

Caractérisation des habitats de *Dialium guineense* (Willd) en République du Bénin

Yedjanlognon Faustin ASSONGBA¹, Ines DELEKE-KOKO¹, Joseph YOKA², Julien Godence DJEGO¹ & Brice SINSIN¹

(1) Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin. Email: yedjanlognon@yahoo.fr

(2) Laboratoire de Botanique et Ecologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, République du Congo. Email: joseph_yoka@yahoo.fr

Auteur correspondant : Yédjanlognon Faustin ASSONGBA Email: yedjanlognon@yahoo.fr

Original submitted in on 19th July 2014. Published online at www.m.elewa.org on 30th November 2014.

<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v83i1.1>

RÉSUMÉ

Objectif : Faute de données scientifiques de base, les habitats du *Dialium guineense* Willd, au Bénin ne sont pas dotés de plans d'aménagement conséquents et gérés rationnellement par les populations locales. Ils subissent par ailleurs de fortes pressions anthropiques. La présente étude est une contribution à la connaissance de ces habitats à travers des investigations botaniques et écologiques.

Méthodologie et résultats : Pour ce faire 150 placeaux de taille variable sont installés dans différentes formations végétales du territoire béninois une fois que *Dialium guineense* apparaît. Ainsi, 60 placeaux sont installés dans différentes forêts (sacrées, dense sèches, claires) et savanes ; 14 dans les champs et jachères; 68 dans les galeries forestières et 9 dans les jardins de case. Sur chaque aire, les inventaires floristiques ont pris en compte toutes les espèces ligneuses et herbacées couplées de leur coefficient d'abondance dominance. Les données d'inventaire forestiers collectées sont : dbh \geq 10 cm de l'espèce, la hauteur ; le recouvrement moyen, la hauteur et la forme du fût, la hauteur de la couronne et son rayon Nord-Sud et Est-Ouest, le nombre de branches, la forme du fût. Les descripteurs écologique tels ; la pente, les perturbations, l'humidité, la texture des sols, la largeur des cours d'eau, l'influence de la faune et les traces d'activités ont été notés. Des analyses multivariées (DCA et CCA) ont permis de discriminer quatre groupements végétaux et les gradients de leur distribution. Les résultats de la DCA réalisée donnent 4 groupements végétaux. La densité de *D. guineense* est forte dans les galeries (47 tiges/ha) suivie des jardins de case et maisons (25 tiges/ha). S'agissant de la structure en hauteur et en diamètre de l'espèce dans les tous les habitats, la distribution est asymétrique de gauche.

Conclusion et application des résultats : Il est donc, important de connaître les caractéristiques des habitats de l'espèce afin de promouvoir la plantation des espèces indigènes

Mots clés : Tamarinier noir, habitats, structure, répartition des groupements végétaux, République du Bénin

ABSTRACT

Habitat characterization of *Dialium guineense* (Willd) in Benin

Objective: This study is a contribution to the knowledge of the habitats of *Dialium guineense* (Willd) through botanical and ecological investigations.

Methodology and results: To do this, 150 plots of varying sizes were installed in different plant communities of Benin territory once *Dialium guineense* willd appears. Thus, 60 plots are installed in different forests (sacred dense dry, clear) and savannas; 14 in the fields and fallow; 68 in the gallery forests and 9 in home gardens. In each area, floristic inventories included all woody and herbaceous species abundance coupled to their dominance coefficient. The forest inventory data collected were: dbh \geq 10 cm, the height; the average recovery, the height and shape of the barrel, the height of the crown and its radius North-South and East-West, the number of branches and stem form. The ecological descriptors such; slope, disturbance, moisture, soil texture, width of rivers, the influence of wildlife and activity traces were recorded. Multivariate analysis (DCA and CCA) allowed distinguishing of four plant communities and gradients distribution. The results of the performed DCA gave 4 plant communities. The density of *D. guineense* is strong in the galleries (47 stems / ha), followed by home gardens and houses (25 stems / ha). Regarding the structure height and diameter of the species in all habitats, the distribution is skewed left.

Conclusion and application of results: It is therefore important to know the characteristics of the species habitat to promote the planting of native species

Key words: Black tamarind, habitats, structure, distribution of plant communities, Republic of Benin

INTRODUCTION

L'extension humaine dans les temps modernes a induit la modification et la fragmentation des habitats des écosystèmes naturels avec des pressions significatives conduisant à une isolation et extinction des populations naturelles (Smith et Hellmann, 2002 ; Feeley et Terborgh Terborgh, 2008). Outre ce facteur, l'exploitation par l'homme des ressources naturelles cause l'amenuisement et la disparition des espèces végétales à forte potentialité génétique et socioéconomique. *Dialium guineense* (Willd) subit ces affronts. Au Bénin, *D. guineense* est utilisé par les populations pour la survie. Les différentes drogues (racines, l'écorce, les fruits et feuilles) sont utilisées en alimentation, en fourrage et médecine traditionnelle. Le bois est utilisé en énergie domestique. Les jeunes tiges et les branches sont utilisées dans les systèmes d'élevage de poissons connus sous le nom de «acadja» (Adjanohoun et al., 1989 ; Ewédjè et Tandjiékpon, 2011). Aujourd'hui, les peuplements de cette espèce sont menacés par

l'urbanisation accélérée, du fait du poids démographique que connaît le Bénin. En dépit, des menaces que subissent les habitats de cette espèce, il semble qu'aucune étude publiée jusqu'à ce jour au Bénin ne s'est intéressée à la caractérisation des habitats de *D. guineense*. Ainsi, dans le contexte actuel des variations climatiques combinées à la déforestation et à la fragmentation des habitats de l'espèce, toutes menaçantes pour la perte de la biodiversité, il s'avère indispensable de connaître les habitats naturels de *D. guineense*. L'objectif général de cette étude est de déterminer les habitats de *Dialium guineense* en République du Bénin. Les objectifs spécifiques sont: (i) caractériser les types d'habitats et les groupements végétaux qui abritent *D. guineense* (ii) étudier la diversité floristique des différents habitats, (iii) évaluer les caractéristiques dendrométriques de l'espèce, (iv) analyser l'influence des paramètres environnementaux sur la répartition des groupements végétaux.

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude: Cette étude a eu pour cadre la République du Bénin qui est située en Afrique de l'Ouest, entre les latitudes 6°10'N et 12°25'N et longitudes 0°45'E et 3°55'E. Elle est limitée à l'Ouest par la République du

Togo, à l'Est par la République Fédérale du Nigéria, au Sud par l'Océan atlantique et au Nord par les Républiques du Niger et du Burkina Faso. Elle couvre une superficie de 114.673 km². La population est estimée

à 10 000 000 habitants avec une densité moyenne de 87 habitants par km² (Insae, 2013). La pluviométrie moyenne annuelle varie entre 900 et 1300 mm de pluies. Des gradients est-ouest et nord-sud peuvent être distingués. La température moyenne annuelle varie entre 26 °C et 28 °C et peut atteindre exceptionnellement 35 °C à 40 °C dans certaines localités du nord tel que Kandi. L'amplitude thermique annuelle est faible (5-10 °C) dans certaines parties du sud par contre elle est élevée (11-13 °C) dans certaines parties du nord (Latitude 8°N) (MEPN, 2009). Trois grandes zones climatiques peuvent être distinguées (Adjanohoun et al., 1989; Akoègninou, 2004 ; Adomou, 2005) (Figure 1). De la côte jusqu'à 7°-7°30' latitude nord, le climat est subéquatorial avec deux saisons pluvieuses alternant avec une longue saison sèche (décembre-février) et une courte saison sèche (juillet-août), laquelle dépasse rarement deux mois. Entre les latitudes 7°-7°30' et 9°N, le climat devient subhumide ou subsoudanien avec une seule saison pluvieuse et une saison sèche. Le nord compris entre 8° et 9° N est le domaine soudanien caractérisé par un seul régime pluviométrique. On y distingue quatre groupes de sols : les sols ferrallitiques couverts par les forêts denses semi-

décidues; les sols ferrugineux couverts par les forêts denses sèches, les forêts claires et les savanes; les vertisols dans la dépression de la Lama abritant les types particuliers de forêts denses semi-décidues et les sols hydromorphes couverts par les forêts marécageuses (Willaine et Volkoff, 1967 ; Assongba, 2011).

