



Structure de la population de *Boscia senegalensis* (Pers) Lam. Ex Poir suivant la toposéquence dans la commune de Simiri (Niger)

Rabiou Habou¹, Inoussa Maman Maârouhi², Bakasso Yacoubou², Diouf Abdoulaye¹, Mamoudou Moussa Boubacar², Mahamane Ali^(1,2) Idi Saidou Sani², Saadou Mahamane^(1,2), Anne Mette Lykke³

1: Université de Maradi ;

2: Laboratoire de biologie, département de Biologie, Université Abdou Moumouni de Niamey ;

3 : National Environmental Research Institute, Aarhus University, Vejlshøvej 25, 8600 Silkeborg, Denmark

Auteur correspondant, mail : rabiouhabou@yahoo.fr Tel : +22798164749

Mots clés : Structure, toposéquence, population, espèce végétale, Commune de Simiri

Key words : Structure, toposequence, population, plant species, Commune of Simiri

1 RÉSUMÉ

Au Sahel, la végétation spontanée constitue la principale source de revenus et de complément alimentaire pour les populations locales. Parmi les espèces végétales utiles recensées, *Boscia senegalensis* (Pers) Lam. présente une très large distribution géographique en zone sahélienne, et en particulier au Niger, grâce à ses structures anatomiques lui permettant une grande résistance à la sécheresse et aux hautes températures et sa grande capacité de survie sur sols pauvres à très dégradés. Le but principal de la présente étude vise à caractériser les peuplements de *Boscia senegalensis* dans la localité de Simiri (Ouallam) au Niger. Trois parcelles de 1 ha (100 x100 m) chacune, ont été délimitées sur un transect suivant la toposéquence corrélée avec le gradient de perturbation, une parcelle sur le plateau, une autre sur le versant et une dernière dans le bas-fond. L'analyse de la structure en diamètre révèle que *B. senegalensis* est en pleine régénération. L'analyse de la régénération révèle que le meilleur préférendum écologique de *B. senegalensis* est bas fond. La reconnaissance de la nature intrinsèque endogène et la dynamique des structures anatomiques de cette espèce devraient stimuler l'expérimentation et le suivi temporel et spatial, de dresser la carte génétique en vue de caractériser la diversité génétique au sein de l'espèce.

Population structure of *Boscia senegalensis* following the toposequence in the commune of Simiri (Niger)

ABSTRACT

In the Sahel, the natural vegetation is the main source of income and food supplement for local populations. Among the useful plant species identified, *Boscia senegalensis* (Pers) Lam. has a geographical distribution in the Sahel, particularly in Niger, due to its anatomical structures allowing a high resistance to drought and high temperature, with a



high survivability on poor to very poor land conditions. The main purpose of this study is to characterize the populations of *Boscia senegalensis* in the locality of Simiri (Ouallam) in Niger. Three plots of 1 ha (100 x100 m) each were installed on a transect along the toposequence correlated with the disturbance gradient, a piece on the highland, another on the slopes and the last in the lowland. The analysis of the structure in diameter showed that *B. senegalensis* was undergoing regeneration. The regeneration analysis reveals that the best ecological habitat for *B. senegalensis* is lowland. The Recognition of the intrinsic endogenous nature and the anatomical structures dynamic of this specie should encourage the experimentation, the temporal and spatial monitoring, and the setting up of genetic map in order to characterize the genetic diversity within the specie.

2 INTRODUCTION

Au Sahel, la végétation spontanée constitue la principale source de revenus et de complément alimentaire pour les populations, surtout en zone rurale (Grouzis et Akpo, 1997). Mais la récurrence des sécheresses durant ces dernières décennies, relative aux déficits pluviométriques et aux inondations, a engendré une baisse de la production vivrière reposant essentiellement sur la culture pluviale (Grouzis et Albergel, 1989). Par conséquent, les écosystèmes naturels font l'objet d'une exploitation abusive par une population et un cheptel de plus en plus croissants (Ganaba, 1994). Ainsi, la forte dégradation observée au niveau de ces écosystèmes (Toupet, 1989; Grouzis et Albergel, 1989) se traduit par une réduction de leur superficie (Achar et Chanono, 1995) et surtout une hausse du taux de mortalité voire de disparition de certaines espèces ligneuses (Ganaba, 1994; Mahamane, 1998), avec comme conséquence une modification significative de la structure de la végétation (Couteron, 1998). La réaction des espèces végétales face à ces perturbations anthropiques et naturelles diffère d'une espèce à l'autre. En dépit de l'importance de ces ressources végétales dans la vie socio-économique des populations, il existe très peu de données scientifiques. Or, certaines de ces espèces

peuvent jouer un rôle primordial, surtout en zone sahélienne où les conditions de développement de la végétation sont très rudes. Parmi les espèces végétales utiles recensées au Niger, *Boscia senegalensis* (Pers) Lam. présente une très large distribution géographique en zone sahélienne (LUCOP, 2008), et en particulier au Niger (Ouédraogo, 2006), grâce à sa résistance à la sécheresse et aux hautes températures (Becker, 1983) et sa grande capacité de survie sur sols pauvres à très dégradés (GNV, 2001). Outre, son rôle alimentaire en période de disette, cette espèce pourrait être considérée comme une alternative aux insecticides de synthèse coûteux et polluants (Saadou *et al.*, 1988; Doumma et Alzouma, 2006). Elle pourrait donc être une espèce-candidate dans le programme de lutte contre la désertification et la préservation de l'environnement et jouerait un rôle de premier choix dans la diversification des ressources alimentaires. Cependant, des études spécifiques sur la démographie et l'écologie de cette espèce restent relativement insuffisantes. Le présent article ce veut une contribution a caractérisé la population de *Boscia senegalensis* dans la commune de Simiri en zone sahélienne au Niger.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 La zone d'étude : L'étude a été conduite dans la Commune de Simiri située

dans le Département de Ouallam (région de Tillabéry), au Nord-Ouest du pays (Figure1).

