

Caractérisation structurale des peuplements naturels de *Detarium senegalense* J.F. Gmel. (Caesalpinaceae) au Bénin, Afrique de l'Ouest

Benjamin A.K. DOSSA¹, Gérard N. GOUWAKINNOU², Bienvenue Nawan SOUROU¹, Towanou HOUETCHEGNON¹, Appolinaire A. WEDJANGNON¹, Bernard K. ODJRADO¹, Christine OUINSAVI¹

Résumé

L'évaluation et le suivi des espèces forestières constituent une source fondamentale d'informations pour la mise en place des stratégies de conservation efficaces et adaptées de ces espèces. La présente étude a pour objectif de déterminer la caractérisation structurale des peuplements naturels de *D. senegalense* J.F. Gmel. au Bénin. Quarante-huit placeaux de 1 ha chacun ont été installés de façon aléatoire dans les formations végétales pour réaliser l'inventaire forestier et les mesures dendrométriques de *D. senegalense*. Les différents paramètres structuraux ont été calculés en fonction des formations végétales. La densité des individus adultes est de $2,07 \pm 1,58$; $2,48 \pm 2,11$ et 1 pieds/ha respectivement dans les forêts denses, forêts galeries et agrosystèmes avec une différence non significative ($P = 0,506$). La surface terrière au niveau des formations varie de $0,22 \pm 0,06$ à $0,67 \pm 0,68$ m²/ha et le diamètre moyen varie de $47,73 \pm 18,91$ à $52,5 \pm 7,78$ cm. Cette espèce se caractérise par des populations de gros diamètres et âgées, avec de très faible densité d'individus adultes et des régénérations. La survie des régénérations est confrontée à des difficultés liées à l'habitat de l'espèce et aussi sous l'emprise de plusieurs pressions humaines. La sensibilisation des populations locales et riveraines des forêts parcourues à la sauvegarde des populations éparses existantes, la protection des juvéniles et la plantation de plants *ex-situ* sont importantes pour la conservation et survie de cette espèce.

Mots clés : Indicateurs écologiques, régression forestière, statut de conservation, peuplement forestier, gestion durable.

Abstract

Species assessment and monitoring is a fundamental source of information for the implementation of effective conservation strategies. This study aims to determine the structural characterization of *Detarium senegalense* J.F. Gmel. in Benin. Forty-eight plots of 1 ha have been installed randomly in the vegetations to carry out the forest inventory and the dendrometric measurements of *D. senegalense*. The different structural parameters have been calculated according to the vegetations. The density of adult individuals is 2.07 ± 1.58 ; 2.48 ± 2.11 and 1 ± 0 feet / ha respectively in dense forests, gallery forests and agrosystems ($P = 0.506$). The basal area of the vegetations varie from 0.22 ± 0.06 to 0.67 ± 0.68 m² / ha and the mean diameter varie from 47.73 ± 18.91 to 52.5 ± 7.78 cm. This species is characterized by large diameter and older populations, with very low adult density and regeneration. The survival of regeneration is confronted with difficulties related to the habitat and also several human pressures. The sensitization of local populations to protect existing scattered populations, the protection of juveniles and the reforestation in ex-situ are important for the conservation and survival of *D. senegalense*.

Keywords: Ecological indicators, forest regression, conservation status, forest stand, sustainable management.

¹Laboratoire d'Etudes et de Recherches Forestières (LERF), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin.

²Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie Végétale (LEB), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

*Auteur correspondant : Benjamin A.K. DOSSA, Email : doskouaben@yahoo.fr

1- Introduction

Les écosystèmes forestiers des pays de l'Afrique sont connus comme faisant partie des plus diversifiés (abondance et richesse spécifique) en termes d'espèces végétales et animales. Ils jouent un rôle crucial dans la conservation de la vie des populations humaines (Balla Eké, 2011). Ces écosystèmes forestiers interviennent dans la régulation des systèmes climatiques mondiaux (FAO, 2012). Malgré ces rôles multiples que jouent les forêts naturelles, principalement en Afrique subsaharienne, leur aménagement est confronté à l'absence de données pouvant permettre une profonde compréhension de leur structuration (composition floristique, structure démographique, régénération) et leur fonctionnement (Rabiou, 2015). Les écosystèmes forestiers naturels font depuis fort longtemps objet d'une surexploitation, due entre autre à une grande poussée démographique. Les activités humaines, ajoutées aux processus naturels, entraînent des changements dans l'utilisation et l'occupation du sol. Ces changements sont à la base de profondes conséquences biophysiques, écologiques, économiques, politiques et sociales. Les forêts denses ont connu des changements dans le temps et dans l'espace affectant ainsi leur structure spatiale et leur diversité floristique (Toko et al., 2013).

En Afrique de l'Ouest, depuis quelques années, le couvert végétal enregistre continuellement de fortes perturbations observées surtout au niveau des formations naturelles. Ces formations subissent une dégradation sans précédent, due à une forte pression anthropique qui se manifeste par des prélèvements à des fins alimentaires, médicinales, de carbonisation et de bois de feu (Adjonou et al., 2010 ; Bamba et al., 2010), aux feux de végétation, à l'augmentation de la production animale et végétale, et aussi à l'exploitation forestière non contrôlée (Assogbadjo et al., 2010 ; FAO, 2015). D'après les derniers chiffres de la FAO (2011), le Bénin perd en moyenne 50.000 ha de forêts chaque année. Cette perte forestière n'est pas restée sans conséquence sur les espèces végétales individuelles qui composent l'écosystème forestier. Ainsi, la plupart des espèces forestières fournissant aux populations, surtout riveraines de forêts, des produits indispensables à leur survie et à leur bien-être, connaissent une certaine dégradation de leurs populations. Parmi ces espèces, figurent des fruitiers sauvages les plus fortement consommés et utilisés par les populations locales au Bénin comme *Adansonia digitata* L. (Assogbadjo et al., 2010), *Tamarindus indica* L. (Fandohan, 2007), *Sclerocarya birrea*

(A. Rich.) Hochst (Gouwakinnou et al., 2011), *Haematostaphis barberi* Hook F. (Sourou et al., 2016), *Cola millenii* K. Schum (Lawin et al., 2018). *Detarium senegalense* est également l'une de ces espèces recherchées et utilisées par les populations locales à cause des différents services écosystémiques qu'elle leur offre. C'est une espèce ayant une importance socio-économique reconnue (Diop et al., 2013 ; Neuenschwander et al., 2011 ; Dangbo et al., 2019). Elle est reconnue pour ses différents usages dans le domaine de l'alimentation, sur le plan nutritionnel, dans le domaine médical, dans le cosmétique, et son aptitude à procurer des revenus (Diop et al., 2011). Au Bénin, plusieurs menaces pèsent sur la survie de cette espèce à court, moyen et à long termes. Il s'agit notamment de la coupe des pieds de l'espèce pour des charpentes et de l'existence de circuits de commercialisation des amendes en direction du Nigéria, du Ghana et du Togo (Neuenschwander et al., 2011). Les études antérieures sur ses populations naturelles en Afrique ont abordé les aspects tels que les usages alimentaires, médicinaux, pharmacologiques, cosmétiques, les utilisations locales des fruits et leur transformation en nectar (Diatta, 1995 ; Diop et al., 2010 ; Sowemimo et al., 2011 ; Diop, 2013 ; Sabaly, 2014). Cependant les données sur les paramètres écologiques pouvant aider à une gestion et utilisation durables des populations de l'espèce sont encore limitées.

