ⁻¹)
Moyenne/Medium	120,88	46,31	138,32	87,92	1,81	2,34	1,70
Erreur- type/Standard error	6,68	5,50	8,14	9,04	0,12	0,33	0,15
Ecart- type/Standard deviation	51,73	42,62	63,04	70,01	0,94	2,49	1,16
Variance	2676,33	1816,80	3973,99	4900,79	0,89	6,22	1,36
Minimum	15,92	0	9,95	0	0,10	0,03	0,09
Maximum	270,7	159,24	277,47	239,02	4,66	11,03	4,66
Nombre d'arbres	60		60		60		

N.B. : Les formules utilisées sont référencées dans le tableau 1.

Tableau 1. Accroissement moyen diamétrique (Δd en cm/an) et en surface terrière (Δg en $m^2/ha/an \times 10^{-3}$) du Moabi par classe de diamètre mesuré entre septembre 2008 et décembre 2012

Classe Ø		Accroissement diamétrique (cm/an)						Accroissement surface terrière ($m^2/ha/an \times 10^{-3}$)					
		N	Δd	Max Δd	Min Δd	Var	IC	Δg	Max Δg	Min Δg	Var	IC	
CD1	[20 - 30[	17	0,402 _b	0,880	0,102	0,054	0,038	0,402 _b	1,523	0,02	0,215	0,076	
CD2	[30 - 40[	14	0,520 _b	1,468	0,034	0,133	0,066	0,600 _b	2,476	0,002	0,443	0,120	
CD3	[40 - 50[	11	1,282 _a	2,772	0,307	0,409	0,130	1,786 _a	3,825	0,173	1,784	0,272	
CD4	[60 - 70[	3	1,435 _a	1,694	1,078	0,102	0,124	3,987 _a	5,399	2,157	2,758	0,647	
CD5	[70 - 80[	3	1,471 _a	1,810	0,868	0,273	0,204	4,491 _a	6,068	1,411	7,116	1,039	
CD6	[80 - 90[	3	0,255 _b	0,279	0,218	0,001	0,013	0,129 _b	0,157	0,095	0,001	0,012	
CD7	[90 - 100[	6	1,321 _a	2,686	0,234	0,677	0,227	3,471 _a	7,889	0,102	7,621	0,760	
CD8	[100 - 110[	3	1,283 _a	1,600	1,048	0,081	0,111	2,293 _a	2,8	1,375	0,635	0,310	
Moyenne/Medium		60	0,825					1,473					
Probabilité/Probability				p < 0,001 ***						p < 0,000 ***			

NB: Seuil de signification = 0,05 ; a, b représentent les différences significatives qui existent entre les classes de diamètres. Lorsque les lettres sont différentes dans les classes de diamètres, c'est qu'il existe une différence significative entre les valeurs. Lorsque les mêmes lettres se retrouvent dans des classes différentes, c'est qu'il n'existe pas de différence significative entre ces valeurs.

P < 0,05 signifie que le test est significatif.

ID : Statut social/Social status

CD : Classes de diamètre/Diameter classes

Tableau 6. Accroissement moyen en diamètre du Moabi en fonction du statut social des arbres

Classe du houppier	Nombre d'arbres	Accr. en diamètre (cm/an)			Accr. en surface terrière (m ² /ha/an x10 ⁻³)		
		Moy.	ET.	IC	Moy.	ET.	IC
ID ₁	2	0,38	0,30	0,42	0,25	0,28	0,38
ID ₂	17	0,50	0,43	0,20	0,70	1,01	0,48
ID ₃	8	0,56	0,50	0,35	0,76	1,26	0,87
ID ₄	18	1,11	0,77	0,35	2,23	2,40	1,10
ID ₅	15	1,04	0,47	0,23	1,98	1,64	0,83
Moyenne		0,72	0,49	0,12	1,18	1,32	0,33

NB : ID₁ =Cime entièrement Ombragée/Tree crown fully shaded ; ID₂=Cime Ombragée verticalement/Tree crown vertically shaded ; ID₃=Cime en partie exposée et ombragée verticalement/Tree crown partially exposed and vertically shaded ; ID₄=Cime entièrement exposée verticalement et ombragée latéralement (Tree crown partially exposed and vertically shaded ; ID₅=Cime entièrement exposée/ Tree crown totally exposed a .

