



HAL
open science

PRODUCTION D'UNE PHYTOCENOSE SAHELIENNE: PHYTOMASSE HYPOGÉE SOUS ET HORS COUVERT LIGNEUX

L.-E Akpo

► **To cite this version:**

L.-E Akpo. PRODUCTION D'UNE PHYTOCENOSE SAHELIENNE: PHYTOMASSE HYPOGÉE SOUS ET HORS COUVERT LIGNEUX. *Vie et Milieu / Life & Environment*, 1996, pp.87-92. hal-03100568

HAL Id: hal-03100568

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03100568>

Submitted on 6 Jan 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PRODUCTION D'UNE PHYTOCÉNOSE SAHÉLIENNE : PHYTOMASSE HYPOGÉE SOUS ET HORS COUVERT LIGNEUX

L.-E. AKPO

Laboratoire d'Ecologie végétale, Centre ORSTOM, BP 1386 Dakar, Sénégal
Adresse de correspondance : Faculté des Sciences et Techniques (Biologie végétale),
Université Cheikh Anta Diop, BP 5005 Fann-Dakar, Sénégal

ARBRE
HERBE
PHYTOMASSE RACINAIRE
ENRACINEMENT
SÉNÉGAL
SAHEL

RÉSUMÉ. – Après avoir analysé les caractéristiques de l'enracinement de la végétation herbacée sous et hors couvert en zone sahélienne du Nord-Sénégal, la phytomasse racinaire a été évaluée à partir de profils de 250 cm de profondeur. Les résultats montrent 1) un enracinement profond, 2) une production nettement plus importante sous l'arbre et 3) des rapports de fraction hypogée/épigée assez élevés hors couvert indiquant des conditions de milieu plus difficiles que sous l'arbre.

TREE
GRASS
ROOT PRODUCTION
ENTRENCHMENT
SENEGAL
SAHEL

ABSTRACT. – Root-system distribution and underground production of a sahelian plant community (understory vegetation and in open grassland) were studied on profiles 250 cm deep. The results have showed 1) a profound entrenchment of the herbaceous vegetation, 2) a more important production underneath a tree and 3) a high ratio under-ground/above-ground production in unshaded vegetation that indicate more severe environment conditions.

INTRODUCTION

« Le milieu sahélien peut être considéré comme un système écologique défini par des conditions spécifiques d'aridité : longue saison sèche, évaporation intense, précipitations faibles et fort variables, humidité édaphique précaire, couvert végétal faible et discontinu... C'est une zone qui présente des caractères fluctuants pour ce qui concerne les variables écologiques. Les équilibres y sont fragiles et peuvent être rompus à tout moment » (Grouzis, 1988).

Pour une utilisation durable de ce milieu, il est devenu nécessaire de comprendre le réseau d'interactions complexes et dynamiques qui s'y développent. Cela suppose une bonne connaissance de la structure et du fonctionnement de ces écosystèmes et de la variation de leurs ressources en fonction des aléas climatiques.

Nous nous proposons de caractériser l'enracinement et d'évaluer la production hypogée de la strate herbacée d'une formation sahélienne hors et sous le couvert d'une espèce ligneuse, *Acacia tortilis* (Forsk) Hayne *raddiana* (Savi) Brenan.

En zone tropicale, le système racinaire de la végétation herbacée, contrairement à la fraction

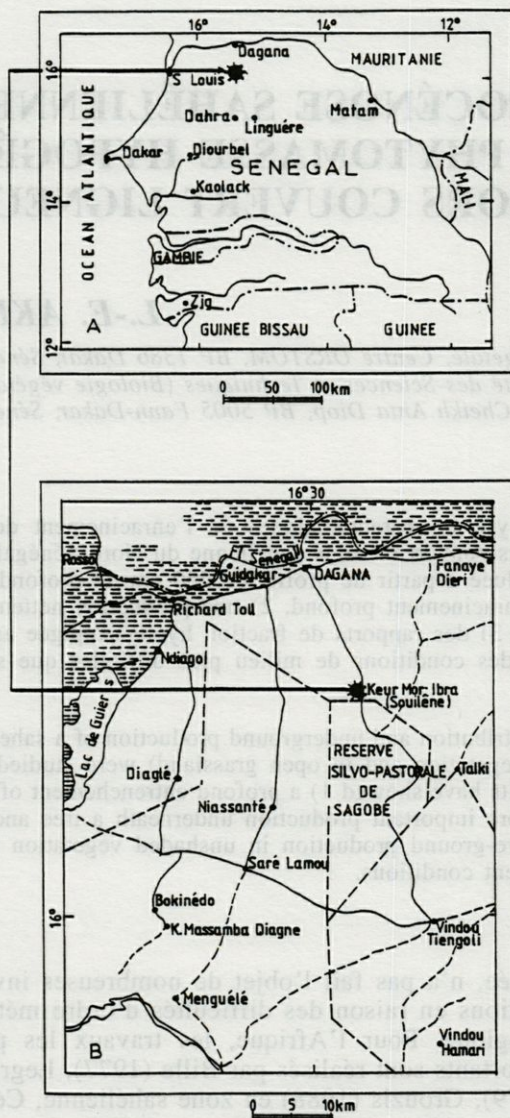
épigée, n'a pas fait l'objet de nombreuses investigations en raison des difficultés d'ordre méthodologique. Pour l'Afrique, les travaux les plus importants sont réalisés par Bille (1977), Legrand (1979), Grouzis (1988) en zone sahélienne, César (1971, 1989), César et Menaut (1974), Fournier (1982) en région soudanienne sur la végétation naturelle. Dans le cadre des espèces fourragères cultivées, nous retiendrons les travaux sur *Panicum maximum* (Picard, 1977) et *Brachiaria sp.* (Boyer, 1986).