L'étude de la structure d'un peuplement forestier sert de base à sa sylviculture, guide l'économie forestière, permet d'évaluer l'état de dégradation des écosystèmes, aide à comprendre l'historique de gestion passé des peuplements et la dynamique forestière (Wulder et al., 2009 ; Nadkarni et al., 2008 ; Merino et al., 2007) en vue d'identifier les types d'aménagement à y appliquer (Hitimana et al., 2004). Ceci s'applique également aux espèces individuelles de tout écosystème forestier et justifie donc cette étude.

La zone soudano-guinéenne représente la zone de forte occurrence de *D. senegalense* au Bénin. Toute initiative pouvant contribuer et déboucher sur la conservation d'une espèce, nécessite une connaissance de ses caractéristiques structurales et de sa distribution. La connaissance de la distribution d'une espèce est fondamentale (Codjia et al., 2018), pour maîtriser les différents types d'habitats capables d'abriter l'espèce afin de mettre en place des stratégies de reconstitution de nouveaux peuplements dans ces différents types d'habitats. Des constats ci-dessus énumérés il se dégage une question fondamentale : quelles sont les caractéristiques structurales de *D. senegalense* dans ses différents types d'habitats naturels au Bénin et comment ces caractéristiques varient d'un habitat à un autre ? La présente étude a donc pour objectif d'estimer les paramètres dendrométriques et de régénération de *D. senegalense* dans les différentes formations végétales dans lesquelles l'espèce se retrouve au Bénin.

2- Méthodologie

2.1- Milieu d'étude

La présente étude a été conduite en République du Bénin et principalement dans la zone soudano-guinéenne qui est située entre (7°30' - 9°30' N). Dans la zone soudano-guinéenne, le régime pluviométrique est unimodal. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1200 mm de pluie réparties d'avril à octobre. La zone soudano-guinéenne du Bénin est une région caractérisée par plusieurs types de formations végétales comme les savanes arborées et arbustives, les forêts claires, les forêts denses sèches, les galeries forestières et les agrosystèmes (champs et jachères) (Natta et al., 2011).

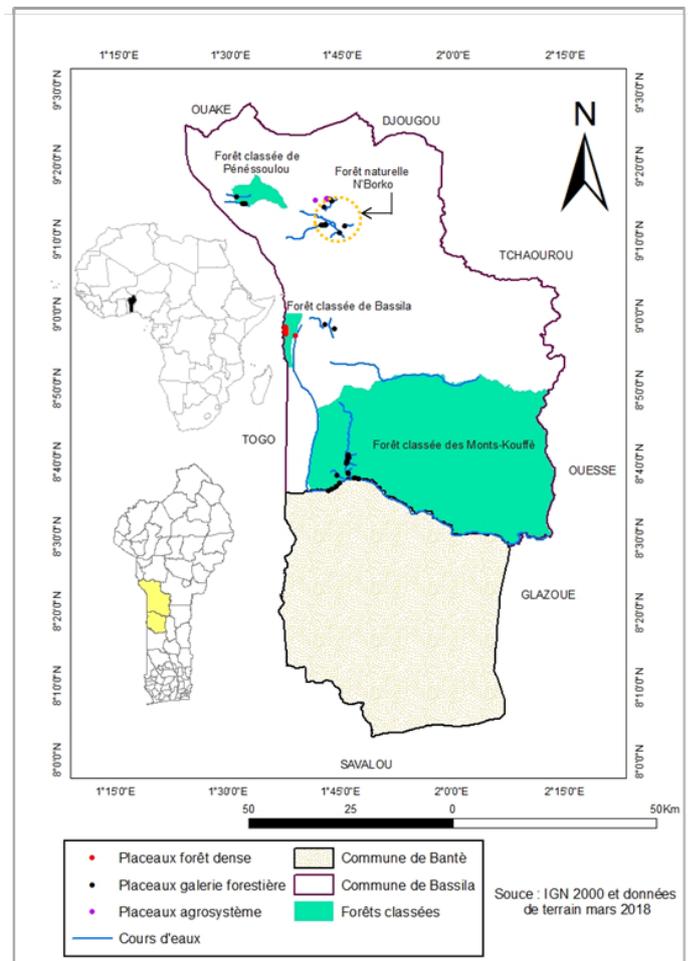


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude

2.2- Echantillonnage et méthode de collecte des données

Inventaires forestiers de *D. senegalense*

Au sein de cette zone climatique, quelques forêts abritant *D. senegalense* ont été ciblées pour la collecte des données. Il s'agit des forêts classées des Monts-Kouffè, de Bassila, de Pénésoulou et des îlots de forêts non classées de N'borke dans les communes de Bantè et de Bassila (Figure 1). Ces forêts ont été ciblées pour la présente étude après une phase exploratoire ayant révélé la présence de quelques individus de l'espèce au sein de ces forêts d'une part et d'autre part, par une forte collecte des amendes des graines de cette même espèce dans le passé (Neuenschwander et al., 2011). La présente étude s'est déroulée uniquement dans trois formations végétales qui sont les forêts denses, les forêts galeries et les agrosystèmes. *D. senegalense* est une espèce qui tolère une forte quantité d'eau, donc s'adapte dans les milieux humides tels que les forêts denses et les forêts galeries.

L'inventaire des individus de cette espèce s'est effectué à partir de l'installation des placeaux dans les formations végétales abritant l'espèce. La superficie des placeaux installés est de 10.000 m² (1 ha), avec des longueurs et largeurs variables dans les forêts galeries (Natta, 2003) et de 100 m × 100 m dans les forêts denses. Au total 48 placeaux ont été installés dans l'ensemble des différentes forêts retenues pour la présente étude dont 28 placeaux dans les forêts galeries, 18 placeaux dans les forêts denses et 2 placeaux dans les agrosystèmes (champs et jachères). Les placeaux ont été installés lorsqu'au moins un individu de *D. senegalense* est

présent et, une distance d’au moins 100 m a été observée entre deux placeaux consécutifs dans une même forêt. Les données dendrométriques collectées au sein de chaque placeau sont le diamètre à 1,30 m du sol de tous les arbres de *D. senegalense* dont le diamètre à hauteur de poitrine est supérieur ou égal à 10 cm et la hauteur totale de chaque arbre a été également prise. Les traces d’exploitation éventuelles (coupe complète, collecte des fruits) de chaque pied ont été notées. Les différentes pressions qui s’exercent sur les populations de cette espèce ont été également collectées.