Caractéristiques botaniques et écologiques de *Dialium guineense* : *Dialium guineense* Willd est un arbre pouvant atteindre 30 m de haut. Selon les types biologiques, c'est une espèce appartenant aux mésophanérophyles (Mph) à l'âge adulte avec une couronne densément feuillue mais frutescente (Photo 1). Le fût est sans contrefort, l'écorce est lisse et grise. Les feuilles sont parfois poilues avec une tige commune de 5 à 13 cm de long (Arbonnier, 2002). Les feuilles sont composées et habituellement ont deux paires de folioles et une foliole terminale. La forme de la foliole est généralement elliptique mais le bout peut être ébréché ou pointue. La longueur des feuilles varie entre 4,2 et 10,3 cm et la largeur entre 4,2 et 6,1 cm (Ewédjè et Tandjiékpon, 2011).

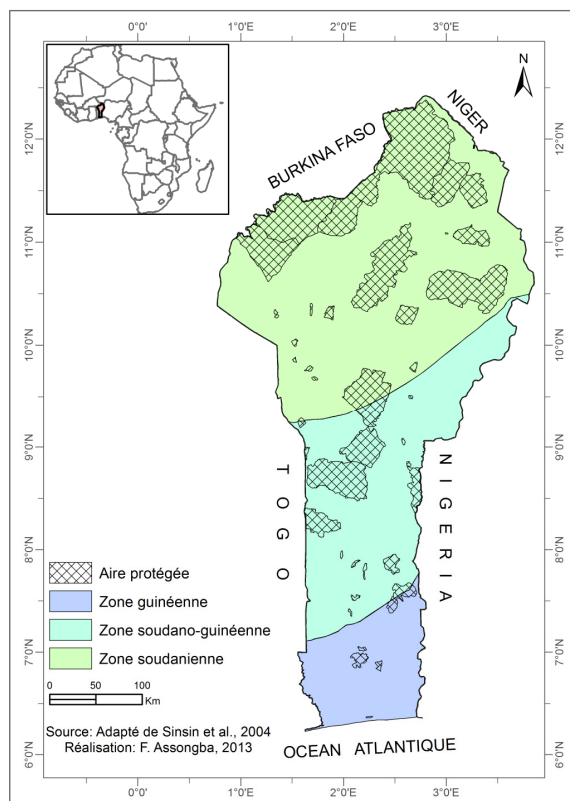


Figure 1 : Zones climatiques et aires protégées de la République du Bénin.

Les fruits sont noirs et les graines sont emballées dans une pulpe rougeâtre (Photo 1). Les fleurs sont hermaphrodites et se pollinisent par le vent et les insectes. Les graines sont orthodoxes et sont tolérantes au stockage sec et par le froid et se dispersent par le vent, les oiseaux, l'eau et les humains. La floraison et la fructification varient largement selon la région

écogéographique où l'espèce se trouve. Au Bénin, *Dialium guineense* produit de nouvelles fleurs en trois temps mais la floraison et la fructification se produisent une seule fois par an (Ewédjè et Tandjiékpon, 2011). La floraison commence en septembre et s'achève en décembre. La fructification commence en novembre et s'achève en avril (Ewédjè et Tandjiékpon, 2011).



Photo 1: Port de *Dialium guineense* Willd.

Méthodes de collecte des données : Au total, 153 placeaux phytosociologiques suivant la méthode Züricho-Montpellierraine (Braun-Blanquet, 1964) de tailles variables ont été installés de manière systématique dans les formations végétales où l'espèce se retrouve sur toute l'étendue du territoire béninois et se répartissent comme suit : 60 placeaux chacun de 100 m x 100 m distants de 1 km dans les forêts. 68 placeaux de 50 m x 10 m chacun, distant de 500 m le long des galeries forestières. 14 placeaux de même dimension chacun que ceux des forêts dans les champs et jachères. Enfin, 9 placeaux de 50 m x 30 m chacun dans les jardins des cases et les maisons (Assongba et al., 2013). A l'intérieur de chaque placeau, un inventaire floristique de toutes les espèces de plantes ligneuses et herbacées a été réalisé. Les coefficients d'abondance dominance des espèces ont été notés. Ces coefficients ont été attribués aux espèces comme suit:

5 : espèce couvrant 75 à 100 % de la surface du relevé, avec un recouvrement moyen (RM) de 87,5 % ;

4 : espèce couvrant 50 à 75 % de la surface du relevé, avec un recouvrement moyen de 62,5 % ;

3 : espèce couvrant 25 à 50 % de la surface du relevé, avec un recouvrement moyen de 37,5 % ;

2 : espèce couvrant 5 à 25 % de la surface du relevé, avec un recouvrement moyen de 15 % ;

1 : espèce couvrant 1 à 5 % de la surface du relevé, avec un recouvrement de 3 % ;

+ : espèce couvrant moins de 1 % de la superficie du sol, avec un recouvrement moyen de 0,5 %.

L'abondance dominance exprime le nombre d'individus d'une même espèce et leur degré de recouvrement. Ce double caractère s'apprécie globalement suivant les critères établis par Braun-Blanquet (1932) utilisé par de nombreux auteurs béninois (Sinsin, 1993; Houinato et al., 2001 ; Djègo, 2006).

Des herbiers ont été réalisés et sont identifiés au Laboratoire d'Ecologie Appliquée de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi du Bénin. Autres données collectées portent, sur les espèces végétales, le diamètre à hauteur de poitrine d'homme des individus de l'espèce cible (dbh ≥ 10 cm), la hauteur et le recouvrement moyen des autres espèces. Les paramètres environnementaux notés sont : la pente,

le recouvrement, les perturbations, l'humidité, la texture des sols, la largeur des cours d'eau, l'influence de la faune et les activités observées. Ces paramètres sont notés de façon directe, par mesure avec le clinomètre, le décimètre, la tarière, par observation et par disponibilité de base de données disponibles. La hauteur du fût, la hauteur de la couronne, la largeur de la couronne dans les sens Nord-Sud et Est-Ouest, le nombre de branches, la forme du fût ont été collectées (Assongba et al., 2013).

Traitement des données

Composition spécifique des habitats : Les données d'abondance dominance des espèces ont été soumises à une analyse Detrended Correspondence Analysis (DCA) (McCunne et Mefford, 1999) à travers la mesure de la distance de Bray-Curtis et le groupe de lien de la méthode de flexible Beta dans le logiciel R 2.15.3, pour explorer la variation des compositions floristiques des placeaux. Les changements de composition floristique et les corrélations avec les paramètres environnementaux ont été évalués à travers l'analyse des correspondances canoniques (CCA) dans le logiciel R 2.15.3, à l'aide des packages vegan et labdsv afin d'évaluer l'influence des paramètres environnementaux sur la formation des différents groupements végétaux. Les espèces caractéristiques de chaque groupement végétal ont été déterminées à travers la probabilité de la valeur des espèces du test de Monte Carlo après 4999 permutations. Seules les espèces dont la probabilité associée à leur valeur d'espèce est inférieure à 0,05 sont considérées comme espèces caractéristiques du groupement correspondant. Les spectres bruts et pondérés des types biologiques et phytogéographiques des différents groupements végétaux ont été réalisés.

Les types biologiques : Les types biologiques désignés par Raunkiaer (1905) mettent en parallèle l'aspect de chaque plante à la belle saison et durant la mauvaise saison (Boullard, 1988). Les types biologiques (TB) utilisés sont ceux définis par Raunkiaer (1934) et modifiés pour l'étude des formations végétales tropicales par divers auteurs (Schnell 1971): les thérophytes (Th), les hémicryptophytes (Hé), les géophytes (Gé), les chaméphytes (Ch) et les phanérophytes (Ph). Les chaméphytes (Ch) : plantes dont les bourgeons persistants ou les extrémités des pousses sont situés à proximité du sol, sur des rameaux rampants ou dressés. Les phanérophytes (Ph) : plantes dont les pousses et les bourgeons persistants sont situés sur les axes aériens plus ou moins persistants. Ils se subdivisent en :
- mégaphanérophytes (MPh) : arbres de plus de 30 m de haut ;

- mésophanérophytes (Mph) : arbres de 10 à 30 m de haut ;
- microphanérophytes (mph) : arbustes de 2 à 10 m de haut ;
- nanophanérophytes (nph) : sous-arbustes de 0,4 à 2 m de haut ;
- phanérophytes lianescents (Phgr) : Plantes volubiles, à vrilles, à racines crampons ;
- phanérophytes épiphytes : (Hép).

