



ARCHITECTURE AERIENNE DE JEUNES PLANTS D'ESPECES LIGNEUSES SAHÉLIENNES
(ACACIA TORTILIS (FORSK.) L., BALANITES AEGYPTIACA (L.) DEL. ET ZIZYPHUS MAURITIANA LAM.), EN CONDITIONS SEMI-CONTROLEES

DEDICACES

à

Mon père,

Ma mère,

Pour les efforts, la tolérance et les sacrifices consentis à mon égard.

Que Dieu, le Tout Puissant vous accorde une longévité et une santé.

Ma mère adoptive

Aujourd'hui disparue. Vous avez effectivement achevé votre devoir ; le reste nous incombe.

Nous en sommes conscients. Paix à votre âme.

A

Mes frères et sœurs, mes oncles et tantes, mes cousins et cousines, mes neveux et nièces, mes
beaux frères et belles sœurs

Pour l'affection constante et les encouragements continus,

Profond reconnaissance et amour filial.

A

Mes tuteurs et tutrices

Pour votre soutiens inestimable et votre assistance que vous portez à mon égard.

Mention spéciale au frère cousin Jean B. BADIATE dont nous ne trouvons pas de mots pour
le qualifier. Que le Tout Puissant veille éternellement sur toi

A

Madeleine DIABONE BADIATTE et nos deux enfants (Lucie et Hyacinthe BADIATTE)

Pour l'affection et la convivialité indéfectible qui nous lient.

AVANT PROPOS

Ce mémoire est l'aboutissement de deux(2) années d'études approfondies réalisées dans le cadre des accords signés entre le département de Biologie végétale (U.C.A.D.) et le laboratoire d'Ecologie Végétale (Opération Acacia) de l'I.R.D (ex OROSTOM. Avant de présenter les résultats de nos recherches, qu'il nous soit permis d'adresser nos profonds remerciements à toutes les personnes qui, de manière directe ou indirecte, ont participé à la réalisation de ce travail. Nous voulons citer :

Monsieur Samba Ndao SYLLA, Maître de conférences à l'U.C.A.D. Vos explications claires et méthodiques en travaux pratiques nous ont poussées à avoir l'engouement des sciences végétales. Donc c'est un grand bonheur de vous voir présider notre jury. Nous vous prions d'agréer nos sincères remerciements.

Monsieur Léonard Elie AKPO, Professeur Titulaire au Département de Biologie Végétale, Responsable du Laboratoire d'Ecologie Végétale de l'U.C.A.D. et de l'I.R.D. Nous vous devons d'avoir guidé nos premiers pas en écologie végétale. Par votre vigueur et votre système de travail méthodique vous nous avez su inculquer les qualités inéluctables à un jeune chercheur. Vous avez pleinement joué votre rôle d'encadreur car votre disponibilité, vos suggestions remarquables et vos conseils nous ont toujours été utiles. Nous vous exprimons toute notre gratitude.

Monsieur Komi ASSIGBETSE, Ingénieur de recherche, IRD, Bel Air, Responsable du Laboratoire de L.E.M.S.A.ST (ex. Biopédologie), vous avez accepté de participer à ce jury mais avant et surtout de nous accueillir et de mettre à notre disposition les moyens pédagogiques, de même que son humanisme. Nous vous prions de trouver ici l'expression de notre profonde gratitude.

Monsieur Christian Sina DIATTA, Professeur Titulaire, à l'U.C.A.D., chef de Département du Laboratoire de Physique Nucléaire de l'I.T.N.A., vous avez accepté de participer à ce jury, vos aides et surtout vos conseils resteront toujours dans nos mémoires. Nos sincères remerciements.

Monsieur Maycor DIOUF, Docteur en Ecologie Végétale à l'U.C.A.D. qui a bien voulu accepter d'être le premier correcteur et qui n'a épargné ni son temps pour lire et relire ce document et qui a constamment orienté nos réflexions et mis ses compétences pour vérifier sans cesse les résultats obtenus. Sans son assistance permanente, il ne nous aurait certainement pas possible de terminer la rédaction de ce mémoire dans les temps impartis. Nos profonds remerciements.

Monsieur Venceslas GOUDIABY, Docteur en Ecologie Végétale, Chercheur J.E.A. à l'I.R.D. Nos premiers contacts nous ont permis d'avoir le goût de l'écologie et le travail de terrain. Nous regrettons de votre départ pour le Canada, une grande perte pour nous. Trouvez Ici l'assurance de nos sincères remerciements. Nous ne vous tournerons jamais le dos.

Notre profonde gratitude à Maître BASSENE, Ministre conseiller auprès du président de la République, Directeur Général de l'ANRAC (Agence Nationale pour la Relance des Activités économiques et sociales en Casamance), pour son aide logistique et matériel.

Mes remerciements, à John LOGBO pour les aides informatiques et les journées chaudes de mesures sur le terrain, à Siré DIEDHIOU pour son aide scientifique, son humanisme et de l'ensemble du personnel scientifique, technique et administratif de l'I.R.D qui s'est associé de près ou de loin à cette réalisation : Mbaye YOUM, Hyacinthe TENDENG, Lamine SAGNA, Louis DIANDY(Prof. de français) pour sa contribution, Mariama DIALLO et GUEYE.

A tous mes promotionnaires de classes (primaire à l'université) pour le long chemin vécu ensemble.

Les familles BADIATTE, GUANDOUL, DIABONE, BASSENE, SAMBOU, BOISSY, DIARRA pour leur accueil chaleureux. Recevez toute notre gratitude.

Il m'est impossible de ressortir tous les noms de ceux et celles qui m'ont de manière ou d'une autre apporté leur aide précieux. Que Tous soient rassurés de notre profonde gratitude.

RESUME

Les différentes entités aériennes de jeunes plants de *Acacia tortilis*, de *Balanites aegyptiaca* et de *Zizyphus mauritiana* ont été suivies en conditions semi-contrôlées de 2 mois à 9 mois ; puis de 16 mois à 24 mois par un approche visuelle globale à l'échelle du houppier. Un arrêt d'arrosage d'un mois est appliqué au 19^{ème} mois pour voir la résistance de ces espèces au manque d'eau.

Les processus de ramification à l'échelle du houppier révèle qu'à 9 et 16 mois *A. tortilis* compte 4 unités de croissances(UC), *B. aegyptiaca* 6 et *Z. mauritiana* 5. A 24 mois, seules *A. tortilis* (5) et *B. aegyptiaca* (7) ont vu leur nombre d'UC augmenté. Cependant l'UC₁ est plus longue que les autres UC pour les trois espèces. Les UC₃ et UC₄ sont les plus nombreuses chez les jeunes plants de *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana* alors que chez ceux de *Acacia tortilis*, le nombre des UC₂ est nettement supérieur.

Le nombre de feuilles à l'échelle des UC et du houppier est plus important chez *A. tortilis*. La surface foliaire unitaire et par unité de longueur sont fonction de la taille de la feuille. Elles sont significativement plus importantes chez *B. aegyptiaca* avant l'arrêt de l'arrosage. Ainsi, lors de l'arrêt de l'arrosage, tous les plants de *Z. mauritiana* sont défeuillés. Donc on peut dire que *Z. mauritiana* perd toutes ses feuilles en saison sèche contrairement aux deux autres espèces étudiées. Cette réduction de la surface foliaire est faible chez les jeunes plants de *A. tortilis* et moyenne chez ceux de *B. aegyptiaca*. La reprise de l'arrosage a induit une croissance et un débourrement foliaire précoces chez les plants de *A. tortilis* et tardifs chez ceux de *Z. mauritiana*. Cependant, l'amplitude du débourrement foliaire est plus importante chez les jeunes plants de *Z. mauritiana* après les deux semaines d'arrosage. A l'échelle du houppier, la surface foliaire est plus élevée chez *B. aegyptiaca*, intermédiaire chez *Z. mauritiana* et faible chez *A. tortilis*.

Mots clés : Dynamique, architecture aérienne, jeunes plants, *Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Zizyphus mauritiana*, unité de croissance, surface foliaire.

Abstract :

Different aerial entities of young plants of *Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca* and *Zizyphus mauritiana* have been followed in semi-controlled conditions from 2 to 9 months; and then from 16 to 24 months by a global visual approach in the scale of the canopy.

Watering was stopped after 19 months and lasted one month. This is to test the resistance of these species to the lack of water.

Ramification process at the canopy scale reveals that from 9 to 16 months *A. tortilis* has 4 growth units (UC), *B. aegyptiaca* has 6 and *Z. mauritiana* has 5. At 24 months, only *A. tortilis*(5) and *B. Aegyptiaca* (7) have an increased of their number of UC. The UC₁ is longer than other UC for all three species. There is more UC₃ and UC₄ within young plants of *B. aegyptiaca* and *Z. mauritiana* in opposite to *Acacia tortilis*, where there is clearly a higher number of UC₂.

The number of leaves in the scale of UC and the canopy is more important in *A. tortilis*. The unit foliar area and the foliar area by length unit are function of the size of the leaf. There are significantly more important in *B. aegyptiaca* before stopping watering. Thus, when we stopped watering, all *Z. mauritiana* plants lost their leaves. From that we can say that *Z. mauritiana* lost all its leaves in dry season in opposite to the two others species. This reduction of the foliar area is small in young plants of *A. tortilis* and middle in *B. aegyptiaca* plants.

Restarting watering again has induced a growth and a early foliar pruning in *A. tortilis* plants and a late pruning in *Z. mauritiana* plants.

However, the amplitude of the foliar pruning is more important in young plants of *Z. mauritiana* after the two weeks of watering.

At the canopy scale, the foliar area is higher in *B. aegyptiaca*, middle in *Z. mauritiana* and low in *A. tortilis*.

Key words : Dynamics, aerial architecture, young plants, *Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Zizyphus mauritiana* unit of growth, foliar area

INTRODUCTION

Dans les écosystèmes sahéliens, l'élevage est traditionnel, de type extensif et l'alimentation du bétail repose exclusivement sur la végétation naturelle. En saison des pluies, le pâturage herbacé constitue l'essentiel de l'aliment alors qu'en saison sèche, la contribution du fourrage aérien peut atteindre 20% (Le Houérou, 1980). Avec le déficit pluviométrique persistant au Ferlo depuis 1970 (Akpo, 1993), on a assisté à une baisse de la densité des arbres (Vincke, 1995). Cette modification induit non seulement des capacités adaptatives des espèces mais aussi elle est associée à des potentialités fourragères différentes.

La valeur fourragère des feuilles, fleurs et fruits de nombreuses espèces ligneuses autochtones est assez bien connue pour l'alimentation des animaux (Boudet, 1975 ; Le Houérou, 1980 ; Fall-Touré, 1993 ; Wiegand *et al.*, 1999). Toutefois leur utilisation dans les opérations de reconstitution du couvert végétal a été peu ou pas encouragée.

Les programmes de lutte contre la dégradation des écosystèmes basés sur des reboisements ont connu en effet de cuisants échecs, attribués généralement soit à des causes socio-économiques, soit à des causes d'origine technique. Les espèces exotiques utilisées sont en général peu ou pas adaptées tant aux conditions écologiques (Bernhard-Reversat, 1988 ; Sall *et al.*, 1991), qu'au *desiderata* des populations locales.

Pour tenir compte de ces impératifs, Grouzis (1991) a préconisé l'utilisation de taxons autochtones à croissance rapide, et bien connus des populations locales pour leurs usages multiples. Cette stratégie passe par une connaissance approfondie des mécanismes de croissance de ces plantes.

De nombreux travaux ont été menés sur des sujets adultes des espèces autochtones : la phénologie en relation avec les variations des conditions écologiques (Nongonierma, 1979 ; Poupon, 1980 ; Grouzis et Sicot, 1980), l'évaluation de la productivité (Poupon, 1980 ; Van Praët, 1983), la fixation de l'azote par les légumineuses (Doumergues et Dreyfus, 1985) et le fonctionnement hydrique (Fournier, 1995 ; Diouf, 1996). Cela a constitué sans nul doute, une étape importante dans la compréhension de l'adaptation des espèces à la sécheresse dans les zones arides et semi-arides.

Le présent travail porte sur les jeunes plants de ces espèces sahéliennes. Il cherche à établir des connaissances indispensables à la compréhension de leurs comportements en étudiant la mise en place des différents segments ontogéniques des trois principales espèces sahéliennes : *Acacia tortilis* (Forsk) hayne, *Balanites aegyptiaca* (L) Del et *Zizyphus mauritiana* (Lam).

Le document correspondant est constitué de trois paragraphes. Le matériel (zone d'étude, matériel végétal) et les méthodes utilisées sont exposées dans le premier chapitre. Le second chapitre porte sur les principaux résultats, qui sont ensuite analysés et discutés dans le troisième chapitre. Des axes de recherche sont ensuite proposés.

1 MATERIEL ET METHODES

1.1 Le site d'étude

L'étude a été menée au Centre IRD/ISRA de Bel Air à Dakar, situé dans la presqu'île du Cap-Vert. Le quartier de Bel-Air appartient à la commune d'Arrondissement de Hann-Bel-Air qui s'étend sur 6,3 km du Nord au sud et sur 2,7 à moins de 1 km d'Est en Ouest de la ville de Dakar au Sénégal. Du point de vue géographique, Bel-Air est situé dans la partie orientale de la tête de la presqu'île du Cap-Vert et s'ouvre sur l'océan Atlantique par une côte échancrée de plus de 8 km de long (Sène, 1999).

La région de Dakar est caractérisée par un microclimat de type côtier. Celui-ci est fortement influencé par les alizés maritimes et la mousson qui s'établissent respectivement de novembre à juin et de juillet à octobre suivant les directions N-NW et S-SE. Ceci entraîne une alternance de deux saisons : la saison sèche et la saison pluvieuse.

1.1.1 La saison sèche

La saison sèche va d'octobre à juin et reste relativement fraîche au mois de janvier avec des températures moyennes variant entre 20° à 23°C. Elle voit s'installer un climat de type "tropical d'alizé" soumis à l'influence de l'alizé maritime et de l'alizé continental. L'alizé maritime, de direction Nord-Ouest à Nord-Est, intéresse le littoral. Les courants d'air frais apportés par l'alizé maritime sont atténués lors de la saison sèche chaude (avril à juin) par l'alizé continental ; vent chaud et sec (Gueye, 1997). Cependant, l'influence de la mer régule le régime thermique à Dakar si bien que les températures atteignent rarement 27 °C (Cissé, 2000). Le rythme d'évolution des températures est comparable à celui des précipitations.

1.1.2 La saison pluvieuse

La saison pluvieuse est celle où les précipitations mensuelles (en millimètres) sont supérieures ou égales à deux fois la moyenne des températures en degrés Celsius (Bagnouls et Gausson, 1953). La saison pluvieuse concerne les mois de juillet, août et septembre. Le régime pluviométrique dépend essentiellement du front intertropical issu de l'interaction des deux masses d'air :

- l'air tropical continental ou Harmattan qui est une masse d'air chaude et sèche venant de l'Est et du Nord-Est ;
- l'air tropical maritime ou Mousson fortement influencé par l'anticyclone de Sainte Hélène et d'orientation Sud-Ouest/Nord-Est.