Elle se localise géographiquement entre 14° et 15° de latitude Nord et 2° et 3° de longitude Est et couvre une superficie de 2.233km². Cette zone se caractérise par des sols pauvres en matière organique (MO), en calcium et phosphore assimilable, en capacité d'échange cationique (CEC) (Ambouta et Dan Lamso, 1996). Le climat est de type tropical sec caractérisé par une courte saison des pluies (3 ou 4 mois) et une longue saison sèche (8 ou 9 mois). Les précipitations annuelles variant de 560 mm à 160 mm avec en moyenne 378,96 ± 85,2 mm par an pour les 30 dernières années (Maïga, 2005). Les températures sont élevées

toute l'année. Les maxima atteignent 45°C (avril-mai) et les minima 24°- 26°C (décembre-février considérés comme les mois les plus frais de l'année). La végétation de la Commune de Simiri est une steppe arbustive à arborée de type sahélo-saharienne (LUCOP, 2008). Les espèces arbustives sont réparties en fonction de la nature géomorphologique du substrat. Ainsi, les Combretaceae (*Combretum micrantubm* et *Guiera senegalensis*) dominent sur les plateaux et les glacis tandis que *Piliostigma reticulatum*, *Faidherbia albida* et *Sclerocarya birrea* se retrouvent au niveau des bas-fonds.

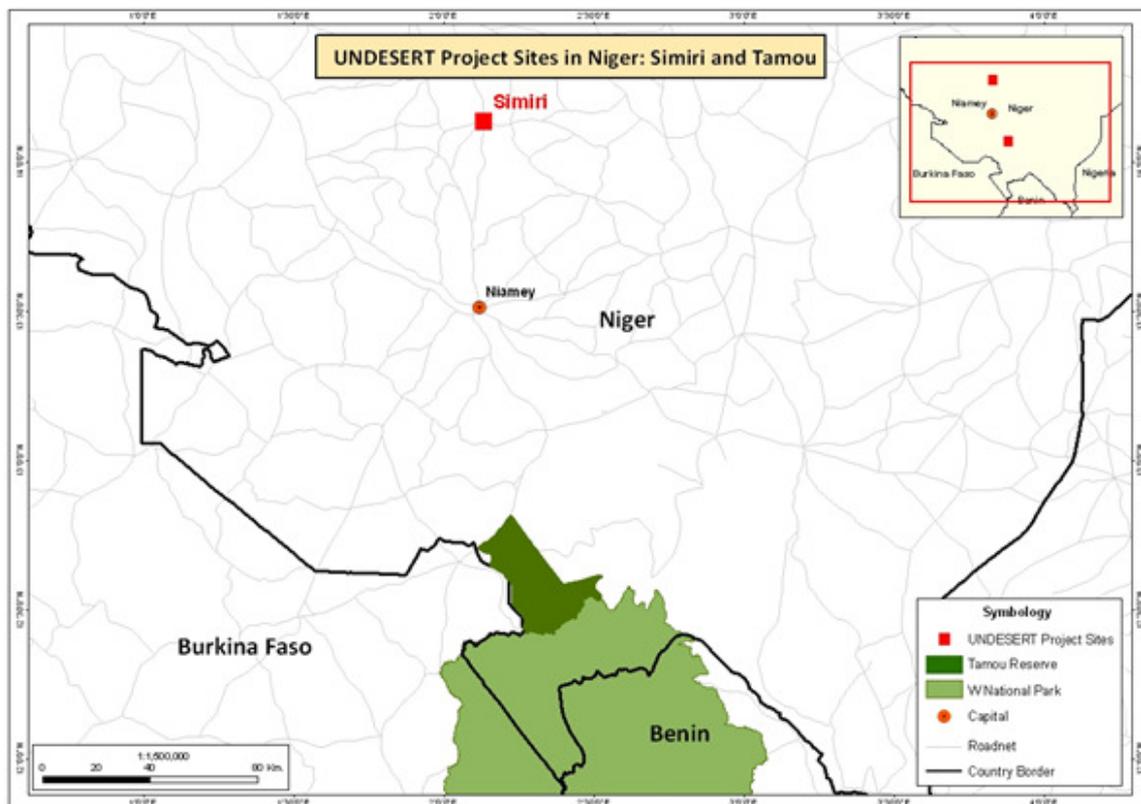


Figure 1 : Localisation de la commune de Simiri au Niger

3.2 Matériel végétal : *B. senegalensis* est un arbuste de 1 à 5 m de haut à large distribution au Niger: de la zone des savanes nord-soudaniennes de la Tapoa aux steppes

sahariennes des vallées de l'Air et des plateaux de l'Irhazer (Mahamane et Saadou, 2009). Du point de vue taxonomique l'espèce appartient à la famille de Capparaceae dans l'ordre des

Capparales. C'est une espèce ubiquiste à dispositifs anatomiques divers lui permettant de stocker l'eau qu'elle utilise en saison sèche, ce

qui lui confère une bonne adaptation au milieu aride (Mahamane et Saadou, 2009) (Figure 2).