Régénération naturelle de *D. senegalense*

La régénération naturelle couvre plusieurs sens (Alexandre, 1989) cité par Sokpon (1995). Selon les forestiers, elle est une technique qui fait appel à l’ensemencement spontané ; elle s’oppose donc aux techniques d’enrichissement ou de plantation. Dans le sens des écologistes, c’est l’ensemble des processus dynamiques qui permettent de reconstituer le couvert végétal qui a été entamé (Alexandre et al., 1978). D’autres auteurs comme Hartshorn (1978), Brokaw (1982), et Augspurger (1984) parlent de dynamique forestière. La régénération est donc un ensemble de processus conduisant au renouvellement des forêts. Compte tenu de la faible densité de l’espèce, un inventaire systématique par placeau de la régénération a été réalisé. Dans chaque placeau de 1 ha, des placettes de 15 m de rayon ont été installées sous les individus semenciers ayant des régénérations. Les régénérations naturelles dont fait cas cette présente étude sont constituées des plantules de *D. senegalense* issus des semis de graines et qui s’y trouvent sous les individus adultes à l’intérieur des placeaux installés. Ces plantules ont été inventoriées à travers la prise des mesures du diamètre au collet. De même les rejets issus des souches des pieds adultes de *D. senegalense* abattus et des jeunes plants régénérés à la suite d’une brûlure d’autres plantules par les feux de végétations ont été également pris en compte dans la catégorie des régénérations naturelles. De même les différents facteurs qui influencent la survie des régénérations ont été énumérés.

3- Traitement et analyse des données

3.1- Paramètres dendrométriques

Pour déterminer les caractéristiques dendrométriques de *D. senegalense*, des paramètres dendrométriques ont été calculés par formation végétale (forêt dense, forêt galerie et agrosystème) abritant les pieds de *D. senegalense* afin de comparer les différents peuplements. Ces paramètres sont présentés dans le tableau 1.

Tableau I : Paramètres dendrométriques et leurs formules

Paramètres	Formules
Densité (pieds/ha)	N = Nombre total de pieds par ha
Surface terrière (m²/ha)	$G = \sum \pi D^2 / 4$
Diamètre moyen (cm)	$di = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2}$
Hauteur totale (m)	$hi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h$

comparer les paramètres calculés (diamètre, hauteur totale, densité, surface terrière) des peuplements de *D. senegalense* en fonction des formations végétales. En cas de différence significative entre les différents paramètres calculés en fonction des formations végétales, le test de comparaison multiple de Turkey a été utilisé pour comparer les moyennes de chaque paramètre. La caractérisation de la structure de *D. senegalense* a été faite en utilisant les classes de distribution de diamètre d’amplitude 10 cm et de hauteur d’amplitude 2 m. La répartition par classe de diamètre et de hauteur sur la base des fréquences des individus de *D. senegalense* a été ajustée à la distribution de Weibull (Rondeux, 1999) à trois paramètres (de position *a*,

$$F(X) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \exp \left[-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c\right]$$

d’échelle ou taille *b* et de forme *c*) suivant la formule :

Les données de diamètre et de hauteur des arbres ont servi à l’estimation des paramètres *b* et *c* grâce à la méthode du maximum de vraisemblance disponible dans le logiciel Minitab 16.

3.2- Régénération naturelle

La densité des individus des différentes formes de régénération naturelle a été calculée pour évaluer et apprécier le stade d’évolution et l’état de régénération de *D. senegalense* dans son habitat et en fonction des différentes formations végétales abritant cette espèce.

4- Résultats

4.1- Caractéristiques dendrométriques

Les paramètres dendrométriques de *D. senegalense* sont présentés dans le tableau 2.

La densité moyenne des individus de cette espèce au niveau de chacune des formations est de 2,07 ± 1,58 pieds/ha ; 2,48 ± 2,11 pieds/ha et 1 ± 0 pied/ha respectivement dans les forêts denses, les forêts galeries et dans les agrosystèmes avec des coefficients de variations élevés oscillant entre 0 à 85,18, ce qui traduit une grande variabilité de la densité entre les différentes formations abritant *D. senegalense*. Le diamètre moyen des arbres de l’espèce dans chacune de ces formations varie de 47,73 ± 18,91 à 52,5 ± 7,78 cm. En ce qui concerne la surface terrière, elle est en moyenne de 0,40 m²/ha dans les forêts denses, 0,67 m²/ha dans les forêts galeries et 0,22 m²/ha dans les agrosystèmes avec des coefficients de variation élevés oscillant entre 29,31 à 101,32. La hauteur totale moyenne au niveau de chacune de ces formations est de 18,3 m, 20,03 m et 20,05 respectivement pour les forêts denses, les forêts galeries et les agrosystèmes. La densité, le diamètre et la hauteur totale n’ont pas présenté de différence significative entre les différentes formations constituant les habitats naturels de *D. senegalense*. Par contre la surface terrière des individus de *D. senegalense* a montré une différence significative suivant les différentes formations (P = 0,235) après le test de Student-Newman-Keuls. La valeur de la surface terrière la plus élevée se retrouve au niveau des forêts galeries. Les plus gros diamètres des pieds de *D. senegalense* inventoriés se retrouvent le plus dans les forêts galeries.

Une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée pour

Tableau II : Caractéristiques dendrométriques des individus de *Detarium senegalense* suivant les types de formation

	Individus adultes						
	Formations						
	FD		FG		AS		
	m	CV (%)	m	CV (%)	m	CV (%)	Probabilité
N (pieds/ha)	2,07	76,43	2,48	85,18	1	0,00	0,506
G (m ² /ha)	0,40	66,36	0,67	101,32	0,22	29,31	0,235
D _m (cm)	47,73	39,63	51,32	42,70	52,50	14,82	0,852
H _{tm} (m)	18,3	34,11	20,03	45	20,05	24,15	0,744
Régénérations							
N (plants/ha)	23,96	45,86	54,09	129,39	14,15	0,00	0,197

FD : Forêt Dense, FG : Forêt Galerie, AS : Agrosystème, N : Densité, G : Surface Terrière, D_m : Diamètre Moyen, H_{tm} : Hauteur totale moyenne, m : Moyenne, CV : Coefficient de Variation.