Les hémicryptophytes (H) : plantes dont les pousses ou bourgeons de remplacement sont situés au niveau du sol. Les hydrophytes (Hyd) : plantes aquatiques dont les bourgeons persistants sont situés au fond de l'eau et dont le cycle de vie se déroule entièrement dans l'eau.

Les géophytes (G) : plantes dont les pousses ou bourgeons persistants sont abrités dans le sol durant la mauvaise saison.

Les thérophytes (Th) : plantes annuelles sans organe végétatif persistant et se multipliant au moyen de graines.

Les types phytogéographiques : Les types de distribution phytogéographiques ont été établis suivant les grandes subdivisions chronologiques établies pour l'Afrique (White, 1983). Les principaux sous-types de distribution (TP) retenus sont :

- espèces à large distribution :

Cos = cosmopolites ; espèces répandues dans les pays tropicaux et non tropicaux ;

Pan = pantropicales ; espèces réparties dans toutes les régions tropicales ;

Pal = paléotropicales; espèces présentes aussi bien en Afrique tropicale, en Asie tropicale, en Australie et à Madagascar ;

Aam = afro-américaines ; espèces présentes en Afrique et en Amérique tropicale ;

- espèces plurirégionales africaines :

SZ = soudano-zambéziennes ; espèces présentes à la fois dans les Centres Régionaux d'Endémisme Soudanien et Zambézien ;

AT = afro-tropicales ; espèces distribuées dans toute l'Afrique tropicale ;

AM = afro-malgaches ; espèces distribuées en Afrique et à Madagascar ;

PA = espèces plurirégionales africaines ; espèces dont l'aire de distribution s'étend à plusieurs Centres Régionaux d'endémisme ;

GC = espèces guinéo-congolaises; espèces largement distribuées dans la Région guinéenne.

- éléments bases:

S = espèces soudaniennes; espèces largement distribuées dans le Centre Régional d'Endémisme Soudanien ;

GCS= Guinéo-Congolo-soudanien.

Structure des populations de *Dialium guineense* : La densité moyenne, la surface terrière, la hauteur de Lorez ont été calculées par type de groupements végétaux et soumises à une analyse de variance. Les structures en diamètre et en hauteur ont été relaissées en utilisant la distribution de Weibull à deux paramètres à l'aide des logiciels R 2.15.3 et Minitab14. Le logiciel R 2.15.3 a été utilisé pour estimer les paramètres de forme c à l'aide du package MASS. Le paramètre de forme c des diamètres et des hauteurs de chaque type de groupement végétal a été introduit dans le logiciel Minitab.14 pour la réalisation des structures en diamètre et en hauteur. Pour résoudre la difficulté d'interprétation des structures liées au non ajustement de certaines distributions, le coefficient de Skewness estimant la proportion relative des jeunes plants par rapports aux grand arbres (Feeley et al., 2007)

a été calculé pour chaque structure à l'aide du logiciel R 2.15.3 avec le package agricole.

Modélisation de la relation entre la hauteur et le diamètre de *Dialium guineense* des différents groupements végétaux : La connaissance de la relation entre la hauteur et le diamètre de l'arbre constitue une alternative pour diminuer le coût et le temps de réalisation de l'inventaire forestier. Pour établir cette relation, une régression linéaire simple a été au préalable établie entre les deux paramètres. Mais compte tenu du fait du non respect de certaines conditions indispensables pour l'établissement du modèle approprié, les transformations de la famille Box et Cox (Box et Cox, 1964) ont été effectuées par la détermination itérative des exposants de la hauteur et du diamètre du modèle de régression qui maximise une fonction de vraisemblance donnée.

RESULTATS

Typologie et description des habitats de *Dialium* : Quatre groupes de relevés floristiques correspondant à de formations végétales ont été discriminés, ce que confirment les résultats de la DCA (Figure 2). Suivant l'axe 1, de gauche vers la droite se succèdent les groupements végétaux des milieux forestiers (G1), des galeries forestières (G2), des jardins de case et

botaniques (G4) et des champs et jachères (G3). Il s'agit alors, de la succession des milieux moins perturbés, aux milieux très perturbés. L'axe 1 exprime un gradient de perturbations anthropiques croissant à mesure où on va vers la droite. Suivant l'axe 2, on a une succession du bas vers le haut, des groupements végétaux (G4, G1, G3 et G2).

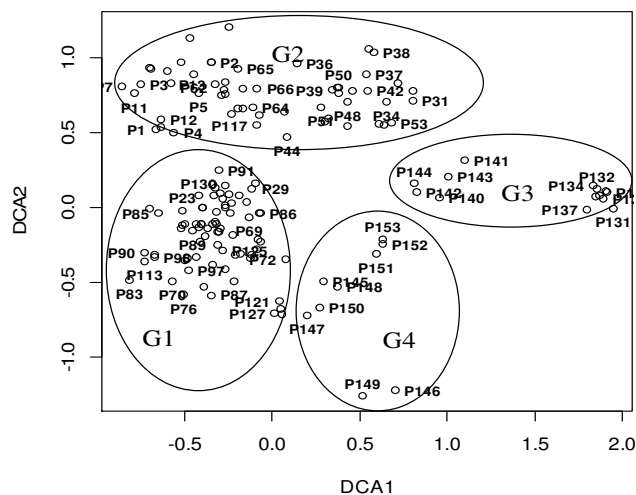


Figure 2: Partition des 153 relevés en groupements végétaux dans le plan factoriel des axes 1 et 2 de la DCA.

Ces groupements végétaux sont respectivement formés des placeaux des milieux jardins de case et jardins botaniques, en passant par les milieux forestiers, ceux des champs et jachères aux galeries forestières. Il s'agit donc, d'une succession des milieux relativement plats aux milieux de forte pente (Galeries forestières). L'axe 2

exprime un double gradient topographique et d'humidité croissant. Les résultats du test de Monte carlo sur la valeur des espèces après 4999 permutations sur chacun des groupements végétaux révèlent que chaque groupement végétal est caractérisé par des espèces fondamentales. Les espèces caractéristiques de chaque

groupement ont des probabilités associées inférieure à 0,05. Les espèces caractéristiques du groupement végétal à *Dialium guineense* et *Gardenia ternifolia* sont : *Cassipourea congoense* (DC.) ; *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. ; *Isoberlinia doka* (Craib & Stapf) ; *Khaya senegalensis* (Desr.) A.Juss. ; *Dennettia tripetala* (Baker f.) ; *Diospyros mombuttensis* (Gürke) ; *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) Kunth ; *Pterocarpus lucens* (Lepr.). Il s'agit des espèces typiquement forestières. Les espèces caractéristiques de ce groupement végétal ont des affinités élevées au sol hydromorphe. Le groupement végétal à *Dialium guineense* et *Mitragyna inermis* est caractérisé par les espèces telles que : *Mimusops andongensis* (Hiern) ; *Cola laurifolia* (Mast) ; *Borassus aethiopum* (Mart.) ; *Rytigynia senegalensis* (Blume) ; *Terminalia glaucescens* ; *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr. ; *Erythrina senegalensis* (A. DC.) ; *Combretum mucronatum* (Schum. & Thonn.) ; et *Rhinacanthus virens* (Nees) Miln. Redl. Ces différentes espèces ont de très fortes affinités à l'eau. Elles vivent pratiquement sur les rebords des cours d'eau. Le groupement végétal à *Dialium guineense* et *Panicum maximum* (Jacq) Raueschel est dominé par les espèces

telles que : *Zea mays* (L.) ; *Adansonia digitata* (L.) ; *Anacardium occidentale* (L.) ; *Blighia sapida* (C. König) ; *Irvingia gabonensis* (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill. ; *Mangifera indica* (L.) ; *Psidium guajava* (L.) ; *Andropogon gayanus* (Kunth) ; *Imperata cylindrica* (L.) ; *Milicia excelsa* (Welw.) C.C.Berg ; *Manihot esculenta* (Crantz) ; *Arachis hypogaea* (L.). Ces espèces sont plantées par l'homme. Ce sont des espèces qui subissent fortement des assauts humains. Le dernier groupement végétal à *Dialium guineense* et *Ocimum gratissimum* L. a pour espèces caractéristiques : *Chrysophyllum albidum* (G. Don) ; *Azadirachta indica* A. Juss. ; *Irvingia gabonensis* (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill. ; *Monodora myristica* ; *Carica papaya* (L.) ; *Vernonia colorata* (Willd.) Drake ; *Ananas comosus* (L.) Merrill ; *Caripa papaya* ; *Jatropha curcas* L. ; *Moringa oleifera* ; *Sporobolus pyramidalis* (P.Beauv.) ; *Vernonia cinerea* (L.) Less. ; *Dioscorea sagittifolia* (Pax) ; *Monodora myristica* L. La CCA réalisée figure 2 explique 15,88% de l'inertie totale. Les deux premiers axes expliquent à 54,23% toute la variance expliquée par la CCA (Figure 3). Les axes canoniques ont une relation avec les différentes variables environnementales (Figure 3 ; Tableau 1).