Figure 2 : Buisson de *Boscia senegalensis* sur le versant dans la Commune de Simiri (RABIOU, 2010)

3.3 Collecte des données :

L'échantillonnage a été effectué suivant la toposéquence (Gounot, 1969). Trois parcelles de 1 ha (100 m x 100 m) chacune, ont été délimitées sur un transect au niveau de trois unités géomorphologiques de la zone : plateau, versant et bas-fond. Lors de la collecte des données, les mesures dendrométriques ont concerné seulement les individus ligneux possédant un diamètre supérieur ou égal à 2 cm. Ainsi, la hauteur, le diamètre des tiges et les diamètres perpendiculaires du houppier de chacun des individus ont été mesurés. Par ailleurs, tous les individus non mesurés ont été systématiquement comptés.

3.4 Analyse des données : Les structures en diamètre et en hauteur de la population de *Boscia senegalensis* ont été établies sur les trois positions topographiques. Une comparaison des diamètres moyens et des hauteurs moyennes entre les différentes parcelles a été réalisée à l'aide du logiciel Minitab 14. Celui-ci a permis également, d'estimer les paramètres de la distribution théorique de Weibull à partir des données de diamètres et de hauteurs observées

dans chaque parcelle. Pour s'assurer d'un bon ajustement de la structure observée à la distribution théorique de Weibull, le Logiciel SAS a été utilisé pour un test d'ajustement basé sur une analyse log-linéaire. Le taux de régénération a été estimé suivant la formule : n/N (où n : nombre de rejets dont le diamètre est inférieur à 20 mm et N : nombre total de tiges).

3.4.1 Distribution théorique de Weibull :

La distribution de Weibull à 3 paramètres (a , b et c) se caractérise par une grande souplesse d'emploi et une grande variabilité de forme. Sa fonction de densité de probabilité, $f(x)$ se présente sous la forme ci-dessous (Rondeux, 1999).

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

Où x est le diamètre (circonférence) ou la hauteur des arbres et $f(x)$ sa valeur de densité de probabilité

a = est le paramètre de position ;



b = est le paramètre d'échelle ou de taille ;
c = est le paramètre de forme lié à la structure observée.

La distribution de Weibull peut prendre plusieurs formes selon la valeur du paramètre de forme

3.4.2 Analyse log-linéaire : L'analyse log-linéaire est une méthode itérative d'analyse de

variance réalisée sur le logarithme des densités des classes, pour tester l'ajustement de la structure observée à la distribution de Weibull. L'hypothèse nulle à tester s'énonce : « la fréquence observée d'une quelconque classe d'arbres est égale à la fréquence théorique selon la distribution de Weibull » et le modèle global s'écrit (Agresti, 1990 ; Caswell, 2001):

$$\text{LogFréquence} = F + F_{\text{Classe}} + F_{\text{Ajustement}} + F_{\text{Classe} \times \text{Ajustement}} + \epsilon.$$

« F » est la fréquence moyenne des classes ;
« F_{Classe} » représente l'écart non aléatoire lié aux différences de fréquences entre les classes ;
F_{Ajustement} représente l'écart non aléatoire lié aux différences entre fréquences observées et théoriques ;

F_{Classe*Ajustement} représente l'écart lié aux différences entre fréquences observées et théoriques de l'interaction entre classes et ajustement ;
ε représente les écarts résiduels aléatoires, indépendants, de moyenne nulle et de variance constante.

4 RÉSULTATS

4.1 Structures démographiques : Le peuplement de *B. senegalensis* du plateau présente le diamètre moyen le plus élevé (70, 33 mm), suivi de versant (36,54 mm) alors que dans le bas-fond le diamètre moyen est de 32,18 mm (tableau 1). Ces différences sont statistiquement

vérifiées p < 0,05. Par contre statistiquement il n'y a pas des différences significatives quant à la hauteur p > 0,05. La hauteur du peuplement du plateau montre une moyenne de 1,2 m, celle du versant est de 1,06 m contre 1,16 m au niveau du bas-fond.

Tableau 1 : Résultats ANOVA (Caractéristiques dendrométriques)

Paramètre	Position	N	Moyenne	StDev	F	p value
Diamètre (cm)	Plateau	59	70,33	35,13	87,41	0,000
	Versant	323	36,54	17,94		
	Bas-fond	178	32,18	15,37		
Hauteur (m)	Plateau	38	1,2005	0,4873	0,76	0,472
	Versant	56	1,0684	0,5514		
	Bas-fond	29	1,1683	0,5886		
Diamètre du houppier (m)	Plateau	38	1,8318	0,9055	4,09	0,019
	Versant	56	1,683	0,8998		
	Bas-fond	29	2,3126	1,1649		