Moy. = moyenne/Medium, ET = écart-type/Standard deviation, IC = intervalle de confiance/Confidence interval

Tableau 7. Table de corrélation des variables et des principaux facteurs (F1 et F2) de variation de la croissance obtenus des analyses multivariées

Groupes de			
variables/Facteurs de			
variation de			
l'accroissement			
	Variables	Fact. 1	Fact. 2
Statut social /Social status	D	0,70	-0,53
of central tree			
des arbres centraux	ID	0,66	-0,34
Statut social	STD	-0,88	0,09
du peuplement/Social	SSTr/dist	-0,88	0,23
status of the settlement	NVD	-0,88	0,34
Densité locale	STT	-0,74	-0,59
du peuplement/Local	SDHP/dist	-0,87	-0,01
density of the settlement	SST/dist	-0,77	-0,45
	NVT	-0,65	-0,60
Croissance des	Δd	0,47	-0,36
arbres centraux	Δg	0,44	0,36

N.B. : Les formules utilisées sont référencées dans le tableau 1.

Tableau 8. Performance par ordre décroissant des régressions multiples sélectionnant les variables prédictives pertinentes de l'accroissement en diamètre du Moabi

Combinaison /Modèle	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Degré de Liberté	AIC	Ratio V Chi²	p
1	NVT	NVD	SDHP/dist				3	83,51	37,41	3,76E-08
2	D	NVT	NVD	SDHP/dist			4	83,92	39,00	6,96E-08
3	NVT	NVD	STD	SDHP/dist			4	83,93	38,99	6,99E-08
4	D	NVT	NVD	STD	SDHP/dist		5	84,05	40,87	9,95E-08
5	D	NVT	NVD	SST/dist	SDHP/dist		5	84,77	40,15	1,39E-07
6	NVT	STT	NVD	STD	SDHP/dist		5	84,88	40,04	1,47E-07
7	NVT	NVD	SST/dist	SDHP			4	85,38	37,54	1,40E-07
8	NVT	NVD	SSTr	SDHP			4	85,43	37,49	1,43E-07
9	NVT	STT	NVD	SDHP			4	85,48	37,44	1,46E-07
10	D	NVT	NVD	STD	SST/dist	SDHP/dist	6	85,72	41,20	2,64E-07

NB : DL = degré de liberté, AIC = Akaike Information Criterion, Var. = Variable, D=Diamètre/Diameter/Les formules utilisées sont référencées dans le tableau 1.

Tableau 9. Performance des régressions multiples sélectionnant les variables prédictives pertinentes de l'accroissement en surface terrière du Moabi

Combinaisons /modèles	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Degré de Liberté	AIC	Ratio V Chi²	p
1	D	NVT	NVD	STD	SST/dist	SDHP/dist	6	503,49	44,10	7,07E-08
2	D	NVT	NVD	STD	SDHP		5	503,79	41,79	6,49E-08
3	D	STT	NVD	STD	SST/dist	SDHP/dist	6	504,27	43,32	1,01E-07
4	D	NVT	NVD	SST/dist	SDHP/dist		5	504,28	41,30	8,15E-08
5	D	NVD	STD	SST/dist	SDHP/dist		5	504,33	41,26	8,32E-08
6	D	NVD	SST/dist	SDHP/dist			4	504,61	38,97	7,05E-08
7	D	STT	NVD	SST/dist	SDHP/dist		5	504,62	40,96	9,54E-08
8	D	STT	NVD	STD	SDHP/dist		5	504,70	40,89	9,88E-08
9	D	NVD	SST/dist	SDHP/dist	ID		8	505,05	46,53	1,88E-07
10	D	NVT	STT	NVD	STD	SDHP/dist	6	505,19	42,39	1,54E-07

NB: DL = degré de liberté, AIC = Akaike Information Criterion, Var. = Variable., D=Diamètre/Diameter/ Les formules utilisées sont référencées dans le tableau 1.