Les moyennes annuelles des précipitations à Dakar relevées par la direction Nationale de la Météorologie de Dakar-Yoff, sur la période de janvier 1991 à janvier 2000, montrent que les mois de juillet, août et septembre sont humides, avec près de 46% des précipitations en 2002, août est le mois le plus pluvieux (Ngaryo ; 2003). L'instabilité et l'irrégularité des pluies notées en zone sahélienne (au Ferlo) lors de ces vingt dernières années sont observées entre 1991 et 2002 à Dakar.

En dehors de la saison hivernale, des pluies appelées "Heug" sont également enregistrées entre décembre et février et sont irrégulières. Elles peuvent toute fois participer à la recharge de la nappe (Cissé, 2000). Depuis 1968, la température est relativement instable de même que la fréquence des pluies (Olivery, 1983). Le courant froid des Canaries ainsi que l'alizé maritime ont une action modératrice sur la température (Diagne, 1988). Cependant des hausses de températures peuvent intervenir à des périodes considérées habituellement comme froides.

1.1.3 Conditions édaphiques

1.1.3.1 Géologie et géomorphologie

La presqu'île du Cap-Vert constitue l'extrémité occidentale du vaste bassin sénégalo-mauritanien (Crevola *et al.*, 1994). Ce bassin d'âge méso-cénozoïque s'est formé au trias après l'ouverture de l'Atlantique Centrale (Bellion, 1987).

La stratigraphie est connue grâce aux affleurements et aux forages pétroliers et d'exploitations des eaux. Le socle anté- mésozoïque se situerait à la verticale de Dakar à une profondeur de 8000 m. Des dépôts marins continus allant du Lias à l'Oligocène sont connus. Un volcanisme et une altération latéritique se sont produits entre l'Eocène supérieur et le Quaternaire. Ces phénomènes ont eu lieu lors de la formation des cuirasses et des dépôts de sables dunaires (Cissé, 2000).

Sur plan structural, des failles verticales de direction NE-SW à NNE-SSW affectent la partie du bassin comprise entre Thiès et Dakar. Elles sont à l'origine de la formation des horsts de Ndiass et de Dakar, et du graben de Rufisque-Sangalkam où les dépôts sont subsidents (Castelain *et al.*, 1965).

Le paléocène est représenté par des marnes et des calcaires argileux constituant la formation des Madeleines. Celle-ci affleure au niveau de l'Anse des Madeleines, à la plage des Enfants et aux alentours du Port Autonome de Dakar. La formation des Limons de l'Hôpital Principal constitue les falaises du sud de Dakar (Sarr, 1995).

Sur le plan géomorphologique, la presqu'île du Cap-Vert est caractérisée par de longs alignements de dunes orientées NE-SW. Ce modelé sableux peu accidenté, a son point culminant (43 m) au niveau du château d'eau de Camdérène (Hébrard, 1966). Trois grandes unités géomorphologiques se distinguent :

- les régions côtières qui s'étendent de la grande côte (nord) à la petite côte (sud) avec des systèmes de dunes inhabités ; les "Niayes", dépressions interdunaires entre les cordons sableux où la nappe phréatique affleure ;
- de Dakar (Thiaroye) à Kayar, tout au long de la côte, se singularise un vaste réseau hydrographique constitué de lacs Youi, Warouwaye, Mbeubeuss, Retba et Mbawane. Ce sont des lacs salés, à forme semi-circulaire, complètement asséchés et matérialisés aujourd'hui par des zones de dépressions sauf le lac Retba (Cissé, 2000).

1.1.3.2 Les sols

Les sols de Dakar sont essentiellement ferrugineux tropicaux non lessivés ou sols "dior" (Diagne, 1988). Ils se développent dans les régions tropicales à longue saison sèche avec des pluies annuelles faibles. Ce développement est favorisé par le substrat sédimentaire sableux. Le sol de Bel-Air contient 93% de sable (Brockwell, 1982). Les caractéristiques physico-chimiques du sol sont ainsi constituées :

-0,92% de matières organiques ;	0,22 meq/100gde K ;
-0,53% de carbone organique ;	0,13 meq/100gde Na ;
-0,46% d'azote ;	0,02 meq/100g de Mn ;
3,41 meq/100g de Ca ;	4,67 meq/100g de Ca+Mg+K+Na ;
0,90 meq/100g de Mg ;	pH eau 8,35.

1.1.4 Les ressources en eau

En ce qui concerne l'hydrogéologie, la formation des sables du quaternaire, marine ou continentale, est un réservoir d'eau qui repose sur un substratum marneux d'origine tertiaire. Ce système aquifère s'étend sur tout le littoral nord sénégalais, depuis Dakar jusqu'à Saint-Louis sur une dizaine de kilomètres de largeur. Il est constitué de trois bassins hydrogéologiques :

- la nappe des sables infrabasaltiques ;
- la nappe du littoral nord et
- la nappe de Thiaroye.

Cette dernière affleure dans les Niayes. Elle représente un réservoir d'eau du sol, alimenté annuellement par l'infiltration directe des eaux de pluie. Ce réservoir se décharge par exploitation excessive au niveau des puits, par évaporation pendant la saison sèche dans les Niayes et lacs et par écoulement vers la mer (Cissé, 2000).

1.1.5 La végétation

Dans la presqu'île du Cap-Vert, les seules zones à végétation restent les zones interdu-naires marquées par les "Niayes". Ces unités sont caractérisées par une végétation Guinéenne dominée par des palmiers à huiles et des cocotiers (Cissé, 2000).

La végétation du centre expérimental de l'I.R.D.Bel-Air de Dakar est constituée par des dispositifs expérimentaux de jeunes plants d'espèces ligneuses piquetés de grands arbres et arbustes. Les arbres plantés sont dominants dans ce centre d'étude. Ce sont : *Adansonia digitata*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Mangifera indica*, *Balanites aegyptiaca*, *Azadirachta indica*, *Albizzia lebeck*, *Terminalia mantaly*, *Casuarina equisetifolia* et *Acacia senegal*.

Quelles que espèces herbacées sont rencontrées au niveau du site d'étude. On peut citer entre autre : *Achyranthes argentea*, *Alysicarpus ovalifolius*, *Andropogon gayanus*, *Aristida mutabilis*, *Boerhavia erecta*, *Cassia obtusifolia*, *Cenchrus biflorus*.

1.2 Matériel biologique

1.2.1 Origine des trois jeunes plants.

Les semences, acquises au Centre National de Recherche Forestier (C.N.R F) de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (I.S.R.A) de Dakar, ont été soumises à différents prétraitements afin de réduire la durée et de regrouper les germinations. Les graines d'*Acacia tortilis* ont séjourné dans l'acide sulfurique concentré (1N) pendant 60 minutes puis trempées dans l'eau froide pendant 10 à 15 minutes. Celles de *Balanites aegyptiaca* ont été trempées dans l'eau froide pendant 24 heures après l'éclatement de l'endocarpe à l'aide d'un étai. Pour les graines de *Zizyphus mauritiana*, l'endocarpe a été cassé à l'aide d'un marteau afin d'extraire l'amande, qui a subi un trempage de 5 minutes dans l'acide sulfurique puis une imbibition de 48 heures dans de l'eau froide.

Elles ont été ensuite semées dans des pots mises à germer; un mois après la mise en serre des graines qui ont germés, les jeunes plants ont été transférés dans la parcelle expérimentale du laboratoire d'Ecologie Végétale de l'Institut de Recherche pour le Développement de Dakar (Bel-Air).

1.2.2 Dispositif expérimental

La parcelle expérimentale est longue de 65 m et large de 20 m ; soit une superficie de 1300 m². Au niveau de cette parcelle expérimentale, 252 jeunes plants ont été plantés en septembre 2002 dont 96 plants de *acacia tortilis*, 72 de *Balanites aegyptiaca* et 84 de *Zizyphus mauritiana*. En septembre 2004, la parcelle expérimentale ne compte que 150 jeunes plants. Parmi les plants disparus, 27 ont été utilisés lors des suivis de l'architecture racinaire et 75 sont morts.

1.2.3 Description des espèces

➤ *A. tortilis*, espèce ligneuse épineuse de 12-13-(21) m de hauteur (adulte), a un fût cylindrique et plus ou moins court, à cime étalée en parabole (parfois plus ou moins en boule) et plus ou moins dense (**photo1**).

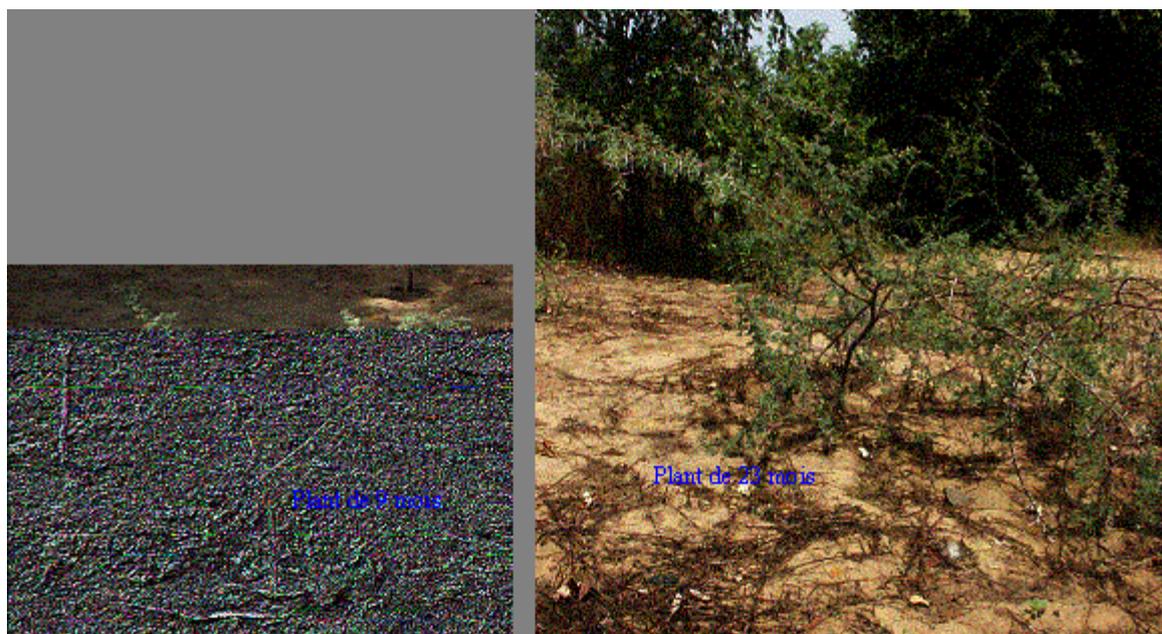


Photo 1. Jeune plant d'*Acacia tortilis* (Forsk) Hayne âgé de 24 mois : mise en place et développement des rameaux à la station expérimentale du centre IRD/ISRA de Bel-Air à Dakar.

➤ Les rameaux portent des feuilles alternes bipennées, glabres ou pseudo-glabres de même que les gousses. Ces feuilles sont formées d'un rachis long de 4 à 6 cm portant 3 à 6 paires de pinnules longues de 2 à 3 cm pour les adultes (Brenan *et al.*, 1959 ; Geerling, 1987).

Chez les jeunes plants ce rachis varie de 0,2 à 2 cm et porte 2 à 5 paires de folioles. Les deux pinnules terminales sont très rapprochées ; les autres sont distantes de 10 mm environ. A la base du pétiole, deux épines jumelles disposées à la base des feuilles, blanchâtres, droite pour la plupart, atteignant 5 (-10) cm de long, d'autres plus ou moins courbes atteignant 0,5 cm de long (Berhaut, 1975); 1 à 3 cm chez le jeune plant de 9 mois et 1 à 4,5 cm chez les plants de 24 mois. Au Ferlo, son port en forme de parasol lui donne une morphologie qui lui est particulière

➤ *B. aegyptiaca* est un arbre à cime sphérique (**photo 2**), aplatie ou irrégulière avec 8 à 9m de hauteur chez l'adulte ; port remarquable avec des branches retombantes souples. Ecorce lisse chez les jeunes plants et crevassée, fissurée, beige à noirâtre chez l'adulte. Ses branches sont armées de longues épines alternes ou disposées plus ou moins en spirale sont insérées à l'aisselle des feuilles et atteignant 8 à 10 cm de long pour les adulte (Berhaut, 1975), 2 à 5 cm pour les jeunes plants de 6 mois et jusqu'à 12 cm pour les plants de 24 mois. Les rameaux glabres ou

presque portent des feuilles alternes composées bifoliolées. Elles mesurent 1-7 cm de long chez l'adulte, 1-3 cm pour les jeunes plants de 6 mois et de 1- 9 cm pour les plants de 24 mois ; folioles elliptiques à sommet pointu obtus parfois émarginé ; les pétiolules mesurent 1-4 mm de long.



Photo 2. Jeune plant de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del âgé de 24 mois : mise en place et développement des rameaux à la station expérimentale du centre IRD/ISRA de Bel-Air à Dakar.

➤ *Z. mauritiana* est un arbuste épineux et sarmenteux, buissonnant, à cime arrondi touffue avec des branches retombants (**photo 3**).

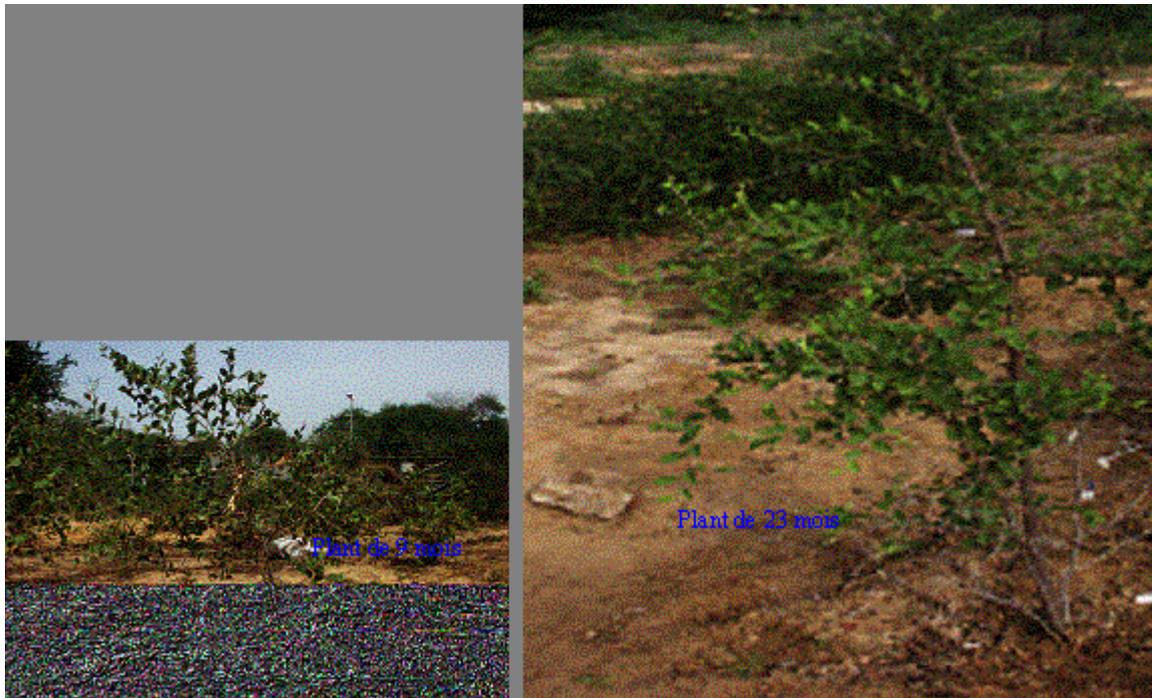


Photo 3. Jeune plant de *Zizyphus mauritiana* Lam âgé de 24 mois : mise en place et développement des rameaux à la station expérimentale du centre IRD/ISRA de Bel-Air à Dakar.