4.2 Structures du peuplement du plateau : Les structures en classes de diamètre et en classe de hauteur du peuplement de *B. senegalensis* montrent une distribution en cloche caractéristique des peuplements mono-spécifiques avec une valeur de paramètre de

forme c : 1 < c < 3,6. Les individus de la classe de 40 à 60 mm de diamètre sont majoritaires, suivis par ceux de la classe de 60 à 80 mm. Les individus jeunes de diamètre compris entre 20 et 40 mm et les individus âgés de diamètre supérieur à 80 mm sont moins représentés

(Figure 3a). Pour les hauteurs, les individus les plus représentés sont de la classe de 1,4 à 1,8 m. Par contre, les individus de grandes hauteurs et ceux de petites hauteurs sont largement moins représentés. Cette structure est celle d'un peuplement perturbé (Figure 3b). L'analyse log-

linéaire effectuée pour la structure en diamètre et en hauteur montre un bon ajustement des données observées à la distribution théorique de Weibull pour ce peuplement de *B. senegalensis* du plateau avec (prob. > 0,05) au seuil de 5 %.

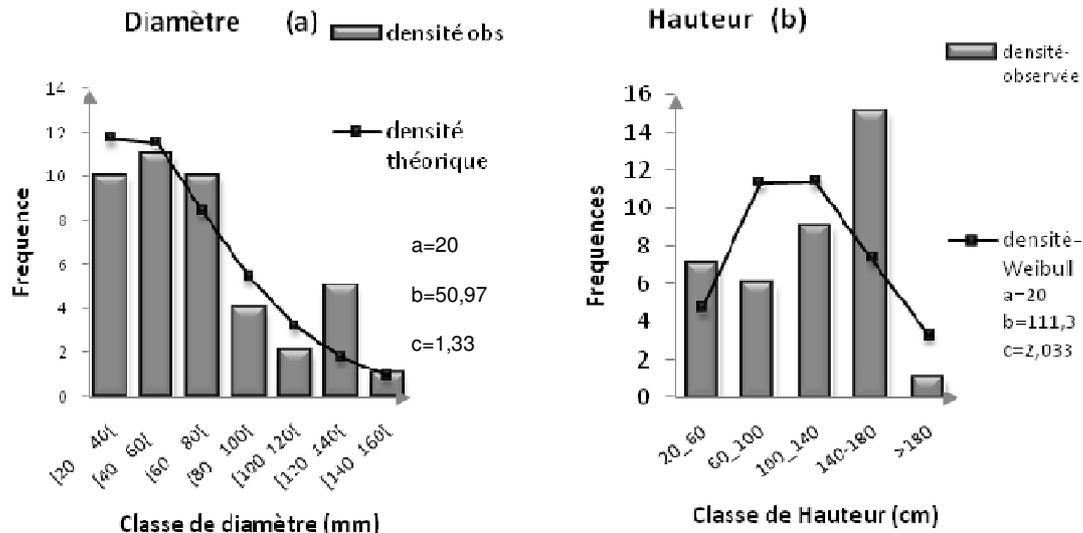


Figure 3 : structures en diamètre (a) et en hauteur (b) de la population t de *Boscia senegalensis* (plateau)

4.3 Structure du peuplement du versant : A ce niveau, la répartition par classes de diamètres et de hauteurs des individus de la population de *B. senegalensis* sont illustrées par la Figure 3. Celle-ci fait ressortir une distribution de diamètre en "J renversée" avec une valeur de c de la distribution de Weibull proche de 1. Les tiges de diamètres compris entre 20 et 40 mm sont largement les plus représentées. Par ailleurs, les individus de diamètre supérieur à 80

mm sont presque absents. Pour ce qui est de la hauteur, la distribution est asymétrique avec une prédominance des individus jeunes et de paramètre $c = 1,49$ (Figure 4). L'analyse log-linéaire effectuée montre un bon ajustement des données à la distribution de Weibull avec les données distributions observées pour les structures et en diamètres et en hauteur pour le peuplement de *B. senegalensis* du versant avec (prob > 0,05) au seuil de 5 %.

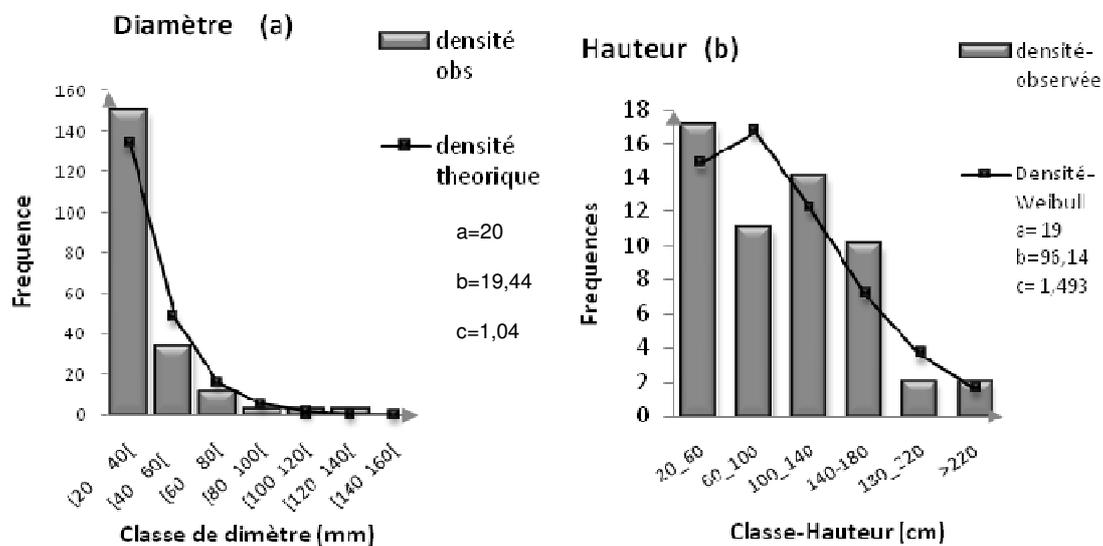


Figure 4 : structures en diamètre (a) et en hauteur (b) de la population de *Boscia senegalensis* (versant).

