



Etat de la végétation ligneuse dans trois unités d'utilisation des terres d'une zone agropastorale au Sénégal (région de Kaffrine)

Oumar SARR^{1*}, Daouda NGOM², Fidel Tonalta NGARYO³, Sékou DIATTA¹, et
Léonard Elie AKPO¹

¹Laboratoire d'Ecologie Végétale et Ecohydrologie, Faculté des Sciences et Techniques,
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, BP : 5005, Dakar, Sénégal.

²Département d'Agroforesterie, Université Assane Seck de Ziguinchor, BP : 523, Néma, Sénégal,

³Département de Biologie-Géologie, FAST / UNABA, BP : 1173 Abéché, Tchad.

*Auteur correspondant ; E-mail : omsarr2@gmail.com ; Tel : (221) 77 513 52 16

RESUME

L'étude est réalisée dans les parcours communautaires du département de Kounghoul. Cette zone constitue la partie centrale d'un axe de transhumance de saison sèche des ruminants. Sa végétation naturelle, ligneuse en particulier, contribue à l'entretien du cheptel durant les mois de saison sèche et du coup, subit d'importantes pressions d'ordres diverses. Ainsi, l'objectif de l'étude est de caractériser la végétation ligneuse dans trois unités d'utilisation occupation des sols en utilisation une méthode d'échantillonnage aléatoire par des relevés de végétation ligneuse, pour une contribution à la prise de décisions, dans le cadre de la gestion des ressources dans la localité. Les résultats montrent au total la présence de 40 espèces ligneuses relevant de 33 genres et 21 familles avec une proportion importante des espèces de la famille des *Combretaceae*. Les paramètres étudiés montrent une nette différence entre ces entités témoignant de leur hétérogénéité, mais avec un plus grand niveau de stabilité du peuplement dans la forêt. Le peuplement est globalement jeune avec une importante proportion des individus dans les premières classes de diamètre et de hauteur. Les champs présentent la proportion d'individus adultes la plus importante mais la régénération dans cette entité est faible. Développer des moyens participatifs de gestion des ressources par la régénération assistée peut être un atout considérable de conservation des espèces ligneuses et des écosystèmes.

© 2014 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Ligneux, champs, jachères, forêt, hétérogénéité, régénération.

INTRODUCTION

La zone soudano-sahélienne subit une dégradation sous l'action combinée de la péjoration climatique de ces dernières décennies et la forte pression anthropique. Cette situation a fragilisé les systèmes de production essentiellement basés sur l'agriculture pluviale. Cela a eu pour conséquence une baisse de la production

agricole du fait de l'appauvrissement des sols et une insécurité alimentaire.

Pour combler ce déficit, les populations ont alors pour seul recours, de rechercher de nouvelles terres soit par la déforestation soit par la récupération des jachères avec pour conséquence, une forte atteinte des habitats (Noss, 1990) et de la biodiversité (May, 1998). Ainsi, les formations boisées naturelles

sont en perpétuel changement. C'est le cas de la végétation de la région de Kaffrine qui aujourd'hui, a subi de fortes mutations du fait de l'avancé du front agricole du bassin arachidier.

La forte régression du couvert végétal en général et ligneux en particulier, notée avec une mortalité massive de certaines espèces (Le Houerou, 1980) peut constituer une véritable menace pour l'équilibre écologique et socio-économique. En effet, en plus de son rôle écologique (Akpo, 1998), l'arbre constitue une source alimentaire essentielle pour les animaux et les hommes (Sarr et al., 2013a).

Il est urgent d'apporter des solutions rapides qui dès lors, passeront d'abord par une bonne connaissance de la flore et de certaines caractéristiques de la végétation ligneuse.

Le présent travail étudie la flore et la végétation ligneuse en utilisant un certain nombre de paramètres tels que: diversité floristique, les recouvrements (basal et aérien), la densité, etc.

MATERIEL ET METHODES

La zone d'étude et ses caractéristiques

L'étude a été réalisée dans la partie centrale du Sénégal, dans la région administrative de Kaffrine située entre les latitudes 12°06 N et les longitudes 15°33 O. Les sites d'étude sont deux communautés rurales de la région de Kaffrine : Lour Escalé et Ida Mouride (Figure 1). En effet, il s'agit d'une zone de transition écologique entre le Nord sahélien à vocation pastorale et le Sud Soudanien, qui accueille ou dans laquelle transitent de nombreux ruminants dans la saison sèche, et dont l'avancée du front agricole réalise une forte pression sur les ressources ligneuses disponibles.

Le climat est tropical sec, de type soudano-sahélien, donc une zone de transition climatique (soudanien au Sud et sahélien au Nord). Les températures mensuelles moyennes minimales et maximales sont respectivement de 16,2 °C (janvier) et 42,1 °C (mai). La température moyenne annuelle est de l'ordre de 29,6 °C. Les précipitations sont

irrégulières: la pluviométrie moyenne (entre 1965 et 2008) est de 704,32 mm à la station de référence (Koungheul). Cette station est caractérisée par un déficit pluviométrique persistant depuis 1970, avec une grande proportion d'années biologiquement sèches, conduisant à une quantité totale de pluie recueillie inférieure à la moyenne annuelle correspondant à 23 années de déficit (Sarr et al., 2013b). La saison des pluies survient des mois de mai à octobre, ce qui permet de distinguer classiquement deux périodes dans l'année : une période sèche ($P < 2T$) de 7 à 8 mois (d'octobre à mai) et une saison des pluies ($P > 2T$) de 4 à 5 mois. Les mois de juillet, août et septembre totalisent 79,31% des précipitations, constituent la période biologiquement humide, le mois d'août étant le plus pluvieux (32%) (Sarr et al., 2013a).

La région de Kaffrine appartient aux formations sédimentaires du continental terminal (Touré, 2002). Les sols sont sableux, sablo-argileux ou argilo-sableux et supportent une végétation caractérisée du Nord au Sud par une savane herbeuse, une savane arbustive, une savane arborée et une savane boisée. L'agriculture, essentiellement sous pluie, et l'élevage extensif constituent les principales activités de la région.

L'échantillonnage

Une méthode d'échantillonnage aléatoire (Gounot, 1969) par des relevés de végétation ligneuse a été utilisée pour étudier le peuplement ligneux au niveau des trois unités d'occupations des sols majeurs étudiées (Champs, jachères et forêt) (CSE, 2004 ; Sarr, 2013).

Cinq villages ont été retenus pour chacune des deux communautés rurales (CR) (Figure 2), soit un total de 10 villages. A Lour Escalé, nous avons: Lour village (LE), Koura Mouride (K.M), Sobel Diam-Diam (SDD), Darou Dame Leye (DDL) et Yetty Khaye (YK). Pour Ida Mouride, les villages retenus sont: Ida village (I.V), Fass Diabel (FD), Ndawène Saragnama (NS), Maka Katal (MK) et Arafat Mbayène (AM). C'est sur la base de l'importance numérique des populations et de

leur disponibilité à accueillir des éleveurs transhumants que ces villages ont été retenus. Sur l'ensemble des parcours constituant les pâtures, 200 relevés de végétation ligneuse ont été effectués entre Avril et Mai de l'année 2012. Chaque relevé est une placette de 50 m de côté, soit 2500 m².