Ce petit arbre peut mesurer jusqu'à 10 m de haut voire 16 m (Berhaut, 1975) et présente des rameaux blanchâtres en zigzag, tomenteux et qui changent de direction à chaque nœud. Les épines sont disposées par deux à l'aisselle des feuilles. L'une droite et effilée orientée vers le haut, atteint 1,8 cm de long et l'autre en crochet, plutôt orientée vers le bas est plus courte. Elles mesurent 1 à 2 cm chez les jeunes plants de 6 mois et 1 à 3 cm chez les individus jeunes de 24 mois.

Les feuilles alternes, très variables de formes, elliptique, ovale à sub-orbulaire mesurent 1,3-7 x 1-4 cm de long. Ces feuilles, à bord crénelé, sont à sommet arrondi et mucroné, à base symétrique ou presque. Le limbe vert est gris sur la face inférieure et plus ou moins brillant sur la face opposée. Le pétiole pubescent atteint 0,5-1,2 cm de long (Berhaut, 1975).

1.2.4 Position systématique et taxonomie.

1.2.4.1 Position systématique.

-*Acacia tortilis*.

Embranchement	: Spermatophytes
Sous-embranchement	: Angiospermes
Classe	: Dicotylédones
Sous-classe	: Dialypétales
Ordre	: Rosales
Super-famille	: Légumineuses
Famille	: Mimosasées
Genre	: <i>Acacia</i>
Espèce	: <i>tortilis</i>

-*Balanites aegyptiaca*

Embranchement	: Spermatophytes
Sous-embranchement	: Angiospermes
Classe	: Dicotylédones
Sous-classe	: Dialypétales
Ordre	: Sapindales
Famille	: Zygophyllacées
Genre	: <i>Balanites</i>
Espèce	: <i>aegyptiaca</i>

-*Zizyphus mauritiana*.

Embranchement	: Spermatophytes
Sous-embranchement	: Angiospermes
Classe	: Dicotylédones
Sous-classe	: Dialypétales
Ordre	: Rhamnales
Famille	: Rhamnacées
Genre	: <i>Zizyphus</i>
Espèce	: <i>mauritiana</i>

1.2.4.2 Taxonomie

-*Acacia tortilis*

A. tortilis (Forsk) hayne, possède quatre (4) sous-espèces dont deux renferment chacun deux (2) variétés (Ross 1979 ; Fagg et Graves ; 1990) qui sont :

-ssp *raddiana* (Savi) Brenan var. *raddiana*

- ssp *raddiana* (Savi) Brenan var. *pubescens* A.Chev.
- ssp *spirocarpa* (Hochst. ex A Rich) Brenan var *spirocarpa*
- ssp *spirocarpa* (Hochst. ex A Rich) Brenan var *crinita* Chiov.
- ssp *heterocantha* (Burch) Brenan

Seule est rencontrée au Sénégal *Acacia tortilis* (Forsk) hayne sudsp *raddiana* Savi Brenan var *raddiana*. Cependant, Nongonierma (1979) propose une nouvelle variété : *flava* A Nongo qui se différencie entre autre de la variété *raddiana* par des feuilles et fleurs annuelles pérennes sans fructification (six années d'observation).

-*Balanites aegyptiaca*

D'autres espèces de *Balanites* existent mais non rencontrées au Sénégal (M. Baumer, 1995) ; il s'agit de :

- B. angolensis* Welw ;
- B. orbicularis* Sprague d'Afrique orientale ;
- B. pedicularis* Mildbes et Schlecht ;
- B. wilsoniana* Dawe et Sprague.

On les rencontre dans les forêts décidues, très appréciées en Ouganda pour la cuisine.

B. aegyptiaca est la seule espèce connue au Sénégal.

-*Zizyphus mauritiana*

En dehors de *Z. mauritiana* (Lam), quatre autres espèces sont recensées au Sénégal dont une non comestible (Berhaut, 1975). Ces espèces sont :

- Z. amphibia* , dans le lit des rivières et dans les terres inondables du Oualo ;
- Z. mucronata* ou Jujubier de l'Hyène, non comestible pour les populations humaines ;
- Z. abyssinica* trouvé dans le Niokolo ;
- Z. spina christi* dans le Niokolo et le Darou ;

1.2.5 Répartition géographique et écologique

A. tortilis, *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana* sont des espèces sahéliennes. L'inventaire de la végétation de zone sahélienne sénégalaise (Ferlo) effectuée par Akpo (1993,) révèle que ces trois espèces couvrent 30,7% (*B. aegyptiaca*), 21,7% (*A. tortilis*), 1,6% (*Z. mauritiana*) des individus ligneux. Au Ferlo, le recouvrement ligneux est passé de 37% (Akpo, 1993) à 24,4% en 1998 ce qui correspond à une réduction de 14,6% (Diouf, 2000). Cette réduction du couvert ligneux est due à l'exploitation des gros individus de *Acacia raddiana* pour le bois de feu et le charbon de bois (Diouf *et al.*, 2002).

Au Sénégal *A. tortilis* s'étend environ sur les 2/3 du territoire dans la bande située d'une part entre les parallèles Nord 13°30' et 16°30' et d'autre part entre les méridiens ouest 12°06' et 16°53' (Diouf et Grouzis, 1996). Cette espèce soudano-sahélienne en plus du Sénégal se rencontre dans le monde (Cameroun en Somalie, Afrique tropicale, Afrique du Nord, Moyen-Orient et Arabie (Berhaut, 1975 ; Von Maydell, 1990). *Acacia tortilis*, espèce clé de voûte au Nord-Sénégal (Grouzis *et al.*, 1986 ; Diédhiou, 1994) favorise par son couvert la régénération de *Balanites aegyptiaca* et de *Boscia senegalensis* (Akpo et Grouzis, 1996). Cette espèce ne régénère qu'au niveau des bas-fonds (Diouf *et al.* 2004) ; cela se traduit par un vieillissement et une diminution du nombre d'individus (Diédhiou, 1994 ; Wiegand *et al.*, 1999 ; Diouf *et al.*, 2002).

B. aegyptiaca se rencontre dans les zones sahéliennes à soudano-sahéliennes. Elle colonise tous les types de sols donc peu exigeante quant au sol et toutes les situations topographiques (Anonyme, 1985).

Au Sénégal, sa limite sud de répartition ne dépasse guère le Sine Saloum.

Dans le reste du monde, elle est présente en Afrique tropicale sèche, au Soudan, en Afrique orientale, de l’Egypte en Zambie, Arabie et Inde (Berhaut, 1975).

Z. mauritiana est trouvé naturellement dans les Savanes sahélo-soudaniennes à soudaniennes, sur les sols sableux ou rocheux, sur les terrains cultivés, aux bords de mares, des rivières et des Oueds (Aubreville, 1950). Il est présent en Mauritanie, au Cameroun et Asie tropicale mais aussi en Amérique du Sud, en Inde et au Proche Orient (Anonyme, 1985).

1.2.6 Ethnobotanique

A. tortilis, *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana* sont des essences végétales dominantes dans la région du Ferlo. Ils procurent du fourrage au bétail, notamment en période de soudure, offrent de multiples usages à l’homme (bois d’œuvre, bois de feu, ombrage, pharmacopée traditionnelle), et jouent un rôle écologique déterminant (lutte contre l’érosion des sols et la fixation des dunes, amélioration de la fertilité du sol par association symbiotique). Ces espèces jouent un intérêt économique dans les pays en voix de développement. Elles sont employées pour la lutte contre l’érosion éolienne (Von Maydelle, 1990). Le département des forêts de la F A O classe ces espèces (surtout *A. tortilis*) parmi les essences à usages multiples à fort potentiel et donc, à caractère prioritaire dans les programmes et stratégies de reboisement des régions arides et semi-arides (Anonyme, 1996).

1.3 Définition de quelques termes utilisés

1.3.1 Architecture végétale

Le concept d’architecture est le noyau de la représentation des plantes. Barthelemy en 1988, définit l’architecture d’une espèce végétale comme l’ensemble des formes structurales qu’elle présente à un moment donné de son existence. Cette définition nous permet de caractériser les différentes entités constitutives d’une plante et la dynamique des ces entités.

1.3.2 La croissance

La croissance d’une plante est le résultat de deux phénomènes simultanés : l’organogenèse et l’allongement.

Dans la partie distale ou méristème se déroulent des processus d’intenses activités mitotiques au cours desquelles sont initiés de nouveaux éléments de la tige (nœuds, entre-nœuds, feuilles (Nougrarede et Rembur, 1985). Cette activité (organogenèse) se fait au sommet de l’axe feuillé (Rival, 1966). L’allongement est l’accroissement en longueur d’une tige un peu en arrière du dôme apical ; c’est le « subapical growth » des anglosaxons (Hackett, 1985). La croissance peut être continue ou rythmique, définie ou indéfinie.

1.3.3 La ramification

Elle est définie par (Bugnon, 1980) comme une unité morphologique du corps végétal et donne naissance à une ou plusieurs unités nouvelles de même nature. En principe, l’unité génératrice et les unités apparues restent associées en un ensemble dit système ramifié (rameau ou faisceau). Ces rameaux peuvent avoir une direction de croissance : verticale ou orthotrope, horizon-

tale ou plagiotrope. Les rameaux latéraux se développent dans la partie distale de la tige porteuse (acrotonie), dans la partie basale de la tige porteuse (basitonie) et/ou dans la partie médiane (méso-tonie).

Ainsi les observations faites sur les séquences de ramifications des jeunes plants montrent que le processus de ramification diffère d'une espèce à une autre. Chez *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana*, elle est précoce (quatre mois et 10 jours chez *B. aegyptiaca* après semi; deux mois et 10 jours chez *Z. mauritiana* après semi) et est situé au niveau des premiers nœuds de la base vers le sommet de l'axe feuillé.

Tout système ramifié peut aussi être décrit par la notion d'ordre de ramification. Par définition, le premier axe porteur (organe cylindrique ou conique terminé par une partie embryonnaire ; le méristème apical) correspond à l'axe d'ordre 1, tandis que les axes qu'il porte sont qualifiés d'ordre 2. Selon Barthelemy *et al.* (1997), les axes portés par des axes d'ordre (n) sont qualifiés d'axes d'ordre (n+1) et découlent des ramifications successives de ces axes d'ordre (n). Dans la plupart des cas, le processus de ramification aboutit à une différenciation morphologique entre entité porteuse et entité portée. Un axe d'ordre (n) aura des caractéristiques morphologiques différentes d'un axe d'ordre (n+1). Il est possible d'attribuer un numéro d'ordre aux différents axes car ces derniers sont non seulement isolés mais sont reconnaissables par le fait qu'ils ne produisent pas de nouvelles unités au niveau de leur apex (Goudiaby, 2003).

1.3.4 L'unité

Elle est le terme générique utilisé pour symboliser une succession d'entre-nœuds mis en place pendant une unité de temps déterminée. Selon le temps de développement, l'entité «unité» peut être nommée de diverses manières en fonction des critères morphologiques et botaniques qui permettent de l'identifier sur l'arbre (Barthelemy, 1997). Dans le cas où cette unité correspond à une vague de croissance, elle est nommée unité de croissance (organogenèse et allongement).

1.3.5 L'unité de croissance (U.C)

L'UC exprime la portion de tige mise en place au cours d'une phase d'allongement ininterrompue marquée par des étranglements ou arrêts de croissance (figure 1).

Elle peut être matérialisée ou non par des marqueurs morphologiques qui peuvent être des cataphylles, des bourgeons ou leurs cicatrices qui déterminent des entre-nœuds généralement plus réduits, de nœuds d'épines (Barthelemy *et al.*, 1997).

Ainsi, par analogie aux rameaux, l'UC d'ordre 1 ou UC₁ est la tige principale avec son apex, lieu d'intense activité mitotique du dôme méristématique pour la mise en place de nouveaux éléments de la tige (Nougarede & Rembur, 1995). L'UC d'ordre 2 ou UC₂ caractérise les rameaux latéraux issus du fonctionnement du méristème latéral de la tige principale.

L'UC d'ordre n est celle issue des rameaux de n^{ème} ordre : c'est le résultat de n ramifications successives.

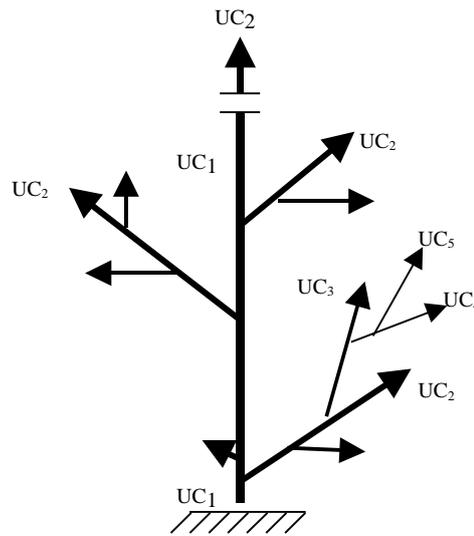


Figure 1. Principales subdivisions d'une tige de plants d'essences ligneuses.

1.3.6 Le nœud

C'est le point d'insertion de la feuille, il est le marqueur périodique de l'axe végétal et représente la plus petite entité morphologique qui permet de construire la plante (Rey *et al.*, 1997). Il résulte du fonctionnement du méristème apical et peut porter des marqueurs morphologiques.

1.3.7 L'entre-nœud

Il est la portion d'axe (tige) strictement comprise entre deux nœuds successifs (Barthelemy *et al.*, 1997). Ces nœuds peuvent porter ou non des feuilles.

1.3.8 La feuille et ses différents paramètres

1.3.8.1 La feuille

La feuille est constituée de pétiole et de rachis bien différenciés chez les trois espèces étudiées. Sa forme diffère suivant les espèces.

1.3.8.2 La surface foliaire unitaire (SFU)

Elle représente la surface foliaire d'une feuille qui englobe aussi bien le pétiole, le limbe et le rachis.

1.3.8.3 La surface foliaire d'une unité de croissance (SFL)

La SFL désigne la surface foliaire de l'unité de croissance considérée. Elle est le résultat de l'effet cumulatif des surfaces unitaires des feuilles portées par l'unité de croissance. Elle peut être assimilée à l'unité de longueur et on parle dans ce cas de surface foliaire par unité de longueur, de l'unité de croissance concernée. Elle s'exprime en centimètre carré par centimètre.

1.3.8.4 La surface foliaire réelle

Pour situer l'évolution des feuilles en rapport avec le niveau de fonctionnement hydrique de la plante et les conditions du milieu.

1.4 Méthodes utilisées

Les observations ont débuté depuis octobre 2002, soit un suivi de 24 mois. Les données ont été collectées en deux étapes. Les premières données ont concerné les travaux de Ngaryo (2003), puis complétées par nous de 16 à 24 mois. Nous avons ainsi pu comparer les premiers résultats (de 1 à 9 mois) aux nôtres (de 16 à 24 mois). Trois individus de chaque espèce ont été suivis. Les UC ont été identifiées, numérotés du bas vers le haut. La fréquence des observations est de 15 à 20 jours.

