



Variations topographiques de la fructification d'une espèce ligneuse fourragère, *Acacia tortilis* (Forsk.) au Ferlo, Nord-Sénégal

Mayécour DIOUF^{1*}, Jhonn LOGBO², Frédéric DO³ et Léonard-Elie AKPO⁴

¹ CRZ/ISRA BP 53 Kolda, Sénégal.

² Ecole Nationale Supérieure des Sciences et Techniques Agronomiques de Kétou (ENSTA), Université d'Abomey-Calavi, BP 95 Kétou, Bénin.

³ IRD, UMR Eco&Sols, SupAgro-INRA, 34060 Montpellier, France.

⁴ Laboratoire d'Ecologie Végétale FST/UCAD, BP 5005 Fann – Dakar, Sénégal.

*Auteur correspondant, E-mail: dioufmy@yahoo.fr

RESUME

La production annuelle de gousses de *Acacia tortilis*, a été suivie sur une toposéquence de 1,8% de dénivellation dans la réserve sylvo-pastorale de Sogobé au Nord-Sénégal. Les observations sont effectuées tous les quinze jours en saison des pluies et une fois par mois en saison sèche. Les suivis simultanés de la fructification de cette espèce en rapport avec l'évolution de l'eau du sol et des variables climatiques vise à caractériser l'effet de la topographie sur la production de gousses par unité de croissance. Les données sont soumises à une analyse multidimensionnelle et à une analyse de variance. La fructification de l'espèce intervient de novembre à juin. L'ACP effectuée à partir des relevés mensuels et des stades de fructification a permis d'identifier trois variables de la fructification : la nouaison des gousses, leur croissance et leur maturité et enfin leur dissémination. Cette dissémination peut être partielle (février et avril) ou totale (avril et juin). La nouaison des gousses concerne les mois de novembre et décembre (saison post-pluvieuse) alors que leur croissance et leur maturité se font de novembre à février (saison sèche fraîche). La dissémination des gousses de cette espèce et leur exploitation pour l'alimentation du bétail seraient à l'origine de la réduction de la densité des fruits entre janvier et mai qui coïncide avec l'absence du tapis herbacée. Cependant, la biomasse des gousses par unité de croissance est significativement plus élevée chez les arbres de bas-fond qui bénéficient d'une alimentation hydrique plus favorable.

© 2012 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: Variabilité topographique, production de gousses, fourrage, *Acacia tortilis*, sahel, Zone sylvo-pastorale, Nord-Sénégal.

INTRODUCTION

Pour l'éleveur ou l'aménagiste, l'étude de la production d'une phytomasse se ramène à la connaissance des possibilités de production de matières consommables alors que pour l'écologiste, qui s'intéresse à la compréhension du fonctionnement de

l'écosystème, les modes de croissance et de production constituent des aspects fondamentaux de la réaction des individus ou des communautés végétales. *Acacia tortilis* ssp *raddiana*, espèce clé de voûte (Diédhiou, 1994) du groupement végétal de la réserve sylvo-pastorale de Soghobé, possède une très

© 2012 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i6.19>

large distribution dans les zones arides et semi-arides. C'est aussi une espèce largement représentée au Sénégal (Diouf et Grouzis, 1996). Elle occupe une place de choix dans l'alimentation du bétail dans la réserve sylvo-pastorale du Ferlo qui repose exclusivement sur la végétation naturelle et dont la contribution du fourrage aérien est souvent supérieure à 20% en saison sèche (Le Houérou, 1980). Elle procure aussi du bois d'œuvre, du bois de feu, de l'ombre et des produits utilisés dans la pharmacopée traditionnelle. Elle participe à la fixation des dunes de sables et au maintien de la fertilité du sol grâce à leur aptitude à former des symbioses avec les rhizobiums et les champignons endomycorhiziens pour fixer respectivement l'azote atmosphérique et le phosphore (Brewbaker, 1986 ; Von Maydell, 1990 ; Dupuy et al., 1991, Dommergues, 1995). *Acacia tortilis* favorise aussi par son couvert la régénération de *Balanites aegyptiaca* et de *Boscia senegalensis* (Akpo et Grouzis, 1996) or elle ne régénère qu'au niveau des bas-fonds (Diouf et al., 2004). En outre, l'installation des forages et la sédentarisation des pasteurs peulh (Barral, 1982) ont entraîné un vieillissement et une diminution du nombre d'individus de l'espèce (Wiegand et al., 1999 ; Diouf et al., 2002) suite à la production du bois de chauffe et le charbon de bois destinés à la vente et de l'élagage des arbres pour l'alimentation du bétail en saison sèche (Diouf et al., 2010).

Au Ferlo (Nord-Sénégal), la structure de la végétation serait tributaire de la topographie du paysage (Diouf et al., 2004). Les études de Hodkinson et al. (2003) puis de Ohtsuka et al. (2006) sur la distribution des espèces végétales suivant le gradient topographique laissent supposer que leurs comportements diffèrent selon qu'elles se situent sur un bas-fond, un versant ou une butte. L'effet des variables climatiques sur la phénologie d'espèces ligneuses a été certes étudié (Wiegand et al., 1999 ; Mahamane et al., 2007) mais, l'effet de la topographie sur la production fourragère de ces espèces a été peu ou pas abordé.

Pour assurer une meilleure gestion de l'espace pastorale au Ferlo, la variabilité spatiale de la production de gousses de *Acacia tortilis* dans la réserve sylvo-pastorale de Sogobé a été caractérisée.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Site d'étude

L'étude a été menée au Ferlo (Sénégal) (Figure 1), près de Souilène (16° 20'N et 15° 25' W), à 400 km de Dakar et à 25 km au sud de Dagana (Sharman, 1982 ; Fournier, 1995).

Sur le plan géomorphologique, la région du Ferlo Nord-Sénégal appartient aux formations de dunes de sables et se caractérise par un ensemble de rides asymétriques séparées par des dépressions longitudinales à sol sablo-argileux grisâtre localement calcaire et à sol hydromorphe à engorgement temporaire (Michel, 1969). Les sols, brun-rouges subarides, sont neutres à faiblement acides ($5,8 < \text{pH} < 7,2$) avec 90 à 95% de sable grossier et 3 à 5% d'argile dans les couches supérieures d'une part et 80 à 90% de sables, 8 à 10% d'argiles dans les couches inférieures d'autre part (Fournier, 1995). Ils sont pauvres en matières organiques.