4.2- Structure démographique de *D. senegalense*

La figure 2 représente la répartition par classe de diamètre des pieds de *D. senegalense* dans les forêts denses et dans les forêts galeries. L'analyse de ces figures montre que toutes les distributions ont une allure en cloche et présentent une valeur du paramètre (c) de la fonction de densité de weibull à 3 paramètres (de position *a*, d'échelle ou taille *b* et de forme *c*) comprise entre 1 et 3,6. La distribution est alors asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements monospécifiques avec une dominance d'individus de gros diamètres. Les individus ayant un diamètre compris entre 40 et 60 cm sont les plus dominés.

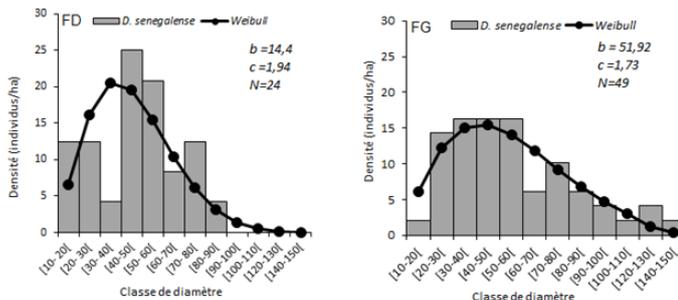


Figure 2 : Structure diamétrique des individus de *Detarium senegalense* en forêt dense et forêt galerie

Légende : FD : Forêt dense, FG : Forêt galerie

4.3- Structure en hauteur de *D. senegalense*

La figure 3 présente la structure en hauteur des individus des populations de *D. senegalense* dans les formations végétales (forêts denses et forêts galeries) qui abritent le plus les individus de *D. senegalense*. De l'analyse de cette figure, il ressort que dans les forêts denses de même que les forêts galeries, la distribution du paramètre (c) de Weibull est comprise entre 1 et 3,6. Toutes les distributions ont alors une allure en cloche. Il s'agit d'une distribution asymétrique positive, caractéristique des peuplements avec une dominance des individus de hauteurs élevées et de gros diamètre. Les individus de *D. senegalense* les plus représentés au niveau des forêts denses sont les individus appartenant aux classes de hauteur de 16 à 28 m. Tandis que dans les forêts galeries, les individus les plus représentés sont les individus ayant des hauteurs appartenant aux classes de 6 à 12 m, de 14 à 20 m et de 22 à 30 m (Figure 3). Au niveau des forêts galeries, ils existent la présence des pieds de *D. senegalense* de grandes hauteurs atteignant 38 mètres contrairement aux pieds de *D. senegalense* dans les forêts denses.

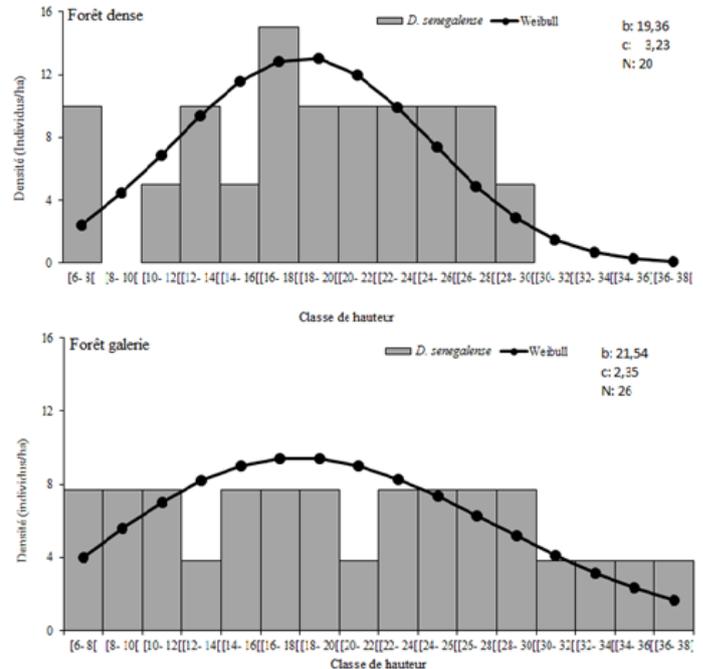


Figure 3 : Structure en hauteur des individus de *Detarium senegalense* dans les forêts denses et forêts galeries

4.4- Régénération naturelle de *D. senegalense*

Les régénérations de *D. senegalense* dans chacune des formations végétales sont très rares et de très faible densité. La régénération naturelle de *D. senegalense* dans son habitat naturel est la plupart constituée par des semis naturels et des rejets de souche. Les rejets de souches sont issus des jeunes perches détruites par les feux de végétation et des grands arbres abattus (Photo 2 a, b et c). La densité des régénérations par hectare au niveau de chacune de ces formations (forêt dense, forêt galerie et agrosystème) est très faible surtout dans les agrosystèmes dont la densité des régénérations est de 14 pieds/ha (Tableau 2). La régénération est également aussi très faible au niveau des forêts denses. La plupart des semenciers identifiés le long des cours d'eau sont inclinés dans le lit des cours d'eau et donc les graines tombent et régénèrent dans le lit du cours d'eau (Photos 1 : a, b et c). Ces plantules issues de la germination de ces graines sont par la suite transportées par le courant fort du cours d'eau en période de crue, ce qui montre une faible densité des individus adultes et des régénérations au sein de quelques forêts classées du Bénin abritant *D. senegalense*.



Photo 1 : Régénérations et graines de *D. senegalense* dans le lit des cours d'eau

D'autres plantules se trouvant en dehors du lit des cours d'eau situés dans les aires non protégées subissant encore de fortes dégradations sont ravagées par les feux de végétations en saison sèche (Photo 2 : a, b et c).



Photo 2 : Plantules de *D. senegalense* issues des rejets de souche des jeunes plants après le passage des feux de végétations dans la forêt classée des Monts-Kouffè

Une autre contrainte majeure freinant la densité des régénérations est le non contact des graines de *D. senegalesne* au sol et le non enfouissement de ces graines dans le sol compte tenu de leurs grosseurs. La plupart des graines restent à la surface des feuilles (la litière) et ne sont en contact direct avec le sol pouvant permettre et faciliter leurs germinations (Photos 3-a, b et c). Ce phénomène a été plus constaté dans les forêts denses protégées abritant les individus de *Detarium senegalense*, comme les cas des forêts classées de Bassila et des Monts-Kouffè.