LISTE DES FIGURES AVEC LEGENDE

Figure. 1. Localisation des arbres centraux de Moabi des placettes circulaires semi – permanentes de 20 m de rayon

Légende figure 1 : Localité, tiges centrales de Moabi, routes, UFAs PALLISCO

Figure. 2. Distribution des accroissements moyens diamétriques en fonction des diamètres initiaux des arbres de Moabi

Légende figure 2 : Δd (Cm/an), Diamètre (Cm), $Y(\Delta d) = 0,010x + 0,309/R^2 = 0,201$

Figure. 3. Distribution des accroissements moyens en surface terrière en fonction des diamètres initiaux des arbres de Moabi

Légende figure 3 : Δg (m²/ha/anx10⁻³), Diamètre (Cm), $Y(\Delta g) = 0,035x - 0,267/R^2 = 0,272$

Figure. 4. Distribution des accroissements annuel moyen en diamètre (Δd) et en surface terrière (Δg) en fonction de l'indice de concurrence indépendant de la distance NVD

Légende figure 4 : NVD (arbres/an), Δd (Cm/an), Δg (m²/ha/anx10⁻³), $Y(\Delta g) = -0,271x + 29,88/R^2 = 0,308$, $Y(\Delta d) = -0,008x + 1,215/R^2 = 0,331$

Figure. 5. Distribution des accroissements annuel moyen en diamètre (Δd) et en surface terrière (Δg) en fonction de l'indice de concurrence indépendant de la distance STD

Légende figure 5 : STD (m²/ha), Δd (Cm/an), Δg (m²/ha/anx10⁻³), $Y(\Delta g) = -0,143x + 29,87/R^2 = 0,230$, $Y(\Delta d) = -0,004x + 1,190/R^2 = 0,217$

Figure. 6. Distribution des accroissements annuel moyen en diamètre (Δd) et en surface terrière en fonction de l'indice de concurrence dépendant de la distance SStr/dist

Légende figure 6 : SStr /dist(m), Δd (Cm/an), Δg (m²/ha/anx10⁻³), $Y(\Delta g) = -0,326x + 2,238/R^2 = 0,200$, $Y(\Delta d) = -0,126x + 1,121/R^2 = 0,255$