Le climat est sahélien. La température moyenne annuelle s'établit à 28,6 °C tandis que les températures moyennes mensuelles minimale et maximale sont respectivement de 14,1 °C (janvier) et 40,4 °C (mai). La pluviométrie moyenne de la station de référence (Dagana, 1918-1990) est de 282 mm, avec un coefficient de variation de 37% (Akpo, 1993). De 1990-1999, les précipitations annuelles recueillies au niveau du site ont varié de 90 mm (1990) à 299 mm (1994) avec une pluviométrie moyenne interannuelle de 206 mm et un coefficient de variation de 34% (Diouf et al., 2002). A l'instar des valeurs rapportées par l'UICN (1989) pour d'autres zones sahéliennes, Dagana est caractérisé par un déficit pluviométrique persistant qui a commencé en 1970 (Akpo, 1993). Les pluies s'étendent de juillet à septembre. Ainsi dans l'année, on distingue classiquement deux périodes : une période sèche de 9 mois (octobre à juin) et une

saison des pluies de 3 mois. En fin de saison des pluies, la végétation se présente sous la forme d'un tapis herbacé continu piqueté d'arbres et d'arbustes. Les arbres et arbustes fréquemment épineux ne forment jamais une strate continue. La strate herbacée est caractérisée par la dominance d'espèces annuelles, notamment des poacées à limbes étroits et pliés ou enroulés (*Schoenefeldia gracilis*, *Aristida sp.*, *Cenchrus sp.*, *Chloris sp.*): c'est la pseudo-steppe décrite par Trochain (1980). Selon Diédhiou (1994), une grande variété de légumineuses et autres familles s'y trouvent. La végétation étudiée appartient à une formation établie sur sols sablo-argileux à argilo-sableux et caractérisée par *Balanites aegyptiaca*, *Acacia tortilis* et *Boscia senegalensis* (Valenza et Diallo, 1972). Ce type de végétation est largement répandu au Ferlo (Sénégal).

Méthodes utilisées

Description de l'espèce (Von Maydell, 1990 ; Arbonier, 2002)

Acacia tortilis (Forst.) appartient à la famille des mimosacées. C'est une espèce semi-sempervirente épineuse, à fût cylindrique et plus ou moins court (2 à 13 m de hauteur), à cime étalée en parasol et à feuillage plus ou moins dense (Photo 1). Les feuilles sont alternes, bipennées et présentent plusieurs paires de pinnules portant des foliolules de petite taille. L'écorce est peu crevassée à fissurée, brune, à tranche brun rosé avec le rhytidome marron foncé. Les épines droites pour la plupart, atteignant 5 à 9 cm de long disposées par deux à la base des feuilles, blanches. L'inflorescence est un fascicule disposé à la base des feuilles et composé de 3 à 6 capitules sphériques d'environ 2,5 cm de long, blanchâtres, pédonculés de 0,5 à 1 cm. Le fruit est une gousse plus ou moins enroulée en spirale vert pâle à jaunâtre à maturité, pouvant contenir jusqu'à 10 graines (Photo 2). La graine, de 4 à 7 mm de diamètre, est brune, plus ou moins bombée, elliptique ou ronde.

Données cartographiques

Une toposéquence est constituée de trois sites ; ce sont le bas-fond, le versant ou glacis et la butte ou replat. La superficie échantillonnée est d'un hectare. Des relevés topographiques ont été effectués à l'aide d'un théodolite électronique « Wild 2002 » à enregistrement automatique. Au total, 34 individus de *Acacia tortilis* ont été recensés au niveau de la toposéquence. Les traitements des données par le tableur Excel et la cartographie par le logiciel Surfer 6 ont été exécutés (limites, dénivellation, superficie, courbes de niveau et position des différents individus et des appareils de mesures).

Données climatiques

Le dispositif d'acquisition des données météorologiques est un système d'enregistrement automatique et continu à l'aide d'une centrale de type Campbell. Les paramètres mesurés sont la température de l'air, l'humidité relative de l'air, le rayonnement global, la vitesse du vent et les précipitations.

Etat hydrique du sol

Pour déterminer l'état hydrique du sol, nous avons utilisé une sonde à neutron de type "Solo 25". Le dispositif expérimental est constitué de tubes en duralium (D = 41 - 45 mm) descendant jusqu'à 4,5 m. Les mesures sont effectuées tous les 10 cm jusqu'à 1 m de profondeur, puis tous les 20 cm jusqu'à 2 m et les 50 cm jusqu'à 4,5 m de profondeur. La rétention en eau de tous les niveaux d'un tube constitue la réserve en eau du profil complet. Les réserves hydriques du sol sont déterminées à partir de tubes situés à des altitudes différentes. Les mesures ont été répétées 3 fois pour chaque position soit 9 mesures pour chaque position. La valeur de la réserve hydrique du sol est déterminée pour chaque position topographique. Cette étude a pour but de caractériser la variabilité spatiale de la réserve hydrique du sol et de déterminer l'effet de cette variation sur la production des gousses de *Acacia tortilis* suivant la topographie.

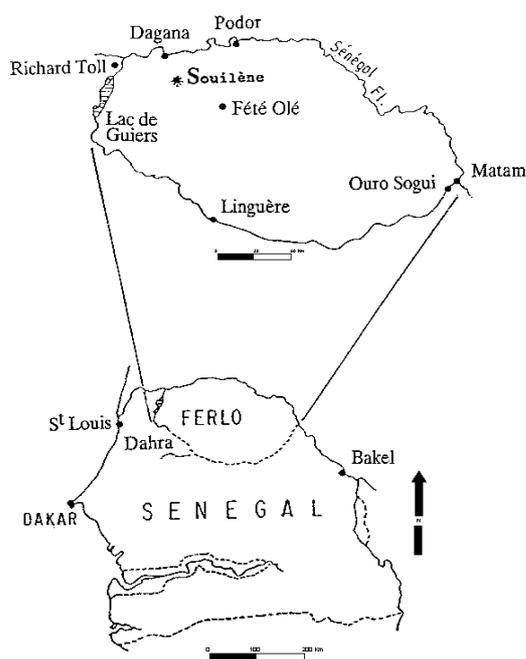


Figure 1 : Localisation géographique du Ferlo (emprunté à Sharman, 1982) et de la station de Souilène (Fournier, 1995).