Les paramètres mesurés pour les différentes unités de croissance des UC sont :

A. Tortilis

- la longueur des UC ;
- la longueur (pétiole+rachis) et le nombre de feuille ;
- le nombre total de folioles, de nœuds, d'épines et de bourgeons ;
- les diamètres basal, moyen et apical.

B. aegyptiaca

- la longueur des UC ;
- la longueur des folioles ;
- la largeur maximale perpendiculairement à la nervure centrale ;
- le nombre total de nœuds, d'épines et de bourgeons ;
- les diamètres basal, moyen et apical.

Z. mauritiana

- la longueur des UC ;
- la largeur maximale mesurée perpendiculairement à la nervure centrale ;
- le nombre total de nœuds, d'épines et de bourgeons ;
- les diamètres basal, moyen et apical ;

1.5 Matériel de mesure

Les mesures de diamètres sont effectuées à l'aide d'un pied à coulisse électronique de type MITUTOYO (UK) LTD Absolut Digimatic Caliper digital.

Les longueurs et largeurs des feuilles ont été mesurées par un double décimètre quant à la longueur des rameaux, le mètre à ruban est utilisé.

Des échantillons de rameaux sont récoltés par individu pour les mesures de surface foliaire et de biomasse foliaire. Ces deux paramètres sont déterminés au laboratoire par un photo-planimètre (surface foliaire) et après séchage à l'étuve (type : EU 500 EL ITS EXTR PROLABO) jusqu'à poids constant (biomasse foliaire).

1.6 Traitement des données

1.6.1 Description architecturale

La longueur et le nombre des UC de différents ordres chez les trois individus sont déterminés. Les unités de croissance de même ordre sont regroupées entre elles. La comparaison deux à deux par le test t pour séries appariées sous Stat View a révélé une uniformité en terme d'architecture aérienne entre les individus de chaque espèce.

1.6.2 Nombre de feuilles

Le nombre de feuilles sur une UC suivie est déterminé par le rapport : $\mathbf{N}/\mathbf{L}_{uc}$ ou \mathbf{N} désigne l'effectif total de feuilles portées par un ordre d'UC et \mathbf{L}_{uc} la longueur d'un ordre d'UC.

Une comparaison deux à deux est faite entre les UC de longueurs différentes. Le nombre de feuilles à l'échelle de l'individu est déduit à partir du nombre de feuilles des UC de différents ordres cumulés. La comparaison est effectuée sous Stat View.

1.6.3 Surface foliaire

L'estimation de la surface foliaire dans le modèle d'une régression pas à pas est effectuée par une intégration de la longueur, de la largeur des feuilles et du nombre de folioles.

Les surfaces foliaires unitaires (SFU en cm^2) et par unité de longueur (SFL en cm^2/cm) des unités de croissance des différents ordres sont déterminées respectivement par les rapports

$$\mathbf{SFU} = \mathbf{SFT}/\mathbf{N} \text{ et } \mathbf{SFL} = \mathbf{SFT}/\mathbf{L}_{uc}$$

\mathbf{SFU} = surface foliaire unitaire ; \mathbf{SFL} = surface foliaire unitaire par unité de longueur ; \mathbf{N} = effectif total de feuilles portées par une UC ; \mathbf{L}_{uc} = longueur de l'UC d'ordre donné

La relation $\mathbf{SF} = \mathbf{SFL} \times \mathbf{L}_{uc}$ a été utilisée pour déterminer la surface foliaire d'un ordre donné. La surface foliaire à l'échelle du houppier est donnée par le cumul de la surface des différents UC. La surface foliaire totale (\mathbf{SF}) d'un individu est exprimée en cm^2 .

Le travail cherche à comprendre la mise en place des unités de croissance de jeunes plants et leur dynamique à partir de la phénologie quantitative dont la description architecturale et la caractérisation de l'indice foliaire (nombre de feuilles et surface foliaire). Ainsi, des tests statistiques de comparaison de moyennes (ANOVA) sont effectués sous State View sur les paramètres mesurés des différentes unités de croissance des jeunes plants de 9, 16 et de 24 mois.

2 RESULTATS

2.1 Caractéristiques des unités de croissances

2.1.1 Mise en place des unités de croissance

Le tableau 1 présente les périodes d'apparition des unités de croissance.

Tableau 1. Délai de mise en place des unités de croissance

Espèces	UC1	UC2	UC3	UC4	UC5	UC6	UC7
<i>A. tortilis</i>	9 mois				16 mois	-	-
<i>B. aegyptiaca</i>	9 mois						24 mois
<i>Z. mauritiana</i>	9 mois					-	-

Nous avons observé 4 UC chez les jeunes plants de *Acacia*, 6 chez ceux de *Balanites* et 5 chez ceux de *Ziziphus mauritiana* à 9 mois, une 5^{ème} unité de croissance à 16 mois chez les jeunes plants de *Acacia* et une 7^{ème} UC chez les jeunes plants de *Balanites* à 24 mois.

Toutes les UC sont donc établies à 9 mois chez les plants de *Ziziphus*, à 16 mois chez ceux de *Acacia*. Jusqu'à 24 mois encore apparaissent des UC chez les jeunes plants de *Balanites*.

Le tableau 2 présente les variations des effectifs des différents ordres d'UC observées à 9, 16 et 24 mois.

Tableau 2. Variation des effectifs des UC selon l'espèce et la période

Espèces	Mois	UC2	UC3	UC4	UC5	UC6	UC7	TOTAL
<i>A. tortilis</i>	9	38	58	5				104
	16	29	24	9	2			65
	24	24	20	10	3			58
<i>B. aegyptiaca</i>	9	15	36	39	24	3		99
	16	33	36	39	24	6		119
	24	35	39	51	27	6	2	169
<i>Z. mauritiana</i>	9	28	31	12	4			78
	16	30	47	20	6			104
	24	36	60	24	6			125

Le nombre de rameaux le plus important est représenté :

- à 9 mois par l'UC3 chez *A. tortilis* et *Ziziphus*, l'UC4 chez les jeunes plants de *Balanites* ;
- à 16 mois par l'UC2 (*Acacia*) et l'UC3 (*Balanites* et *Ziziphus*) ;
- à 24 mois par l'UC2 (*Acacia*), l'UC3 (*Ziziphus*) et par l'UC4 (*Balanites*).

Quelle que soit la période, les rameaux d'ordre 3 sont les mieux représentés chez *Ziziphus* ; 39,7%, 52,2% et 48% à 9, 16 et 24 mois respectivement.

Lorsque l'on considère l'effectif total des rameaux émis, *Acacia* vient en tête à 9 mois (104 UC), suivie de *Balanites* à 16 et 24 mois. L'effectif des rameaux de *Acacia* a régulièrement diminué, de 30% entre 9 et 16 mois et de 20% entre 16 et 24 mois ; c'est en définitive l'espèce qui a le moins de rameaux à 24 mois. Pour les plants jeunes des autres espèces en revanche, le nombre des UC observées a augmenté avec l'âge des jeunes plants.

2.1.2 Variations du diamètre basal moyen des UC

La figure 3 présente la variation de la grosseur des UC des jeunes plants des trois espèces ligneuses.

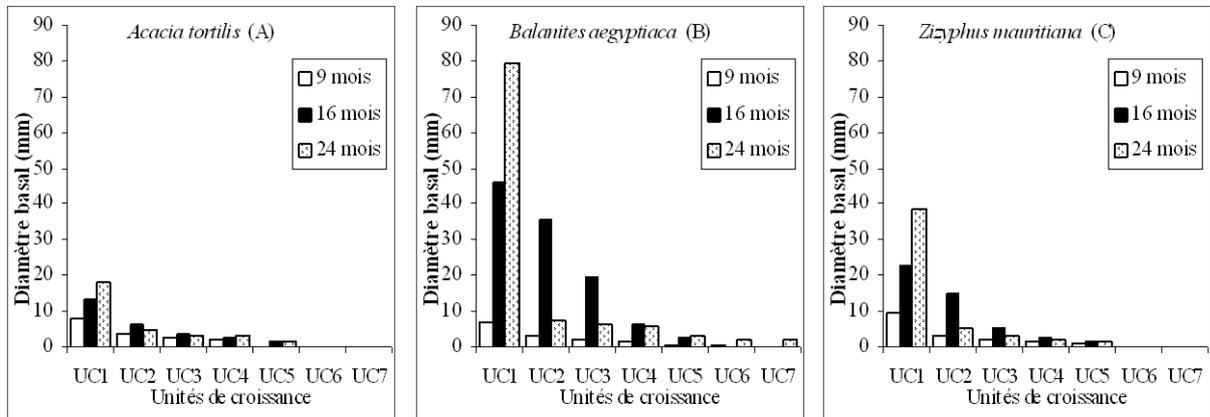


Figure 2. Variation du diamètre basal des UC des jeunes plants en fonction des espèces et de l'âge.

A 9 mois, le diamètre des UC1 n'est pas différent d'une espèce à l'autre ; il est partout inférieur à 10 mm. Le plus gros diamètre basal a été observé au niveau des UC1, UC2, UC3 et UC4 de *Balanites*.

La courbe de tendance associée à la distribution de 16 et 24 mois peut être assimilée à une loi exponentielle de type décroissant pour les trois espèces.

2.1.3 Longueur moyenne des unités de croissance

La figure 2 présente la variation de la longueur moyenne des unités de croissance en fonction des espèces à 9 mois, 16 mois et 24 mois.

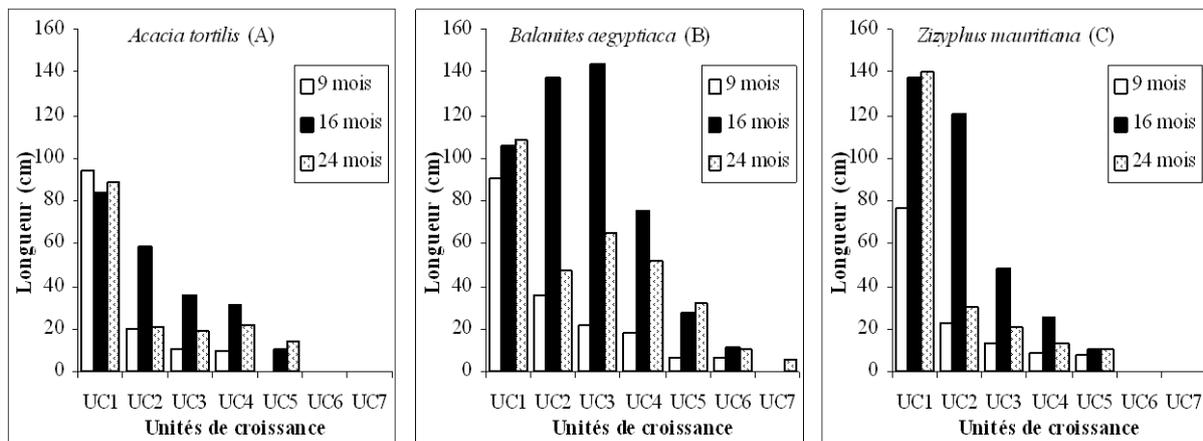


Figure 3. Variation de la longueur moyenne des UC des jeunes plants des trois espèces ligneuses sahé-liennes à 9, 16 et 24 mois.

La hauteur moyenne des jeunes plants a varié de 95 cm chez *A. tortilis*, 110 cm chez *B. aegyptiaca* à 120 cm chez *Z. mauritiana*. La hauteur des jeunes plants de *Z. mauritiana* a fortement varié entre 9 et 16 mois, de 90 à 135 cm, (figure 2 C).

A l'exception de *Acacia tortilis* dont l'apex de l'UC₁ est cassé, toutes les UC mesurées à 16 et 24 mois ont été plus longues qu'à 9 mois. La croissance des UC a en effet été plus importante au cours de cette période pour toutes les espèces ; elle a varié de 31,2 cm chez les jeunes plants de *A. tortilis* à 71,4 cm chez ceux de *Balanites* en passant par 48,8 cm chez ceux de *Z. mauritiana* (ta-

bleau 3). A l'exception de *A. tortilis*, la croissance a varié de manière significative non seulement entre les espèces mais aussi et surtout entre les périodes. La croissance a été relativement assez faible au cours des 9 premiers mois dans les trois espèces.

Tableau 3. Croissance moyenne des UC par espèce entre 9, 16 et 24 mois.

Périodes	<i>A. tortilis</i>	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>Z. mauritiana</i>
9	18,94 d	25,43 c	18,01 d
16	31,19 c	71,41a	48,79 b
24	23,42 c	45,74 b	30,74 c
R ² (p = 0,0001)	0,966		

La variation de la croissance des différentes UC de jeunes plants de *A. tortilis* et de *Z. mauritiana* (figure 3 A et C) peut être ajustée à un modèle exponentiel de type décroissant pour les périodes d'observation. Pour les jeunes plants de *B. aegyptiaca*, la courbe de type exponentiel décroissant peut être appliquée à 9 mois. A 16 (figure 3 B) ; la structure s'accorderait davantage avec un modèle log-normal. Toujours pour cette espèce, la courbe présente deux pics à 24 mois.

2.1.4 Vitesse de croissance des UC

Les vitesses de croissance moyenne mensuelle les plus élevées ont été observées (tableau 4) :

Tableau 4. Vitesse de croissance moyenne des UC

Espèces	Mois	UC1	UC2	UC3	UC4	UC5	UC6	UC7
<i>A. tortilis</i>	9	10,14	2,16	1,1	1,02			
	16	1,50	5,5	3,63	3,21	1,52		
	24	0,62	0,62	1,62	1,16	0,53		
<i>B. aegyptiaca</i>	9	10,0	4,0	2,36	1,9	0,75	0,72	
	16	2,26	14,52	17,45	8,2	2,52	0,67	
	24	0,31	0,1	1,3	3,5	2,68	0,6	0,6
<i>Z. mauritiana</i>	9	15,56	3,3	2,34	1,51	1,2		
	16	0,35	12,91	3,9	1,7	0,05		
	24	0,3	3,66	0,001	0,35	0,16		

- au cours des 9 premiers mois au niveau des UC1 (10,1 cm chez les plants de *Acacia* et de *Balanites*, 15,6 cm chez ceux de *Zizyphus*) ;

- à 16 mois avec les UC2 (5,5 et 12,9 cm chez les jeunes plants de *Acacia* et *Zizyphus* respectivement) et l'UC3 chez *Balanites* (17,45 cm).

- à 24 mois au niveau des UC3 (*Acacia*), UC4 (*Balanites*) et UC2 (*Zizyphus*). C'est à cette période aussi que la vitesse de croissance moyenne, et ainsi la croissance des plants, a été partout la plus faible, pour les 3 espèces à l'exception de l'UC5 à 16 mois.

2.1.5 Variation du nombre de nœuds

Le nombre moyen de nœuds des différentes UC des jeunes plants à 9, 16 et 24 mois est présenté dans le tableau 5.

Tableau 5. Variation du nombre de nœuds des UC des jeunes plants en fonction de la période (mois).

Espèces	Périodes	UC1	UC2	UC3	UC4	UC5	UC6	UC7
<i>A. tortilis</i>	9	72	42	35				
	16	94	70	45	33			
	24	94	70	56	33	19		
<i>B. aegyptiaca</i>	9	46	30	17				
	16	56	63	59	36	16		
	24	58	63	54	41	16	13	3
<i>Z. mauritiana</i>	9	46	26	16	10			
	16	54	64	29	20	9		
	24	56	64	29	20	11		

Le nombre de nœuds diminue de l'UC1 vers l'UCn. Il augmente en revanche avec l'âge du plant quelle que soit l'espèce de manière significative jusqu'à 16 mois. Entre 16 et 24 mois, l'accroissement devient faible (parfois 2 nœuds pour l'UC1 de *Balanites* et de *Ziziphus*) à nul (pour l'UC1 de *Acacia*, ou l'UC2 des 3 espèces). De même il n'y a pas d'UC sans nœud.