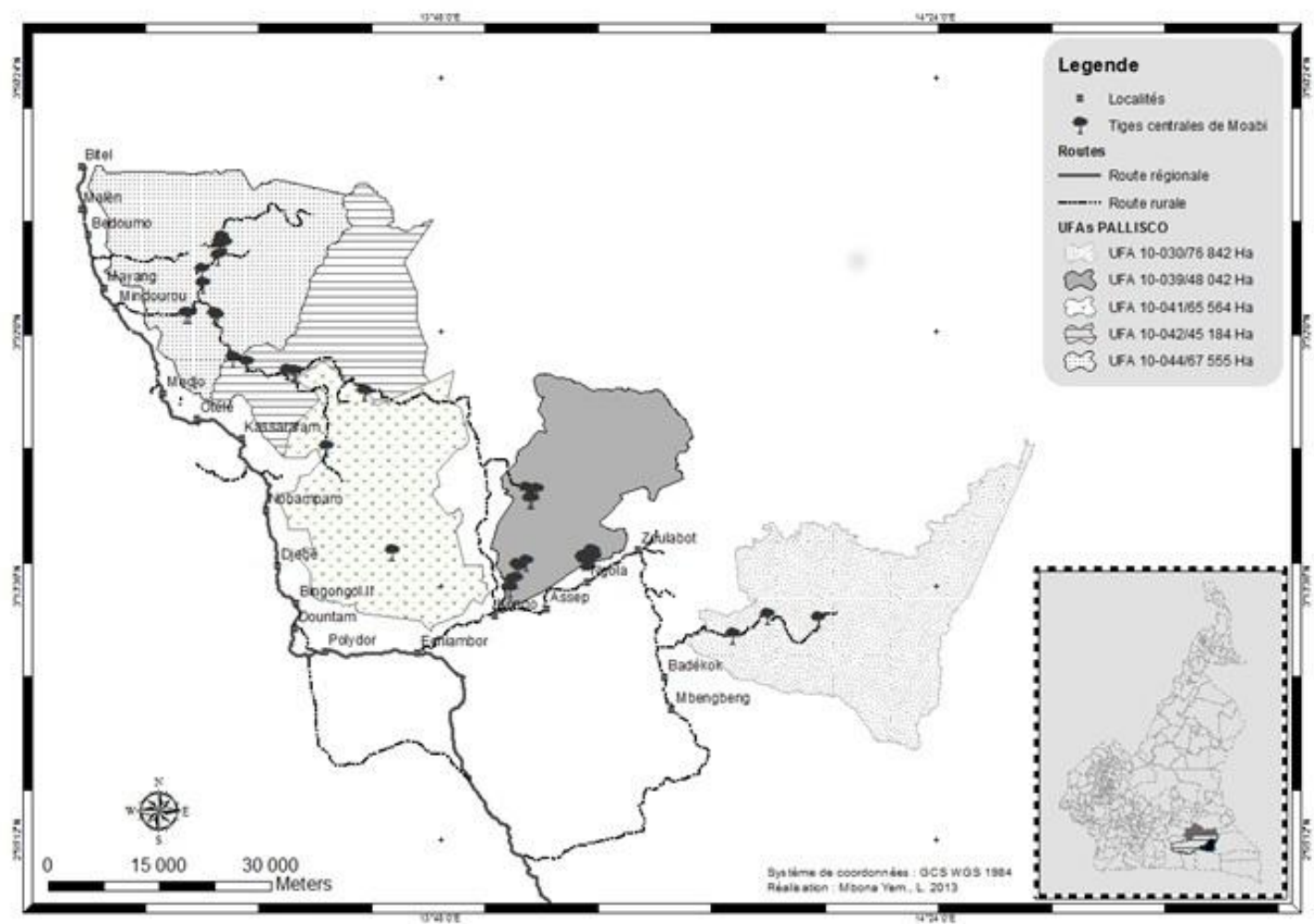
Figure. 7. Distribution des accroissements annuel moyen en diamètre (Δd) et en surface terrière en fonction de l'indice de concurrence dépendant de la distance SST/dist

Légende figure 7 : SST/dist (m/ha), Δd (Cm/an), Δg (m²/ha/anx10⁻³), $Y(\Delta g) = -0,245x + 1,918/R^2 = 0,016$, $Y(\Delta d) = -0,128x + 1,057/R^2 = 0,037$

Figure. 8. Représentation du cercle de corrélation des variables explicatives qualitatives et quantitatives du Moabi obtenues des analyses multivariées

Légende figure 8 : Projection des variables sur le plan factoriel (1x2), Fact 1 : 62,04%, Fact 2 : 16,42%. Les variables Δd et Δg ont été intégrées comme variables supplémentaires

Figure. 1.



Source: Atlas forestier Interactif du Cameroun version 2011.

Figure. 2.