Les relevés de végétation

Dans chaque placeau, un recensement exhaustif des espèces ligneuses a été effectué. Des mensurations dendrométriques ont été effectuées sur chaque individu pour l'évaluation de quelques paramètres dimensionnels du peuplement ligneux. Il s'agit:

- du diamètre à la base du tronc à 0,3 m du fait que les individus présentent une ramification très basse (Akpo et Grouzis, 1996); il permet d'évaluer la surface terrière et d'établir la structure de la végétation ligneuse selon des classes de diamètre;
- de la hauteur des individus pour établir la structure verticale du peuplement selon les classes de hauteur;
- du diamètre de la projection verticale au sol du houppier dans deux directions (nord-sud et est-ouest) pour évaluer le recouvrement aérien;
- de la distance entre deux pieds par la méthode du plus proche individu pour déterminer la densité théorique;
- du comptage des individus ayant une circonférence (diamètre) inférieure à 10 cm (3,3 cm) pour évaluer la régénération du peuplement ligneux.

La dénomination des espèces a été effectuée sur la base de la flore du Sénégal (Berhaut, 1967), de l'ouvrage « noms vernaculaires des plantes » (Adam, 1970) et du catalogue des plantes vasculaires du Sénégal (Lebrun et Stork, 1991, 1992, 1995, 1997). Les synonymes ont été actualisés sur la base de l'énumération des plantes à fleurs d'Afrique (Lebrun et Stork, 1991, 1992, 1995, 1997).

Traitement des données

L'ensemble des données a été saisi et traité sous le tableur Excel de Microsoft Office 2007.

La liste et la richesse spécifique de la flore ont été établies, l'importance écologique des espèces (IVI) (Curtis et McIntosh, 1950), leur densité et quelques paramètres de diversité du peuplement ligneux ont été calculés. La richesse spécifique est calculée à partir de la richesse spécifique totale et la richesse spécifique moyenne. La richesse spécifique totale (RST) est le nombre total d'espèces que comporte un peuplement donné (Ramade, 2003). Elle augmente avec la surface d'échantillonnage (Williamson, 1988). La richesse spécifique moyenne correspond au nombre moyen d'espèces par relevé pour un échantillon donné.

L'importance écologique ou indice de valeur d'importance (IVI) est donnée par la relation suivante :

$$IVI = \text{Densité relative} + \text{Dominance relative} + \text{Fréquence relative}$$

La densité relative centésimale correspond à la proportion des individus d'une espèce (N_i) par rapport aux individus de toutes les espèces (N).

$$Dr = \frac{N_i}{N} \times 100$$

La dominance relative ($Domr$) est l'aire occupée par une espèce (par sa surface terrière (St_i) ou son recouvrement) par rapport à l'aire occupée par toutes les espèces dans l'échantillon (St).

$$Domr = \frac{St_i}{St} \times 100$$

La fréquence relative (Fr) désigne la distribution d'une espèce par rapport à la distribution de toutes les espèces de l'échantillon. Elle est donnée par le rapport entre la fréquence centésimale de présence de l'espèce i et la somme des fréquences centésimales de présence de toutes les espèces de l'échantillon (F).

$$Fr = \frac{F_i}{F} \times 100$$

Pour l'évaluation de la diversité, l'indice de diversité (H') de Shannon Weaver (1949) et la régularité (E) ont été utilisés.

L'indice de Shannon est le plus couramment utilisé, il exprime l'importance relative des espèces d'un milieu donné. Sa valeur donne une estimation de l'incertitude avec laquelle on peut prédire correctement l'espèce à laquelle appartient le prochain individu collecté. L'indice est minimum quand tous les individus appartiennent à la même espèce. Il est maximal quand chaque individu représente une espèce distincte (Legendre et Legendre, 1984). Il est donné par la relation suivante :

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

Selon Devineau et al. (1984), l'indice de régularité apparaît comme un terme de comparaison plus rigoureux. Il est compris entre 0 et 1 et tend vers 0 quand l'ensemble des individus appartient à une seule espèce. Il tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus (Ramade, 1990). Sa valeur est obtenue en utilisant la formule suivante:

$$E = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Avec H' = indice de Shannon; $H'_{\max} = \log_2 S$, S étant la richesse spécifique totale.

L'importance spécifique de régénération (ISR) est quant à elle obtenue par le rapport en pourcentage entre l'effectif des jeunes plants d'une espèce et l'effectif de jeunes plants dénombrés (Akpo et Grouzis, 1996).

Pour la structure du peuplement ligneux, la règle de Sturge (Scott, 2009) a été utilisée, pour définir le nombre et l'intervalle des classes pour un échantillon de taille n .

$$\text{Nombre de classes} = 1 + (3,3 \log n)$$

$$\text{Intervalle de classe} = (X_{\max} - X_{\min}) / \text{Nombre de classes}$$

Avec X_{\max} et X_{\min} , respectivement la plus grande et la plus petite valeur de X dans la série statistique. A partir de la plus petite valeur de X , on obtient les limites ou bornes de classes par addition successive de l'intervalle de classe.

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Hétérogénéité du peuplement

La matrice (3 unités d'occupations \times 40 espèces) a été soumise à une analyse factorielle des correspondances (AFC), afin d'étudier l'hétérogénéité du peuplement ligneux et d'identifier les différents groupes.

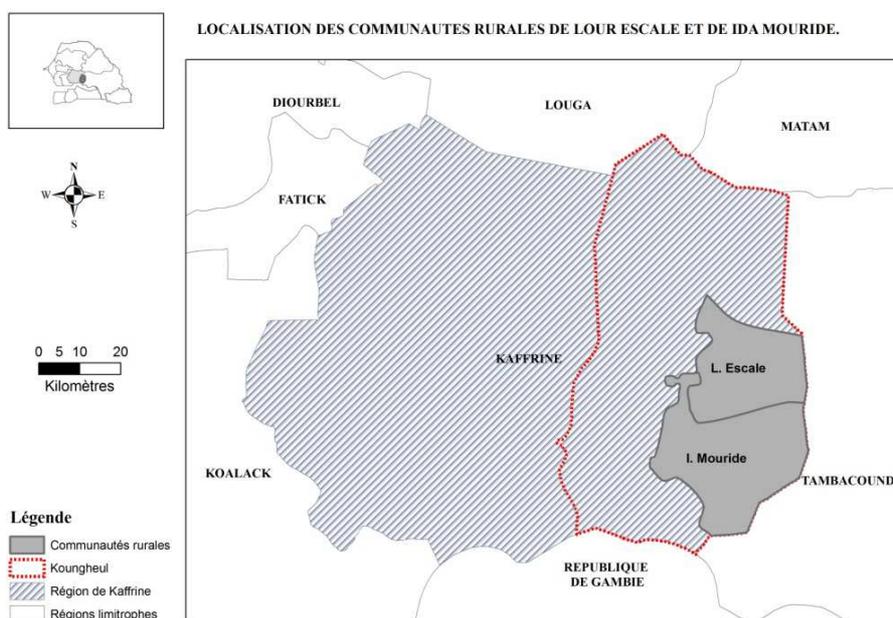


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude (communautés rurales de Lour Escalé et de Ida Mouride).