Photo 3-a et b : Fruits de *D. senegalense* au-dessus des feuilles (litière) dans la Forêt Classée de Bassila



Photo 3-c : Graines de *D. senegalense* non enfouées dans le sol à Wéllan Photo 3-d : Graine de *D. senegalense* enfouée dans le sol et germée à Wéllan

4.5- Pressions sur les peuplements de *D. senegalense*

La coupe complète et l'effet des feux de végétations sont les principales pressions humaines auxquelles sont soumis les individus de *D. senegalense*. Ces différentes pressions humaines se poursuivent aujourd'hui dans les sites et formations végétales qui sont accessibles aux populations telles que la forêt classée des Monts-Kouffè et dans quelques terroirs villageois à N'Borko. Par contre dans les forêts classées de Pénéssoulou et de Bassila, les individus de *D. senegalense* se trouvant dans ces forêts sont protégés. En dehors de ces pressions qui s'exercent sur la population de l'espèce, la collection systématique des graines de l'espèce pour la commercialisation, la consommation et la fabrication des produits cosmétiques constitue également de véritable menace qui pèse aussi sur la survie de cette espèce.

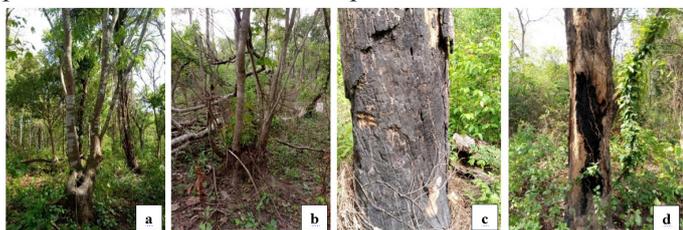


Photo 4-c et d : Pieds de *D. senegalense* abattus et brûlés par les feux de végétation

Source : Dossa, mars 2018

5- Discussion

5.1- Caractéristiques dendrométriques et régénération naturelle de *D. senegalense*

Les faibles densités des individus adultes de *D. senegalense* dans les différentes formations végétales peuvent s'expliquer par les pressions humaines et aussi par des phénomènes naturels liés à l'habitats de l'espèce. Comme pressions humaines, il est à noter la collecte des amendes pour la commercialisation (Neuenschwander et al., 2011), l'exposition des plantules aux feux de végétations, la destruction des plantules pendant les préparations du sol pour la production agricole, la transhumance des bœufs qui broutent ou piétinent les plantules, l'extraction des ressources naturelles, comme les carrières de sable (Aïtondji et al., 2015), l'exploitation du bois de l'espèce. Les travaux de Sourou (2017), Houéssou et al. (2012) et Orékan (2007) ont fait cas de ces mêmes pressions telles que les feux de végétation et les différentes activités humaines qui contribuent à la réduction de la densité des espèces dans leurs différents habitats. Dans les agrosystèmes, il est noté une quasi absence des individus adultes, ce qui témoigne de l'impact négatif de la production agricole sur la densité des espèces. De tels résultats mentionnant la faible densité des espèces dans les agrosystèmes ont été obtenus par Gouwakinnou et al. (2009).

Quant à la densité de la régénération, malgré qu'elle soit plus élevée que celle des individus adultes, est également faible et rencontre d'énormes difficultés dans sa survie, ce qui compromet sa disparition dans le temps de l'ensemble des formations végétales abritant *D. senegalense*. Cette faible densité de la régénération naturelle de *D. senegalense* pourrait s'expliquer par des phénomènes naturels liés à chacun des habitats naturels de l'espèce. Comme un des phénomènes naturels, il est à noter le problème de dissémination naturelle des graines de l'espèce compte tenu de leur taille relativement grosse d'une part. D'autre part, la faible densité et parfois l'absence des régénérations sous les semenciers de *D. senegalense* dans les forêts denses seraient dues au non contact des fruits au sol et du non enfouissement des graines de l'espèce dans le sol pour faciliter sa germination. Les fruits tombent et restent au-dessus des feuilles mortes et finissent par pourrir. Dans les forêts galeries, on observe parfois une forte densité des régénérations sous quelques arbres semenciers de *D. senegalense* suite à l'humidité des bordures et le lit des cours d'eaux. Ces graines sont en contact direct avec le sol humide ce qui facilite leurs germinations. Mais la survie de ces régénérations dans les forêts galeries est un véritable problème que rencontre la population de cette espèce dans cet habitat. Car en période de crue les plantules se trouvant dans le lit et les bordures des cours d'eaux sont transportées par le courant d'eau. La plupart des pieds de *D. senegalense* retrouvés au bord des cours d'eaux sont inclinés dans le lit des cours d'eaux. Pendant la période de fructification une grande partie des graines murs tombent dans les points d'eaux dans le lit des cours d'eaux ce qui constitue aussi un facteur qui ralentit le taux de germination de ces graines. Tout ceci explique donc de la variabilité de la densité des régénérations naturelles en fonction des différentes formations végétales. Ce qui exprime l'impact négatif de la formation végétale sur la densité et survie des régénérations des espèces. Les travaux de Sourou et al., (2016) ont fait cas de l'impact de la géomorphologie sur la faible densité des régénérations.

L'observation de quelques plantules dans les forêts galeries et agrosystèmes témoigne que la quasi absence de la régénération dans les forêts denses n'est pas liée à un problème de germination des graines de *D. senegalense* mais à des facteurs naturels ci-dessus énumérés. Partant d'un essai réalisé en pépinière en avril 2018 au Bénin, il est à noter que les graines de *D. senegalense* germent bien sans aucun traitement.

En dehors de ces aspects naturels influençant et limitant la régénération naturelle de l'espèce dans son habitat, d'autres facteurs peuvent également limiter ou être à la base de la faible densité des régénérations. En effet, les graines de *D. senegalense* sont récalcitrantes et les amendes sont oléagineuses, donc peuvent mourir ou pourrir rapidement en perdant leur pouvoir germinatif quand elles sont soumises à un microclimat desséchant et ne peuvent donc pas germer. Les travaux de Alexandre (1989) ont fait cas de ces aspects qui sont à la base de la faible densité des régénérations de certaines espèces dans leurs habitats. Selon le même auteur, certaines plantules dans les sous-bois et par manque de capture des rayons solaires, peut ralentir leur croissance après avoir végété pendant un bon moment à l'ombre et pourrait finir à être à la merci des herbivores, des parasites et des chutes des branches. La plupart des plantules de *D. senegalense* observées dans les formations végétales surtout dans les forêts denses et forêts galeries sont dans les sous-bois et ne bénéficient presque pas des rayons solaires pour leurs croissances. L'éclaircissement insuffisant et irrégulièrement réparti n'assure pas leur croissance. Au plan écologique, ces résultats de faible densité à la fois des individus adultes et de la régénération naturelle, confirment de la précarité et du déclin des populations de *D. senegalense* au Bénin et surtout dans son aire d'occurrence. La pertinence et l'originalité pour une compréhension parfaite de pourquoi la disparition des plantules au fil du temps des formations végétales, serait d'étudier les facteurs naturels qui perturbent la survie des plantules de l'espèce dans son habitat naturel.