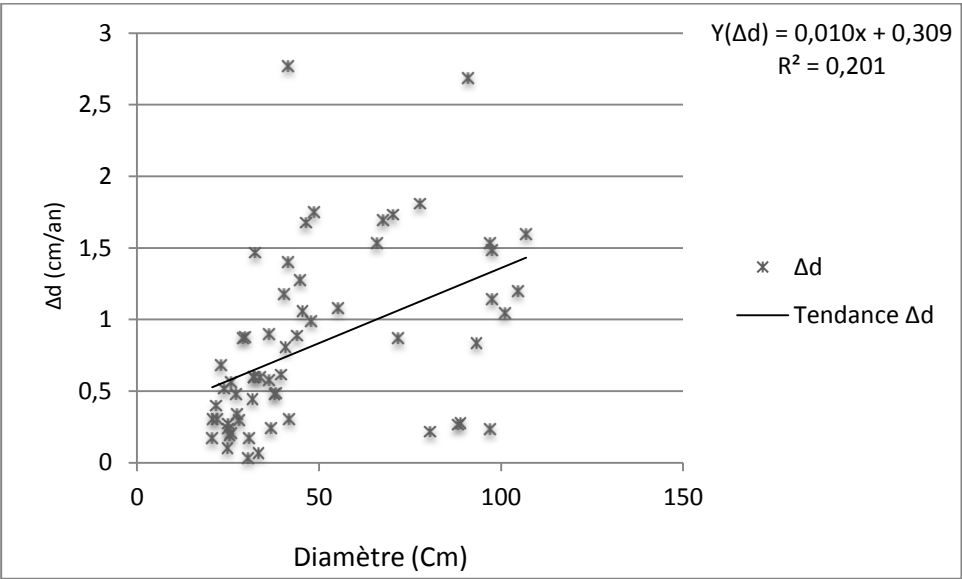


Figure. 3.

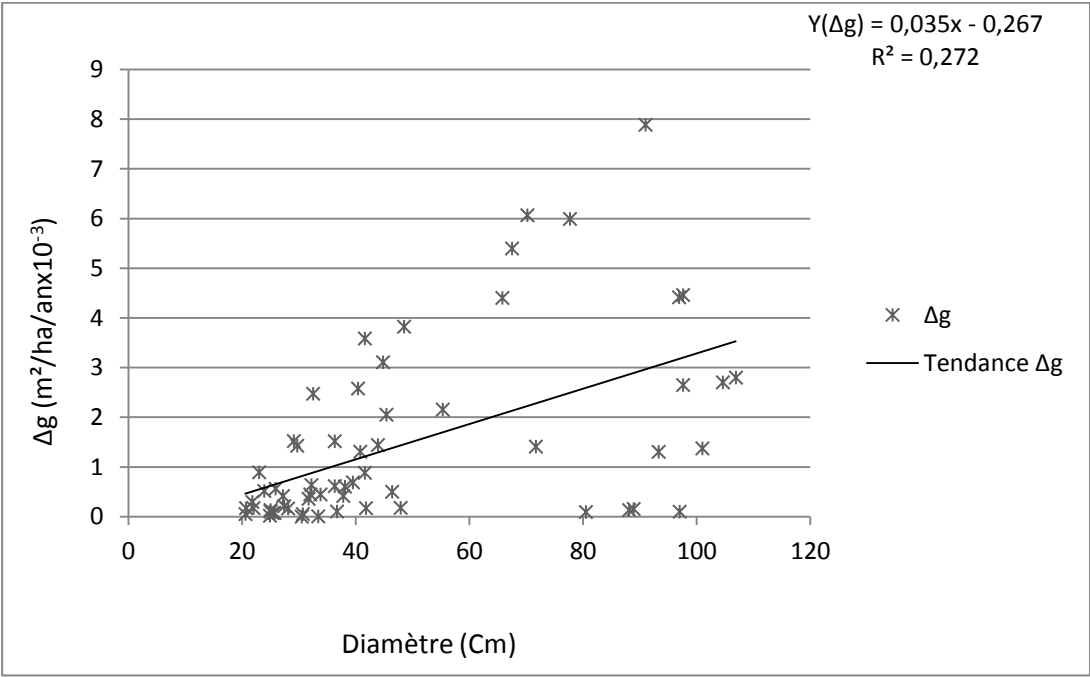


Figure. 4.