RESULTATS

Le cortège floristique

Au niveau des trois unités d'occupation des sols considérées, 40 espèces ligneuses sont dénombrées soit 57,14% des espèces recensées dans tout le département de Koungheul. Ces espèces appartiennent à 33 genres et 21 familles taxonomiques (Tableau 1).

La famille des *Combretaceae* (6 espèces) domine suivie de celles des *Caesalpiniceae* et *Mimosaceae* (4 espèces) et des *Anacardiaceae*, *Annonaceae*, *Asclepiadaceae*, *Bombacaceae*, *Moraceae*, *Rubiaceae* et *Tiliaceae* (2 espèces). Toutes les autres familles sont représentées par une seule espèce. Considérant la richesse spécifique par unité d'utilisation, les champs (23 espèces) sont plus riches, suivis des jachères (20 espèces) et de la forêt de Koungheul (19 espèces). Sur les 40 espèces, 21 sont communes ou indifférentes aux différentes unités d'occupation des sols et 19 différentielles. Ces dernières montrent des particularités du milieu.

La densité, comme la richesse spécifique, varie d'un type d'exploitation à l'autre. Au niveau de la forêt, c'est *Combretum glutinosum* qui présente la plus grande densité (84,8 ind/ha), puis *Sterculia setigera* (2,1 ind/ha) et *Combretum micranthum* (1,99 ind/ha). Dans les jachères comme dans les champs, la densité des espèces est globalement très faible comparée à celle de la forêt. C'est aussi *Combretum glutinosum* (10,11 ind/ha) qui est plus abondante dans les jachères, ce qui n'est pas le cas dans les zones de cultures où elle est substituée à *Acacia machrostachya* (3,07 ind/ha) qui est plus dense, suivie de *Combretum glutinosum* (1,82 ind/ha).

Analyse fréquentielle

La fréquence des espèces calculée pour chaque mode d'exploitation est consignée dans le Tableau 2.

L'analyse globale des fréquences montre que les espèces de la famille des *Combretaceae* sont plus fréquentes. Ainsi, *Combretum glutinosum* présente à elle seule une fréquence de 84,82% dans la zone de

forêt, 55,84% dans les jachères et 18,06% dans les champs. La fréquence des autres espèces dans la forêt est très faible à l'exception de *Combretum micranthum* (3,87%), *Guiera senegalensis* (3,54%) et *Sterculia setigera* (2,1%).

En zone de jachère, en plus de *Combretum glutinosum*, *Piliostigma reticulata* et *Cordyla pinnata* sont les plus fréquentes. Elles présentent des fréquences respectives de 24,24 et 6,06%. Par contre, au niveau des champs, *Acacia machrostachya* (30,37%) est la plus fréquente, elle est suivie de *Combretum glutinosum* (18,06%), *Piliostigma reticulata* (15,59%) et *Cordyla pinnata* (10,18%). Des espèces comme *Bombax costatum*, *Acacia seyal* ont de faibles fréquences (Tableau 2).

Variation des caractéristiques dans les unités d'occupation des sols

Les paramètres de la végétation

Les paramètres mesurés concernent la densité, les indices de diversité, le recouvrement et la régénération des espèces ligneuses (Tableau 3).

L'indice de Shannon et l'indice de régularité sont des paramètres de diversité très utilisés en Ecologie. Les plus grandes valeurs d'indice de Shannon sont obtenues dans la forêt (2,92) et les champs (2,24). L'indice de régularité est aussi plus élevé au niveau de la forêt (0,90) et des champs (0,71).

La surface terrière varie d'une unité à l'autre, elle est de 12,64 m²/ha pour la forêt, 40,4 m²/ha dans les champs et de 9,83 m²/ha en jachères. En forêt, ce sont *Combretum glutinosum* (5,47m²/ha) et *Sterculia setigera* (5,13 m²/ha) qui contribuent le plus fortement au recouvrement basal. Dans les champs, *Cordyla pinnata* (20,42 m²/ha), *Sterculia setigera* (8,52 m²/ha), *Azadirachta indica* (2,95 m²/ha) et *Piliostigma reticulatum* (1,38 m²/ha) sont les plus importantes. Au niveau des jachères, *Cordyla pinnata* (4,38 m²/ha) présente la surface terrière la plus importante, suivie de *Sterculia setigera* (1,14 m²/ha), et *Adansonia digitata* (0,78 m²/ha). *Combretum glutinosum* et *Piliostigma reticulata* recouvrent à 1m²/ha.

Le recouvrement aérien varie de 9% en forêt à 3,3% dans les zones agraires. Dans la forêt, *Combretum glutinosum* (7306 m²/ha) et *Sterculia setigera* (1114 m²/ha) contribuent plus à ce recouvrement. Au niveau des jachères, *Cordyla pinnata* (1293 m²/ha), *Piliostigma reticulatum* (1085 m²/ha) et *Combretum glutinosum* (934 m²/ha) présentent les plus importants recouvrements aériens. Dans les champs par contre, *Cordyla pinnata* (6559 m²/ha) présente le couvert aérien le plus important. Elle est suivie de *Piliostigma reticulatum* (1319 m²/ha), de *Sterculia setigera* (1055 m²/ha) et de *Combretum glutinosum* (1023 m²/ha) qui présentent aussi un recouvrement aérien important.

La densité varie suivant les unités d'exploitation. La forêt de Koungheul (95 ind/ha) présente la densité réelle la plus élevée. Les zones de cultures (18 ind/ha) et de jachères (10 ind/ha) ont des densités observées moins importantes. Les rapports densité réelle sur densité théorique sont de 11 en zone de forêts, 15 en jachères et 20 en terres agricoles. Ce qui montre que, dans tous les modes d'exploitation, il y'a théoriquement au moins 10 à 20 fois plus d'arbres que dans la réalité.

La régénération

Le peuplement ligneux présente une très bonne régénération. Une régénération de 50% en forêt, 91% en jachères et 97% en zone agricole a été notée. Les indices spécifiques de régénération de toutes les espèces qui régénèrent dans les trois modes d'utilisation des terres étudiées sont consignés dans le Tableau 4.

Ce sont les espèces de la famille des *Combretaceae* et celle des *Mimosaceae* qui régénèrent les mieux. Cependant, les *Combretaceae* sont plus importantes et constituent le socle de cette régénération quel que soit le mode d'utilisation considéré. Elles représentent plus de 95% de la régénération en forêt, 75% en jachères et 65% dans les zones agricoles. Toutefois, il faut noter la part très importante de *Combretum glutinosum* dans cette proportion. Elle représente à elle seule près de 90% de la régénération en forêt, 75%

en jachères et 64% en zone agricole (Tableau 4).

La similarité

Sur la base de la présence absence des espèces par niveau d'utilisation des terres, nous avons obtenu des valeurs d'indices de Jaccard. Les valeurs faibles de similarité entre sites pris deux à deux montrent une différence floristique entre les unités d'exploitation des terres. La forêt et les champs (24%) présentent la plus faible similarité. Elle est un peu plus élevée entre champs et jachères (36%) et entre jachères et forêt (37%).