Photo 1 : Individus de *Acacia tortilis* en phase de fructification dans la réserve sylvo pastorale (Photo M. Diouf).



Photo 2 : Rameau avec des gousses de *Acacia tortilis* (Photo M. Diouf).

Fructification

Les suivis ont été réalisés de mai 1999 à avril 2001 au niveau de la toposéquence au Ferlo et sur 34 individus de *Acacia tortilis*. Les observations ont porté sur des individus d'âges variables de *Acacia tortilis*. Les observations de terrain, sont effectuées tous les quinze jours pendant la saison des pluies et une fois par mois pendant la saison sèche.

L'échantillonnage a été effectué dans une station non perturbée avec des effectifs élevés et sur plusieurs cycles comme le préconisent Frankie et al. (1974). Pour caractériser les différents stades de la fructification, la méthode proposée par Grouzis et Sicot (1980) a été utilisée. Il s'agit de mettre en évidence les principaux événements qui caractérisent la fructification à l'échelle du houppier à partir des stades suivants :

- F0 : pas de fruits ;
- F1 : nouaison ;
- F2 : phase d'évolution du fruit jusqu'à sa taille maximale ;
- F3 : maturité du fruit ;
- F4 : fruit mur + début de dissémination (ouverture des gousses ou chute des fruits) ;
- F5 : fruit entièrement sec et chute.

Le stade 1 correspond à l'installation et le stade 5 à la disparition de la phase. Les

stades 1, 2, 3 et 4 représentent pour un individu l'évolution de fructification. Le stade 0 est utilisé pour caractériser l'absence d'une phase.

Pour déterminer la production des gousses en rapport avec l'importance topographique, trois faisceaux sont prélevés par arbre à raison de deux arbres par situation topographique (3 faisceaux x 2 arbres x 3 situations topographiques) soit 18 faisceaux pour les 6 arbres des trois situations topographiques. Pour chaque faisceau prélevé, le nombre d'unités de croissance est déterminé. Pour chaque unité de croissance, les diamètres apical, moyen, basal, longueur et le poids sec des gousses sont déterminés.

Traitement des données

Deux types d'analyse ont été utilisés lors du traitement des données : une analyse de variance (ANOVA) pour les données de la réserve hydrique du sol et une analyse en composantes principales (ACP) pour les données de la fructification. Les données sont traitées à l'aide du logiciel SAS. Le test de Newman-Keuls au seuil de 5% a été utilisé pour comparer les moyennes. L'ACP, réalisée à l'aide du logiciel ADE-4, est une approche qui utilise un tableau de variables quantitatives. Cette ACP basée sur une corrélation de matrice entre les relevés et stades de la fructification de l'espèce est utilisée pour décrire les relations entre les

relevés (mois) et les variables (stades de la fructification).

RESULTATS

Description de la toposéquence

L'altitude maximale est de 99,9 m alors que les sites les plus bas se situent à 97,3 m. La pente est de 1,8%. Selon la classification de Ségalen et al. (1979), c'est une toposéquence à pente très douce (Figure 2). La dénivellation entre sommet (ou butte) et versant est assez faible 0,42%. La rupture de pente est nettement prononcée entre versant et bas-fond (2,2%). Ce relief est cependant déterminant dans la circulation de l'eau dans le milieu.

Variations pluviométriques

Les tendances pluviométriques ont été analysées à partir des précipitations annuelles de Dagana, station météorologique de référence retenue, observées de 1918 à 2001.

La pluviométrie moyenne interannuelle, répartie sur 16 à 31 jours, est de 298 mm. La forte variabilité de la série est encore exacerbée par les années particulièrement sèches (1983, 1984). Le coefficient de variation associé de la moyenne est en effet élevé (39,5%). Pour les deux années d'observation, les précipitations recueillies sont de 317 mm en 1999 et 219 mm en 2000 réparties sur 31 et 24 jours respectivement. Il précise ainsi le caractère aride du climat puisqu'il est démontré que l'irrégularité des précipitations augmente avec la diminution des précipitations (Le Houerou, 1989).

Pour analyser les tendances pluviométriques, nous avons appliqué à la chronique de Dagana la méthode des moyennes mobiles pondérées (Albergel et al., 1985) de trois années, centrées sur l'année médiane (Figure 3).

Trois périodes ont été identifiées :

- la première s'étend du début des observations jusqu'à 1950 ; elle est

caractérisée par une série d'années humides globalement excédentaires ;

- la seconde va de 1951 aux années de 1969-1970 ; elle est caractérisée par des années successivement humides et sèches, avec une plus grande abondance des années humides ;
- la troisième période, qui a débuté depuis 1970, est caractérisée par des années à pluviosité déficitaire.

Le Ferlo apparaît ainsi caractérisé par une sécheresse persistante. L'exceptionnelle durée des années sèches a d'ailleurs conduit Carbonnel et Hubert (1985) à conclure à une véritable aridification des écosystèmes sahéliens.

Variation de la réserve hydrique du sol

Les populations Peuls du Ferlo ont établi un calendrier dans lequel elles reconnaissent 5 saisons basées sur la température, la disponibilité en eau et la phénologie des arbres et de l'herbage (Naegelé, 1971). Ces saisons sont :

- *dabundé* pour désigner la saison sèche fraîche ;
- *tchiedio* ou saison sèche chaude ;
- *setsellé* correspondant à la saison pré-pluvieuse ;
- *ndunggu* correspondant à la saison des pluies ;
- *kaulé* ou saison post-pluvieuse.

L'examen de la Figure 4 permet de noter une forte variation saisonnière de la réserve hydrique du sol suivant les microsites topographiques. La réserve hydrique du sol pendant la saison des pluies (PSP) est nettement supérieure à celles des trois autres saisons. L'analyse globale, qui utilise la régression multiple et l'ANOVA pour rechercher la variation de l'humidité du sol des microsites, révèle que les valeurs de la réserve hydrique de la saison sèche et en début des pluies ne sont pas significativement différentes. Cependant, une différence significative a été notée entre les valeurs de la réserve hydrique du sol du bas-fond et celles

des sites de versant et de butte mesurées pendant la saison des pluies. Elles traduisent en fait les différences observées dans la pleine saison des pluies. Ces valeurs de réserve hydrique du site de bas-fond sont significativement plus élevées. Les microsites de versant et de butte présentent des profils identiques lors de la saison des pluies.