5.2- Structure démographique de *D. senegalense*

L'aménagement d'un peuplement forestier fait appel à la maîtrise de la structure en diamètre et en hauteur des arbres. Ces structures révèlent des événements qui sont liés à la vie des peuplements (Rondeux, 1999). Les peuplements forestiers quels que soient leurs états, présentent des structures-types, soient monospécifiques ou multispécifiques, équiennes, jeunes ou âgés. Il est donc confirmé que les structures en diamètres et en hauteur de ces types de peuplements forestiers s'ajustent à des distributions théoriques connues (Husch et al., 2003). D'après Rondeux (1999), Philip (2002) et Chris et al., (2005), en structure équienne, les grosseurs par classes de diamètre présentent une distribution typique s'apparentant souvent à une courbe de Gauss qui peut devenir dissymétrique voir bimodale dans certaines circonstances. Selon les mêmes auteurs, dans un peuplement équienne, tous les arbres ont le même âge ou à peu près avec une faible variation de la hauteur s'expliquant principalement par leur position sociale (dominants, co-dominants). Deux grands types de distribution diamétrique sont couramment distingués (Rollet, 1984, Dupuy et al., 1997) : les distributions de type exponentielle décroissante pour les essences sciaphiles et les distributions en « cloche » pour les essences héliophiles. Parmi les trois formations végétales de *D. senegalense* étudiées, deux (forêts denses et forêts galeries) ont montré une distribution diamétrique similaire, avec une asymétrie droite ($1 < C < 3,6$),

faisant cas de la prédominance d'individus de *D. senegalense* de gros diamètres. Néanmoins, cela ne saurait être interprété comme étant un bon état de conservation spécifique des peuplements de l'espèce dans ses différents habitats. Car les individus adultes tout comme les régénérations de *D. senegalense* sont soumises à d'énormes pressions qui compromettent la viabilité de la population de l'espèce, ce qui confirme donc sa vulnérabilité (Neuenschwander et al., 2011). Ces pressions sur les peuplements de l'espèce sont confirmées par l'allure en cloche des distributions diamétriques obtenues et soutenue par une quasi absence des régénérations issus des semis observées sur le terrain. D'autres travaux notifiant des allures régressives de quelques espèces fruitières ont été révélés par plusieurs auteurs. Il s'agit des espèces telles que *S. birrea* au Bénin (Gouwakinnou et al., 2009), *Lannea microcarpa* au Burkina-Faso (Ky et al., 2009 ; Thiombiano et al., 2010), *Haematostaphis barberi* au Bénin (Sourou et al., 2016). L'absence des régénérations de l'espèce peut aussi se justifier par les péricarpes et téguments très durs de la graine qui retardent parfois la germination des graines de certaines espèces (Agbogon et al., 2014). La distribution des classes de diamètre montre une faible reconstitution de la population de cette espèce. Généralement une espèce d'une distribution en cloche a une pauvre régénération et donc peut disparaître à long terme. Malheureusement, la grande majorité des jeunes plants de *D. senegalense* ne parviennent pas à survivre pour atteindre l'étape des perches à cause des pressions anthropiques sur celles-ci. L'absence des fourrés (jusqu'à 3 m de hauteur) et gaulis (jusqu'à 8 m de hauteur) de *D. senegalense* dans son habitat naturel, serait dû à la perturbation ou sa vulnérabilité à certaines étapes de son développement tel que l'exposition des régénérations aux diverses pressions anthropiques et le transport des régénérations se trouvant dans le lit des cours d'eaux dans les forêts galeries.

Les plus gros diamètres de *D. senegalense* ont été le plus identifiés dans les forêts galeries. Cela admet que les zones humides et surtout les forêts galeries constitueraient l'habitat privilégié par *D. senegalense*. La présence de *D. senegalense* dans les forêts galeries (le long des cours d'eaux) a été également signalée dans PROTA ([https://uses.plantnet-project.org/fr/Detarium_senegalense_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/fr/Detarium_senegalense_(PROTA))). Ces formations végétales qui abritent *D. senegalense* peuvent être liées à des conditions écologiques qui lui sont particulières et propices à son développement.

S'agissant de la distribution en hauteur des arbres, elle présente globalement une forme gaussienne qui peut être asymétrique selon les conditions de vie du peuplement. Dans le cadre de cette étude, en forêts galeries comme en forêts denses, toutes les distributions en hauteurs présentent des allures en cloche et caractéristiques des peuplements avec une dominance des individus de *D. senegalense* de hauteurs élevées. Dans les forêts galeries, ils existent des pieds de *D. senegalense* de grandes hauteurs atteignant 38 m, contrairement aux pieds de *D. senegalense* dans les forêts denses. Cette différence de hauteur des pieds de *D. senegalense* au niveau de ces deux formations végétales abritant le plus cette espèce serait liée à une forte quantité d'eau que bénéficient des pieds de *D. senegalense* en forêt galerie qui pourrait donc stimuler leur croissance en hauteur. La conservation des espèces et de leurs capacités à s'adapter aux dérèglements dans leurs différents habitats constituent une représentativité des individus de ces espèces dans les différentes classes d'âges (Denslow, 1995 ;

Ackerly, 1996 ; Kent & Coker, 2000). Ceci révèle donc de la vulnérabilité et de l'extinction des individus des espèces ayant de faible densité comme le cas de *D. senegalense*. La faible densité de ces espèces est représentée par leurs classes d'âges largement inférieures lorsqu'elles sont soumises à l'exploitation humaine ou à d'autres formes de perturbations internes ou externes à leurs habitats (Cunningham & Mbenkum, 1993 ; Peters, 1994).

Pour se maintenir, la population de *D. senegalense* a besoin d'un nombre important de régénérations, des fourrés et des gaulis qui pourront être intégrés dans la classe des adultes tel que mentionnés dans les travaux de Bationo et al. (2001). Selon Mapongmetsem et al. (2011), la faible densité des individus adultes ou semenciers dans la population d'une espèce pourrait affecter à long terme le rétablissement de la population de cette espèce par le manque des graines, ce qui correspond aussi à la population de *D. senegalense*.

Conclusion

L'étude sur la caractérisation structurale des peuplements de *D. senegalense* au Bénin a montré que la densité de cette espèce est très faible dans les différentes formations constituant son habitat naturel pour sa survie. Les populations de cette espèce sont en forte régression du fait de leurs faibles potentiels de régénération et de la survie des plantules. La sensibilisation des populations riveraines des différentes formations et forêts abritant *D. senegalense* pour la sauvegarde des rares peuplements existants de cette espèce est importante pour leur conservation, gestion durable et d'une reconstitution d'autres nouveaux peuplements de cette espèce. Des études alors approfondies et relatives à la régénération sexuée et à la multiplication végétative et sur d'autres axes de recherche sur cette espèce sont nécessaires afin d'avoir des pistes pour un aménagement et une domestication future de cette espèce.