Structure

Variabilité spatiale

Des liens entre les espèces et les différents modes d'exploitations des terres dans le département ont été mis en évidence par AFC. Les deux premiers axes F1 et F2 expliquent toute l'information contenue dans les résultats. Ils totalisent toute l'information (100%) (Figure 3). Par rapport à l'axe F1 qui représente 60% de l'information:

- l'unité champ contribue à 51,37% dans les abscisses positives et les unités forêt de Koungheul (34,69%) et jachères (13,93%) dans les abscisses négatives. Les espèces les mieux corrélées à cet axe sont: *Acacia nilotica* (Acni), *Acacia seyal* (Acse), *Cassia sieberiana* (Casi), *Eucalyptus camaldulensis* (Euca), *Euphorbia balsamifera* (Euba), *Ficus itheophyla* (Fiit), *Ficus sp* (Fisp), *Gardenia triacantha* (Gatr), *Grewia villosa* (Grvi), *Parkinsonia aculeata* (Paac), *Pterocarpus erinaceus* (Pter) et *Stereospermum kunthianum* (Stku) au niveau des abscisses positives; dans les abscisses négatives, ce sont *Guiera senegalensis* (Guse), *Feretia apodanthera* (Feap) et *Combretum micranthum* (Comi).

Par rapport à l'axe F2 :

- l'unité jachère (53,28%) contribue fortement dans les ordonnées positives et l'unité forêt à 43,99% dans les ordonnées négatives,

- Les espèces les mieux corrélées à ce facteur dans les ordonnées positives sont *Adansonia digitata* (Addi), *Azadirachta indica* (Azin), *Combretum glutinosum* (Cogl),

Cordyla pinnata (Copi), *Piliostigma reticulatum* (Pire), *Strychnos spinosa* (Stsp), et *Ziziphus mauritiana* (Zima). Par contre, ce sont *Grewia bicolor* (Grbi) et *Lanea acida* (Laac) qui sont plus corrélées dans les ordonnées négatives.

L'axe F1 permet ainsi de définir deux groupes, GI composé de l'unité champ au niveau des abscisses positives et GII composé des unités forêt de Koungheul et jachères au niveau des abscisses négatives. Le groupe GII peut être subdivisé en deux sous groupes, le sous groupe GIIa constitué de l'unité jachère et le sous groupe GIIb constitué de l'unité forêt de Koungheul (Figure 3).

Répartition selon la grosseur

L'analyse de la distribution des individus en fonction des classes de diamètres (Figure 4) montre au niveau de tous les types d'exploitations des terres, un regroupement des individus au niveau de la première classe de diamètre. Les individus de gros diamètre ne représentent qu'un faible effectif du peuplement ligneux. Quel que soit le niveau

d'occupation des sols considéré, c'est l'espèce *Combretum glutinosum* qui conditionne le plus cette distribution. Lorsqu'on considère les exploitations individuellement, on se rend compte que dans la forêt, *Sterculia setigera* est plus importante. Les individus de gros diamètre sont très faiblement représentés dans la forêt. Dans les jachères et les champs en revanche, il y'a une forte représentativité de ces gros individus due à la présence de *Cordyla pinnata* et *Piliostigma reticulatum* (Figure 4).

Répartition selon la hauteur

Le peuplement ligneux est dominé par la strate arbustive (Figure 5). Dans la forêt comme en jachères, la plupart des individus ont une hauteur comprise entre 1,5 et 7,5 m. Très peu d'individus dépassent 13,5 m. Dans les champs par contre, toutes les classes sont bien représentées et on note une importante représentation des individus de grandes hauteurs représentées par les populations de *Cordyla pinnata* et *Piliostigma reticulatum* (Figure 5).

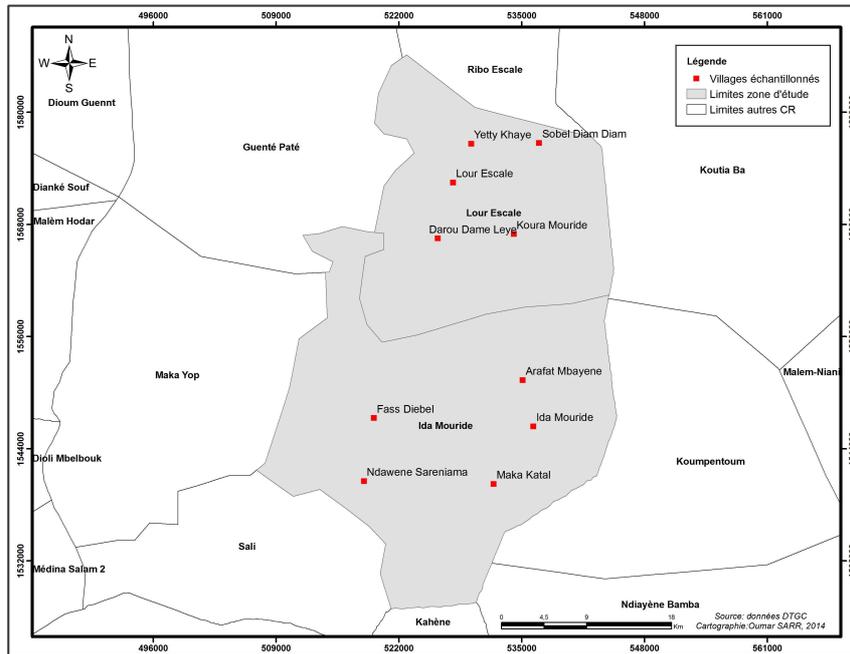


Figure 2 : Distribution des points échantillonnés.

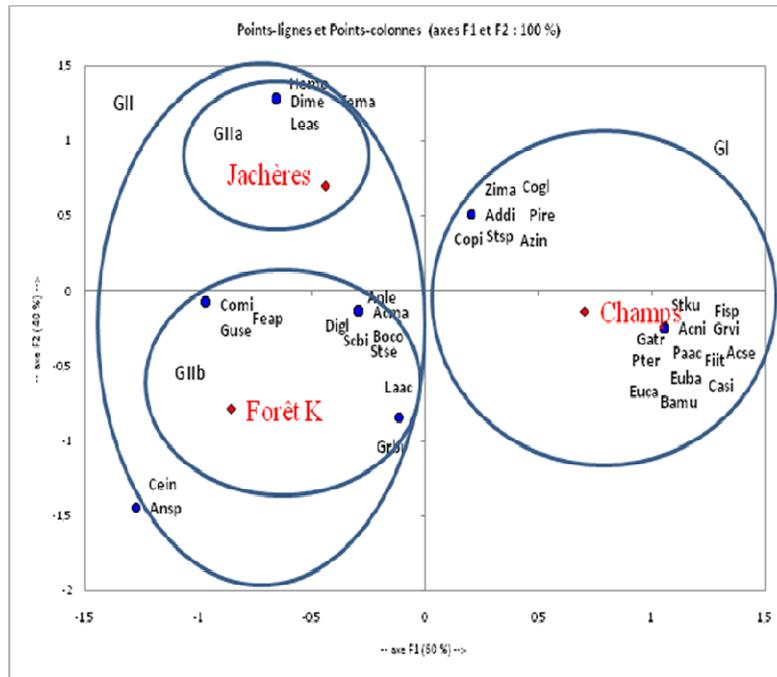


Figure 3 : Distribution des espèces dans les différents modes d'utilisation occupation des terres.