D'une manière générale, la variabilité saisonnière de la réserve hydrique du sol est plus accentuée entre la saison des pluies et les trois autres saisons puis entre la saison sèche fraîche et la saison sèche chaude (SSF et SSC).

Fructification de *Acacia tortilis*

Les événements du cycle de la fructification ont été définis par l'ACP portée sur les données des observations mensuelles au cours de la saison sèche et bihebdomadaires en saison des pluies des arbres pendant 24 mois au Ferlo.

Les valeurs propres de l'ACP sont relativement élevées, et ainsi que le taux d'inertie. Le premier axe absorbe 37,8% de la variation totale et le second 26,2% de cette variation. Les valeurs propres se stabilisent autour du second axe (26,2%); le 3^{ème} axe n'apporte en effet que 17% de l'information.

L'information semble aussi se stabiliser autour du 2^{ème} axe car elle devient faible au niveau du 3^{ème} axe (17%). Les deux axes permettent de discriminer très nettement le cycle de la fructification. C'est sur ce plan des axes 1 x 2, qui porte 64% de l'information contenue dans le tableau des données, que nous établirons l'essentiel de l'analyse (Figure 5).

Les stades F0 ($r=0,853$) dans les abscisses négatives, et F4 ($r=0,859$) du côté des abscisses positives sont bien corrélés avec l'axe 1 pour lequel leur contribution est de 66,2%. En mettant en opposition les stades F4 et F0, cet axe définit ainsi le début de la dissémination des gousses.

Un seul stade, F5, est corrélé à l'axe 2 pour lequel il représente 33,2%. Cet axe

présente les stades F4, F5 et F0 dans les ordonnées négatives et F1, F2 et F3 dans les ordonnées positives. Il oppose les stades de dissémination (du côté négatif) à ceux de mise en place et de maturité des fruits (du côté positif).

L'analyse conjointe des axes 1 et 2 (Figure 5) permet de définir dans le quadrant supérieur gauche la nouaison (stade F1) et droit le développement et la maturité des fruits (stades F2 et F3). Dans les quadrants inférieurs, se retrouvent rassemblés les stades F4, F5 et F0 qui définissent la dissémination des fruits. Celle-ci peut être partielle (F4 et F5) ou totale (F0).

La nouaison des fruits concerne les mois de novembre et décembre alors que leur croissance et leur maturité se font de novembre à février. La dissémination des gousses de cette espèce et leur exploitation pour l'alimentation du bétail seraient à l'origine de la réduction de la densité des fruits entre Janvier et mai. Les densités élevées de fruits sont notées chez *Acacia tortilis* de janvier à mars et les faibles densités entre novembre et décembre puis entre avril et juin.

Cette espèce fructifie de novembre à mi-juin. Les fruits, noués pendant la saison post-pluvieuse, arrivent à maturité durant la saison sèche fraîche. En janvier 2000, près 82% des individus de cette espèce portent des fruits contrairement à janvier 1999 où 59% ont fructifié. La chute des gousses qui a commencé en février lors des deux années d'observation (25% des individus en F4), s'étend jusqu'en juin 2000 (21% en F5). Les gousses de cette espèce jouent un rôle important dans l'alimentation du bétail pendant la saison sèche, mais elles ne couvrent que deux à trois mois (février à avril). En avril 1999, tous les individus sont au stade F0 alors qu'en avril 2000 près de 35% portent encore des fruits au stade F5. De mi-juin à octobre, les individus de cette espèce sont au stade F0 (Tableau 1).

Variation spatiale de la production de gousses

La biomasse des gousses est une variable utilisée pour évaluer la productivité des légumineuses. Son caractère très plastique est fortement modulé par les variables du milieu. Cette étude a donc déterminé les variations saisonnières et les modifications liées aux microsites ; c'est-à-dire les variations spatiales.

Les courbes de la variation saisonnière de la biomasse des gousses par unité de croissance évoluent dans le même sens au niveau des trois microsites (Figure 6). Les courbes de la variation saisonnière de la biomasse des gousses des arbres des sites de bas-fond et de versant présentent deux pics contrairement à celles des arbres de la butte. Le premier pic, a été enregistré en novembre dans le bas-fond puis en décembre sur le versant. Il correspond à la nouaison des fruits (Nf) chez les individus de bas-fond et de croissance-maturité (CM) chez ceux de versant. Le second pic apparaît lors de la croissance-maturité et le début de la dissémination des fruits (CMD) en février sur le bas-fond et en mars sur la butte. Sur le versant, il intervient lors de la dissémination des fruits (D) en mars (Tableau 2).

Ce pic noté lors de la saison sèche fraîche est plus précoce chez les individus de la butte (janvier) que ceux de bas-fond et de versant. Cependant, l'amplitude maximale sur

versant (60 mg/cm) est inférieure à celle observée sur butte (80 mg/cm) et bas-fond (100 mg/cm).

A partir de février, nous assistons à une baisse de biomasse des gousses liée à la dissémination des fruits. Les arbres des différents microsites ont pour la plupart perdu leurs gousses.

A l'échelle du microsite, la valeur minimale a été enregistrée pendant la saison sèche chaude lors de la dissémination. Elle est de l'ordre de 11,3 mg/cm en mars chez les individus de butte, de 11,2 mg/cm en avril chez ceux de versant et de 6,8 mg/cm en mai chez ceux de bas-fond. L'analyse statistique appliquée aux données permet de constater que la biomasse des gousses par unité de croissance diffère suivant la position topographique des individus de *Acacia tortilis*. Les arbres de sites de bas-fond produisent une quantité de biomasse de gousses par unité de croissance significativement importante que ceux des deux autres microsites. De plus, la durée de la fructification est plus longue chez les arbres de bas-fond.

C'est surtout la variation de la biomasse des gousses entre la croissance-maturité et la dissémination qui permet de discriminer les différents microsites. Cette forte variabilité intervient donc de la saison sèche fraîche à la saison sèche chaude.

Tableau 1: Durée moyenne des événements de la fructification de *Acacia tortilis* au Ferlo (Nord-Sénégal).

Fructification	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov	Déc.
Nouaison											N	N
Croissance et maturité	C	M	M									
Dissémination			D	D	D	D						

N = Nouaison, C = Croissance, M = Maturité, D = Dissémination

Tableau 2: Variation spatiale de la durée des événements de la fructification de *Acacia tortilis* au Ferlo (Nord-Sénégal).