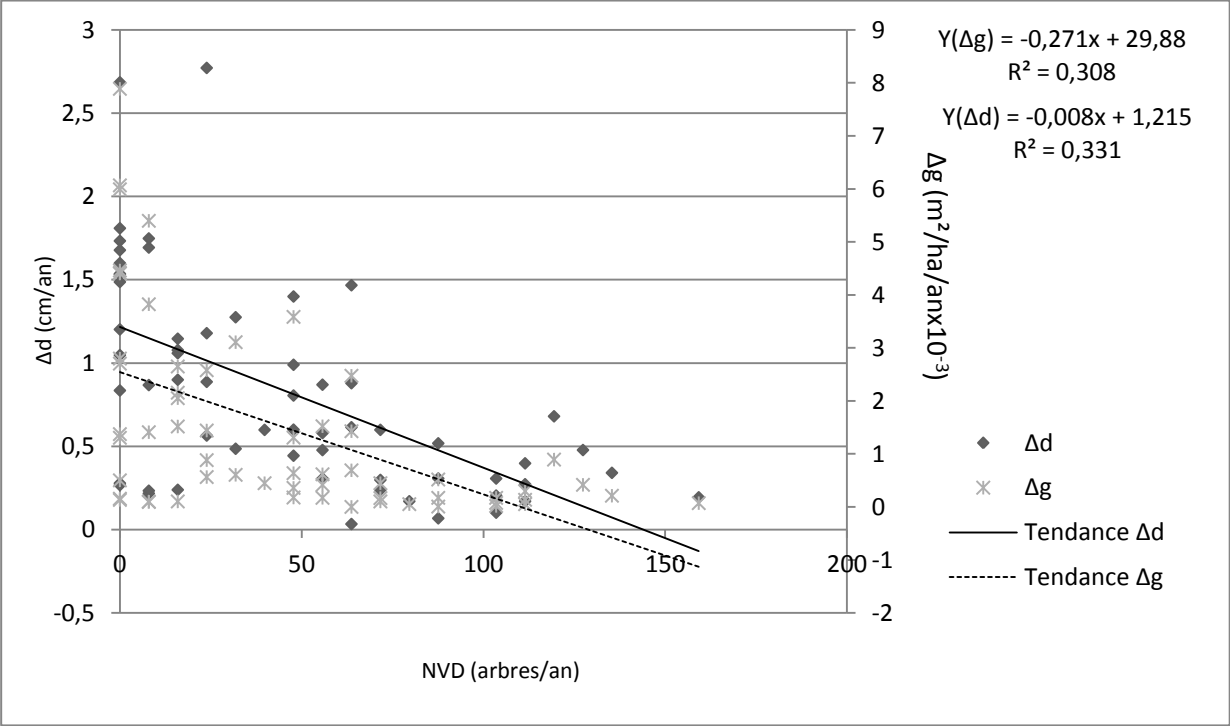


Figure. 5.