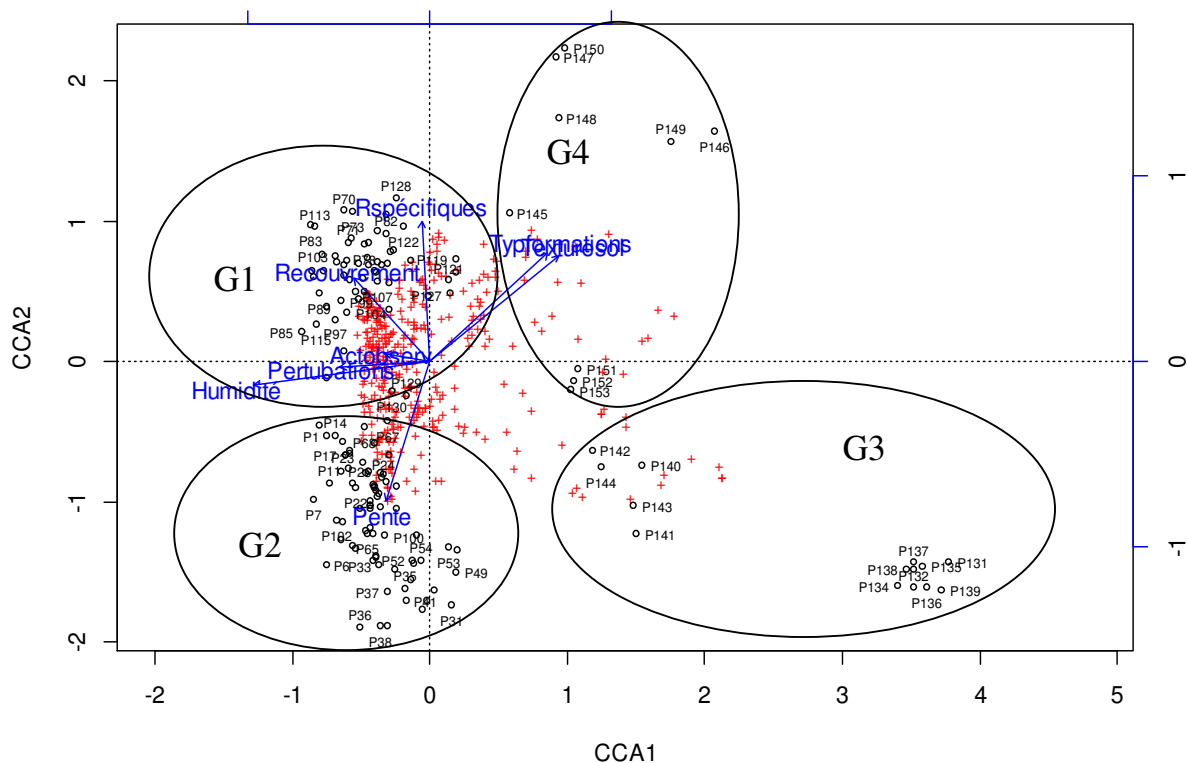


Figure 3 : Carte factorielle montrant la projection sur les axes 1 et 2 de la CCA appliquée aux 153 relevés et aux huit variables environnementales. Légende : Actobs= Activités observées ; Rspécifiques= Richesse spécifique ; Typformations =Types de formation ; Nsol = nature du sol

Tableau 1: Corrélation des variables environnementales avec les deux premiers axes d'ordination.

Variables environnementales	CCA1	CCA2
Pente	0,22	-0,84
Types de formation	0,66	0,48
Recouvrement	-0,46	0,53
Richesse spécifique	-0,21	0,75
Perturbations	-0,51	0,11
Humidité	-0,96	-0,02
Texture du sol	0,68	0,51
Activités observées	-0,28	0,17

NB Seules les valeurs $\geq 0,50$ contribuent substantiellement à la formation des axes.

L'axe 1 est un gradient de diminution de l'humidité et des perturbations des groupements végétaux habitant *D. guineense* car les P-valeur sont respectivement pour ces facteurs environnementaux ($p = -0,96$ et $-0,51$). Ce même axe est aussi un gradient de l'accroissement des variables type de formation ($p = 0,66$) et de la texture du sol ($p = 0,68$). Les groupements végétaux situés à l'extrémité de la partie négative de cet axe correspondent aux formations de forêts (G1) et de galeries forestières (G2). Il s'agit donc, des groupements végétaux qui sont très humides, avec fort recouvrement des végétaux et de pente plus ou moins élevée. Les groupements végétaux (G3 et G4) situés à l'extrémité de la partie positive du même axe sont ceux des placeaux effectués au sein des champs, des jachères, des jardins de case, des jardins botaniques et maisons. L'axe 2 est un gradient d'accroissement de la richesse spécifique ($p = 0,75$), du recouvrement des espèces floristiques ($p = 0,53$) et de la texture du sol due aux matières organiques ($p = 0,51$). Ce

même axe est un gradient de diminution de la pente ($p = -0,84$). Les relevés des groupements végétaux G1 et G2 traversés par cet axe 2 ont été effectués sur des sols riches en débris organiques due à la décomposition rapide de la litière favorisée par une humidité élevée. Les variables environnementales qui ont de longues flèches sont plus corrélées à la structure que montrent les données dans la carte factorielle.

Spectres écologiques

Groupement végétal à *Dialium guineense* et *Gardenia ternifolia*

Les types biologiques les plus abondants (80%) et les plus dominants (85%) sont les phanérophytes (figure 4a). S'agissant des types phytogéographiques, les espèces Guinéo-Congolaises sont les plus abondantes (55%) et dominantes (50%) suivies respectivement des espèces Plurirégionales Africaines, Pantropicales et Soudaniennes (Figure 4b). Les espèces Soudano-Guinéennes

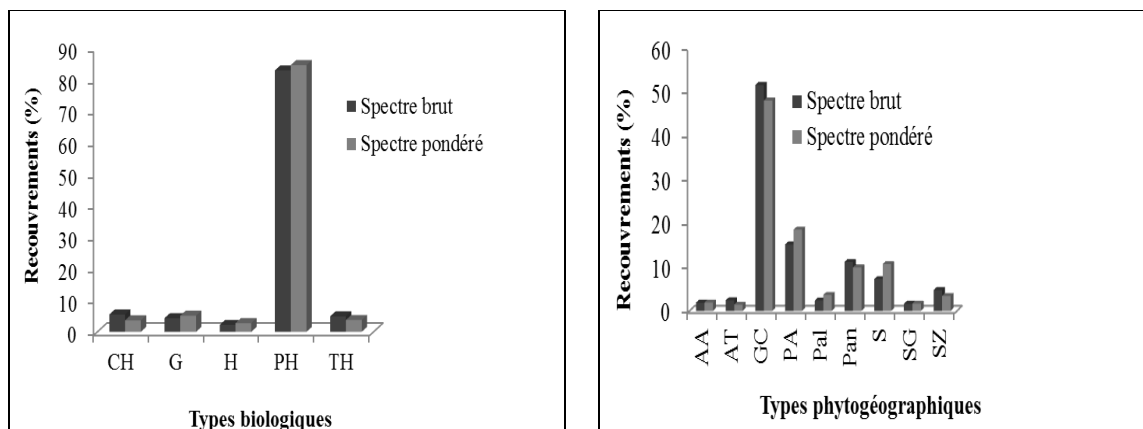


Figure 4 : Spectres brut et pondéré des types biologiques et phytogéographique du groupement végétal à *Dialium guineense* et *Gardenia ternifolia*.