4.4 Structures du peuplement du bas-fond : Dans le bas-fond, la distribution par classes de diamètre et par classes de hauteur des individus du peuplement de *B. senegalensis* sont illustrées par la Figure 4. Le peuplement de *B. senegalensis* du Bas-fond montre une forte proportion des individus jeunes. La distribution de diamètre présente une allure en "J renversée" avec une valeur du paramètre de forme, c de la distribution de Weibull proche de 1 également comme dans le cas de versant. Les tiges de diamètres compris entre 20 et 40 mm sont

largement les mieux représentées mais les individus de diamètre supérieur à 80 mm sont presque absents. S'agissant de la hauteur, la distribution est également asymétrique avec une prédominance des individus jeunes et une valeur de $c = 1,56$ (Figure 5). L'analyse log-linéaire effectuée pour tester l'ajustement des données observées (structures en diamètre et en hauteur) révèle que ces données s'ajustent à la distribution de Weibull pour le peuplement de *B. senegalensis* du bas-fond avec (prob. > 0,05) au seuil de 5 %.

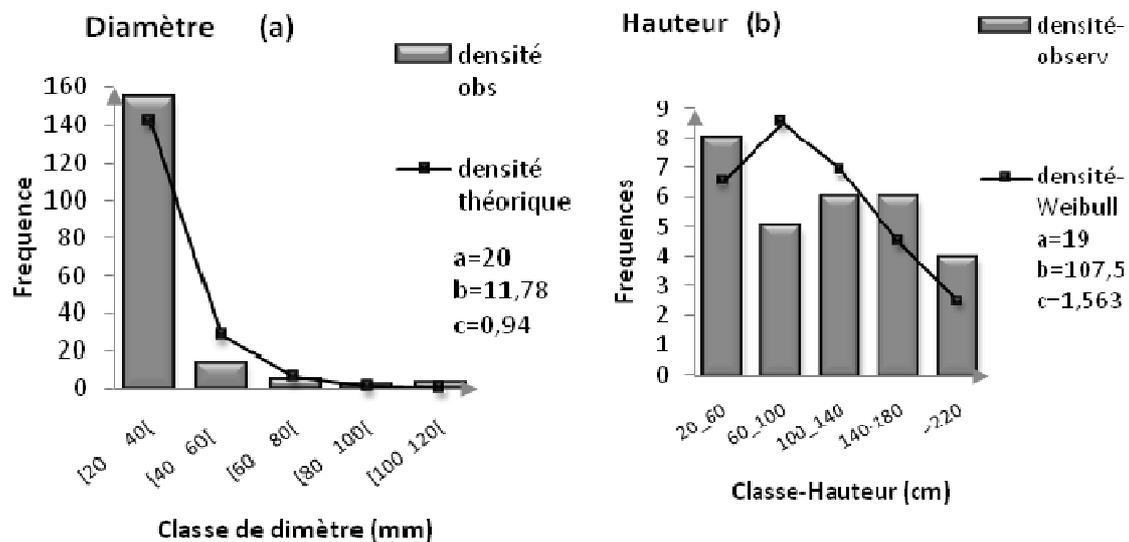


Figure 5 : structures en diamètre (a) et en hauteur (b) de la population de *Boscia senegalensis* dans le bas-fond.

4.5 Dynamique de la régénération : La comparaison des taux de régénération de *Boscia senegalensis* en fonction de la toposéquence a permis de déterminer l'unité géomorphologique qui offre le meilleur préférendum écologique pour

une régénération végétative par drageonnage (tableau 2). Le résultat montre en effet que *B. senegalensis* drageonne mieux dans le bas-fond avec un taux de régénération de (0,73) suivi du versant (0,71) et sur le plateau le taux est de 0,65 (figure 6).

Tableau 2 : Analyse comparée de régénération de *Boscia senegalensis*

Unité géomorphologique	Pente	tiges	rejets	somme	taux
versant	3%	206	525	731	0,71
Plateau	1%	59	111	170	0,65
Bas-fond	1%	178	487	665	0,73