Sites	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov	Déc.
Bas-fond	CM	CMD	MD	D	DSf	SfD	Sf	Sf	Sf	Sf	Nf	NfC
Versant	CMD	CMD	D	SfD	Sf	Sf	Sf	Sf	Sf	Sf	NfC	CM
Butte	CMD	MC	DSf	Sf	Sf	Sf	Sf	Sf	Sf	Sf	Nf	CM

Sf = Individus sans fruit, Nf = nouaison des fruits, C = Croissance, M = Maturité, D = Dissémination.

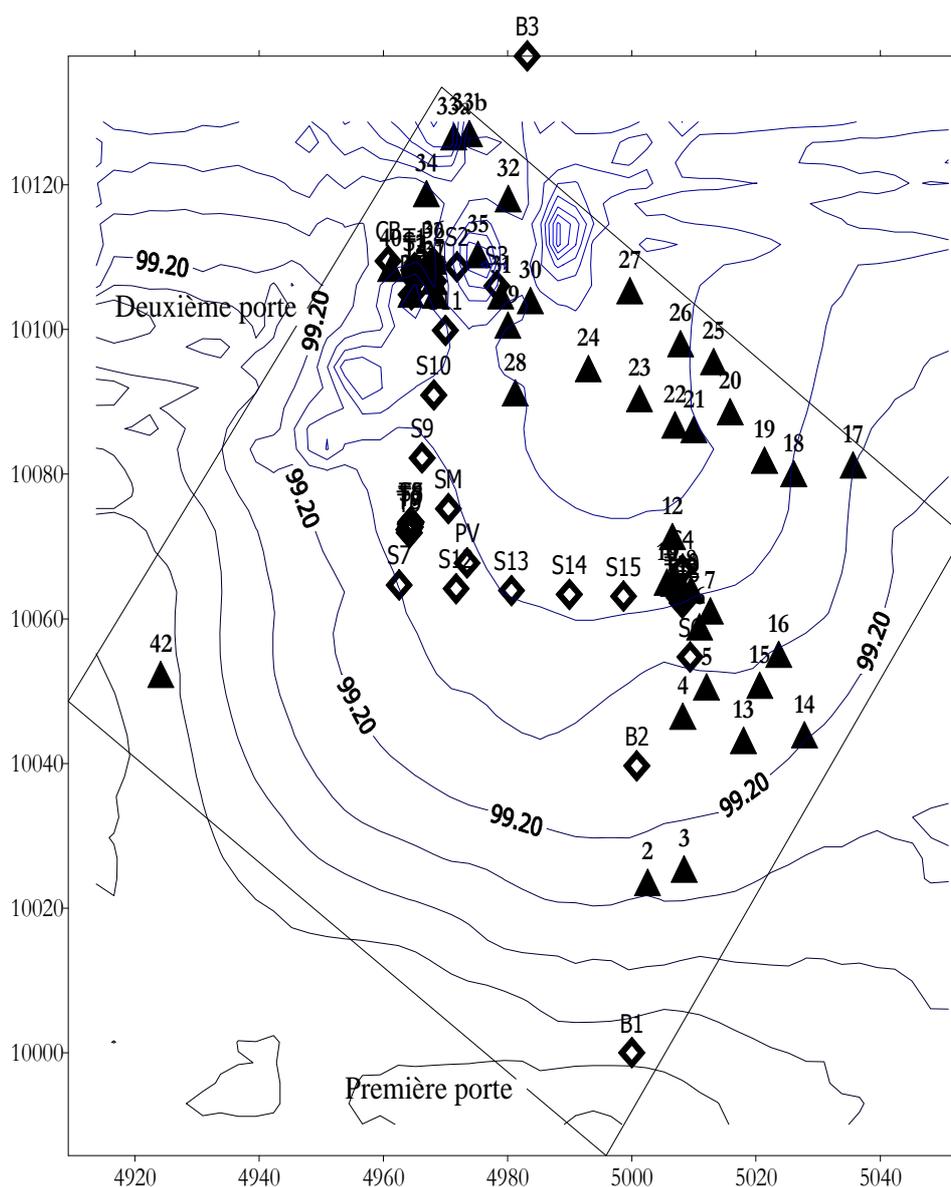


Figure 2: Répartition spatiale des différents individus de *Acacia tortilis* (▲) et des accessoires (◊). B1, B2 et B3 = Bornes, CP = Campbell pour les mesures de flux de sève, P1 = piquet, PV = Pluviomètre, T1 = Tubes d'accès au tensiomètre, S1 à S15 = Tubes d'accès pour la sonde à neutrons, SM = station météo.