Groupement végétal à *Dialium guineense* et *Mitragyna inermis* : Les phanérophytes sont les plus abondants (88%) et les plus dominants (77%) suivis des

chaméphytes (11%). Les hémicryptophytes sont les moins représentés (2%)(Figure 5a). Pour les types phytogéographiques, les espèces Soudaniennes sont les



plus abondantes (30%) suivies des espèces Guinéo-Congolaises (27%) et Plurirégionales Africaines (24%). Au niveau du spectre pondéré les espèces Guinéo-

Congolaises sont les plus dominantes 48% suivies des espèces Plurirégionales Africaines (22%)

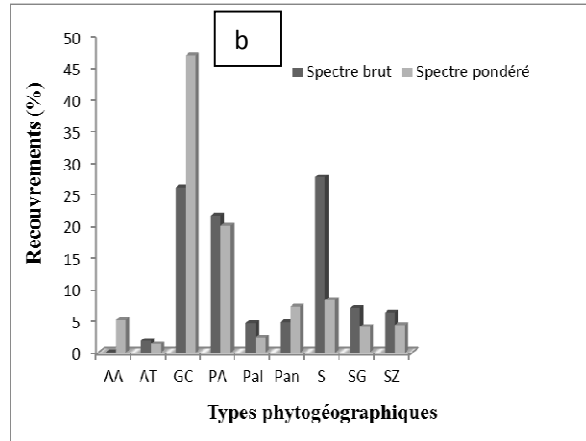
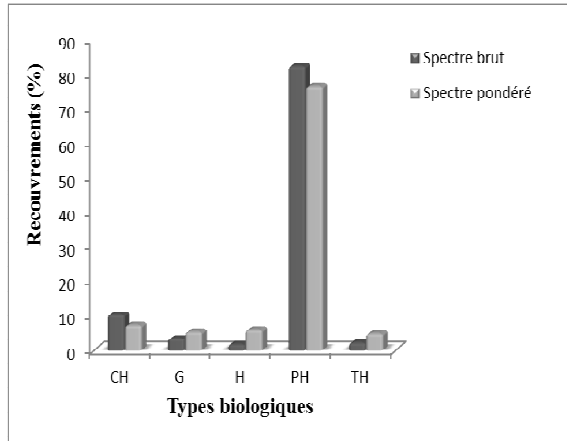


Figure 5: Spectres brut et pondéré : a/ des types biologiques ; b/ des phytogéographiques du groupement végétal à *D. guineense* et *M. inermis*.

Groupement végétal à *Dialium guineense* et *Panicum maximum* : Les phanérophytes sont les plus abondants (84%) et les plus dominants (86%) suivies des chaméphytes (9%). Les autres types biologiques représentent moins de 7% (figure 6a). Pour les types

phytogéographiques, les espèces Guinéo-Congolaises sont les plus abondantes (56%) et les plus dominantes (49%) suivies des espèces Plurirégionales Africaines (20%) ; Pantropicales (12%) et Soudaniennes (10%) (Figure 6b).

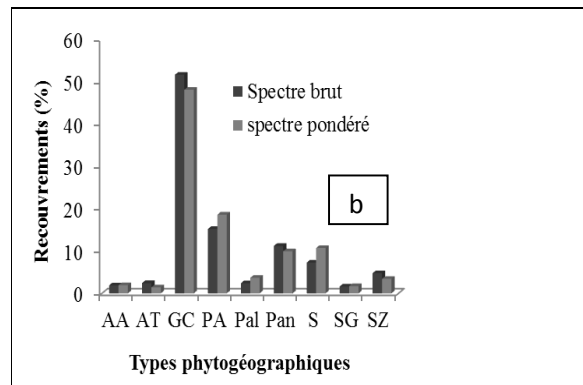
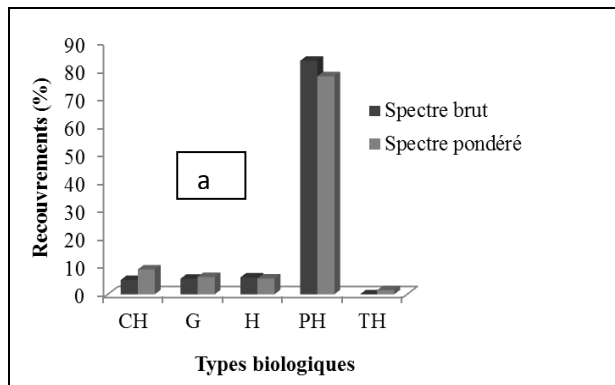


Figure 6 : Spectres brut et pondéré : a/ des types biologiques ; b/ des types phytogéographiques du groupement végétal à *Dialium guineense* et *Panicum maximum*.

Groupement végétal à *Dialium guineense* et *Carica papaya* : Les phanérophytes sont les plus abondants (89%) et dominants (87%) (figure 7a). Les espèces Guinéo-Congolaises sont les plus abondantes (59%) et

plus dominantes (60%) suivies des espèces Pantropicales (13%), Plurirégionales Africaines (9%) et Soudano-Zambéziennes (6%) (figure 7b).

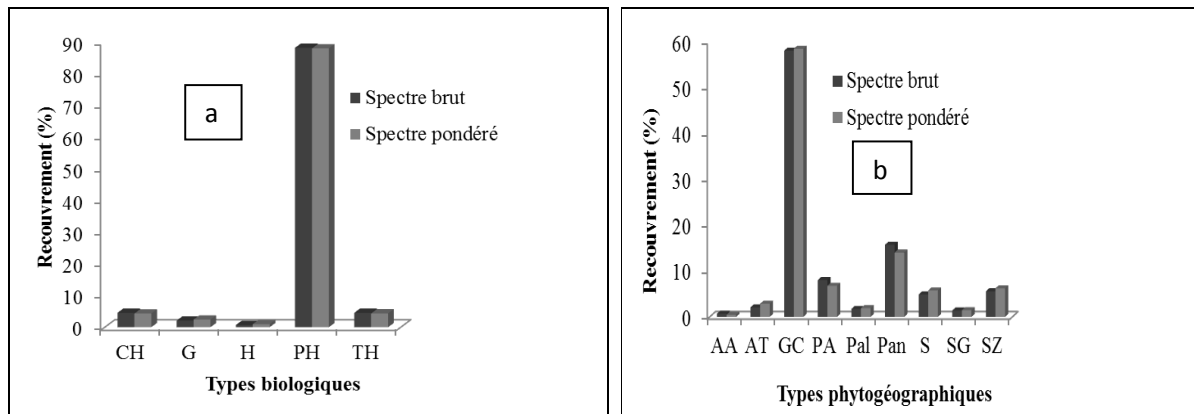


Figure 7 : Spectres brut et pondéré : a/ des types biologiques ; b/ des types phytogéographiques du groupement végétal à *Dialium guineense* et *Ocimum gratissimum*.

Caractéristiques structurales et écologiques de *Dialium guineense*: La différence est hautement significative pour la densité, le diamètre moyen, la hauteur de Lorey et la surface terrière de *D. guineense* entre les différentes formations végétales (Tableau 2). Les formations végétales : galeries forestières (47 tiges/ha) ; jardins et maisons (25 tiges/ha) possèdent la plus forte densité. La plus faible densité (4 tiges/ha) est observée au niveau de la formation végétale champs et jachères. Le diamètre de l'arbre de surface terrière

moyenne le plus élevé est observé dans les galeries forestières (33,78 cm) et la hauteur de Lorey la plus élevée est notée en forêt (12,49 m). La richesse spécifique la plus élevée est observée en forêt (223 espèces) et la plus faible au niveau des jardins de case et maisons (47 espèces). L'indice de diversité de Shannon (H) noté au niveau des formations végétales forêts et des galeries forestières est supérieur à 5. On peut conclure qu'on est dans le cas de communauté végétale complexe.

Tableau 2: Paramètres dendrométriques et caractéristiques écologiques des différents groupements végétaux à *Dialium guineense*.

Paramètres	G1		G2		G3		G4		P
	m	cv (%)	m	cv (%)	m	cv (%)	m	cv (%)	
Densité (d) tiges/ha	7	96,25	47	64,85	4	45,23	35	32,45	0,0001
Diamètre moyen (dm) cm	12,12	10,44	33,78	11,53	14,83	4,72	15,88	9,42	0,001
Hauteur de Lorey (m)	12,49	134,99	8,86	182,99	4,57	70,69	3,20	141,80	0,0001
Surface terrière (m ² /ha)	0,01	108,90	0,02	132,88	0	51,12	0	22,68	-
Richesse spécifique	223	-	81	-	56	-	47	-	-
Indice de diversité de Shannon	6	-	5,7	-	3,64	-	2,98	-	-
Équitabilité de Piélou	0,8	-	0,9	-	0,64	-	0,54	-	-
Volume du houppier (m ³)	187,59	184,79	151,52	125,93	57,65	23,15	68,24	34,27	0,001
Nombre moyen de branches	15,33	-	11,23	-	5,20	-	8,17	-	-

Légende G1= Forêts; G2= Galeries forestières; G3= Champs et jachères; G4= Jardins de case et les maisons; P= Probabilité ; m= Moyenne; cv= Coefficient de variation.