DISCUSSION

De toutes les unités d'utilisation des terres, les champs présentent une richesse spécifique ligneuse plus importante. Les jachères et la forêt de kougheul en totalisent moins d'espèces. Cela semble paradoxal vu qu'il est reconnu que les modes d'exploitation des terres agricoles sont perçues comme réductrices de la biodiversité ligneuse. Il faut cependant noter que le nombre de relevés effectué dans les champs est trois fois plus élevé que les autres types d'exploitation. Mais en termes de nombre d'espèces par relevé, les champs ne comptent que 3 espèces en moyenne là où dans les jachères et dans la forêt, on trouve respectivement 5 et 6 espèces par relevé en moyenne.

S'y ajoute aussi, le reboisement de certaines espèces telles qu'*Eucalyptus camaldulensis*, *Ziziphus mauritiana*, *Azadirachta indica*, etc., qui accroît la diversité dans les terres de cultures. D'autre part, cela serait lié au fait que les processus de reconstitution de la végétation dans les

jachères ou dans la forêt sont perturbées par les effets cumulés de pâturages, de la recherche de bois, des feux de brousse et de la sécheresse. Le nombre élevé d'espèces différentielles (19) montre une certaine particularité de ces différents modes d'utilisation des terres. En effet, ces espèces indiquent une spécificité du milieu (Akpo, 1993).

En termes de densité et de fréquence, la famille des *Combretaceae* est la plus importante quel que soit le type d'utilisation des terres considéré. Les essences les plus connues en climat soudanienne par contre sont très peu représentées dans ces zones.

Ce qui indique une pression humaine continue mettant en place des conditions favorables à une colonisation du milieu par des espèces pionnières (*Combretum glutinosum*) et les espèces épineuses en l'occurrence qui sont dotées d'une grande capacité de colonisation d'un milieu anthropisé. Ces caractéristiques rapprochent le milieu d'une végétation de type sahéenne (Hiernaux et Le Ouérou, 2006).

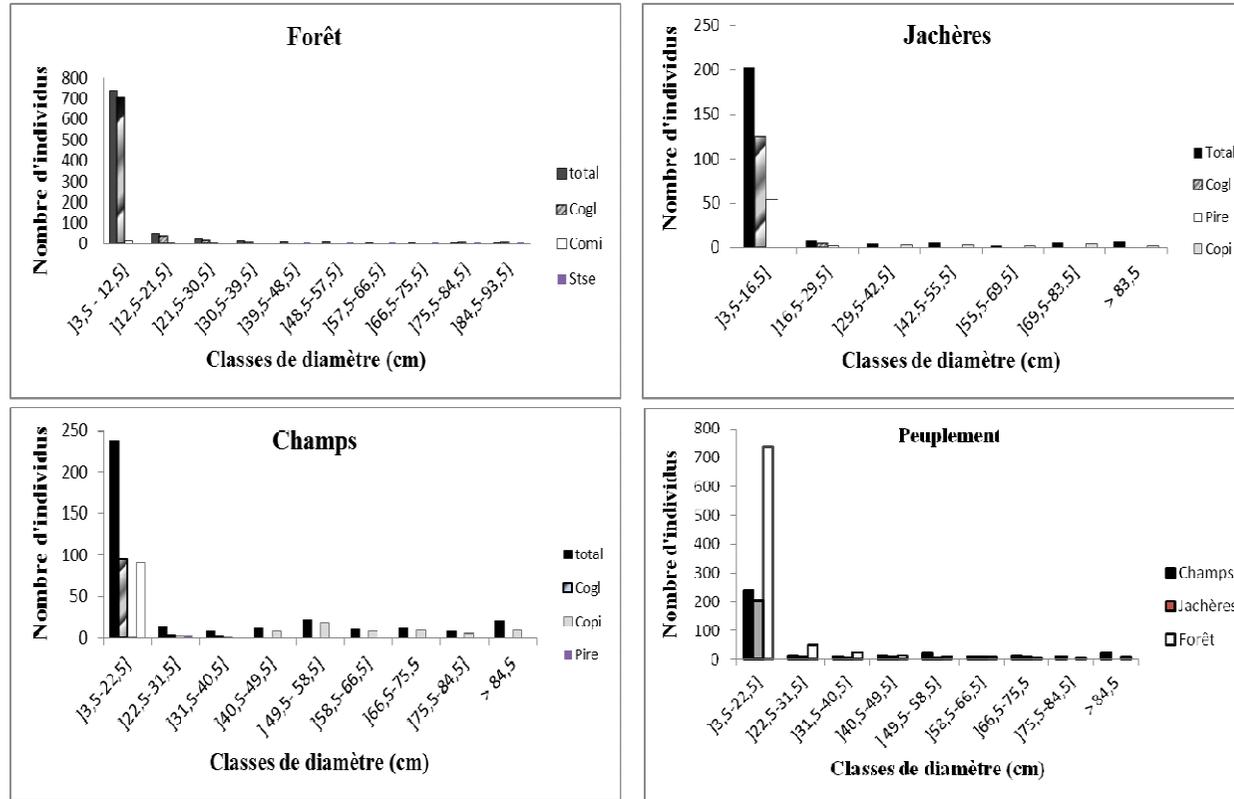


Figure 4: Structure du peuplement et des 3 espèces les plus abondantes dans les différents modes d'exploitation des terres en fonction des classes de diamètre. Copi : *Cordyla pinnata*, Cogl : *Combretum glutinosum*, Pire : *Piliostigma reticulatum*, Comi : *Combretum micranthum*, Stse : *Sterculia setigera*.