Quelque soit l'unité de croissance, le nombre de nœuds est nettement plus important chez les jeunes plants de *Acacia*, suivi de ceux de *Balanites*. Les jeunes plants de *Ziziphus* présentent le nombre de nœuds le plus faible.

2.1.6 Relation entre la longueur et le nombre de nœuds des UC : définition des entrenœuds

Le rapport entre la longueur de l'unité de croissance et le nombre de nœuds détermine la longueur de l'entrenœud (figure 4).

Chez les jeunes plants de *Ziziphus*, la longueur des entrenœuds décroît en fonction de l'ordre d'apparition des unités de croissance. Les entrenœuds de l'UC1 sont nettement plus longs que ceux des UC2, ceux de l'UC2 que des UC3, et ainsi de suite.

Chez les jeunes plants de *Balanites* en revanche, on a observé une augmentation de la longueur des entrenœuds de l'UC1 vers l'UC3. Les entrenœuds de l'UC1 sont donc plus courts que ceux des UC2, ceux des UC2 que ceux des UC3.

Chez les jeunes plants de *Acacia* enfin, les entrenœuds de l'UC1 sont légèrement plus longs que ceux des UC2 qui sont comparables aux entrenœuds des UC3. Au niveau de cette espèce, il n'y a donc pas de différence de la longueur des entrenœuds quelle que soit l'unité de croissance.

Les plus longs entrenœuds ont été observés au cours des 9 premiers mois chez les jeunes plants de *Ziziphus* ; ils sont au niveau de l'UC1 et mesurent 3 cm environ, tandis que les plus courts appartiennent aux UC3 de *Acacia* (0,3 cm pour la même période).

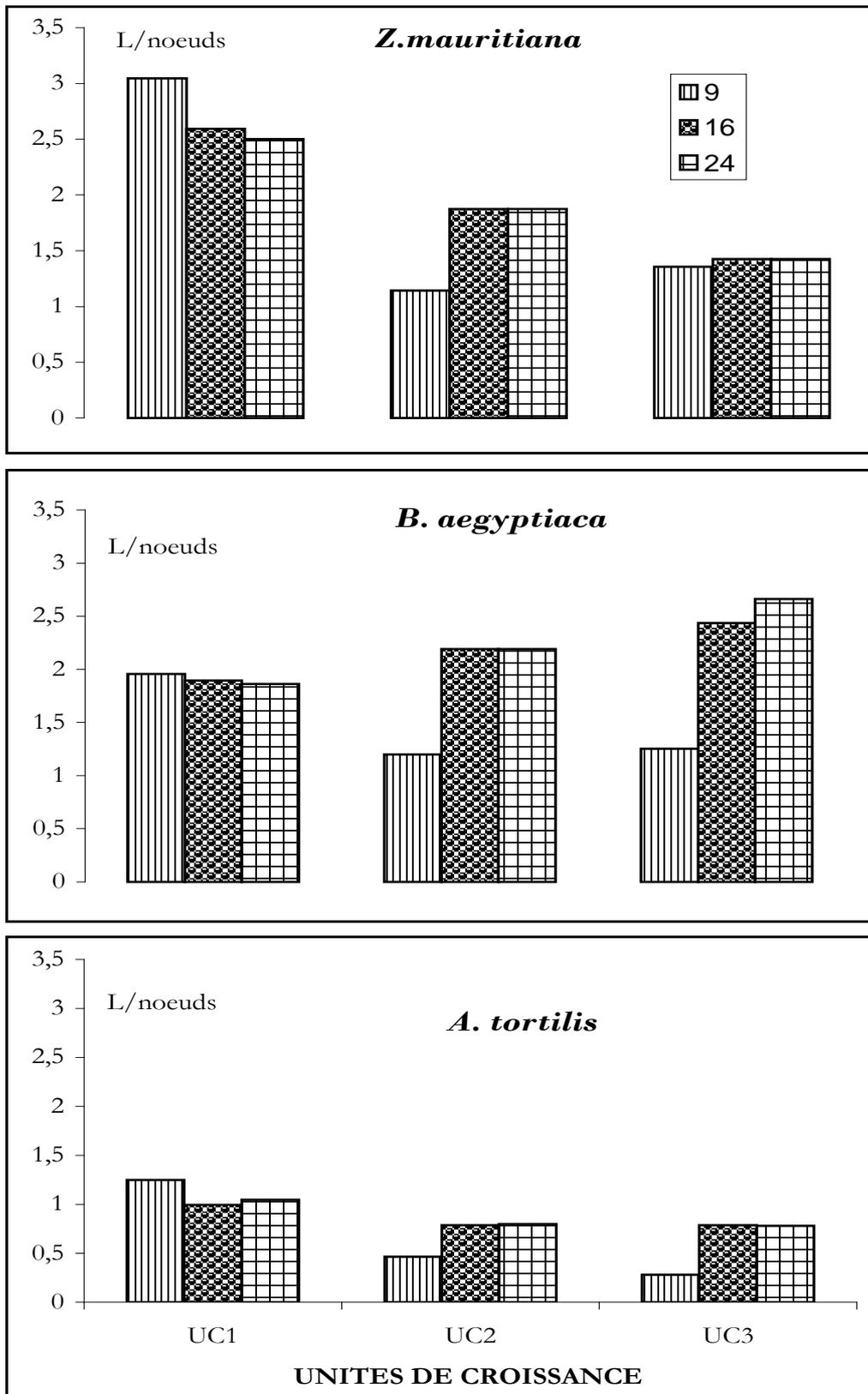


Figure 4. Variation de la longueur des entrenoeuds en fonction des espèces et de la période d'observation

La figure 5 présente les tailles moyennes des entre-nœuds de la tige et des deux premiers rameaux des différentes espèces à 24 mois.

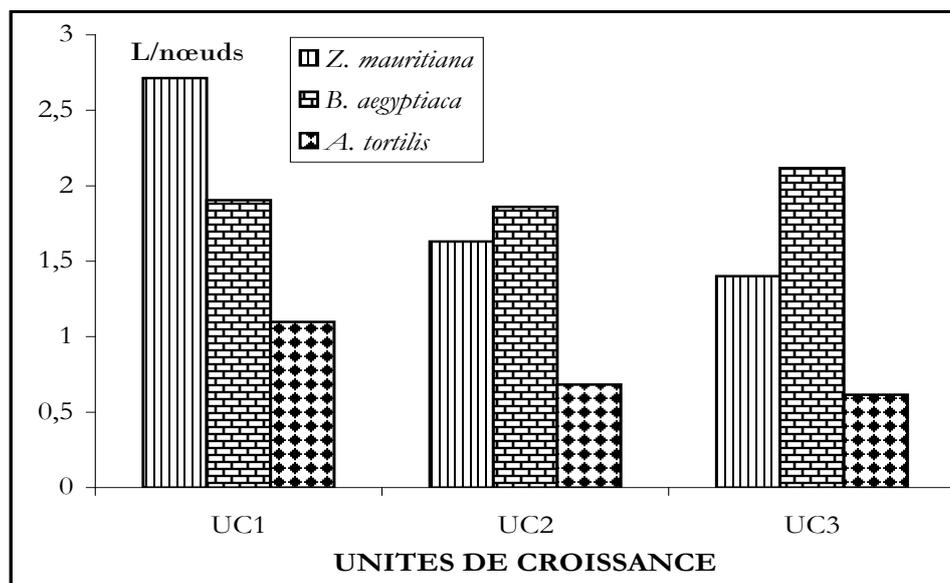


Figure 5. Variation de la taille moyenne des entrenœuds à 24 mois en fonction des espèces

Globalement, les jeunes plants de *Ziziphus* présentent sur la tige les entrenœuds les plus longs. Au niveau des deux premiers rameaux, ce sont les jeunes plants de *Balanites* qui présentent les entrenœuds les plus longs. Quelle que soit l'UC considérée, les entrenœuds des jeunes plants de *Acacia* sont les plus courts.

Le test de Newman Keuls associé à l'analyse de variance qui a porté sur ces données permet de définir trois types d'entrenœuds (tableau 6) :

- le premier groupe (ou groupe a) contient les entrenœuds dont la longueur moyenne est supérieure à 2 cm: ce sont les entrenœuds longs ;

Tableau 6. Longueur moyenne des entrenœuds

Entrenœuds	UC1	UC2	UC3
<i>A. tortilis</i>	1,10 c	0,68 c	0,61 c
<i>B. aegyptiaca</i>	1,91 b	1,86 b	2,21 a
<i>Z. mauritiana</i>	2,71 a	1,63 b	1,40 b

- le second groupe (ou groupe c) rassemble les entrenœuds dont la longueur est inférieure varie entre 0,60 et 1,10 cm : ce sont les entrenœuds courts ;

- un 3^{ème} groupe, entre les deux premiers (groupe b), rassemble les entrenœuds dont la longueur varie entre 1,40 et 1,91 cm.

Sur la tige (ou UC1) des jeunes plants, les entrenœuds sont :

- courts chez *Acacia tortilis* ;
- moyens chez *Balanites aegyptiaca* ;
- longs chez *Ziziphus mauritiana*.

Par rapport aux entrenœuds de la tige (UC1) :

- les rameaux de premier ordre (UC2) présentent des entre-noeuds courts (*Acacia tortilis*) et des entrenoeuds moyens (*Balanites* et *Ziziphusa*);
- les rameaux du second ordre (UC3) sont constitués d'entrenoeuds courts (*Acacia*), d'entrenoeuds moyens (*Ziziphus*) et d'entrenoeuds longs (*Balanites*).

Quelle que soit l'unité de croissance, les entrenoeuds sont courts chez les jeunes plants de *Acacia tortilis*. Leur taille est en revanche variable chez les jeunes plants des deux autres espèces.

2.2 Production de feuilles

2.2.1 Variation du nombre de feuilles

2.2.1.1 selon l'unité de croissance

Le nombre moyen de feuille par unité de croissance est présenté sur la figure 6.

Le nombre de feuille par UC des jeunes plants de 9 mois est significativement différent du nombre de feuilles des jeunes plants de 16 et 24 mois à l'exception de *Z. mauritiana* où seules les UC de 16 mois s'individualisent. Chez cette espèce, seules les valeurs de l'UC₁ à 9 mois sont significativement différentes de celles de l'UC₁ des autres périodes.

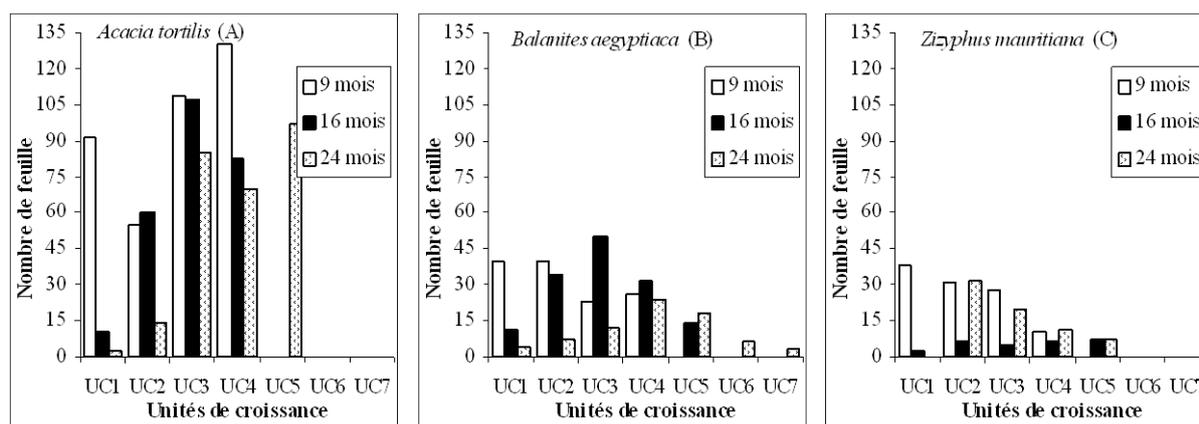


Figure 6. Variation du nombre de feuilles en fonction de l'unité de croissance, de l'âge des jeunes plants et de l'espèce.

Chez *A. tortilis*, le nombre de feuilles produit par les UC₁ à UC₄ à 9 mois est nettement supérieur au nombre de feuilles produit à 16 et 24 mois. Chez *B. aegyptiaca*, seules les trois premières UC portent plus de feuilles à 9 mois qu'à 16 et 24 mois. Cette réduction du nombre de feuille découlerait sans doute de la sénescence et de chute des feuilles des plants de 16 et 24 mois ou de l'arrêt de l'arrosage au 19^{ème} mois. En outre, aucune feuille n'est observée sur les UC₁. Chez *Z. mauritiana*, tous les jeunes plants ont perdu leur feuille. L'arrêt d'arrosage a plus d'effet chez *Z. mauritiana* que chez les deux autres espèces. Malgré la reprise de l'arrosage, le nombre de feuilles par unité de longueur a fortement diminué des UC₂ au UC₄ chez *Z. mauritiana* à 24 mois. Ainsi, aucune feuille n'a été observée sur les UC₂, UC₃ et UC₄ de cette espèce au 22^{ème} mois contrairement aux plants de *A. tortilis* et de *B. aegyptiaca*. La réaction des jeunes plants de ces deux espèces est plus précoce que celle des plants de *Z. mauritiana*. Chez les plants de *Z. mauritiana* la reprise du débourrement foliaire sur les différents UC est précoce.

Ainsi les UC₁, UC₃ et UC₄ portent respectivement 32, 20 et 11 feuilles en moyenne. Contrairement aux individus de 9 mois où le nombre de feuilles est plus important sur les UC₁, les

plants de 24 mois comptent plus de feuilles sur les UC₃ et UC₄. Chez *Z. mauritiana* le plus grand nombre de feuilles est obtenu au niveau des UC₂ suivi de UC₃. Aucune feuille n'a été dénombrée sur l'UC₁ de cette espèce

2.2.1.2 selon l'espèce

A. tortilis produit plus de feuilles que *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana* avec respectivement de 385, 129, 107 feuilles en moyenne (**Figure 5**). La même tendance est observée à 16 mois avec 309 feuilles (*A. tortilis*), 127 (*B. aegyptiaca*) et 17 (*Z. mauritiana*). Après reprise de l'arrosage, un nouveau débourrement foliaire est apparu avec une production moyenne de 268 feuilles (*A. tortilis*), 74 (*B. aegyptiaca*) et 63 (*Z. mauritiana*) à 24 mois.

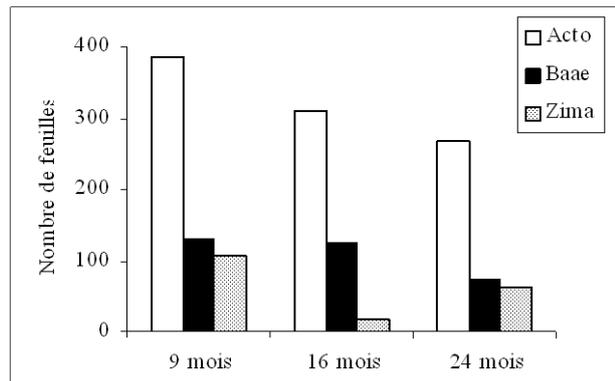


Figure 7. Dynamique du nombre de feuilles à l'échelle de l'individu de *A. tortilis*, de *B. aegyptiaca* et de *Z. mauritiana* âgés de 9, de 16 et de 24 mois.