Référence bibliographique

Ackerly D.D. 1996. Tropical forest plant ecophysiology. In: S.S. Mulkey, R.L. Chazdon and A.P. Smith (eds). Chapman and Hall, New York, USA: 618-658.

Adjonou K., Ali N., Kokutse A. D., Novigno S. K., Kokou K. 2010. Étude de la dynamique des peuplements naturels de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae) surexploités au Togo. *Bois et forêts des tropiques*, N° 306 (4) : 45-55.

Adjonou K., Djiwa O., Kombaté Y., Kokutse A. D., et Kokou K. 2010. Etude de la dynamique spatiale et structure des forêts denses sèches reliques du Togo: implications pour une gestion durable des aires protégées. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(1): 168-183.

Adomou A.C., Mama A., Missikpodé R., Sinsin B. 2009. Cartographie et caractérisation floristique de la forêt marécageuse de Lokoli (Bénin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 3(3): 492-503.

Agbogon A., Bammite D., Tozo K. et Akpagana K. 2014. Contribution à la multiplication par graines et par bouturage de segments de tiges et de racines de trois fruitiers spontanés de la région des savanes au Togo : *Haematostaphis barberi* Hook. F., *Lannea microcarpa* Engl. & K. Krause et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. *European Scientific Journal* 10 (6): 195-211.

Aïtondji A. L., Toyi M. S. S., Kassa B., Sinsin B. 2015. Caractéristiques floristiques, phytosociologiques et écologiques de la végétation des carrières en République du Bénin. *Science*

de la Vie et de la Terre, REV.CAMES 03(02), 13-24.

Alexandre D.Y., Guillaumet J.L., Kahn F, De Namur Ch., 1978. Observations sur les premiers stades de la reconstitution de la forêt dense humide : conclusions. - *Cahiers Orstom, sér: Biol.* 13 (3) : 267-270.

Alexandre D.Y. 1989. Dynamique de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Paris Editions de l'ORSTOM, 1989, 102 p. (Etudes et Thèses).

Assogbadjo A. E., Glèlè Kakai R., Kyndt T., Sinsin B. 2010. Conservation Genetics of Baobab (*Adansonia digitata* L.) in the Parklands Agroforestry Systems of Benin (West Africa). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(2): 136-140.

Augspurger C. M., 1984. Light requirements of neotropical tree seedlings : a comparative study of growth and survival.- *J. Ecol.* 72 : 777- 795.

Awokou K. S., Ganglo C. J., Azontondé H. A., Adjakidjè V., De Foucault B. 2009. Caractéristiques structurales et écologiques des phytocénoses forestières de la forêt classée d'Itchède (Département du Plateau, Sud-est Bénin). *Sciences & Nature* 6(2) : 125 - 138.

Bamba I., Mama A., Neuba D. F. R., Koffi K. J., Traore D., Visser M., Sinsin B., Lejoly J. & Bogaert J. 2008. Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Congo central (R.D. Congo). *Sciences & Nature*, 5(1): 49-60.

Balla Eke M. S. 2011. La valorisation des produits forestiers non ligneux au Cameroun. La valorisation des produits forestiers non-ligneux dans l'arrondissement de Yokadouma, Éditions universitaires européennes, 136 p.

Bationo B.A., Ouedraogo S.J., Guinko S. 2001. Longévité des graines et contraintes à la survie des plantules d'*Azelia africana* Sm. dans une savane boisée du Burkina Faso. *Annals of Forest Science*, 58(1) : 65-75.

Brokaw N. V.L., 1982a. The definition of treefall gap and- its effect on measures of forest dynamics.- *Biotropica* 14 (2) : 158-160.

Chris, M., Phillip, G., Cris, B. and Juergen B. 2005. Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement. *Forest Ecology and Management* 218:1-24.

Codjia S., Aoudji A., Koura K., Ganglo J. C. 2018. Systèmes Agroforestiers à *Garcinia kola* Heckel Au Sud-Est Du Bénin : Distribution Géographique, Connaissances Endogènes Et Retombées Financières. *European Scientific Journal* 14(12), 188-208.

Cunningham K. D., Cecava M. J., Johnson T. R. 1993. Nutrient digestion, nitrogen, and amino acid flows in lactating cows fed soybean hulls in place of forage or concentrate. *J. Dairy Sci.*, 76: 3523-3535.

Dangbo F. A., Adjonou K., Kokou K., Blaser J. 2019. The socio-economic contribution of *Detarium senegalense* seeds to rural livelihoods in Togo (West Africa), *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 13(3): 1582-1595,

Denslow J.S. 1995. Disturbance and Diversity in Tropical rain forests: the density effect.

Ecological applications, 5: 962 – 968.

Diop N., Ndiaye A., Cisse M., Dieme O., Dornier M., Sock O. 2010. Le ditax (*Detarium*