La taille de l'échantillon (1 ha) justifie cette valeur. Pour les deux autres formations végétales, H est compris entre 2,5 bits et 4 bits. Alors les formations végétales champs, jachères, jardins de case et maisons sont relativement diversifiées. Toutes les valeurs de l'équitabilité de Pielou sont inférieures à 1 indiquant une bonne condition écologique. Le volume moyen des branches varie de 23,15 à 184,79 m³ par unité de surface en allant des champs et jachères aux forêts denses. Il y a une différence significative entre les volumes des branches d'un groupement végétal à un autre. Le nombre moyen de branche évolue également de la même manière allant de 5, 20 à 15,33. La structure en diamètre et en hauteur a été établie par groupement végétal abritant *D. guineense* à l'aide de la distribution à deux paramètres de Weibull et l'asymétrie de chaque distribution a été examinée à l'aide du coefficient d'asymétrie de Skewness. Le paramètre de forme b de Weibull est compris entre 1 et 3,6 pour toutes

les structures en diamètre, en relation avec les différents groupements (figure 8). Il s'agit dans tous les cas de distribution asymétrique gauche. Le coefficient de Skewness est supérieur à zéro pour toutes les distributions indiquant ainsi qu'il s'agit des populations de *D. guineense* avec prédominance des tiges de faible diamètre. Les tiges de diamètre compris entre 10 et 20 cm sont les plus abondantes. Le paramètre de forme b de la distribution de Weibull a deux paramètres suivie du coefficient de Skewness est aussi comprise entre 1 et 3,6 pour toutes les structures en hauteur des différents groupements végétaux (figure 9). Il s'agit alors, des distributions en cloche à symétrie gauche. Le coefficient de Skewness de toutes les distributions est supérieur à zéro confirmant ainsi les observations précédentes selon lesquelles les populations de *D. guineense* sont à prédominance composées de jeunes tiges. Les tiges de hauteur comprise entre 2 et 6 m sont les plus abondantes.

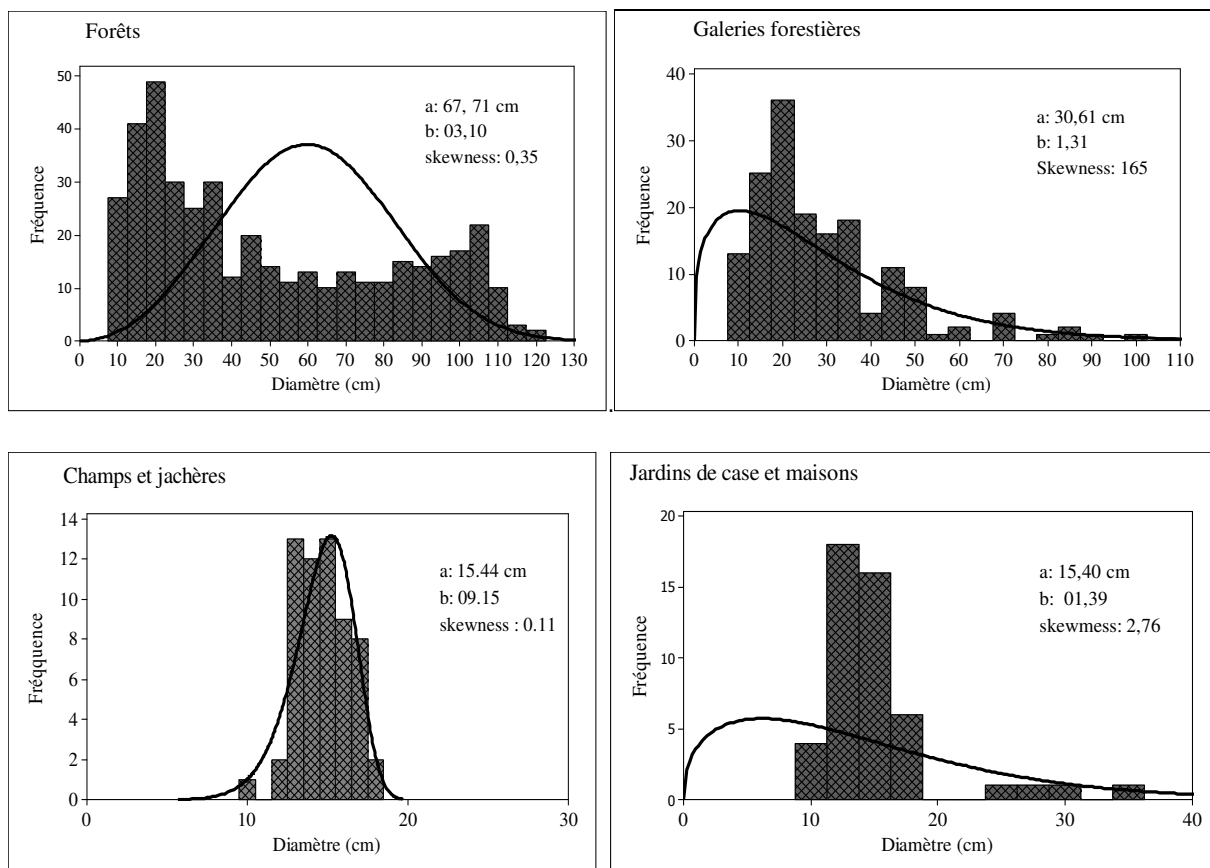


Figure 8 : Structure en diamètre de *Dialium guineense* en relation avec les groupements végétaux.

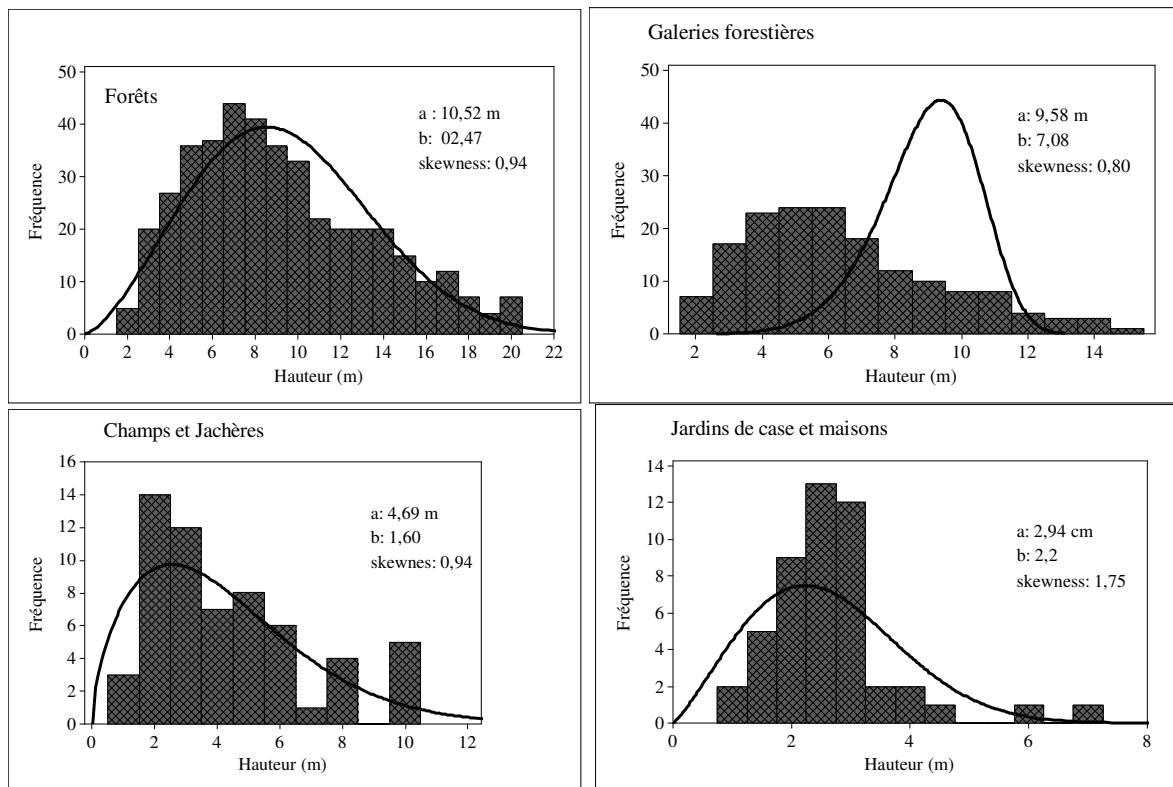


Figure 9 : Structure en hauteur de *Dialium guineense* des différents groupements végétaux.