Il semblerait qu'en saison sèche, *Z. mauritiana* perd totalement ses feuilles à la suite de l'épuisement des réserves hydriques du sol. Cependant un apport d'eau (arrosage) favoriserait un débourrement foliaire précoce chez *A. tortilis* (dès la première semaine) alors que chez *Z. mauritiana*, un débourrement massif n'est noté qu'à partir de la deuxième semaine.

2.2.2 Variation de la surface foliaire

2.2.2.1 surface foliaire unitaire

L'unité de longueur est le centimètre. Nous avons présenté la surface foliaire des différentes espèces par cm² (figure 8).

Chez les jeunes plants de *A. tortilis* âgés de 24 mois (figure 8A), la surface foliaire unitaire maximale des UC varie de 0,01 cm² à 5,62 cm² à 9 mois, de 0,01 cm² à 0,08 cm² à 16 mois. A 24 mois, elle ne représente que 0,06 cm².

Chez les jeunes plants de *Balanites*, les surfaces foliaires unitaires sont nettement très faibles à 9 mois. La plus importante surface unitaire a été observée à 24 mois dans l'UC₄, près de 4 cm². Après 16 mois en effet est intervenu un débourrement qui a provoqué l'accroissement de la surface foliaire pour les différentes UC.

Les UC, et dans des proportions moindres, les UC₄ et UC₅ des jeunes plants de *Z. mauritiana* ont présenté une surface unitaire très élevée à 24 mois (>5 cm² pour l'UC₂).

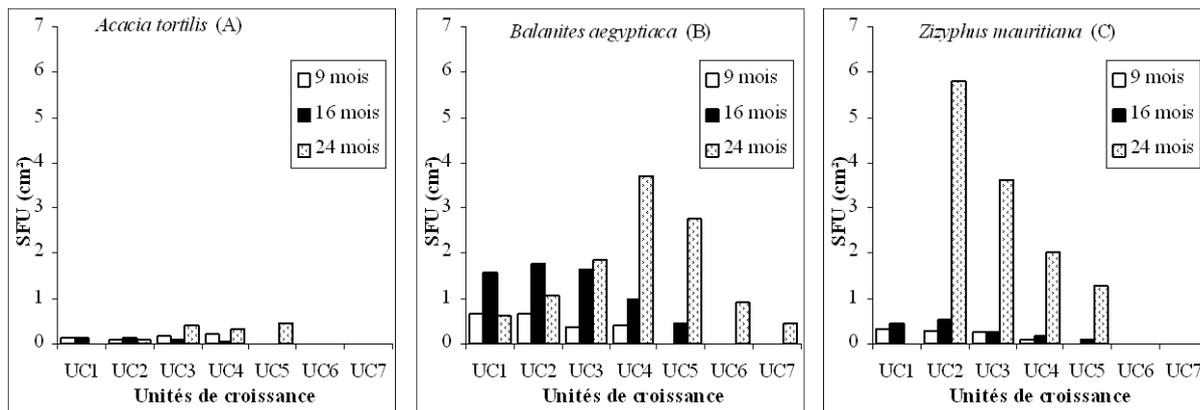


Figure 8. Variation de la surface foliaire unitaire des jeunes plants selon l'âge et les espèces ligneuses.

2.2.2.2 selon l'unité de croissance

La surface foliaire moyenne par unité de croissance est présentée selon les espèces et l'âge des jeunes plants (figure 9).

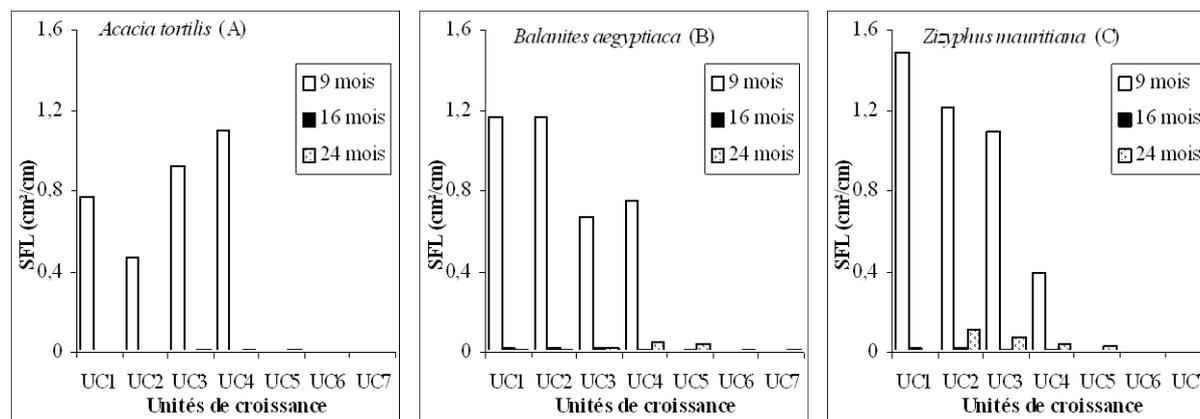


Figure 9. Variation de la surface foliaire selon l'unité de croissance, l'âge et l'espèce des jeunes plants.

Quelle que soit l'espèce, la surface foliaire par UC est beaucoup plus importante à 9 mois que dans les autres périodes. Chez *A. tortilis* c'est l'UC2 qui présente la surface foliaire par unité de croissance la plus faible. La plus élevée a été enregistrée dans l'UC4. Les 4 premières UC des plants de *B. aegyptiaca* et de *Z. mauritiana* ont présenté à 16 et 24 mois une SFL significativement différente.

2.2.3 Modèle d'estimation de la surface foliaire

L'estimation de la surface foliaire des jeunes plants des trois espèces a été réalisée en utilisant les paramètres suivants (tableau 7) :

- **Lp**= longueur du pétiole (pétiole et rachis) ;
- **Nf**= nombre de folioles ;
- **N**= effectif total de l'échantillon feuilles ;
- **SF**= surface foliaire ; **L**= longueur de feuille ;
- **l**= largeur de feuille ;

Tableau 7. Modèles d'estimation de la surface foliaire des jeunes plants âgés de 24 mois.

Espèces	Modèles	N	R ²	P
<i>A.tortilis</i>	$Sf(cm^2)=0,164 \times (Lp)+0,164 \times (Nf)-0,523$	228	0,61	p<0,0001
<i>B.aegyptiaca</i>	$Sf(cm^2) = 1,040x(L)+1,999x(l)-4,639$	109	0,84	P<0,0001
<i>Z. mauritiana</i>	$Sf(cm^2) = 1,493x(L)+3,437x(l)-5,759$	130	0,96	P<0,0001

2.2.4 Application : détermination de la surface foliaire par arbre

L'évolution de la surface foliaire moyenne des jeunes plants en fonction de l'âge et de l'espèce des jeunes plants est représentée par la figure 10.

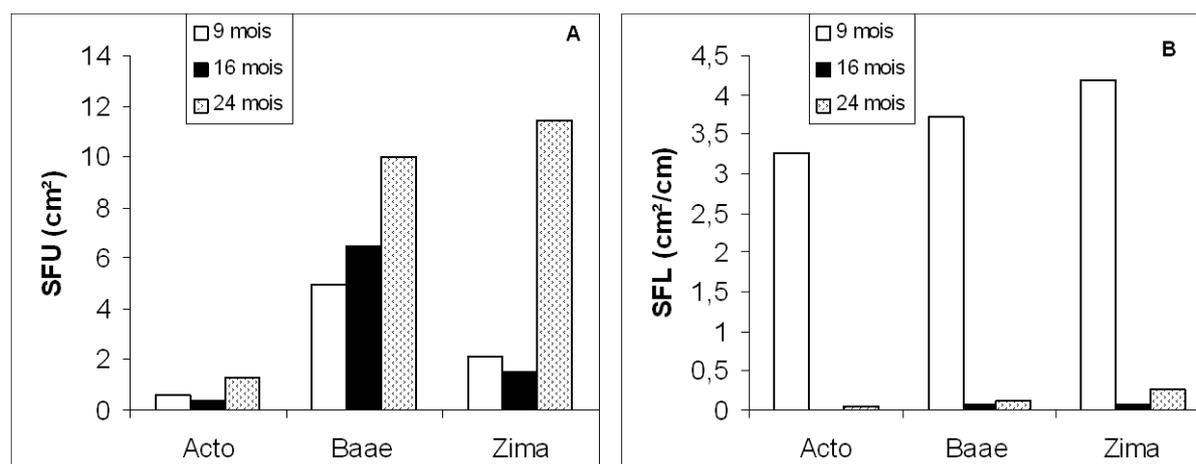


Figure 10. Variation moyenne de la surface foliaire des jeunes plants à l'échelle de l'individu de *A. tortilis*, de *B. aegyptiaca* et de *Z. mauritiana* âgés de 9, 16 et 24 mois.

Quelle que soit la période, la surface foliaire est très faible chez les jeunes plants de *Acacia*. Elle est relativement constante chez ceux de *Balanites*. La surface la plus importante a été enregistrée chez les jeunes plants de *Ziziphus* âgés de 2 ans (figure 10A).

L'analyse de la surface foliaire par unité de longueur à l'échelle de l'individu (figure 10 b) varie d'une espèce à une autre ; la longueur des UC à 16 mois et 24 mois étant supérieure à celle observée à 9 mois. Les valeurs de SFL observées à 16 et 24 mois sont nettement inférieures à celles des jeunes plants de 9 mois : *A. tortilis* (3,269 cm²/cm) ; *B. aegyptiaca* (3,730 cm²/cm) et *Z. mauritiana* (4,188 cm²/cm.).

3 DISCUSSION

L'évolution de l'architecture aérienne de ces espèces très xérophiles dépend des conditions du milieu (Goudiaby, 2003). Ainsi, le développement et la croissance des feuilles, des unités de croissances et des épines sont fortement influencés par les variations de la réserve hydrique du sol (Goudiaby, 1998). Pour comprendre l'établissement du peuplement ligneux, un suivi des jeunes plants de trois espèces sahéliennes (*A. tortilis*, *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana*) entre 1 et 24 mois a porté sur la mise en place de la tigelle, des rameaux et des feuilles en milieu semi-contrôlé.

3.1. Mise en place des organes constitutifs

Le comportement des trois espèces diffère en fonction du temps.

Ainsi les plants de *A. tortilis* ont développé leurs unités avant 24 mois : 4 unités de croissances à 9 mois et 5 à 16 mois. L'UC₁ est la plus longue, puis viennent dans l'ordre l'UC₂ et l'UC₄ (21 cm). Le nombre de feuilles est assez variable en fonction de l'âge des plants et de l'UC. Des UC peuvent apparaître en effet à n'importe quelle période. Les surfaces foliaires unitaires (SFU) et par unité de longueur (SFL) sont fonction du nombre de feuilles sur l'UC considérée. La SFL à 9 mois (Ngaryo, 2003) est nettement supérieure à celle mesurée à 16 et 24 mois.

Les cinq ordres d'UC présentent des différences morphologiques (longueur, nombre de feuilles). Au Cameroun, (Kengue, 1990) a montré que les UC de jeunes plants de *Dacryodes edulis* présentent des variations soit du type foliaire, soit des fluctuations d'organes constitutifs (feuilles et entre-nœuds). Les feuilles portées par une UC diffèrent selon la partie de l'UC considérée ; les feuilles qui se trouvent du côté du diamètre basal sont en général plus petites que celles du reste du rameau feuillé. Ces résultats sont concordants avec nos observations chez *A. tortilis*. L'ordre de ramification ne paraît pas aussi prédominant sur la surface foliaire unitaire, une observation déjà rapportée par Goudiaby (2003) chez des sujets adultes d'*A. tortilis* au Ferlo (Nord-Sénégal).

Les plants de *B. aegyptiaca* développent 6 unités de croissance à 9 mois, et 7 UC à 24 mois. Aussi, la longueur diminue de l'UC₁ à l'UC₆ (à 9 mois), qui présente donc la plus petite valeur. Le diamètre de l'unité de croissance peut aussi servir de facteur de classification des unités de croissance : le diamètre décroît de UC_n vers UC_{n+1}. Le diamètre des UC peut servir de classification de celles-ci. L'UC porte entre 3 et 41 feuilles par unité de longueur ; le nombre de feuilles n'est pas fonction de la longueur de l'UC. La surface foliaire unitaire se situe entre 0,98 et 18,95 cm². Cette variation est très significative entre les unités de croissances étudiées. La taille d'une feuille portée par une UC_n est différente de celle de l'UC_{n+1}. L'augmentation de la surface foliaire unitaire s'explique par la vigueur et les dimensions croissantes des deux folioles opposées. Shipley et Almeida-Cortez (2003) ont rapporté que la surface foliaire unitaire dépend des conditions du milieu et aussi de la période de l'année.

Les jeunes plants de *Z. mauritiana* ont développé toutes les unités de croissance dans les 9 premiers mois. Le nombre de feuilles des UC est nettement plus élevé à 16 mois qu'à 24 mois : 7 et 2 respectivement mais les SFU et SFL sont relativement plus élevées que chez les autres espèces, soit entre 1,48 et 23,05 cm²/cm et entre 3,29 et 76,60 cm²/cm. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Ngario (2003) sur les jeunes plants de 9 mois.

3. 2. Caractéristiques architecturales

Sur le plant architectural, *A. tortilis*, *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana* présentent un même système aérien caractérisé par une UC₁ plus grande sur laquelle se forment des UC₂ qui portent des UC₃ puis des UC_{n+1}. L'insertion se fait au niveau des nœuds. L'entre-nœud sépare deux nœuds. Les entre-nœuds de la tige sont dits :

- courts chez les jeunes plants de *Acacia* ;
- longs chez les jeunes plants de *Zizyphus*
- moyens chez ceux de *Balanites*.

Chez *A. tortilis*, les UC les plus représentées sont celles d'ordre 2 et 3. L'ensemble de ces différents ordres d'UC reproduit les caractéristiques de l'UC₁ porteur. La reproduction des caractéristiques de l'UC₁ par son successeur se fait grâce au développement du méristème apical (Rey *et al.*,1997). Au delà de l'UC₃ l'effectif des UC_{n+1} diminue chez *A. tortilis* et *Z. mauritiana* alors que chez *B. aegyptiaca* cette réduction ne concerne que les UC d'ordre supérieur 3 avec un effectif plus élevé pour les UC₄. De même l'effectif des UC₃ et UC₄ est plus élevé chez *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana* que chez *A. tortilis*. Les unités de croissance à l'échelle de l'arbre sont significativement plus nombreuses chez les jeunes plants de *B. aegyptiaca* (159) et de *Z. mauritiana* (116) que chez ceux de *A. tortilis* (58) âgés de 24 mois.

Le débourrement des bourgeons axillaires qui donnent naissance aux premiers rameaux à lieu à 40 jours chez *Z. mauritiana*, puis à 130 jours chez *B. aegyptiaca*. Ce processus est aussi tardif chez *A. tortilis* ; il se traduit par un étranglement. Ngariso (2003) souligne que l'étranglement survient à l'âge de 4 mois chez *A. tortilis* et *B. aegyptiaca* ; il est tardif chez *Z. mauritiana* (6 mois). Cette variation pourrait être expliquée par la perturbation du fonctionnement physiologique des jeunes plants lors de leur transfert en parcelle.