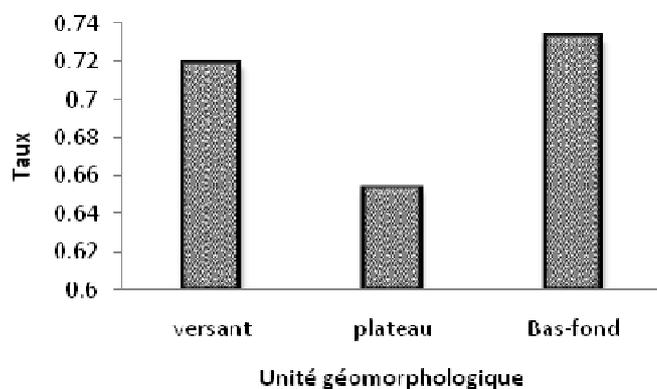


Figure 6 : Taux de régénération suivant les unités géographiques



5 DISCUSSION

Le développement de la végétation des zones tropicales arides à semi-arides est fortement lié aux rudes conditions climatiques et à la disponibilité des ressources nutritives (Deblauwe, 2010). Les espèces végétales, au nombre restreint et appartenant uniquement sont ainsi contraintes de développer des stratégies adaptatives (Geider *et al.*, 2001). Les formes d'adaptation mises en place par ces plantes varient d'une espèce à une autre. L'adaptation se fait à travers les caractéristiques biologiques (reproduction, croissance) et l'adaptation à une grande diversité de milieux. Ainsi, en savane sahélienne, *Boscia senegalensis* régénère bien, surtout sous le couvert des *Acacias* (Tréca et Tamba, 1997). Cette grande plasticité de l'espèce lui confère une large amplitude écologique, d'où l'importance des superficies couvertes au Niger (Mahamane et Saadou, 2009). En effet, la présence de faisceaux surnuméraires au niveau des racines augmente la capacité de la plante à absorber et conserver l'eau du sol. Aussi, les cristaux d'oxalate de calcium de forme prismatique signalés chez les Capparaceae (Mahamane et Saadou, 2009) expliqueraient la prépondérance de l'espèce *Boscia senegalensis* sur le plateau telle que relevée dans la présente étude. *B. senegalensis* cohabite avec d'autres espèces, telles *Guiera senegalensis* et *Combretum micranthum*, dont la densité varie suivant le gradient altitudinal (Karim *et al.*, 2003; Diouf *et al.*, 2010). Par ailleurs, l'analyse démographique de *B. senegalensis* à travers la structure en diamètre montre une prédominance des tiges dont le diamètre est compris entre 40 et 60 mm sur le plateau caractéristique d'une population vieillissante. Cela impliquerait une pause dans la dynamique de *Boscia senegalensis*. Aussi, selon (Ajonou *et al.*, 2009), les allures en cloche traduisent un peuplement instable ou dégradé par des causes anthropiques ou naturelles (sécheresse des campagnes et surmortalité des jeunes plants des années antérieures),

caractérisé par une absence ou une faible proportion d'individus dans une ou plusieurs classes. De même la structure en hauteur de ce peuplement montre un paramètre de forme élevé, ce qui traduit des perturbations sur cette espèce. Ces perturbations peuvent être expliquées par l'utilisation de l'espèce par la population locale. Le versant de par ses caractéristiques pédologiques, le sol sableux du type ferrugineux tropical peu lessivé, favorise plus ou moins l'infiltration de l'eau et le développement de la végétation. En effet ces facteurs peuvent expliquer la densité élevée de la végétation sur le versant. Ce qui peut aussi expliquer probablement le taux de régénération acceptable sur le versant. Ce résultat montre que le versant offre à *B. senegalensis* un bon préférendum écologique. De même la structure en diamètre confirme une prédominance des individus jeunes. L'ajustement de la distribution par classe de diamètre observé est réalisé avec une distribution théorique de Weibull ($p > 0,05$). Selon Ouédraogo (2006); Dan Guimbo *et al.*, (2010), la prédominance des individus de petit diamètre est une structure souvent observée pour les écosystèmes non perturbés. Les individus de petit diamètre assurent l'avenir des formations naturelles, tandis que ceux de gros diamètre résultant de la sélection naturelle sont des semenciers qui assurent l'avenir de peuplement à travers la production des graines (Morou, 2010). La structure en hauteur de ce peuplement montre un paramètre de forme $c > 1$ ce qui traduit également une perturbation dans la croissance en hauteur de cette espèce. Grouzis et Akpo (1997) qui ont étudié l'influence de couvert sur la régénération ont montré que *Boscia senegalensis* est l'espèce la plus favorisée, suivie par *Balanites aegyptiaca* et *Acacia raddiana*. Ce sont donc les espèces les mieux adaptées aux conditions d'aridité du Nord-Sénégal, puisque (Poupon, 1980) leur attribuait d'ailleurs un degré de sclérophylle élevé : 1,24 (*B. senegalensis*) et 0,84 (*B. aegyptiaca*) et donc des



besoins en eau moindres. Dans le bas-fond le sol est alluvionnaire et constitué de dépôts de sable limoneux provenant de l'amont de la toposéquence. Avec une pente très faible, un écoulement des eaux en nappe, le ruissellement est moins agressif. En effet, le bas-fond est relativement plus diversifié que le plateau et le versant, on y trouve des espèces rupicoles en zone Sahélienne: *Piliostigma reticulatum* et *Annona senegalensis* et bien d'autres espèces notamment *Faidherbia albida*, *Ziziphus mauritiana* et *Acacia nilotica*, mais très peu de *Combretum micranthum*. Pour ce qui est de la régénération, *B. senegalensis* offre dans le bas-fond le plus fort taux de régénération, c'est en effet le meilleur préférendum écologique de *Boscia senegalensis*.