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES D'ÉTUDE

1.1. La zone d'étude

L'étude a été menée dans la réserve sylvo-pastorale de Sogobe (Ferlo, Nord-Sénégal), près de Souillène : 16°20'99" N et 15°25'40" W (Cartes A & B).

Ferlo appartient au bassin sédimentaire sénégalomauritanien, qui regroupe les formations sableuses dunaires. Les reliefs sont séparés par des dépressions longitudinales à sol sablo-argileux grisâtre, localement calcaire et à sol hydromorphe à engorgement temporaire (Michel, 1969). Les sols, brun-rouges subarides, sont neutres à faiblement acides, et contiennent 80 à 85 %



Cartes A et B. – Situation de la zone d'étude.
Studied area.

de sable et 3,5% d'argile en surface. Ils sont pauvres en matière organique (Leprun, 1971).

Le climat est sahélien. La température moyenne annuelle s'établit à 28°C tandis que les températures moyennes mensuelles minimale et maximale sont respectivement de 14°C (janvier) et 40°C (mai). La pluviométrie moyenne annuelle de la station de référence (Dagana, 1918-1990) est de 282 mm, avec un coefficient de variation de 37%. Dagana se caractérise donc par un déficit pluviométrique persistant qui a commencé en 1970 (Akpo, 1993). En 1990, la pluviométrie enregistrée a été de 200 mm dont 80% pour les mois de juillet et août.

Ce sont autant de conditions particulièrement défavorables à la végétation.

La végétation sahélienne en effet se présente à l'optimum de développement, en fin de saison des pluies, sous la forme d'un tapis herbacé plus ou moins continu, pouvant atteindre 50 cm à 1 m, composé essentielle-

ment d'espèces annuelles. Ce tapis est parsemé d'arbres et d'arbustes fréquemment épineux, ne formant jamais une strate continue.

L'unité de végétation étudiée est une formation à *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. et *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan (Valenza & Diallo, 1972) établie sur sol ferrugineux tropical peu lessivé sur sable et grès. La strate ligneuse est dominée essentiellement par *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. et *Acacia raddiana*. La strate herbacée est caractérisée par la dominance d'espèces annuelles, notamment des Poaceae généralement à feuilles basilaies, à limbes étroits et pliés ou enroulés (*Schoenefeldia gracilis* Kunth, *Aristida* sp., *Cenchrus* sp., *Chloris priurii* Kunth, *Leptothrium senegalense* (Kunth) Clayton).

Cette communauté a en fait été retenue en raison de son importance au niveau de la dition (plus de 35%).

1.2. Méthodes utilisées

La phytomasse ou masse végétale est le poids total, exprimé en matière sèche, de la matière vivante (ou biomasse) et morte (ou nécromasse). Elle est généralement rapportée à une unité de surface (et s'exprime donc en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ou $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) ou à une unité de volume.

La phytomasse racinaire (poids de racine par unité de volume ou poids de sol) a été évaluée sous et hors couvert d'un *Acacia raddiana* par la méthode des sondages verticaux ou méthode des carottages (méthode quantitative). Le choix de cette méthode réside notamment dans sa rapidité d'exécution, la possibilité de multiplier les échantillons et donc d'améliorer la précision des mesures. De plus, elle autorise la préservation du site de prélèvement du fait de son caractère relativement peu destructif.

L'appareil utilisé est inspiré de celui de Grouzis (1988). Les sondes sont fabriquées dans un tube d'acier de 6 mm d'épaisseur et de 65 mm de diamètre intérieur. La tête est renforcée par une bague en laiton de 4 mm d'épaisseur. Finalement le diamètre intérieur de la sonde est de 57 mm, ce qui est nettement supérieur à la limite de 40 mm, en dessous de laquelle de trop grandes forces de frottement entre échantillon et bords de la sonde s'établissent (Schuurmann & Goedewagen, 1971). Le renforcement de la tête de la sonde constitue en outre un dispositif qui, tout en diminuant les frottements avec les parois, permet de retenir la carotte de terre dans la sonde au moment de son extraction.