La formation des UC₅ est tardive chez *A. tortilis* (20 mois) alors que pour *B. aegyptiaca* celle des UC₇ apparaît à 22 mois. Une réduction de la longueur des UC est notée de l'UC₁ à l'UC_{n+1}. A 9 mois, la vitesse de croissance des jeunes plants de *Z. mauritiana* (15,56cm) est plus importante que celle de *A. tortilis* (10,44 cm) puis de *B. aegyptiaca* (10 cm). Le contraire est observé pour des individus de 16 mois. Pour 24 mois c'est surtout les jeunes plants de *Z. mauritiana* (3,66 cm) qui croissent plus vite suivi de *B. aegyptiaca* (3,5 cm) et en fin de *A. tortilis* (1,62 cm). Il semblerait que la croissance de *A. tortilis* s'effectue de façon continue alors que celle de *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana* est discontinue. Une première phase de croissance est notée chez les plants de *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana* à 9 mois et une seconde phase de croissance à 24 mois. Les plants de *A. tortilis* ont une croissance rapide et continue et ont donné des fleurs à 18 mois alors que ceux de *Z. mauritiana* a commencé à 19 mois. Cependant aucun plant de *B. aegyptiaca* n'a fleuri jusqu'à 24 mois. Ce comportement des jeunes plants de *B. aegyptiaca* a conduit Ba *et al.* 2001 à considérer *B. aegyptiaca* comme une espèce à croissance lente. En outre, Kane (1996) étudiant la croissance de plants d'*Acacia*, signale que la croissance en hauteur des plants de *A. tortilis* est significativement plus importante que celle de *A. senegal* et *A. dudgeoni*. Les travaux de Singh et Rathod (2002) au Nord-Ouest du désert indien, révèle que la taille des plants de *A. tortilis* est significativement plus importante que celle de *Prosopis juliflora* et de *Calligonum poligenoides*. De même, Lahav-Ginott *et al.* (2001), travaillant dans les écosystèmes arides de Negev en Israël souligne que la croissance en hauteur des plants de *A. tortilis* et *A. gerrardii* est significativement plus rapide que celles des autres espèces du genre *Acacia*. Donc ces résultats corroborent avec nos observations.

Il existe une bonne corrélation entre la longueur d'une unité de croissance donnée et le nombre de nœuds qu'elle porte chez *A. tortilis* et chez *Z. mauritiana*. Cependant, chez *B. aegyptiaca*, cette corrélation n'est pas observée. Par ailleurs les entre-nœuds des UC d'*A. tortilis* et de *Z. mauritiana* sont courts comparés à ceux de *B. aegyptiaca* plus longs. Raffaele *et al.* (1998) indiquent pour des plants de 5 espèces de *Nothofagus* de Patagonie que la longueur des pousses et le nombre d'entre-nœuds dépendent de l'espèce considérée. Sur les jeunes plants de *B. aegyptiaca* l'écart entre deux nœuds est plus long. Le même constat a été fait par Nocolini (1998) sur de jeunes sujets de *Fagus. Sylvatica* au Nord-Est de la France. Il existe une forte corrélation entre le nombre de nœuds des UC et leur longueur moyenne.

La fréquence des feuilles sur l'UC₁ chez *A. tortilis* est estimée à 52% alors que chez *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana*, elle est de 21% pour des individus de 9 mois (Ngario, 2003). Cette différence pourrait s'expliquer d'une part par la longueur de l'UC₁ chez *A. tortilis* et le nombre élevé des UC₂ et UC₃. De plus, le nombre de feuilles par rameau est plus important chez *A. tortilis* que chez *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana* à 9 mois (Ngario, 2003). A 16 et 24 mois, la fréquence la plus élevée est observée chez les plants de *A. tortilis* plus particulièrement au niveau de UC₃. Les jeunes plants produisent plus de feuilles sur les UC₁. Cette variation de la production des feuilles a d'ailleurs été décrite au niveau d'une population d'*A. tortilis* de la mare d'Oursi en Haute-Volta (Piot *et al.*, 1980). La défeuillaison d'*A. tortilis* est soit partielle soit totale (Halevy et Orshan, 1973 ; Diouf, 2003). Un changement de coloration précède la chute des feuilles. Ce changement de coloration apparaît chez la plupart des espèces ligneuses de la forêt tropicale du Cameroun comme le signe précurseur de la sénescence foliaire (Mapongmetsem *et al.*, 1998). A l'âge de 24 mois, qui correspond à la période pré-pluvieuse, un important débourrement foliaire a été noté sur les plants des trois espèces suivis. Ces débourtements foliaires, qui induisent une production de feuilles à différentes périodes de l'année, régit le caractère semi-sempervirence de *A. tortilis* (Bremner & Kessler, 1995). La feuillaison qui précède les pluies est un phénomène connu sous le nom de précession de feuillaison (Le Houérou, 1989). Le nombre de feuilles chez *A. tortilis* par rapport aux autres espèces, est plus élevé (1 à 7) sur un même nœud. Chez *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana*, chaque nœud porte une seule feuille. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Goudiaby (2003) sur des jeunes UC produites par des individus adultes de *A. tortilis*. Le nombre de feuilles différent d'une unité de croissance d'ordre donné à une autre.

La surface foliaire unitaire est significativement plus élevée chez *B. aegyptiaca* que chez *Z. mauritiana* et *A. tortilis*. La SFU varie des plants de 9 mois aux plants de 16 et 24 mois. La SFL varie dans le même sens que la SFU chez les jeunes plants de *B. aegyptiaca*.

La surface foliaire à l'échelle du houppier est plus importante chez *B. aegyptiaca*. Cette différence résulterait de la taille des folioles et du nombre élevé de feuilles produit par les UC des jeunes plants de *B. aegyptiaca* par rapport à *A. tortilis* et *Z. mauritiana* à 24 mois. En outre, le nombre et la longueur des UC feuillées influent sur la surface foliaire à l'échelle de l'individu. De plus, les feuilles sont plus nombreuses au niveau des UC d'ordres 3, 4 et 5 chez *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana*.

Toutefois la vitesse de croissance est relativement faible à 24 mois.

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'objectif de ce travail est de caractériser la mise en place des organes constitutifs des plants de trois espèces ligneuses sahéliennes en utilisant les techniques de phénologie quantitative.

L'évolution de l'architecture aérienne varie suivant les saisons et en fonction des espèces. En outre la période d'apparition des UC varie d'une espèce à l'autre. Elle est plus précoce chez *A. tortilis*. Les plants de cette espèce émettent leurs premiers boutons floraux dès l'âge de 18 mois contrairement à ceux de *B. aegyptiaca*. De plus l'apparition des UC₅ chez les plants de *Z. mauritiana* est tardive par rapport à celles de *A. tortilis*. Contrairement à ces deux espèces, *B. aegyptiaca* compte plus d'UC (7) à 24 mois.

La longueur et l'effectif des UC varient suivant les espèces. Pour un même ordre, les UC de *A. tortilis*, de *B. aegyptiaca* et de *Z. mauritiana* présentent une longueur et SFU et une SFL différentes. Par ailleurs, la feuillaison est continue chez *B. aegyptiaca* alors que chez *A. tortilis* et *Z. mauritiana* elle est périodique avec des phases de débourrement foliaire, de pleine feuillaison et de sénescence foliaire.

Cette étude, en conditions semi-contrôlées, révèle que le comportement de ces trois espèces diffère lorsqu'elles sont soumises à un arrosage. Les plants de *Z. mauritiana* sont plus sensibles à la sécheresse par rapport à ceux de *A. tortilis* et de *B. aegyptiaca*. Les jeunes plants de *B. aegyptiaca* résistent donc mieux au manque d'eau vis à vis de ceux de *A. tortilis* et de *Z. mauritiana*.

Il semble donc opportun de poursuivre les investigations afin de définir pour chaque espèce le seuil de tolérance à l'eau d'une part et de déterminer le rôle des facteurs climatiques et édaphiques ; d'autre part sur le fonctionnement écophysologique des jeunes plants de ces trois espèces. Cette caractérisation combinée aux connaissances acquises sur les sujets adultes permettrait d'améliorer la productivité de ces espèces dans les zones qui sont soumises à une forte dégradation et dont les espèces ligneuses occupent une place de choix aussi bien dans l'alimentation du bétail que dans l'activité humaine.

REFERENCES

- Akpo L. E., 1993 - *Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien*. ORS-TOM, Paris, *TDM*, **93F**, 174p.
- Akpo L. E. & 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 L. E., 1997-phenological interactions between tree and undestory herbaceous vegetation of a sahelian semi arid savanna. *Plant ecology* **131**, 241-248.
- Anonyme, 1985 – Le rôle de l'arbre au Sahel, colloque de Dakar – Ottarva ont. CRDI. 92p.
- Aronson J., Kigel J., Shmida A. et Klein J., 1992- Adaptative phenology of desert and mediterranean populations of annual plants grown with and without water stress. *Oecologia*, **89**, 17-26.
- Auberville A., 1937 – Remarques écologiques sur la distribution géographique de quelques espèces d'Acacia en Afrique occidentale. *Revue de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*, **17** (193), 76-804.
- Auheville A., 1950 – Flore forestière soudano-guinéenne A.O F Cameroun AEF Soc. Éd. Georg. Mar. Et.cl. 523p.
- Ba. A. Guissou T., Duponnois R., Planchett C., Sacko O., Sidibé D.; Sylla K. et Windou B., 2001 – Mycorhization contrôlée et fertilisation phosphatée, application à la domestication du jujubier, Fruits, Vol.56 (4), 261-269.
- Bagnouls F. et Guassen F., 1953 – Période sèche et végétation. CR. Acad. Sci, Paris 236, 1076-1077.
- Bala Subaramanian and Maheswari, 1992 – Compensatory growth reponses during reproductive phase of cowpea after relief of water stress. *J. Agron . Crop Sci.* **168** (2), 85-90.
- Barthelemy D.; CaraglioY., Costes E., 1997 – Architecture gradients morphogénétiques et âge physiologique chez les végétaux. In Modélisation et simulation de l'architecture des végétaux. J. Bouchon, P. De Reffye and D. Barthelemy (Eds). Science up date INRA. Édition Paris France pp.89-136.
- BARTHELEMY D., BLAISE F., FOURCAUD T. & NICOLINI E., 1995 - Modélisation et simulation de l'architecture des arbres : bilan et perspectives. *Revue Forestière Française*, **47** (n° sp.) : 71-96. –[A-181]
- Baumer. M ;1995- Arbres, arbustes et herbicaux nourriciers en Afrique occidentale, Enda Edition, 260p.
- Bell D. A., 1993 – Les plantes à fleurs. Guide morphologique illustré. Masso.Paros ; 341p.
- Bell. A., 1991- plant. from. An illustrated guide to flowering plant morphology. *Oxford University Press*. Oxford, New-York. Tokyo; 34 p.
- Bellion Y. J. C., 1987 – *Histoire géodynamique Post paléozoïque de l'Afrique de l'ouest d'après l'étude de quelques bassins sédimentaires (Sénégal, Taoudéni, Lullemeden, Thad)*. Thèse d'État. Uni. Avigno et Pays du Vaucluse, 302p.
- Berhaut J., 1975 - Flore illustrée du Sénégal, Dicotylédones :de Ficoïdées à Légumineuses. Gouvernement du Sénégal ; Ministère du Développement Rural et de l'hydraulique, Direction des eaux et forêts. Tome **IV**. 625p.
- Bertilier M.B., Beeskow A.M. & Coronato F., 1991 –Seasonal environmental variation and plant phenology in arid Patagonia (Argentina). *Journal of Arid Environment*, **21**, 1-11.
- Blum A., 1996 – Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation*, **20** : 135-148.
- Bouchon J., De Reffye Ph. & Barthelemy D., 1997 – Modélisation et simulation de l'architecture des végétaux. INRA eds, 139-171.
- Boudet G., 1975 – Manuel sur les pâturages tropicaux et les plantes fourragères. Ministère. Coopération, Paris, **4** : 254p.
- Breman H. & Kessler J J. 1995 – Woody plants in agro-ecosystems of semi-arid regions. *Sprinter ed.* 340p.
- Brenan *et al.*, 1959 – Flora of tropical East Africa. Leguminosae Subfamily Mimosoideae. Crown Agents For Oversea Governments And Administratio. 173p.
- Brockewll, 1982 – Plant infection counts of Rhizobia in soils. In *Nitrogen Fixation in Legumes*. J.M. Vincent, ed. *Academic Press, New York*, 41-58 p.
- Caraglio Y. & Barthelemy D., 1997 – Revue critique des termes relatifs à la croissance et à la ramification des tiges des végétaux vasculaires. In Modélisation et stimulation de l'architecture des végétaux. J.Bouchon P. de Reffye and D. Barthelemy (Eds) . Science Update. INRA. Édition Paris France: pp. 11-87.

- Castelain et al., 1965 – Excursions géologiques dans le Sénégal occidental d'après les travaux et les documents de la Société Africaine des Pétroles (S.A.P.). *Mémoire B.R.G.M. n° 32*, 357-365.
- Cornet A., 1981 – *Le bilan hydrique et son rôle dans la production de la strate herbacée de quelques phytocénoses sabéliennes au Sénégal*. Thèse, Univ. des Scies et tech. du Languedoc, 353p.
- CREVOLA et al., 1994 – Le volcanisme cénozoïque de la presqu'île du Cap-Vert (Sénégal) : cadre chronologique et géodynamique. *Bull. Soc. Géol. France*, n°, pp 437-446
- Croze H., 1974 – The Seronera bull problem, II. The trees. *East african Wildlife Journal*, **12** (1), 29-47.
- Diagne A. L., 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 IES, UCAD, Dakar, 111p.
- 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., 1996-*Etude du fonctionnement hydrique et des réponses à l'aridité des ligneux sabéliens : cas de *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne *subsp. raddiana* (Savi) Brenan en zone soudano-sabélienne du Sénégal*. Thèse de doctorat de 3^e cycle, UCAD-FST, Dakar 171p.
- 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., 2000 - *Dynamique des écosystèmes sahéliens : effet des microsites topographiques sur la diversité de la végétation ligneuse sahélienne au Ferlo, Nord-Sénégal*. DEA, FST, UCAD, Dakar, 44p.
- Diouf M., Akpo L. E., Rocheteau A., Do F., Goudiaby V. & Diagne A. L. 2002 - Dynamique du peuplement ligneux d'une végétation sahélienne au Nord-Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Journal des sciences, IFAN-CAD*, Vol. **2**, n°1 : 1-9.
- Diouf M., Do F., Akpo L. E., Goudiaby V. & Rocheteau A., 2004 - Variations spatiales de la structure spécifique d'un peuplement ligneux en milieu sahélien (Ferlo, Nord – Sénégal), *ANN. BOT. AFR. Ouest*, (**03**) : 75-86.
- Do F., Rocheteau A., Diagne A. L. & Grouzis M., 1998 – Flux de sève et consommation en eau de *Acacia tortilis* dans le Nord-Ferlo. In Campa et al. eds : *L'Acacia au Sénégal*, collection « colloques et séminaires », ORSTOM Ed 64-80.
- Fagg C.W. & Graves A. 1990 – *Acacia tortilis* 1925-1988. Annotated bibliography CAB International Oxford Institute, n° F 41 : 282 résumés.
- Fall-Touré S., 1993- *Valeurs nutritives des fourrages ligneux, leur rôle dans la complémentarité des fourrages pauvres en milieux tropicaux*. Doct. ESA, Montpellier, 139p.
- Dommergues Y.R. et Dreyfus B.L. 1981- Nodulation of *Acacia* species by fast and slow-growing tropical strains of *Rhizobium*. *Applied and Environmental Microbiology* **41** : 97-99.
- Fournier C., 1995 - *Fonctionnement hydrique de six espèces ligneuses coexistant dans une savane sahélienne (région du Ferlo, Nord-Sénégal)*. TDM, ORSTOM Ed., Paris, 166p.
- François P., 1989 – Modèle de croissance et de développement d'un peuplement de dactyle (*Dactylis glomerata*. L) en phase végétative et reproductrice. Mémoire de fin d'études (*Nombres de pages*).
- GEERLING C., 1987 – Guide de terrain des ligneux sahéliens et soudano-guinéens. Agricultural University Wageningen, 334 p.
- 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.
- Goudiaby V., 2003 – *Impact d'un déficit hydrique sur la feuillaison d'*Acacia tortilis* (Forsk.) Hyane *subsp. Raddiana* (Savi) Brenan var. *raddiana* dans le Nord- Ferlo au Sénégal*. Thèse, FST, UCAD, Dakar, 83p.
- Grouzis M. & Sicot M., 1980 – A method for the phenological study of browse populations in the Sahel : the influence of some ecological factors. 8 p. (233-240). In « Browse in Africa, the current state of knowledge », Le Houérou éd. ILCA, Addis Abeba, 49p