6 CONCLUSION

Dans le milieu sahélien, où le volume des précipitations annuelles ne peut soutenir un couvert continu de végétation pérenne, les plantes voisines rentrent en compétition pour l'accès à l'eau. Cependant, elles modifient favorablement le stock hydrique du sol sous leur pied en modifiant ces organes, notamment les racines, les feuilles et les tiges chez *B. senegalensis*. Cette étude menée à Simiri sur le peuplement de *Boscia senegalensis* nous a permis de mettre en évidence le meilleur préférendum écologique de *B. senegalensis* suivant la toposéquence. En effet, l'unité géomorphologique qui offre les conditions favorables à la régénération et un couvert important à *B. senegalensis* est le bas-fond suivi

7 REMERCIEMENT

Les auteurs remercient le Projet *Undesert (Understanding and combating desertification to mitigate its impact on ecosystem services, EU FP7 243906)* pour l'appui financier lors de la récolte des données sur le terrain.

8 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Achar F., Chanono M., (1995): Un système d'élevage performant bien adapté à l'aridité à Toukounouss, dans le sahel nigérien. *Sécheresse* 2, 6.

L'examen de la structure des populations de *B. senegalensis* dans le bas-fond permet d'apporter quelques indications subsidiaires sur ce peuplement. La répartition par classe de diamètre est uni-modale pour *Boscia senegalensis*, avec un grand pic pour les petits individus ce qui traduit un renouvellement de peuplement comme dans le cas de versant. Mais l'analyse de structure en hauteur bas-fond montre un paramètre de forme $c = 1,53$. Ce qui révèle un peuplement perturbé dans la croissance en hauteur. Les explications de ces faits résident essentiellement dans l'exploitation des feuilles de l'espèce en période de disette. Surtout que le plus souvent les habitations sont installées dans les bas-fonds.

du versant. Pour ce qui est de statut de conservation de *B. senegalensis* dans la Commune de Simiri, en dépit de l'exploitation des feuilles et des fruits de cette espèce, la régénération est assurée. Le comportement diamétrique de *B. senegalensis* suivant la toposéquence, c'est-à-dire le fait que le diamètre moyen diminue du plateau au versant, explique son mode de dispersion. En effet, le plus grand diamètre moyen de peuplement du plateau montre que ce peuplement est le plus âgé, suivi de versant et enfin de bas-fond. Ce qui fait penser qu'au départ le peuplement était présent uniquement sur le plateau, puis par dispersion a pu coloniser le versant puis le bas-fond.

Agresti, A. (1990): *Categorical Data Analysis*. John Wiley & Sons, New York, NY.

Ajonou K, Bellefontaine R, Kokou K. (2009): Les forêts claires du Parc national Oti-Kéran au Nord-Togo: structure,



- dynamique et impacts des modifications climatiques récentes. *Sécheresse*, 20(1): 1-10.
- Ambouta K., (1984): Contribution à l'édaphologie de la brousse tigrée de l'Ouest nigérien. Thèse, Université de Nancy, France. 116 p.
- Ambouta K., Dan Lamso N., (1996): - Rapport d'étude des sols des terroirs de Nazey et Togom (Ouallam). Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, non publié, 30 p.
- Becker, G. (1983): A Theory of Competition Among Pressure Groups for Political Influence, *Quarterly Journal of Economics* 98(3), 371-400
- Bellefontaine, R. (2005): Pour de nombreux ligneux, la reproduction sexuée n'est pas la seule voie: analyse de 875 cas - Texte introductif ; 5p. *In Sécheresse revue électronique* 1 (3).
- Bonou N., (2007): Caractérisation structurale des Formations végétales hébergeant *Afzelia africana* Sm : cas de la forêt classée de la Lama au sud du Bénin. Thèse d'ingénieur. 87p.
- Boureima A., (2004): Patrimoine communautaire et conflits d'usage dans deux villages du Zarmaganda au Niger / Community patrimony and usage conflicts in two villages of Zarmaganda in Niger. In: *Revue de géographie alpine*. 2004, Tome 92 N°1. pp.83-96.
- Caswell, H. (2001) : *Matrix Population Models: Construction, Analysis, Interpretation*. (2nd Ed.). Sinauer Associates Publishers Inc. Sunderland, MA.
- Couteron, P. (1998) : Relations spatiales entre individus et structure d'ensemble dans des peuplements ligneux soudano-sahéliens au nord-ouest du Burkina-Faso. *Thèse Doctorat Option Écologie Tropicale*, Université Paul Sabatier - Toulouse III ; 223p.+ Annexes.
- Dan Guimbo Iro, Ali Mahamane et Karimou Jean Marie Ambouta, (2010) : Peuplement des parcs à *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance et à *Vitellaria paradoxa* (Gaertn. C.F.) dans le sud-ouest nigérien : diversité, structure et régénération. *International journal of biological and chemical science*, 4(5): 1706-1720.
- DEBLAUWE V., (2010) : Modulation des structures de végétation auto-organisées en milieu aride. Thèse de doctorat, ULB.
- Diatta, F Faye, M Grouzis, P. Perez (2001): Importance de la haie vive isohypse sur la gestion de l'eau du sol et le rendement des cultures dans un bassin versant de Thyssé-Kaymor, Sénégal *Sécheresse* 2001; 12: 15-24.
- Diouf A., Barbier N., Mahamane A., Lejoly J., Saadou M., Bogaert J. (2010) : Caractérisation de la structure spatiale des individus ligneux dans une « brousse tachetée » au sud-ouest du Niger. *Rev. can. rech. for.* 40 : 827-835 (2010).
- Doumma A. et alzouma I., (2006) : Influence de *Boscia senegalensis* (Pers) Lam. Ex Poir. (Capparaceae) sur les capacités de dispersion de *Dinarmus basalis* Rond. (Hymenoptera-Pteromalidae) dans les systèmes de stockage traditionnels de niébé *TROPICULTURA*, 2006, 24, 4, 208-212.
- Ganaba S., (1994): Rôle des structures racinaires dans la dynamique du peuplement ligneux de la région de la mare d'Oursi (Burkina Faso) entre 1980 et 1992. Thèse de doctorat 3e cycle, Université de Ouagadougou, 146p + annexes.
- Geider, R. J., E. H. Delucia, P. G. Falkowski, A. C. Finzi, J. P. Grime, J. Grace, T. M. Kana, J. La Roche, S. P. Long, B. A. Osborne, T. Platt, I. C. Prentice, J. A.