Modélisation de la relation entre la hauteur et le diamètre de *D. guineense* suivant les différents habitats : La relation entre la hauteur et le diamètre de *Dialium guineense* dans l'habitat forêts montrent que le diamètre influence très significativement la hauteur ($P \leq 0,001$). La valeur du coefficient de détermination ajusté R^2 (53,80%) montre que le diamètre influence la hauteur jusqu'à 53,80%. Cette valeur du coefficient de détermination prédit jusqu'à 53,50% la croissance en hauteur de *D. guineense* en forêt. La même relation dans les galeries forestières indique que le diamètre de *D. guineense* influence significativement la hauteur ($P \leq 0,001$). La valeur du coefficient de détermination (48,70%) montre que le diamètre influence la hauteur jusqu'à 48,70%. Cette valeur du coefficient de détermination permet de prédire jusqu'à 47,96% la

croissance en hauteur du *D. guineense* dans cet habitat. Dans les champs et jachères la relation indique que le diamètre de *D. guineense* influence très significativement la hauteur ($P \leq 0,001$). La valeur (34,80%) du coefficient de détermination montre que le diamètre influence la hauteur jusqu'à 34,80%. La valeur du coefficient de détermination de prédiction prédit jusqu'à 31,98% la croissance en hauteur du *D. guineense* dans les champs et les jachères. Dans les jardins de case et botaniques la relation indique une influence du diamètre significative sur la hauteur car $P \leq 0,001$. De même la valeur (48,70%) du coefficient de détermination montre que le diamètre influence la hauteur jusqu'à 48,70%. Ce coefficient de détermination permet de prédire à 47,96% la croissance en hauteur du *D. guineense* dans cet habitat.

DISCUSSION

Composition spécifique des groupements végétaux à *Dialium guineense* : Les différents groupements végétaux obtenus reflètent l'influence des facteurs dominants de l'environnement ainsi que de l'influence de l'action humaine sur les différents habitats de *D. guineense*. Ainsi, le groupement végétal des forêts constitués des forêts sacrées, des forêts marécageuses, des forêts

claires, des forêts denses semi décidues et savanes possède la plus forte richesse spécifique, suivi des galeries forestières qui sont des habitats plus au moins protégées (aires protégées) par la législation ou la tradition béninoise. La forte richesse spécifique observée au niveau des formations végétales forêts / aires protégées traduit l'importance de la création des aires

protégées naturelles par l'évaluation de leurs potentialités (Ouoba, 2006). Les plus faibles richesses spécifiques ont été notées au niveau du groupement végétal des jardins de case et celui des champs et des jachères traduisant ainsi l'influence de l'action humaine sur la diversité biologique ou sur les habitats de l'espèce. Les forêts inventoriées sont constituées en grande majorité des forêts classées où l'action humaine sur la biodiversité biologique est très limitée en l'occurrence les forêts sacrées que les populations locales utilisent pour la perpétuation de leur tradition et donc intégralement protégées par ces derniers. La position des galeries forestières se justifie par le fait que certaines sont protégées par l'état et d'autres sont exploitées par les populations riveraines pour le bois énergie et le bois d'œuvre et même pour les rituels surtout celles situées au Sud Bénin et sur les plateaux de terre de barre des phytodistricts d'Ouest Bénin. Bien que jouissant d'humidité très élevée favorable pour le développement de bon nombre d'espèces végétales, elles se retrouvent un peu affectées, mais non moins importante en diversité biologique. Ce constat semble contrarier un peu la théorie selon laquelle les galeries forestières sont des refuges pour bon nombre d'espèces végétales et animales dans les régions sèches (Porembski, 2001). La plus faible richesse spécifique est observée au niveau du groupement constitué des relevés obtenus dans les maisons et jardins de case. On en déduit que la faible diversité du groupement est liée aux conditions extrêmes du milieu des relevés (Masharabu *et al.*, 2010). Les indices de diversité calculés (quelques valeurs) révèlent une absence de dominance pure des espèces dans les forêts, les galeries forestières et dans les champs et les jachères. Par contre une légère dominance de certaines espèces est notée dans les jardins de case et les maisons et s'explique par le fait que les populations accordent beaucoup d'importance aux espèces ayant des valeurs médicinales et alimentaires et de ce fait les domestiquent (les cultivent plus au détriment des autres espèces).

Analyse des spectres écologiques des groupements végétaux à *Dialium guineense*. Les phanérophyles sont plus abondants dans tous les groupements végétaux dont sont constitués les formations forestières, les champs et les jachères. Ainsi, *Dialium* est une espèce forestière multiusage délibérément conservé dans les paysages agraires. Ces résultats corroborent les résultats de Bangirinama *et al.* (2010). Ce dernier qui souligne que les systèmes post culturaux se caractérisent par une diminution progressive des thérophytes au profit de la strate arbustive (phanérophyles) qui conduit à

l'installation d'espèces ligneuses. Sur le plan phytogéographique, les espèces Guinéo-congolaises sont largement représentées et dominantes pour ces groupements végétaux sont très fermés. Ensuite suivent les espèces Plurirégionales Africaines, les espèces Soudano-Guinéennes, en l'occurrence celles inventoriées dans les galeries forestières, les espèces Pantropicales et les espèces Soudano-Zambéziennes. Par contre les espèces Soudaniennes sont très peu représentées. Ce statut des espèces Soudaniennes s'explique par deux principaux facteurs. La plupart des relevés effectués dans le Soudanien ont révélé une influence prépondérante de l'homme sur les différents habitats de *D. guineense* et aussi une avancée significative de la désertification dans les extrêmes nord Bénin. Ainsi, plusieurs espèces Soudaniennes sont en voie de disparition. Cet état peut s'expliquer par d'intenses influences externes qui favorisent l'installation des espèces allochtones, surtout dans les galeries forestières.

Caractérisation écologique et structurale de *Dialium guineense* : La densité de *D. guineense* varie entre 4 tiges / ha à 47 tiges / ha entre les groupements végétaux qui l'abritent. Cette différence est très hautement significative entre les différents groupements végétaux. La plus forte densité est observée en galeries forestières et la plus faible dans les champs et les jachères. En effet, *D. guineense* est une espèce des zones humides ou de demi-ombre et se développe sur des sols bien drainés. Dans les forêts galeries, du fait de la proximité des cours d'eau, le stress hydrique au niveau des plantes est très faible, ce qui favorise une meilleure croissance des espèces comparativement aux autres formations végétales (Fandohan *et al.*, 2010). Par contre, dans les champs et jachères, l'humidité est très faible, les activités agricoles répétées ne favorisent pas le développement des individus de l'espèce. La densité aussi élevée observée dans les jardins de case s'explique par l'action positive des populations qui préserve l'espèce pour son rôle multiusage (alimentaires, médicinaux, fourragers et énergiques). Les jeunes tiges et les branches sont utilisées dans les systèmes d'élevage de poissons connus sous le nom de «acadja» au Bénin, au Togo et au Nigéria (Ewédjè et Tandjékpon, 2011). L'analyse de la structure en diamètre et en hauteur a révélé une distribution asymétrique gauche et les coefficients de skewness calculés indiquent la prédominance des tiges d'arbres de faible diamètre et de faible hauteur. Ce qui confirme les résultats des travaux de Lokonon (2008), de Kakpo (2012) sur *Dialium guineense*, respectivement en forêt dense semi-décidue de Lama et dans la forêt dense d'Itchède au Sud Bénin. Le faible nombre des tiges

d'arbres de grand diamètre se justifie par le fait que les jeunes arbres sont fréquemment élagués par les populations pour des usages multiples tels que fabrication des brosses végétales, construction des cases sur pilotis dans la vallée de l'Ouémé, fabrication de l'engin de frayère piscicole «acadja» dans les systèmes traditionnels d'élevage des poissons. Les multiples actions de l'homme sur cette espèce font que sa croissance en diamètre et en hauteur est très limitée chez les sujets qui en sont victimes.