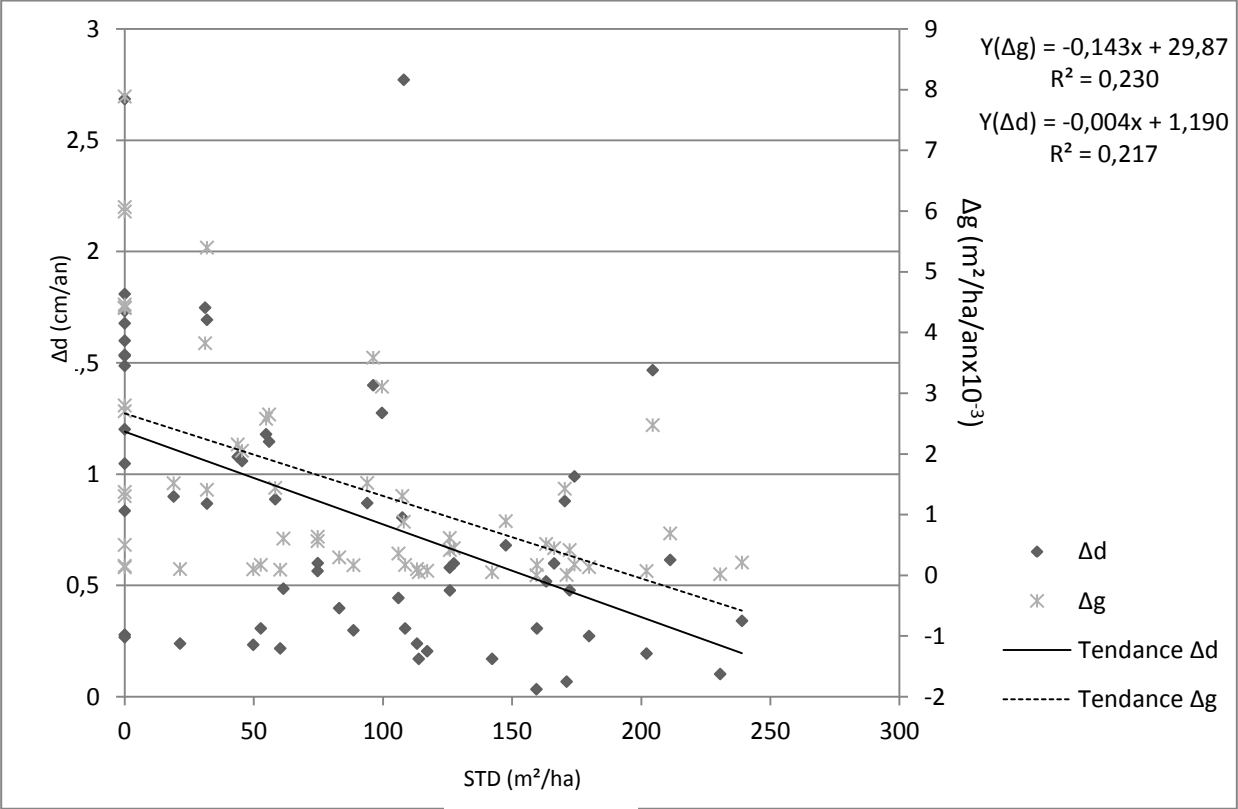


Figure. 6.