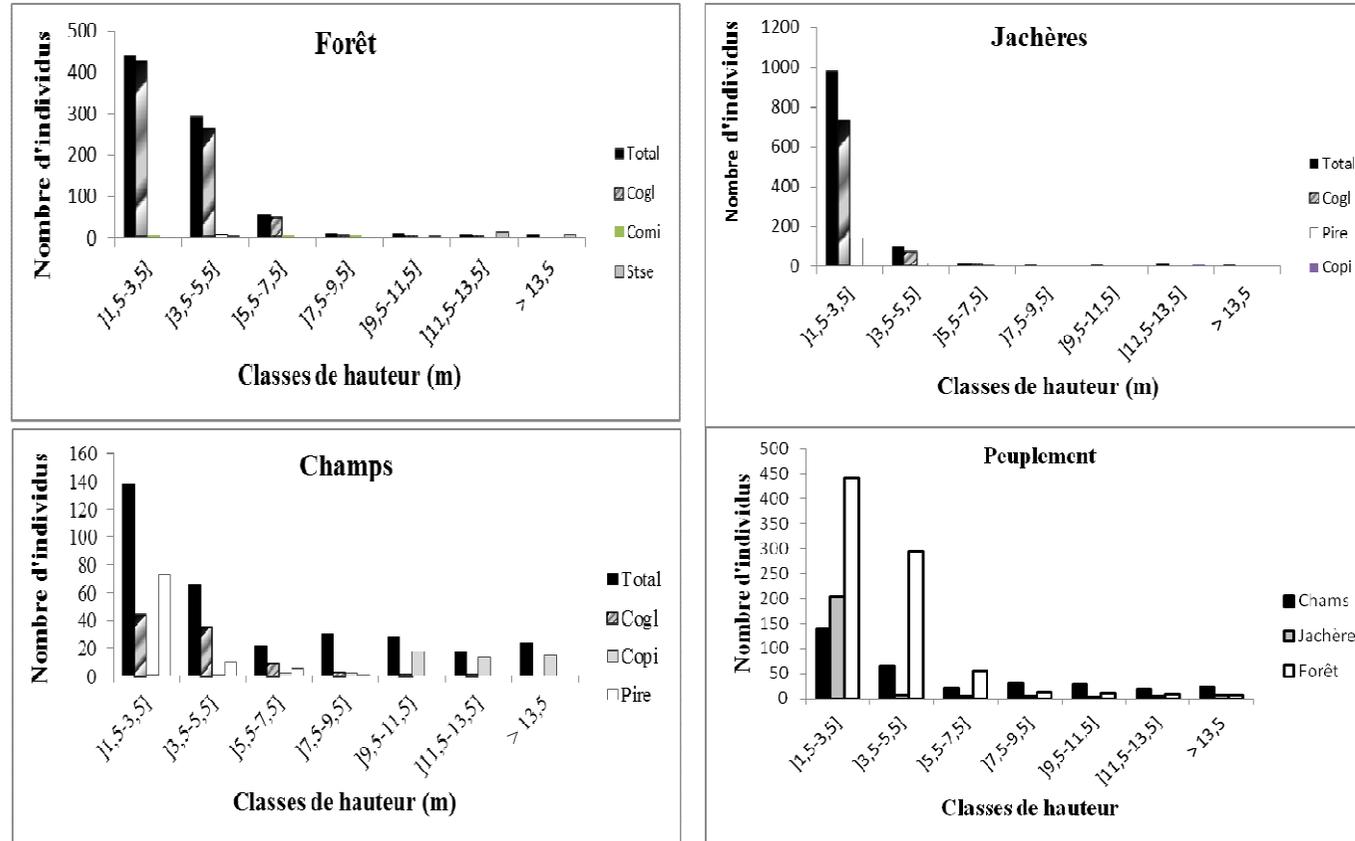


Figure 5: Structure du peuplement et des 3 espèces les plus abondantes dans les différents modes d'exploitation des terres en fonction des classes de hauteur. Copi : *Cordyla pinnata*, Cogl : *Combretum glutinosum*, Pire : *Piliostigma reticulatum*, Comi : *Combretum micranthum*, Stse : *Sterculia setigera*.

Tableau 1: Liste floristique et densité des espèces.

Familles	Espèces	Densité réelle (ind/ha) des unités d'occupations		
		Forêt	Jachères	Champs
Anacardiaceae	<i>Lannea acida</i>	0,22	0	0,04
	<i>Sclerocarya birrea</i>	1,1	0,39	0,11
Annonaceae	<i>Annona sp</i>	0,33	0	0,04
	<i>Hexalobus monopetalus</i>	1,1	0,15	0
Apocynaceae	<i>Baissea multiflora</i>	0	0	0,01
Asclepiadaceae	<i>Calotropis procera</i>	0,22	0	0,04
	<i>Leptadenia hastata</i>	0,22	0,07	0
Bignoniaceae	<i>Stereospermum kuntianum</i>	0	0	0,01
Bombacaceae	<i>Adansonia digitata</i>	0	0,07	0,04
	<i>Bombax costatum</i>	0,22	0,07	0,48
Caesalpinaceae	<i>Cassia siberiana</i>	0	0	0,11
	<i>Cordyla pinnata</i>	0	1,09	1,02
	<i>Parkinsonia aculeata</i>	0	0	0,01
	<i>Piliostigma reticulata</i>	0	4,39	1,57
Combretaceae	<i>Anogeisus leocarpus</i>	0,99	0,15	0,04
	<i>Combretum glutinosum</i>	84,8	10,11	1,82
	<i>Combretum micranthum</i>	1,99	0,15	0
	<i>Guiera senegalensis</i>	0,11	0,07	0
	<i>Terminalia avicennioides</i>	0,33	0	0
	<i>Terminalia macroptera</i>	0	0,07	0
Ebenaceae	<i>Diospiros mesmiliiformis</i>	0	0,07	0
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia balsamifera</i>	0	0	0,01
Fabaceae	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	0	0	0,14
Loganiaceae	<i>Strychnos spinosa</i>	0	0,47	0,01
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	0	0,07	0,21
Mimosaceae	<i>Acacia nilotica var adansonii</i>	0	0	0,13
	<i>Acacia machrostachya</i>	0,11	0,078	3,07
	<i>Acacia seyal</i>	0	0	0,43
	<i>Dichrostachya glomerata</i>	0,11	0,15	0,01
Moraceae	<i>Ficus itheophylla</i>	0	0	0,01
	<i>Ficus sp</i>	0	0	0,01
Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0	0	0,16
Rhamnaceae	<i>Ziziphus mauritiana</i>	0	0,23	0,14
Rubiaceae	<i>Feretia apodanthera</i>	1,21	0,07	0
	<i>Gardenia triacantha</i>	0	0	0,016
Sterculiaceae	<i>Sterculia setigera</i>	2,1	0,07	0,14
Tyliaceae	<i>Grewia bicolor</i>	0,33	0	0,08
	<i>Grewia tenax</i>	0,11	0	0
	<i>Grewia villosa</i>	0	0	0,016
Ulmaceae	<i>Celtis intigrifolia</i>	0,11	0	0

Tableau 2: Fréquences de présence des espèces par niveau d'utilisation.

Espèces	Fréquence (%)		
	Forêt	Jachères	Champs
<i>Acacia nilotica var adansonii</i>	0	0	1,31
<i>Acacia machrostachya</i>	1,1	0,43	30,37
<i>Acacia seyal</i>	0,11	0	4,26
<i>Adansonia digitata</i>	0	0,43	0,49
<i>Anogeisus leocarpus</i>	0,99	0,86	0,49
<i>Annona sp</i>	0,33	0	0,49
<i>Azadirachta indica</i>	0	0,43	2,13
<i>Baissea multiflora</i>	0	0	0,16
<i>Bombax costatum</i>	0,22	0,43	4,76
<i>Calotropis procera</i>	0	0	0,49
<i>Cassia siberiana</i>	0	0	1,14
<i>Celtis integrifolia</i>	0,11	0	0
<i>Combretum glutinosum</i>	84,82	55,84	18,06
<i>Combretum micranthum</i>	3,87	0,86	0
<i>Cordyla pinnata</i>	0	6,06	10,18
<i>Dichrostachya glomerata</i>	0,22	0,86	0,16
<i>Diospiros mesmiliiformis</i>	0	0,43	0
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0	0	1,64
<i>Euphorbia balsamifera</i>	0	0	0,16
<i>Feretia apodanthera</i>	1,43	0,43	0
<i>Ficus itheophylla</i>	0	0	0,16
<i>Ficus sp</i>	0	0	0,16
<i>Gardenia triacantha</i>	0	0	0,16
<i>Grewia bicolor</i>	0,33	0	0,82
<i>Grewia tenax</i>	0,11	0	0
<i>Grewia villosa</i>	0	0	0,16
<i>Guiera senegalensis</i>	3,54	0,43	0
<i>Hexalobus monopetalus</i>	0	0,86	0
<i>Lannea acida</i>	0,22	0	0,49
<i>Leptadenia hastata</i>	0	0,43	0
<i>Parkinsonia aculeata</i>	0	0	0,16
<i>Piliostigma reticulata</i>	0	24,24	15,59
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	0	0	1,47
<i>Sclerocarya birrea</i>	0,33	2,16	1,14
<i>Sterculia setigera</i>	2,1	0,43	1,47
<i>Stereospermum kuntianun</i>	0	0	0,16
<i>Strychnos spinosa</i>	0	2,59	0,16
<i>Terminalia avicenniodes</i>	0,11	0	0
<i>Terminalia macroptera</i>	0	0,43	0
<i>Ziziphus mauritiana</i>	0	1,29	1,47