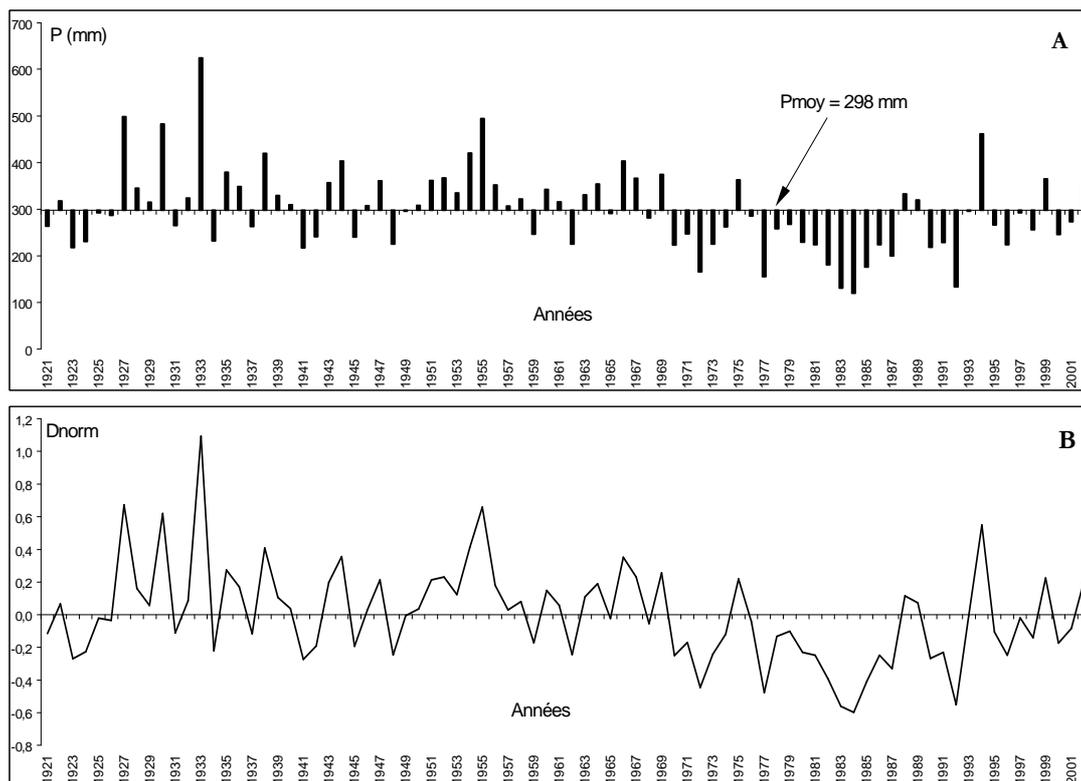


Figure 3: Analyse des tendances évolutives de la pluviosité annuelle de Dagana par la méthode de la différence normalisée (A) et par la méthode des moyennes mobiles pondérées (B).

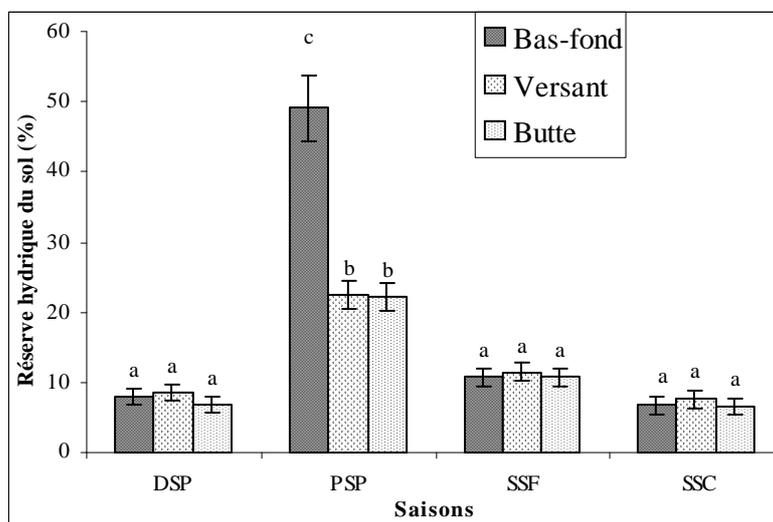


Figure 4: Variation spatiale de la réserve hydrique moyenne saisonnière du sol. Test de Newman-Keuls, les barres avec les mêmes lettres ne sont pas significatives au seuil de 5%. DSP = saison pré-pluvieuse, PSP = saison des pluies, SSF = saison sèche fraîche, SSC = Saison sèche chaude.

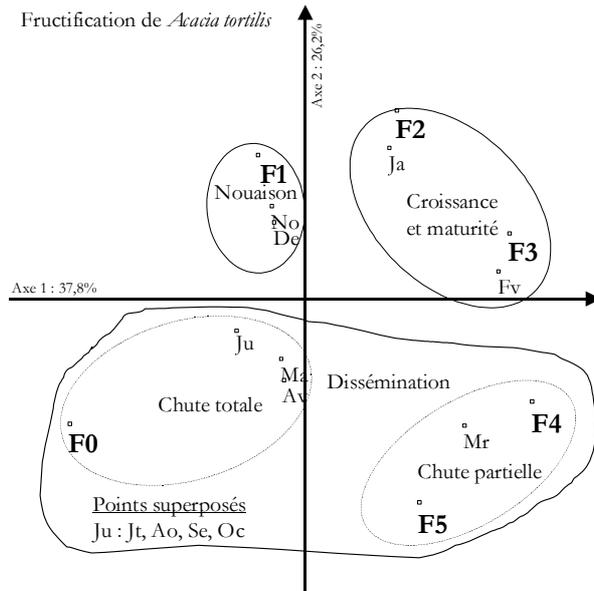


Figure 5 : ACP de la fructification de *Acacia tortilis* de la réserve sylvo-pastorale de Soghobé (Souilène) dans le plan des axes 1 (horizontal) et 2 (vertical).

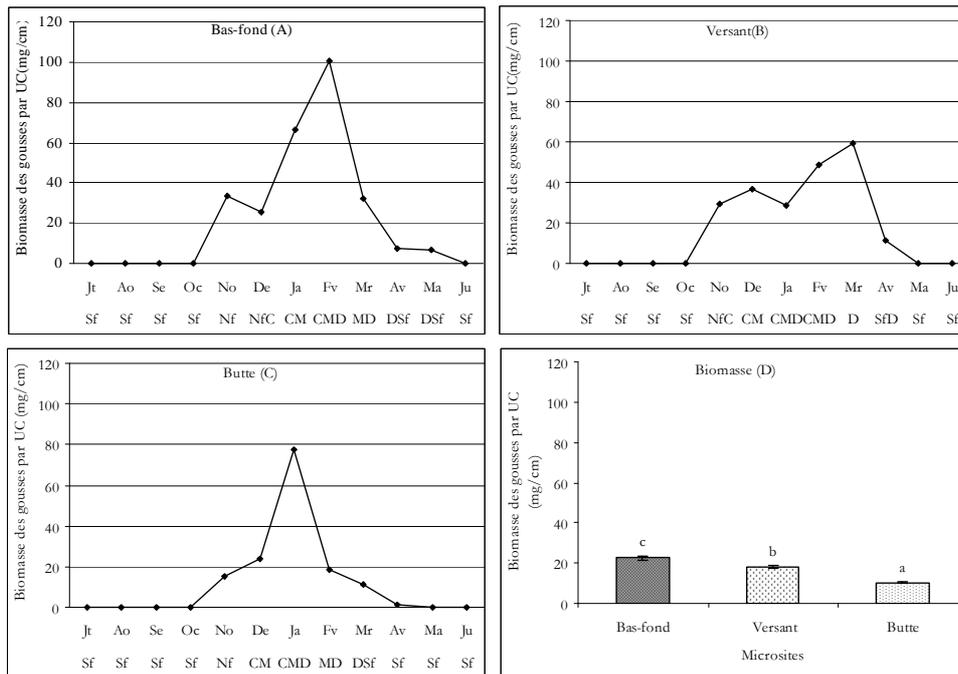


Figure 6 : Variation saisonnière de biomasse de gousse par unité de croissance (UC) de *Acacia tortilis* suivant les microsites topographiques et les stades de fructification. Sf = Individus sans fruit, Nf = nouaison des fruits, C = Croissance des fruits, M = Maturité des fruits, et D = Dissémination des fruits. Test de Newman Keuls, les barres avec des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