- Raven, W. H. Schlesinger, V. Smetacek, V. Stuart, S. Sathyendranath, R. B. Thomas, T. C. Vogelmann, P. Williams, and F. I. Woodward. (2001): Primary productivity of planet earth: biological determinants and physical constraints in terrestrial and aquatic habitats. *Global Change Biology* 7:849-882.
- GNV. (2001): Critère de choix du tracé indicatif et des espèces végétales de la GMV (grande muraille verte), Rapport sur les Modalités opérationnelles de mise en œuvre GMV : 7p.
- Gounot M., (1969): Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson, Paris, 314 p.
- Grouzis (M.) et albergel (L.J.), (1989): - Du risque climatique à la contrainte écologique : incidence de la sécheresse sur les productions végétales et le milieu au Burkina Faso. In Le risque en agriculture, M. Eldin, P. Milleville éd, Orstom Paris, Coll. À travers Champs, 243-254.
- Grouzis M & Akpo LE (1997): Influence of tree cover on herbaceous above-and below-ground phytomass in the Sahelian zone of Senegal. *J. of Arid Environments*, 35, 285-296.
- Karim Saley, Bationo Babou-André, Bellefontaine Ronald, Ichaou Aboubacar, (2003): Reboiser au moindre coût les zones semi-arides par marcottage naturel, XII^e Congrès Forestier Mondial (Montréal), sept. 2003.
- LUCOP, (2008): Les activités de gestion et mise en valeur des ressources naturelles dans la région de Tillabéri; Programme Nigéro-Allemand de Lutte contre la Pauvreté Tillabéri et Tahoua-Nord.
- Mahamane, L. (1998): Rapport technique d'activités, 1998. INRAN/CERRA/Tahoua, 59p.
- Mahamane. A et SAADOU. M, (2009) : Structures anatomiques de quelques organes de *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. Et adaptation à la sécheresse. *Sécheresse* 2009 ; 20 (2) : 237-9.
- Maiga O F, (2005): Vivre dans les milieux fragiles, Évolution de la végétation et du modelé dans l'Ouest du Niger: Alpes et Sahel, Lausanne, Septembre 2005, travaux et recherches n° 31.
- Morou B. (2010) : Impacts de l'occupation des sols sur l'habitat de la girafe au Niger et enjeux pour la sauvegarde du dernier troupeau de girafes de l'Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat Unique, Université Abdou Moumouni de Niamey, 198p.
- Ouédraogo A. (2006) : Diversité et dynamique de la végétation ligneuse de la partie orientale du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, p.196.
- Poupon H. & BULE J.C. (1974) : - Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal. Influence de la sécheresse de l'année 7372-1973 sur la strate ligneuse. *Revue Ecol. (Terre et Vie)* 28: 49-75.
- Poupon H. (1980) : - Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne-au nord du Sénégal. Orstom éd. (Études & Thèses), Paris (307 pp.).
- RONDEUX J., (1999) : La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Gembloux, Belgique, Les Presses agronomiques de Gembloux, 2e édition, 521 p.
- Saadou M. Ikhiri K., Garba M., (1988) : Rapport sur les plantes médicinales au Niger ; recherche sur la pharmacopée au Niger revue pharmacopée : 5 pages.
- Salih. O, .M., Nour, A .M. & Harper, D.B. (1991) : - Chemical and Nutritional Composition of Two Famine Food Sources Used in Sudan, Mukheit (*Boscia*



- senegalensis*) and Maikah (*Dobera roxburghi*). *J. Sci. Food Agric.*, 57: 367-377.
- SHARMAN. M ., (1987) : - La végétation ligneuse. The global environment monitoring system, PNUE/FAO, sert, GEMS Sahel 7 (87 pp.)
- Toupet C., (1989) : -Comparaison des sécheresses historiques et la sécheresse actuelle : essai de définition de la sécheresse et de l'aridification :77-84. In Bret (Coord) : Les hommes face aux sécheresses, Nord est brésilien. Sahel africain. EST-HEAL éd., 422p.
- Treca, B. & TAMBA, S. (1997): Rôle des oiseaux sur la régénération du ligneux *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. en savane sahélienne au nord Sénégal. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 52 : 239 - 260.