Tableau 3: Paramètres du peuplement dans les unités d'utilisations des terres.

	Forêt	Jachères	Champs
Indice de Shannon	2,92	1,47	2,24
Indice de régularité	0,90	0,49	0,71
Surface terrière (m ² /ha)	1,1	0,8	1,8
Recouvrement (%)	9	5	3,3
Densité réelle (n/ha)	95	18	10
Densité théorique	1111	278	204
Distance moyenne (m)	3	6	7
Régénération (%)	50	91	97

Tableau 4: ISR des espèces régénérant dans les différents modes d'utilisation des terres.

Espèces	Indice Spécifique de Régénération (ISR) (%)		
	Forêt	Jachères	Champs
<i>Adansonia digitata</i>	0	0	0,02
<i>Acacia machrostachya</i>	0,81	2,27	1,70
<i>Acacia nilotica var adansonii</i>	0	0	0,06
<i>Acacia seyal</i>	0,11	0,08	0,23
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	1,05	0,08	0,009
<i>Annona sp</i>	0,35	0	0,027
<i>Aphania senegalensis</i>	0	0	0,009
<i>Azadirachta indica</i>	0	0,12	0,06
<i>Balanites aegyptiaca</i>	0	0,04	0,046
<i>Bauhinia rufescens</i>	0	0,04	0
<i>Bombax costatum</i>	0,23	0,04	0,21
<i>Calotropis procera</i>	0	0	0,018
<i>Cassia sieberiana</i>	0	0,04	0,046
<i>Celtis integrifolia</i>	0,11	0	0
<i>Combretum glutinosum</i>	89,69	74,94	63,87
<i>Combretum leucardii</i>	0	0,08	0,018
<i>Combretum micranthum</i>	2,10	0,24	0,12
<i>Combretum nigricans</i>	0	0,12	0
<i>Commiphora africana</i>	0	0,04	0,04
<i>Cordyla pinnata</i>	0	0,20	0,20
<i>Dichrostachya glomerata</i>	0,11	2,40	3,26
<i>Ekebergia senegalensis</i>	0	0	0,009
<i>Erythrina senegalensis</i>	0	0,08	0
<i>Eucalyptus camaldilensis</i>	0	0	0,26
<i>Feretia apodanthera</i>	1,28	0,99	1,55
<i>Ficus sp</i>	0	0	0,009
<i>Gardenia triacantha</i>	0	0,20	0,24
<i>Grewia bicolor</i>	0,35	0,53	0,16
<i>Grewia tenax</i>	0,11	0	0
<i>Guiera senegalensis</i>	3,62	1,78	2,96

<i>Heeria insignis</i>	0	0,29	0,01
<i>Hexalobus monopetalus</i>	0	0,04	0,21
<i>Himenocardia acida</i>	0	0,16	0
<i>Icacinia senegalensis</i>	0	0,37	0,51
<i>Jatropha curcas</i>	0	0	0,24
<i>Leptadania astata</i>	0	0,29	0,38
<i>Maerua angolensis</i>	0	0,08	0,04
<i>Maytenus senegalensis</i>	0	0,20	0,03
<i>Parkinsonia aculeata</i>	0	0	0,02
<i>Piliostigma reticulatum</i>	0	10,60	17,47
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	0	0,04	0,12
<i>Securedaca virosa</i>	0	0,08	0,009
<i>Sclerocarya birrea</i>	0	0,78	1,53
<i>Sterculia setigera</i>	0	0,04	0,02
<i>Stereospermum kunthianum</i>	0	1,16	1,53
<i>Strychnos spinosa</i>	0	0,24	0,23
<i>Terminalia avicennioides</i>	0	0,04	0,09
<i>Ziziphus mauritiana</i>	0	1,11	2,25

La forêt est l'entité dont le peuplement ligneux est le plus évolué du fait de son indice de Shannon plus élevé (2,92). En effet, Frontier (1999) indique que l'indice de Shannon augmente progressivement jusqu'à avoisiner 5 au stade final de maturation. Considérant cet indice, les jachères représentent le système où le peuplement est le moins évolué. Toutefois, on peut considérer que tous les niveaux d'utilisation sont en évolution du fait d'une perturbation continue et persistante.

La forêt présente une meilleure distribution des individus des différentes espèces. En effet, l'équitabilité dans la zone de forêt est plus élevée que dans les champs et dans les jachères. C'est dans les jachères où la distribution des individus à travers les espèces est moins équitable quand on se réfère à Ramade (1990): l'équitabilité tend vers 0 lorsque tous les individus échantillonnés appartiennent à une même espèce, elle tend vers 1 lorsque les individus sont équitablement répartis dans les espèces.

La surface terrière plus importante des champs s'explique par le fait que ces zones renferment le plus grand nombre de gros individus. En effet, c'est dans ces entités que les populations de *Cordyla pinnata*,

Pterocarpus erinaceus et du genre *Ficus* sont les mieux représentées. Ce sont des espèces à usages multiples et à rôles importants dans la zone (Sarr et al., 2013b), elles jouissent d'une certaine protection car sont appropriée par les propriétaires des champs (Ngom, 2001, 2008). D'autre part, les champs sont des parcs agroforestiers dans lesquels l'arbre est volontairement épargné par les paysans lors des opérations de débroussaillage (Boukougou, 1993). Cependant, malgré la présence importante d'individus dans les classes de diamètre et de hauteur inférieures au niveau des champs, le recouvrement aérien y est moins important. Cela s'explique par le fait que dans les champs, l'ombrage est perçu comme un facteur de gêne dans la production agricole (Sarr, 2009). Dès lors, les gros arbres à couvert aérien important sont mutilés pour réduire la surface d'ombrage sous les cultures. Dans les jachères par contre, la surface terrière faible est liée au fait que ces zones, après l'exploitation agricole, sont mises en profit pour les pâturages des troupeaux et des prélèvements de bois à usage divers (Floret et Pontanier, 1993).