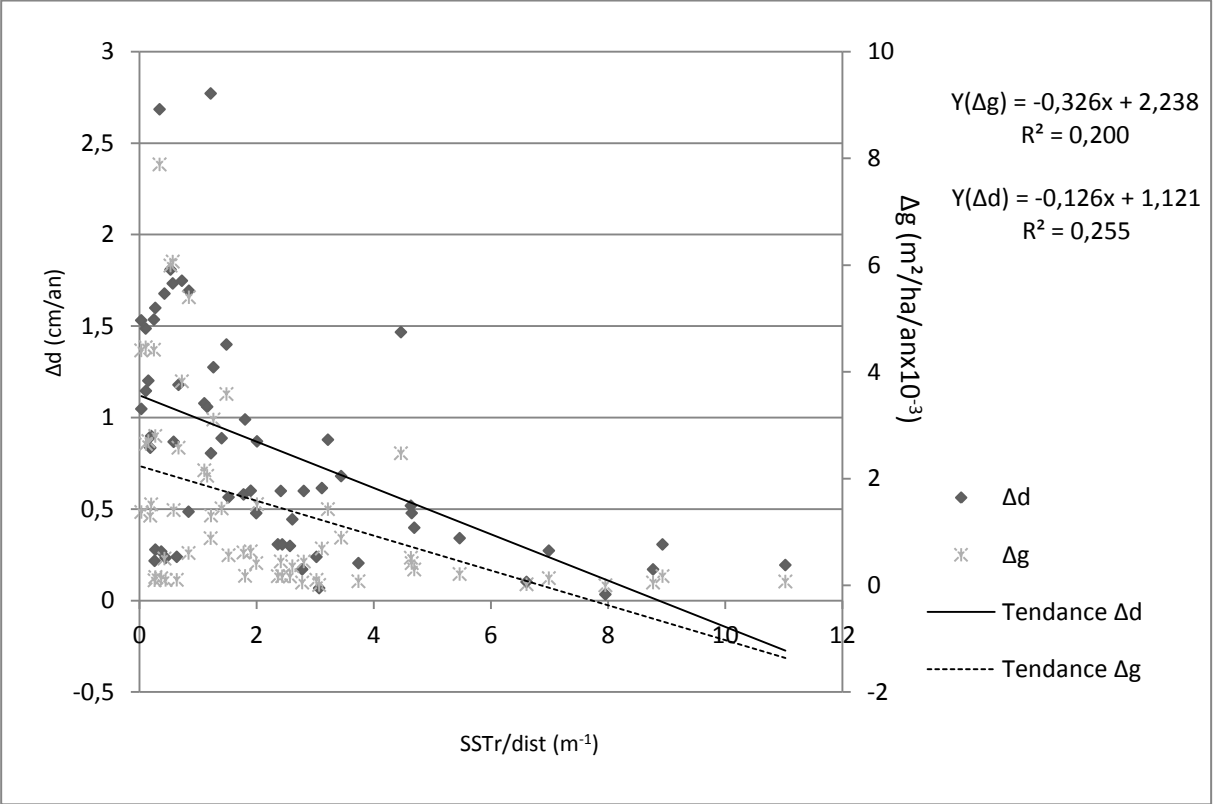


Figure. 7.

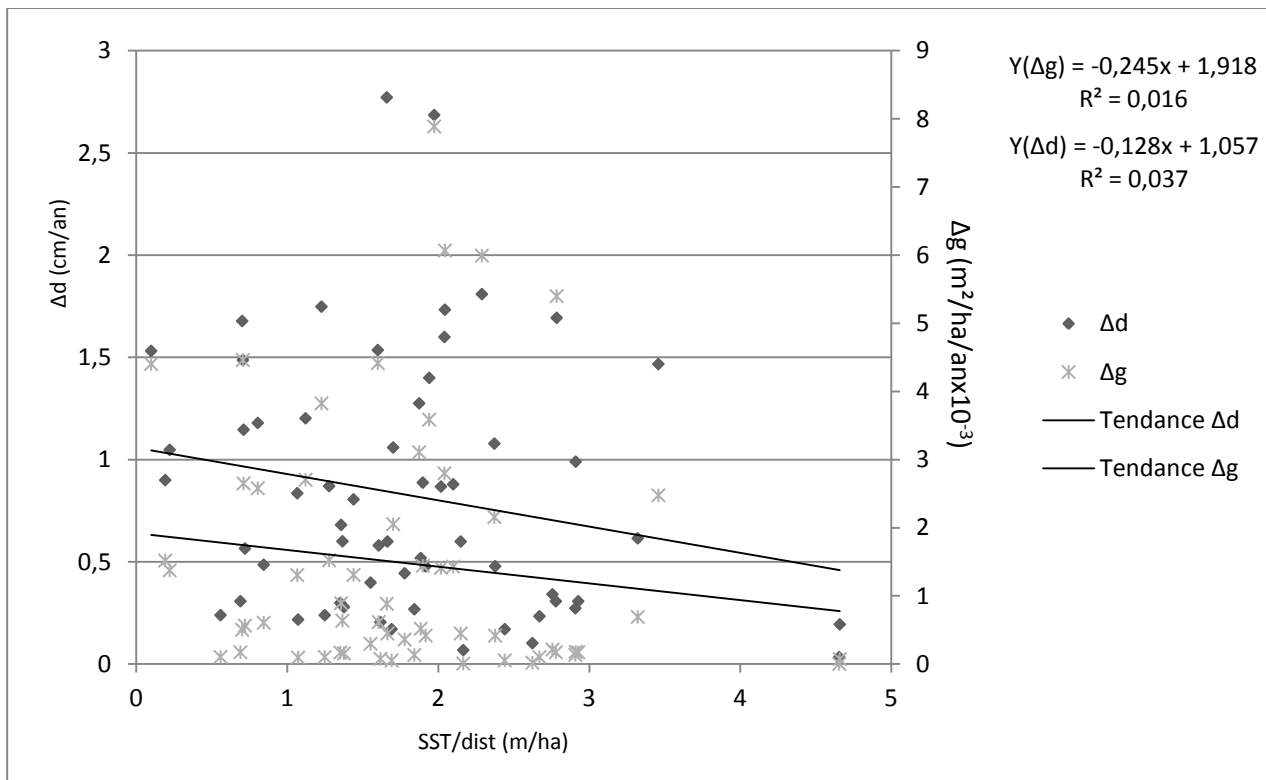


Figure. 8.