- senegalense* J. F. Gmel.) : principales caractéristiques et utilisations au Sénégal. *Fruits* 65(5) 293-306.
- Diop N., 2013. Caractérisation du ditax (*Detarium senegalense* J.F.Gmel) et étude de sa transformation en nectar. Thèse de Doctorat Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 165 p.
- Djogbénu C. P., Glèlè Kakai R., Arouna O., Sinsin B., 2011. Analyse des perceptions locales des aménagements forestiers participatifs au Bénin. *Vertigo.Revue.org*, 11(1) : 1-16.
- Dupuy B., Doumbia, F., Diahuissie, A. & Brevet, R. 1997. Effet de types d'éclaircie en forêt dense humide ivoirienne. *Bois Forêt Trop.* 253 (3): 5-18.
- Fandohan A. B. 2007. Structure des populations et importance socioculturelle du tamarinier (*Tamarindus indica* L.) dans la Commune de Karimama (Bénin). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA)/Faculté des Sciences Agronomiques/Université d'Abomey-Calavi, 60 p.
- FAO. 2011. Evaluation des Ressources Forestières Mondiales. Rome, Italie. 320 p.
- FAO. 2012. Intégration des dimensions du changement climatique dans les activités des projets de gestion des ressources naturelles. Rome, 68 p.
- FAO. 2015. Evaluation des ressources forestières mondiales FRA 2015, 6 p.
- Gouwakinnou G.N., Kindomihou V., Assogbadjo A.E., Sinsin B. 2009. Population structure and abundance of *Sclerocarya birrea* (A.Rich.) Hochst. subsp. *birrea* in two contrasting land-use systems in Benin. *International Journal of Biodiversity and Conservation* 1(6): 194-201.
- Hartshorn G. S., 1978. Tree fall and tropical forest dynamics. In: Tomlinson P. B., Zimmermann
- Hitimana, J., Kiyiapi J. L. et Njunge J. T. 2004. Forest structure characteristics in disturbed and undisturbed sites of Mt. Elgon Moist Lower Montane Forest, western Kenya, *Forest Ecology and Management* 194: 269-291.
- Houessou G.L., Lougbegnon O.T., Gbesso G.H.F., Anagonou S.E.L., Sinsin B. 2012. Ethnobotanical study of the African star apple (*Chrysophyllum albidum* G. Don) in the Southern Benin (West Africa). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*: 8: 40, 1-10.
- Husch, B., Beers, T. W. and Kershaw, J. A. 2003. Forest Mensuration. (4th Ed). John Wiley and Sons, Inc., New York. 443 p.
- Ky J.M.K., Gnoula C., Zerbo P., Simpore J., Nikiema J.B., Canini A. and Millogo-Rasolodimby J. 2009. Study of floristic diversity and the structural dynamics of some species providers of non woody forest products in the vegetable formations of the centre east of Burkina Faso. *Pakistan Journal of Biological Science* 12 (14): 1004-1011.
- Lawin I. F., Fandohan A. B, Gandji K., Assogbadjo A. E. et Ouinsavi C. A. I. N. 2018. *Cola millenii* K. Schum : Etat des connaissances et perspectives de recherche. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(3): 1494-1515.
- Mapongmetsem P.M., Nkongmeneck B.A., Rongoumi G., Dongock D.N., Dongmo B. 2011. Impact des systèmes d'utilisation des terres sur la conservation de *Vitellaria paradoxa* Gaerten. F. (Sapotaceae) dans la région des savanes soudano-guinéennes. *International Journal. Environment*, 68(6) : 851-872.
- Merino, A., Real C., Álvarez-González J. G., Manuel A. et Rodríguez-Guitián M. A. 2007. Forest structure and C stocks in natural *Fagus sylvatica* forest in southern Europe: The effects of past management, *Forest Ecology and Management* 250: 206-214.
- Nadkarni, N. M., McIntosh A. C. S. et Cushing B. J. 2008. A framework to categorize forest structure concepts, *Forest Ecology and Management* 256 : 872-882.
- Natta A.K., Porembski S. 2011. Forêts galeries. In : Sinsin B., et al. (eds.). Atlas écologique du Bénin : Etat actuel de la diversité végétale / Current state of plant diversity. (inpress).
- Natta A. K., Adomou A., Sogbegnon A. R. 2011. Inventaire, typologie et structure des populations naturelles de *Pentadesma butyracea* (clusiaceae) sur la chaîne de l'Atacora au nord-ouest du Bénin. Soumis à la revue Bulletin des Recherches Agronomiques du Bénin.
- Neuenschwander, P., Sinsin, B., Goergen, G. 2011. Protection de la Nature en Afrique de l'Ouest: Une Liste Rouge pour le Bénin. *Nature Conservation in West Africa: Red List for Benin*. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 36 p.
- Niggemann ., Jetzkowitz ., Brunzel ., Wichmann 2009. Distribution patterns of plants explained by human movement behaviour. 220:1339-1346.
- Orékan, V.A. 2007. Implémentation du modèle local CLUE-s aux transformations spatiales dans le Centre Bénin aux moyens de données socio-économiques et de télédétection. Thèse de doctorat, Université de Bonn, Allemagne, 204 p.
- Ouédraogo A., Thiombiano A., Hahn-Hadjali K., Guinko S. 2006. Diagnostic de l'état de dégradation des peuplements de quatre espèces ligneuses en zone soudanienne du Burkina Faso. *Sécheresse*, 17(4): 485-491.
- Peters C.M. 1994. Sustainable harvest of non-timber plant resources in tropical moist forest. An ecological primer: Biodiversity Support Program, Washington DC, 49 p.
- Philip, S.M. 2002. Measuring Trees and Forests. Second Edition: 31 p.
- Rabiou H. Bationo., B.A., Segla K.N., Diouf A., Mahamane A., Adjonou K., Kokou K. Kokutse., A.D, Saadou M. 2015. Structure des peuplements naturels de *pterocarpus erinaceus* poir. dans le domaine soudanien, au Niger et au Burkina Faso. *Bois et forêts des tropiques*, 325 (3) :71-83.
- Rollet B. 1984. Etude sur une forêt d'altitude des Andes Vénézuéliennes: La forêt de la Carbonera. *Bois et Forêt des Tropiques*, n° 205 (3): 3-23.
- Rondeux, J. 1999. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les presses Agronomiques de Gembloux, 2ème Edition. Gembloux : 521 p.
- Sambiéni K. R., Adi Mama M. S. T. 2015. Perception paysanne sur la fragmentation du paysage de la Forêt classée de l'Ouémé Supérieur au nord du Bénin. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* : 15(2), 1-18.
- Sinsin B. & Owolabi L. 2001. Rapport sur la monographie de la Diversité Biologique du Bénin. Cotonou, Bénin: Ministère de l'Environnement de l'Habitat et d'Urbanisme (MEHU) ; 42 p.
- Sokpon N., 1995. Recherche écologique sur la forêt dense semi décidue de Pobè au Sud- Est du Bénin : Groupements

végétaux, structure, régénération naturelle et chute de litière. Thèse de Doctorat ; Université Libre de Bruxelles. 350 pp.

Sourou B.N., Ouinsavi C., Sokpon N., 2016. Ecological Structure and Fruit Production of Blood Plum (*Haematostaphis barteri* Hook. F.) Subpopulations in Benin. *International Journal of Plant & Soil Science*, 9(2): 1-12.

Toko Mouhamadou I., Toko Imorou I., Médaho S. A., Sinsin B. 2013. Perceptions locales des déterminants de la fragmentation de forêts dense dans Monts-Kouffè Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 66 : 5049-5059.

Toko Mouhamadou I. 2014. Facteurs déterminants de la fragmentation des écosystèmes forestiers : cas des îlots de forêts denses sèches de la forêt classée des Monts Kouffé et de sa périphérie au Bénin. Thèse de Doctorat Unique à l'École Doctorale Pluridisciplinaire "Espace, Culture et Développement/Université d'Abomey-Calavi, 231 p.

Wulder, M. A., White J. C., Andrewa M. E., Seitz N. E. et Coops N. C., 2009. Forest fragmentation, structure, and age characteristics as a legacy of forest management, *Forest Ecology and Management* 258: 1938-1949.