Le rapport entre densité théorique et densité réelle et les distances moyennes élevées indiquent une distribution du

peuplement ligneux en agrégats, c'est-à-dire que par moment, nous avons des surfaces où les arbres sont regroupés en bosquets et parfois des espaces clairsemés (Akpo, 1998).

L'indice de Jaccard différent entre les trois entités considérées, traduit une différence dans la nature des facteurs intervenant dans les processus de changement et la réponse adaptative des ligneux dans chaque mode d'occupation des terres dans la zone. Cependant, l'indice plus élevé entre jachères et forêt montre une plus grande similarité de ces deux unités. Cela se comprend car la forêt de Koungheul est une zone protégée mais qui n'échappe pas aux différents types de pressions anthropiques et aux aléas climatiques. D'ailleurs, les résultats de l'AFC confirment ce rapprochement entre jachères et forêt qui s'opposent aux champs. L'AFC indique aussi que c'est dans les champs que les espèces préférées des populations sont les mieux nanties. On retrouve en effet *Cordyla pinnata*, *Pterocarpus erinaceus*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Ficus sp*, *Ficus balsamifera*, *Sterculia setigera*, *Bombax costatum*, *Cassia sieberiana*, etc., qui sont des espèces à usages multiples dans la zone et jouissent d'une protection dans les champs car elles interviennent dans l'alimentation des hommes et du bétail, la pharmacopée, l'artisanat, et sont aussi sources d'économie par la commercialisation des produits non ligneux surtout (Sarr, 2013).

Le peuplement ligneux dans les différents niveaux d'exploitation est jeune. En effet, ce sont dans les premières classes de diamètre et de hauteur où l'essentiel des individus est regroupé. Cela prouve que la régénération est bonne (Akpo, 1998). Les valeurs de régénération très grandes prouvent l'importance des strates arbustives du peuplement. Ce sont les espèces de la famille des *Combretaceae* qui régénèrent le mieux, *Combretum glutinosum* représente à elle seule au moins 65% de la régénération dans tous les types d'exploitation étudiés. Ce qui traduit encore leur grande capacité de colonisation de milieux anthropisés. Contrairement aux

Combretaceae, des espèces sont plus sensibles aux modes d'exploitations et des conditions difficiles. Cela se traduit par un indice spécifique de régénération (ISR) beaucoup trop faible. C'est le cas d'espèces comme *Strychnos spinosa*, *Grewia tenax*, etc. Les espèces constituant les strates supérieures ont des valeurs d'ISR très faibles, ce qui montre qu'elles sont soit vieillissantes, soit ont des difficultés de disséminer tranquillement. Dans les cas de *Adansonia digitata* et *Cordyla pinnata*, l'absence ou la rareté de leur rejets se comprend quand on sait que pour la plupart, leurs graines sont transportées et commercialisées dans des centres urbains ou destinées à la consommation. D'autre part, l'absence de longues durées de jachère ne favorise pas le développement de la régénération des espèces arborées, ce qui a un effet néfaste d'après Ouedraogo (1985) et Devineau (1984).

Ainsi, la création d'aires protégées intercommunautaires et le développement de la régénération naturelle assistée peuvent être des moyens de conservation et de gestion durable des écosystèmes dans la région.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient World Vision Sénégal pour la réalisation des relevés de certains villages du site.

REFERENCES

- Akpo LE. 1993. *Influence du Couvert Ligneux sur la Structure et le Fonctionnement de la Strate Herbacée en Milieu Sahélien. Les Déterminants Ecologiques*. TDM, ORSTOM : Paris ; 174p.
- Akpo LE. 1997. Phenological interactions between tree and under story herbaceous vegetation of a sahelian semi-arid savana. *Plant Ecology*, **131**: 241-248.
- Akpo LE. 1998. Effet de l'arbre sur la végétation herbacée dans quelques phytocénose du Sénégal : variation selon un gradient climatique. Thèse de doctorat d'Etat en Sciences Naturelles, UCAD : 142p.

- Bounkougou EG, Ayuk AT, Zoungrana I. 1993. Les parcs agro-forestiers des zones semi-arides d'Afrique de l'ouest. Symposium international, Wagadougou, Burkina Faso, 226 p.
- Devineau J, Lecordier C, Vattoux R. 1984. Evolution de la diversité spécifique du peuplement ligneux dans une succession préforestière de colonisation d'une savane protégée des feux (Lamto, Côte d'Ivoire). *Conservatoire et Jardin Botanique Genève*, **39**(1), 103-133.
- Floret Ch, Pontanier R, Serpantié G. 1993. *La Jachère en Afrique Tropicale*. Dossier Mab16, Unesco : Paris ; 86p.
- Floret Ch, Pontanier R. 2000. Actes du séminaire international, Dakar (Sénégal), 13-16 avr. 1999 : De la jachère naturelle à la jachère améliorée: Le point des connaissances, Paris, John Libbey, 804-356.
- Frontier S, Pichod-Viale D. 1991. *Écosystèmes: Structure, Fonctionnement, Evolution*. Masson : Paris, Milan, Barcelone, Bonn ; 320 p.
- Gounot M. 1969. *Méthodes d'Etudes Quantitatives de la Végétation*. Masson et Cie : Paris.
- Hiernaux P, Le Hierou HN. 2006. Les parcours du Sahel. *Sécheresse*, **17**(1-2): 51-71.
- May RM. 1990. *Living in Patchy Environment*. Oxford University Press; 1-22.
- Ngom D. 2001. Place de l'arbre dans les systèmes de production de la NEMA dans le NIOMBATO (Saloum, Sénégal), Mémoire DESS CRESA (Niamey), 69 p.
- Ngom D. 2008. Définition d'indicateurs de gestion durable des ressources sylvo-pastorales au Ferlo. (Nord-Sénégal). Doct. 3^{ème} Cycle, Biologie végétale, FST/UCAD, Dakar, 148p.
- Noss RF. 1990. Can we maintain biological and ecological integrity? *Conservation Biology*, **4**: 241-243.
- Ouedraogo J. 1985. Contribution à l'étude du dynamisme des formations naturelles du Burkina : Reconstitution des jachères dans la zone de Kaibo, Niaogho. Mémoire de fin d'étude, IDR/ORSTOM, Ouagadougou, 63p.
- Ramade F. 2003. *Éléments d'Écologie : Écologie Fondamentale* (3^{ème} éd.). Dunod, Paris ; 690p.
- Sarr O. 2009. Caractéristiques des ligneux fourragers dans les parcours communautaires de Lour Escalé (région de kaffrine centre-Sénégal). DEA, FST, UCAD, 61p.
- Sarr O, Diatta AS, Gueye M, Ndiaye PM, Guisse A, Akpo LE. 2013. Importance des ligneux fourragers dans un système agropastoral au Sénégal (Afrique de l'ouest). *Revue Méd. Vét. Toulouse*, **164**(1) : 2-8.
- Sarr O, Bakhom A, Diatta S, Akpo LE. 2013. L'arbre en milieu soudano-sahélien dans le bassin arachidier (Centre-Sénégal). *Journal of Applied Biosciences*, **61**: 4515– 4529.
- Scott DW. 2009. Sturges' rule. *Wires Computational Statistics*, **1**: 303–306.