DISCUSSION

La toposéquence retenue pour l'étude de la production de gousses est à pente très douce. La dénivellation entre butte et versant est assez faible (0,4%). Ce relief atténué assure cependant la redistribution de l'eau de pluies. Les réserves hydriques varient suivant la topographie. Elles sont significativement plus élevées dans le site de bas-fond. Elles sont variables d'une saison à l'autre. Elles sont ainsi plus élevées en saison des pluies. Entre les deux années d'observation, elles ont été plus importantes en 1999.

De 1918 à 2001, Diouf (2003) identifie trois périodes dont une première série d'années humides globalement excédentaires de 1918 à 1950, une seconde série d'années successivement humides et sèches avec une plus grande abondance des années humides de 1951 aux années de 1969-1970 et enfin une troisième période d'années à pluviosité déficitaire de 1970 à 2001. Ferlo apparaît ainsi caractérisé par une sécheresse persistante. L'exceptionnelle durée des années sèches a d'ailleurs conduit Carbonnel et Hubert (1985) à établir la non-stationnarité des régimes pluviométriques et conclure à une véritable aridification des écosystèmes sahéliens. Cette variabilité des quantités de précipitations enregistrées d'une année à l'autre caractérise l'irrégularité des pluviosités dans la zone sahélienne, déjà d'ailleurs décrite au Ferlo par Akpo (1993), Diagne (2000) et Diouf (2003).

Trois événements ont été identifiés dans le cycle de la fructification de cette espèce : la nouaison, la croissance-maturité et la dissémination de fruits. Cette dissémination peut être partielle ou totale. La nouaison des fruits concerne les mois de novembre et décembre alors que leur croissance et leur maturité se font de novembre à février. Les densités élevées de fruits sont notées chez *Acacia tortilis* de janvier à mars et les faibles densités entre avril et décembre. Or, durant cette période de la saison sèche (décembre-Février), la plupart des Acacias sahéliens sont défeuillés et n'offrent plus de fourrage foliaire comme le souligne Ickowicz et al. (2005) chez *Acacia senegal*. La dissémination des gousses de cette espèce et leur exploitation pour l'alimentation du bétail seraient sans doute à

l'origine de la réduction de la densité des fruits entre Janvier et mai.

Cette espèce fructifie de novembre à mi-juin. Les fruits matures durant la saison sèche constituent un important fourrage d'appoint pour le bétail. Cependant, une forte variabilité d'origine topographique apparaît aussi bien pour la durée du cycle de la fructification que sur la biomasse des gousses. De plus, il semblerait que le stress hydrique noté en septembre aurait entraîné une réduction de la biomasse des gousses par unité de croissance pour cette espèce. Cette période coïncide avec la floraison de *Acacia tortilis* (Goudiaby, 1998). Selon Diallo (2010), le poids et le nombre de graines par gousse de provenances locales de *Acacia senegal* seraient fonction du déficit hydrique dans le sol du site d'introduction des provenances pendant les phases de floraison et de remplissage du grain.

Cet effet topographique sur la variabilité de la fructification de *Acacia tortilis* est fortement influencé par la rupture de pente entre microsites consécutifs. Les gousses de cette espèce jouent un rôle important dans l'alimentation du bétail pendant la saison sèche. Cependant, Goudiaby (1998) précise que la dissémination des gousses mature ne couvre que deux à trois mois. A l'exception des individus de bas-fond, tous les individus sont au stade F0 en avril. En outre, l'espèce est au stade F0 de mai à septembre. Durant cette période, le bétail consomme surtout les jeunes pousses et les feuilles juvéniles issues du débourrement.

Cette étude révèle que les individus de bas-fond produisent des quantités de biomasse de gousses nettement plus importantes.

La chute des gousses est plus précoce chez les individus de butte (janvier) que ceux de bas-fond et de versant. En février, la dissémination des gousses concerne la majorité des individus cependant, les individus de bas-fond comptent toujours plus de gousses en terme de densité et de biomasse. C'est surtout la variation de la biomasse des individus entre la croissance-maturité et la dissémination qui permet de discriminer les différents microsites. Cette forte variabilité de

la biomasse des gousses intervient donc de la saison sèche fraîche à la saison sèche chaude. Cette variation de la quantité des gousses est exacerbée du fait de l'exploitation du fourrage aérien par les bergers qui élaguent les arbres pour récupérer le fourrage aérien utilisé dans l'alimentation du bétail en saison sèche (Diouf et al., 2002).

Il importe de poursuivre les investigations sur des toposéquences à pentes douces afin de mieux caractériser l'effet topographique sur la production de fourrage par *Acacia tortilis* dans les pâturages sahéliens.