Modélisation de la relation entre la hauteur et le diamètre de *D. guineense* Selon Rondeux (1999), les relations qui unissent la hauteur à la grosseur en structure équienne qui s'ajuste mieux à une fonction allométrique de parabolique. Cependant les modèles

obtenus ici s'ajustent mieux à d'autres fonctions allométriques. Les coefficients de détermination relativement élevés conduisent à la conclusion selon laquelle une grande part de variabilité de hauteur est inexpliquée par la variabilité de diamètre. En effet, ces différentes relations dépendraient surtout d'autres facteurs. Ces facteurs peuvent être la fertilité du milieu et ses variations locales, la position sociologique des arbres (ici dominante) au sein du peuplement. L'âge des populations de l'espèce peut être aussi soupçonné comme facteur car selon les auteurs Rondeux (1999) et Philip (2002), les relations hauteur et diamètre évoluent dans le temps et ce n'est qu'à partir d'un âge avancé que les différences entre celles-ci s'estompent de plus en plus.

CONCLUSION

Le Bénin abrite une flore très diversifiée, compte tenu de la variabilité des niches écologiques. En effet, chaque type de végétation est caractérisé par une structure et une diversité floristique qui sont sous l'influence des conditions édaphiques, climatiques et anthropiques. Ainsi, les forêts denses semi-décidues sont les plus riches et les plus diversifiées, mais les forêts galeries sont les plus équitables au niveau de la répartition de la flore. Les champs, jachères, maisons et jardins de case sont les plus pauvres en espèces floristiques. La connaissance des habitats de *Dialium guineense* est d'une importance

écologique capitale compte tenu du nombre important d'espèces végétales à statut particulier rencontrées dans les différents groupements. Il ressort de cette étude que les jardins de case sont d'une importance capitale dans le dispositif de la conservation de la flore au Bénin et particulièrement pour les espèces utiles aux populations de la sous-région Ouest Afrique. Il est donc, souhaitable d'étudier l'impact des changements climatiques sur la répartition spatiale de *Dialium guineense* en République du Bénin.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adomou CA, 2005. Vegetation patterns and environmental gradients in Benin: Implications for biogeography and conservation. PhD thesis Wageningen University, Wageningen, 150 p.
- Adjanohoun EJ, Adjakidjè V, Ahyi MRA, Ake Assi L, Akoègninou A, d'Almeida J, Apovo F, Boukef K, Chadare M, Cusset G, Dramane K, Eyme J, Gassita JN, Gbaguidi N, Goudote E, Guinko S, Hounnon P, Issa LO, Keita A, Kiniffo HV, Kone-Bamba D, Musampa Nseyya A, Saadou M, Sodogandji Th, de Souza S, Tchabi A, Zinsou Dossa C, & Zohoun T, 1989. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République Populaire du Bénin. Agence de Coopération Culturelle et techniques, Paris, 895 p.
- Akoègninou A, 2004. Recherches botaniques et écologiques sur les forêts actuelles du Bénin. Thèse d'Etat, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 326 p.
- Arbonnier M, 2002. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest, 2nd ed. CIRAD, France, 234 p.
- Assongba YF, Djègo GJ & Sinsin B, 2013. Distribution des habitats de *Dialium guineense* (willd) (Fabaceae: Caesalpinioideae) dans les phytodistricts Est du Sud-Bénin. Bull. sci. Inst. natl. environ. conserv. nat., 12, 1-16.
- Assongba YF, 2011. Etude écologique et ethnobotanique des forêts de la basse vallée de l'Ouémé : Implication pour une conservation durable. Diplôme d'Etudes Approfondies, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, 84 p.
- Bangirina Frédéric, Bigendako MJ, Lejoly J, Noret N, De Cannière C & Bogaert J, 2010. Les indicateurs de la dynamique post-culturale de la végétation des jachères dans la partie savane de la réserve naturelle forestière de Kigwena (Burundi). Plant Ecology and Evolution, 143 (2), 138-147.

- Box GEP et Cox DR, 1964. An analysis on transformations. Journal of the Royal Statistical.
- Braun-Blanquet J., 1932. Plant sociology. The study of plant communities. Ed. McGray Hill, New York, London 439 p.
- Braun-Blanquet J, 1964. Pflanzensoziologie. Aufl., Berlin/Wien/New York, Springer, 3, 865 p.
- Djègo JGM, 2006. Phytosociologie de la végétation de sous-bois et impact écologique des plantations forestières sur la diversité floristique au sud et au centre du Benin. Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, 369 p.
- Ewédjè et Tandjiékpon, 2011. *Dialium guineense* Conservation and Sustainable Use of Genetic Resources of Priority Food Tree Species in sub-Saharan Africa, SAFORGEN 5, 1-8.
- Fandohan AB, Assogbadjo AE, Glèlè Kakai RL, Sinsin B & Van Damme P, 2010. Impact of habitat type on the conservation status of tamarind (*Tamarindus indica* L.) populations in the W National Park of Benin. Fruits, 65 (1), 11-19.
- Feely KJ, Terborgh JW, 2008. Direct versus indirect effects of habitat reduction on the loss of avian species from tropical forest fragments. Animal Conservation, 11, 353-360.
- Feeley J.K., Davies S.J., Nur Supardi Noor M.D., Kassim A.R. & Tan S., 2007. Do current stem size distributions predict future population changes? An empirical test of intraspecific patterns in tropical trees at two spatial scales. Journal of Tropical Ecology 23: 191-198.
- Houinato M, Sinsin B & Lejoly J, 2001. Impact des feux de brousse sur la dynamique des communautés végétales dans la forêt classée de Bassila (Bénin). Acta Botanica Gallica, 148 (3), 237-251.
- INSAE, 2013. Rapport provisoire du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH), 4^{ème} édition, 182 p.
- Kakpo SB, 2012. Caractéristiques structurales et écologiques des forêts de Bonou et d'ltchède au Sud-Est Bénin. Thèse Ingénieur Agronome. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, 70 p.
- Lokonon EB, 2008. Structure et ethnobotanique de *Dialium guineense* Willd., *Diospyros mespilliformis* Hochst. Ex A. Rich. et *Mimusops andongensis* Hiern. en populations dans le Noyau Central de la Forêt Classée de la Lama (Sud-Bénin). Thèse Ingénieur Agronome. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi, Cotonou. 88 p.
- Masharabu T, Noret N, Lejoly J, Bigendako MJ & Bogaert J, 2010. Etude comparative des paramètres floristiques du Parc National de la Ruvubu, Burundi. Geo-Eco-Trop, 34, 29-44.
- McCunne B et Mefford MJ, 1999. Multivariate Analysis of Ecological Data Ver: 4. 14. MjM Soft-ware, Oregon, U.S.A.
- MEPN, 2009. Quatrième rapport national du Bénin sur la convention des Nations Unies sur la diversité biologique. Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), 172 p.
- Ouoba P, 2006. Flore et végétation de la forêt classées de Niangoloko, Sud-ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou, 254 p.
- Philip MS, 2002. Measuring Trees and Forests. 2nd ed., CABI, London.
- Porembski S, 2001. Phytodiversity and structure of the comoé River Gallery forest (NE Ivory-Coast). Life forms and dynamics in Tropical Forests. Dissertationes Botanicae, 346, 1-10.
- Raunkiaer C, 1905. Types biologiques pour la géographie botanique. Kun. Dansk Vidensk. Selsk., Copenhagen, 347-438.
- Raunkiaer C, 1934. The life forms of plants and statistical plant geography, being the collected papers of C. Raunkiaer. Oxford. University presse, 2-104.
- Rondeux J, 1999. La mesure des peuplements forestiers. Presses agronomiques de Gembloux, 522 p.
- Schnell R, 1971. Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Les milieux, les groupements végétaux. Gauthier-Villars, Paris, 3 (4), 503-951.
- Sinsin B, 1993. Phytosociologie, écologie, valeur pastorale, production et capacité de charge des pâturages naturels du périmètre Nikki-Kakalé au Nord-Bénin. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, 390 p.
- Smith WP et Hellmann JJ, 2002. Population persistence in fragmented landscapes. Trends in Ecology and Evolution 17, 397-399.
- Sokpo N., 1995. Régénération naturelle dans les trouées de la forêt dense semi-décidue de Pobè, sud-Bénin. Belgian Journal of Botany 128 (1), 13-32.
- White F., 1983. The vegetation of Africa, a descriptive memoir to accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO. UNESCO. Natural Resources Research 20: 1-356.
- Willaine P et Volkoff B, 1967. Carte pédologique du Dahomey à l'échelle de 1/1000 000. Paris, ORSTOM. 1 carte en couleur.