- Grouzis M., Legrand E. & Pale F., 1986 – Germination des semences des régions semi-arides du Sahel. Actes du colloque « les végétaux en milieu aride ». Tunisie (Jerba), 8-10 sept., ACCT, 534-552.
- GUEYE K., 1997 – Conception d'un ouvrage de protection côtière contre les inondations à Rufisque. Thèse, UCAD-FST, Dakar : pp. 1-6.**
- Halevy G. & Orshan G. 1973 – Ecological studies on Acacia species in the Negev and Sinaï ; II. Phenology of Acacia raddiana, A. tortilis and A. gerrardii, Israël Journal of Botany 22 : pp. 120-138.
- Halle F. et Oldeman R. A. A., 1970 – Essai sur l'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux. Masson Paris, 178p.
- Haverkort A. J., Groenwold J. And Van De Waart M., 1992 – The effet of early drought stress on numbers of tubers and stolons of potato in controlled and field conditions. *Potato Res.*, **33**, 89-96.
- Hebrard L., 1966 – Les formations tertiaires et quaternaires de l'isthme de la Presqu'île du Cap-Vert (feuille Thiaroye). Rapp. Labo. Géol. Fac. Sci **N°16**.75p.
- Jarvis P.G and Jarvis M.S., 1963 – Plant reponse of water stress. *Ann. Review of plant physiol*, 519-570.
- Kane.I; 1996 – Influence de l'alimentation en eau sur la croissance et le fonctionnement hydrique de jeunes plants de Acacias. Application à 3 espèces au Sénégal : A. tortilis (Forsk) ; A. senegal. (L. Wild et A. dudjeoni. Craib. Ex. Holl. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Dakar 167p.
- KENGUE J., 1990 – Le Safoutier (*Dacryodes edulis* (G. Don) H. J. Lam). Premières données sur la morphologie et la biologie. O.R.S.T.O.M., Paris TDM N° 114, 150 p.**
- Kozlowski T. T., 1976 – Water supply and leaf shedding *in* water deficit and plant growth Kozlowski ed., 1974, 194-222.
- LAHAV-GINOTT S., KADMON R. & GERSANI M., 2001- Evaluating the viability of *Acacia* populations in the Negev Desert : a remonte sensing approach. *Biological Conservation*, Volume **98** (2), 127-137.
- Le Houérou H. N.,1980 – Rôle des ligneux fourragers dans les zones sahéniennes et soudaniennes. CIPEA/ALCA, Actes et colloques sur les fourrages ligneux en Afrique, Addis-Abéba, Avril 1980 : 85-101.
- Le Houérou H. N.,1989 – The Grazing Land Ecosystems of the African Sahel. *Ecological studies*, vol. **75**, Springer-Verlag Ed., 282p.
- Mapongmetsem P. M., Duguma B., Nkongmeneck B. A. & Puig H., 1998 – Déterminisme de la défeuillaison chez quelques essences forestières tropicales du Cameroun. *La terre et la vie : Revue d'écologie appliquée*. Vol .53 : pp. 193-210.
- Ngario F.T. 2003- Architecture aérienne de jeunes plants d'espèces ligneuses sahéniennes *Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca* , *Zizyphus mauritiana* , en conditions semi-contrôlées. DEA, FST, UCAD, Dakar, 58p.
- Nicolini E. 1998 - Architecture et gradients morphogénétiques chez de jeunes hêtres (*Fagus sylvatica* L. Fagaceae) en milieu forestier. *Can. J. Bot.* **76** : 1232-1244
- Noitsakis B. & Tsiouvaras C., 1996 – Seasonal changes in components of leaf water potential and leaf growth rate in Kermes oak. *Acta Oecologica* **11** (3), 419-427.
- Nongonierma A., 1979- Contribution à l'étude du genre *Acacia* Miller en Afrique Occidentale, IV. Distribution bioclimatique des différents taxa. *Bull. IFAN*, **39**, série A, 2 : 318-339.
- Olivery J.C. 1983.- Le point sur la sécheresse en Sénégal et aux îles du Cap Vert. Examen de quelques séries de longue durée (débits et précipitations). Cah. ORSTOM, sér. Hydrol. , **20** : 271-284.
- Piot et al., 1980 – Utilisation des ligneux sahéniens par les herbivores domestiques. Etude quantitative dans la zone de la mare d'Oursi (Haut Volta). Paris, France ; Centre Technique Forestier Tropical, Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux. 304p.
- Poupon H. & Bille J. C., 1974 – Recherches écologiques sur une savane sahénienne du Ferlo septentrional, Sénégal : Influence de la sécheresse de l'année 1972-1973 sur la strate ligneuse. *La terre et la vie , revue d'écologie appliquée*, tome **28**, n°1, 49-72.
- Reich P. B. & Borchert R., 1984 – water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* **72**, 61-74.
- Ross J.H. 1979 – *A conspectus of the african Acacia species*. *Mem. Bot. Surv. South Africa*, n°44 : pp. 111-114.

- Sall et al., 1991 – Limitation par la sécheresse de la croissance d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehn. En climat sahélo-soudanien au Sénégal. *Rev. For. Fr.*, **XLIII** : 309-316.
- Sarr R., 1995 – Etude biostratigraphique et paléoenvironnementale des séries crétacé terminal à Eocène moyen du Sénégal occidental. Systematique et migration des Ostracodes. Thèse de Doctorat d'Etat. Départ. Géol., Fac. Sci., UCAD, Dakar; 329p.
- Sène O., 1999 – Monographie de la Commune d'Arrondissement de Hann- Bel Air (CAHB) : Analyse des équipements urbains. Mémoire de maîtrise, UCAD, FLSH, Dakar ; 116p.
- Shipley B. & Almeida-Cortez J., 2003 - Interspecific consistency and intraspecific variability of specific leaf area with respect to irradiance and nutrient availability. *Ecoscience*, **10** : 74-79.
- Van Praët L. 1983. – Méthodes d'inventaire et de la surveillance continue des écosystèmes pastoraux sahéliens. Application au développement. Actes du Colloque de Dakar : 16-18 nov. ISRA-FAO, PNUE.
- Vartanian N. & Lemée G., 1984 – La notion d'adaptation à la sécheresse, *Sec. Bot. Fr.*, **131** (1), 7-15.
- Vincke C., 1995 – La dégradation des systèmes écologiques sahéliens. Effets de la sécheresse et des facteurs anthropiques sur l'évolution de la végétation ligneuse du Ferlo (Sénégal). MFE, UCL-FSA/UEF, 82p.
- Von Maydell H. J., 1990 - Arbres et arbustes du Sahel : leurs caractéristiques et leurs utilisations. *Acacia raddiana* Savi. : 120-123.
- 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.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	3
AVANT PROPOS.....	4
SOMMAIRE.....	Erreur ! Signet non défini.
RESUME.....	6
INTRODUCTION	7
1 MATERIELS ET METHODES	8
1.1 La site d'étude.....	8
1.1.1 La saison sèche.....	8
1.1.2 La saison pluvieuse.....	8
1.1.3 Conditions édaphiques.....	9
1.1.3.1 Géologie et géomorphologie.....	9
1.1.3.2 Les sols.....	9
1.1.4 Les ressources en eau.....	10
1.1.5 La végétation	10
1.2 Matériel biologique.....	10
1.2.1 Origine des trois jeunes plants.....	10
1.2.2 Dispositif expérimental.....	11
1.2.3 Description des espèces.....	11
1.2.4 Position systématique et taxonomie.....	13
1.2.4.1 Position systématique.....	13
1.2.4.2 Taxonomie.....	13
1.2.5 Répartition géographique et écologique.....	14
1.2.6 Ethnobotanique.....	15
1.3 Définition de quelques termes utilisés	15
1.3.1 Architecture végétale.....	15
1.3.2 La croissance	15
1.3.3 La ramification	15
1.3.4 L'unité.....	16
1.3.5 L'unité de croissance (U.C)	16
1.3.6 Le nœud	17
1.3.7 L'entre-nœud.....	17
1.3.8 La feuille et ses différents paramètres.....	17
1.3.8.1 La feuille.....	17
1.3.8.2 La surface foliaire unitaire (SFU).....	17
1.3.8.3 La surface foliaire d'une unité de croissance (SFL)	17
1.3.8.4 La surface foliaire réelle	17
1.4 Méthodes utilisés	18
1.5 Matériel de mesure	17
1.6 Traitement des données	18
1.6.1 Description architecturale	17
1.6.2 Nombre de feuilles	18
1.6.3 Surface Foliaire	18
2 RESULTATS	20
2.1 Caractérisation des unités de croissances (UC).....	20

2.1.1	Mise en place des unités de croissances	20
2.1.2	Variation du diamètre basal moyen des UC	211
2.1.5	Variation du nombre de nœuds	21
2.1.6	Relation entre la longueur et le nombre de nœuds des UC	22
2.2	Production de feuilles	235
2.2.1	Variation du nombre de feuilles	26
2.2.1.1	Selon l'unité de croissance	25
2.2.1.2	Selon l'espèce	26
2.2.2	Variation de la surface foliaire	266
2.2.2.1	Surface foliaire unitaire	26
2.2.2.2	Selon l'unité de croissance	27
2.2.3	Modèle d'estimation de la surface foliaire	27
2.2.4	Application : détermination de la surface foliaire par arbre	288
3	DISCUSSION	29
3.1	Mise en place des organes constitutifs	29
3.2	Caractéristiques architecturales	30
4	CONCLUSION.....	33
	REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE	34
	TABLE DES MATIERES	38
	TABLES DES ILLUSTRATIONS.....	40
	TABLEAUX	39
	FIGURES.....	39
	PHOTO	39
	ANNEXES	40

TABLES DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Délai de mise en place des unités de croissance.....	20
Tableau 2. Variation des effectifs des UC selon l'espèce et la période.....	20
Tableau 3. Croissance moyenne des UC par espèce entre 9, 16 et 24 mois.	22
Tableau 4. Vitesse de croissance moyenne des UC.....	22
Tableau 5. Variation du nombre de nœuds des UC des jeunes plants en fonction de la période (mois).	23
Tableau 6. Longueur moyenne des entrenœuds	25
Tableau 7. Modèles d'estimation de la surface foliaire des jeunes plants âgés de 23 mois.	29

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Principales subdivisions d'une tige de plants d'essences ligneuses.	17
Figure 2. Variation du diamètre basal des UC des jeunes plants en fonction des espèces et de l'âge.	21
Figure 3. Variation de la longueur moyenne des UC des jeunes plants des trois espèces ligneuses sahéliennes à 9, 16 et 24 mois.....	21
Figure 4. Variation de la longueur des entrenœuds en fonction des espèces et de la période d'observation	24
Figure 5. Variation de la taille moyenne des entrenœuds à 24 mois en fonction des espèces	25
Figure 6. Variations du nombre de feuilles en fonction de l'unité de croissance et de l'âge des jeunes plants et de l'espèce.....	26
Figure 7. Dynamique du nombre de feuilles à l'échelle de l'individu de <i>A. tortilis</i> , de <i>B. aegyptiaca</i> et de <i>Z. mauritiana</i> âgés de 9, de 16 et de 24 mois.....	27
Figure 8. Variation de la surface foliaire unitaire des jeunes plants selon l'âge et les espèces ligneuses.	28
Figure 9. Variation de la surface foliaire selon l'unité de croissance, l'âge et l'espèce des jeunes plants.	28
Figure 10. Variation moyenne de la surface foliaire des jeunes plants à l'échelle de l'individu de <i>A. tortilis</i> , de <i>B. aegyptiaca</i> et de <i>Z. mauritiana</i> âgés de 9, 16 et 24 mois.	29

LISTE DES PHOTOS

Photo 1. Jeune plant d' <i>Acacia tortilis</i> (Forsk) Hayne <i>subsp. raddiana</i> (Savi) Brenan var <i>raddiana</i> de 24 mois.....	Erreur ! Signet non défini.
Photo 2. Jeune plant de <i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del de 24 mois.....	12
Photo 3. Jeune plant de <i>Zizyphus mauritiana</i> Lam de 24 mois. Erreur ! Signet non défini.	

ANNEXES

Annexe 1. Variation moyenne des différents paramètres suivis en fonction des espèces montrant une variation significative de ces différents paramètres.

Espèces	Longueur (cm)	Diamètre (cm)	Nbre de nœuds	Nbre de feuilles	SFU (cm ²)	SFL (cm ² /cm)
<i>A. tortilis</i>	21,18 b	3,40 b	36 a	47 a	0,133 b	0,236 b
<i>B. aegyptiaca</i>	35,58 a	8,64 a	23 b	15 b	0,969 a	0,278ab
<i>Z. mauritiana</i>	24,37 b	4,94 b	20 c	13 b	0,924 a	0,320 a

P= 0,0001

Annexe 2. Variation des paramètres de la feuillaison par Uc pour les différentes espèces suivies avec une variation très significative pour chaque paramètre et au niveau de chaque période.

Espèces	Périodes	Nbre de feuilles	SFU (cm ²)	SFL (cm ² /cm)
<i>A. tortilis</i>	9 mois	55 a	0,081 bc	0,467 b
	16 mois	38 b	0,053 bc	0,016 c
	24 mois	39 b	0,184 b	0,005 c
<i>B. aegyptiaca</i>	9 mois	19 c	0,306 b	0,537 ab
	16 mois	21 c	0,092 bc	0,010 c
	24 mois	11 cd	1,631 a	0,020 c
<i>Z. mauritiana</i>	9 mois	15 c	0,030 bc	0,604 a
	16 mois	4 d	0,021 bc	0,008 c
	24 mois	10 cd	1,818 a	0,035 c
R² (p=0,0001)		0,986	0,819	0,949