REFERENCES

- Akpo LE, Grouzis M. 1996. Influence du couvert ligneux sur la régénération de quelques espèces ligneuses sahéliennes (Nord Sénégal, Afrique Occidentale). *Webbia*, **50**(2): 247-263.
- Akpo LE. 1993. *Influence du Couvert Ligneux sur la Structure et le Fonctionnement de la Strate Herbacée en Milieu Sahélien*. ORSTOM: Paris TDM; 174p.
- Albergel J, Carbonnel JP, Grouzis M. 1985. Sécheresse au Sahel. Incidences sur les ressources en eau et les productions végétales. Cas du Burkina Faso. *Veille Satellitaire*, **7**: 18-30.
- Arbonnier M. 2002. *Arbres, Arbustes et Lianes des Zones Sèches d'Afrique de l'Ouest*. CIRAD/MNHN ; 574 p.
- Barral H. 1982. *Le Ferlo des Forages. Gestion Ancienne et actuelle de l'Espace Pastoral*. Edition ORSTOM: Paris; 85p.
- Brewbaker JL. 1986. Arbres fixateurs d'azote utilisés comme fourrage et comme brout en Afrique, 60-78. In *La Culture en Couloirs dans les Tropiques Humides et Sub-humides*, Kang BT, Rynolds L (eds). CRDI ; 271 p.
- Carbonnel JP, Hubert P. 1985. Sur la sécheresse au Sahel d'Afrique de l'Ouest. Une rupture climatique dans les séries pluviométriques du Burkina Faso (ex Haute-Volta). *C. R. Acad. Sc.*, **301**: 941-944.
- Cornet A. 1981. Le bilan hydrique et son rôle dans la production de la strate herbacée de quelques phytocénoses sahéliennes au Sénégal. Thèse, Univ. des Sces et tech. du Languedoc, 353p.
- Diagne AL. 2000. Influence d'un déficit pluviométrique sur le fonctionnement hydrique foliaire de *Acacia tortilis* en zone semi-aride (Ferlo-Nord, Sénégal), Thèse de doctorat de 3^e cycle ISE, UCAD, Dakar, 111p.
- Diallo AM. 2010. Caractérisation des peuplements et de la Variabilité morphologique des gousses et des graines de provenances locales de *Acacia senegal* (L.) Willd. au Sénégal. DEA, FST, UCAD, Dakar, 41p.
- Diédhiou I. 1994. Importances des légumineuses dans les systèmes écologiques arides et semi-arides du Sénégal. DEA, UCAD-ISE, Dakar, 69p.
- Diouf M, Grouzis M. 1996. Natural distribution of *Acacia tortilis* (Forsk) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan in Senegal: Ecological determining. *International Tree Crops Journal*, **9**: 69-75.
- Diouf M, Akpo LE, Rocheteau A, Do F, Goudiaby V, Diagne AL. 2002. Dynamique du peuplement ligneux d'une végétation sahélienne au Nord-Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Journal des Sciences*, **2**(1): 1-9.
- Diouf M. 2003. Caractéristiques fondamentales de la feuillaison d'une espèce ligneuse sahélienne : *Acacia tortilis* (Forsk) Hayne. Variations selon les microsites topographiques au Ferlo (Nord-Sénégal). Thèse de doctorat de 3^e cycle, UCAD, FST, Dakar, 104p.
- Diouf M, Do F, Akpo LE, Goudiaby V, Rocheteau A. 2004. Variations spatiales de la structure spécifique d'un peuplement ligneux en milieu sahélien (Ferlo, Nord – Sénégal). *Ann. Bot. Afr. O.*, **03**: 75-86.
- Diouf M, Logbo J, Do F, Akpo LE. 2010. Traits fonctionnels et importance fourragère : *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan

- var *raddiana*. Fiche technique N° 006, ISRA, 2p.
- Dupuy NC, Detrez C, Neyra M, Lajudie Ph, Dreyfus BL. 1991. Les Acacias fixatrices d'azote du Sahel. *La Recherche*, **22**: 803-804.
- Fournier C. 1995. *Fonctionnement Hydrique de Six Espèces Ligneuses Coexistant dans une Savane Sahélienne (région du Ferlo, Nord-Sénégal)*. Edition ORSTOM: Paris, TDM; 166p.
- Frankie GW, Baker HG, Opler PA. 1974. Tropical plant phenology: Applications for studies in community ecology. In *Phenology and Seasonality Modeling*, H. Lieth (ed.). Springer-Verlag : Berlin; 287-296.
- Goudiaby V. 1998. Phénologie d'*Acacia tortilis* (Forsk.) Hyane subsp. *Raddiana* (Savi) Brenan var. *raddiana* dans le Ferlo-Nord Sénégal. DEA, FST, UCAD, Dakar, 60p.
- Grouzis M, Sicot M. 1980. A method for the phenological study of browse populations in the Sahel: the influence of some ecological factors. In *Browse in Africa, the Current State of Knowledge*, Le Houérou (éd). ILCA: Addis Abeba; 233-240.
- Hodkinson ID, Coulson SJ, Webb NR. 2003. Community assembly along proglacial chronosequences in the high Arctic: vegetation and soil development in north-west Svalbard. *J. Ecol.*, **91**: 651-663.
- Ickowicz A, Friot D, Guérin H. 2005. *Acacia senegal*, arbre fourrager sahélien ? *Bois et Forêts des Tropiques*, **284**(2): 59-69.
- Le Houérou HN. 1980. Rôle des ligneux fourragers dans les zones sahéliennes et soudaniennes. In *Actes et Colloques sur les Fourrages Ligneux en Afrique*, CIPEA/ALCA: Addis-Abéba; 85-101.
- Le Houérou HN. 1989. *The Grazing Land Ecosystems of the African Sahel. Ecological Studies* (vol 75). Springer-Verlag Ed. ; 282p.
- Mahamane A, Mahamane S, Lejoly J. 2007. Phénologie de quelques espèces ligneuses du Parc national du « W » du Niger. *Sécheresse*, **1E**(4): 1-13.
- Michel P. 1969. Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. Doctorat ès sc., Strasbourg, 1167.
- Naegelé AFG. 1971. Etude et amélioration de la zone pastorale du Nord-Sénégal. Etude pâtures et cultures fourragères n°4, AGPC, FAO, Rome, 15p.
- Ohtsuka T, Adachi M, Uchida M, Nakatsubo T. 2006. Relationships between vegetation types and soil properties along a topographical gradient on the northern coast of the Brogger Peninsula, Svalbard. *Polar Biosci.*, **19**: 63-72.
- Ségalen P, Frauck R, Lamouroux M, Perraud A, Quantin P, Roederer P, Viellefon J. 1979. *Projet de Classification des Sols*. ORSTOM: Paris; 301p.
- Sharman M. 1982. Rapport sur les vols systématiques de reconnaissance au Ferlo. EP/SEN./001, FAO, Rome, UNEP, Nairobi, 48p.
- Trochain J. 1980. Ecologie végétale de la zone intertropicale non désertique. Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 468p.
- UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature). 1989. *Etudes sur le Sahel*. UICN, Gland ; 152p.
- Valenza J, Diallo K. 1972. Etude des Pâtures du Nord Sénégal. Etude agrostologie N°4, une Carte au 1/200 000 en 3 Feuilles. IEMVT / LNERV: Paris/Dakar; 311p.
- Wiegand K, Jeltsch F, Ward D. 1999. Analysis of the population dynamic of *Acacia* trees in the negev desert, Israel with a spatially explicit computer simulation model. *Ecological Modelling*, **117**: 203-224.