Sous *Acacia tortilis* var. *raddiana* et à 3 m du tronc, 16 profils sont prélevés (4 dans chacun des points cardinaux). La zone de prélèvement hors couvert se trouve à 35 m de l'arbre le plus proche. Douze profils ont été prélevés pour ce témoin. Les prélèvements sont effectués tous les 10 cm jusqu'à 50 cm et tous les 25 cm de 50 à 250 cm, soit 13 échantillons par profil. Cela correspond donc à 208 échantillons sous l'arbre et à 156 pour l'extérieur. Les échantillons (terres et racines) sont ramenés au laboratoire dans des sacs plastiques et gardés en chambre froide jusqu'au traitement. Les racines sont récupérées au jet d'eau au travers de deux tamis superposés de 1 mm et de 0,50 mm. Après élimination des impuretés (sables, brindilles, semences...), les racines retenues sont rincées, séchées à l'étuve jusqu'à poids constant et pesées.

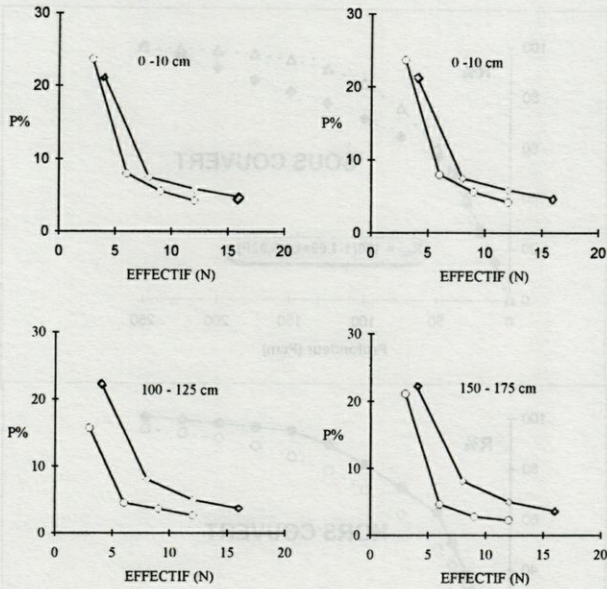


Fig. 1. - Variations de la précision sur la moyenne de la phytomasse herbacée hypogée (P%) en fonction de l'effectif de l'échantillonnage (N) pour différents horizons de sol sous (○) et hors (◇) couvert.

Accuracy on the average of the belowground phytomass (P%) according to the size of the sampling for different soil profiles inside (○) and outside (◇) the crown.

2. RÉSULTATS - DISCUSSION

2.1. Les modèles de distribution des racines : caractéristiques de l'enracinement

Les résultats étant exprimés en fonction des volumes de terre, (mg.1000 cm⁻³), il est nécessaire de déterminer la précision obtenue sur ceux-ci.

Le diamètre de la sonde et la hauteur de la carotte de terre ont été estimés respectivement à 0,1 et 0,5 cm près.

Pour les 5 premières tranches de sol, le volume prélevé est de 258,77 ± 0,04 cm³. Pour les autres, il est de 646,9 ± 0,2 cm³.

Les variations de la précision sur la moyenne en fonction de l'effectif de l'échantillonnage pour quelques horizons sont représentées sur la Fig. 1.

La précision sur la moyenne de phytomasse racinaire peut atteindre plus de 25%. Celle-ci est meilleure hors couvert que sous l'arbre.

Pour l'effectif maximal de prélèvement (HC : n = 12; SC : n = 16), la précision est toujours inférieure à 5%. Sous l'arbre, elle varie de 4 à 7% suivant l'horizon considéré. Nous attribuons ce caractère au fait que la phytomasse hypogée observée hors couvert ne concerne que la strate herbacée alors qu'elle s'adresse à la fois à la phytomasse herbacée et ligneuse sous couvert.

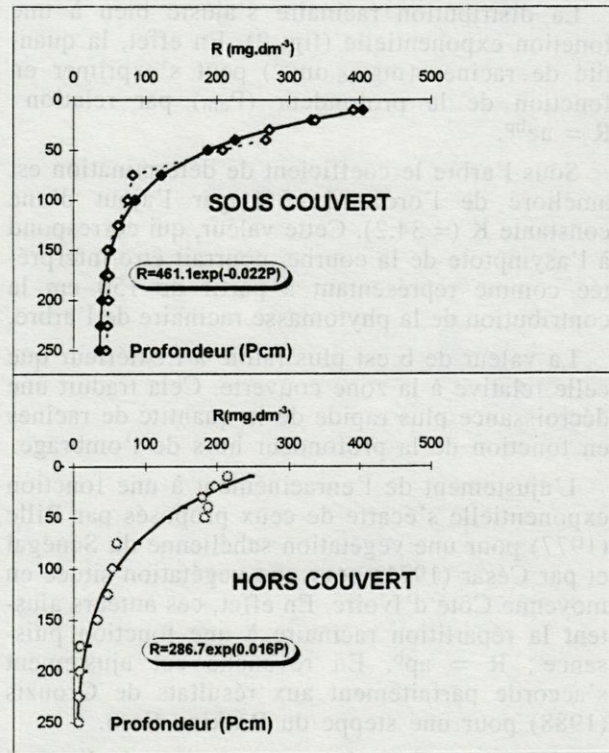


Fig. 2. - Distribution de la phytomasse racinaire R (mg.dm⁻³) en fonction de la profondeur P (cm) et son ajustement à une loi exponentielle.

Distribution of the rooted phytomass R (mg.dm⁻³) in terms of depth and its fitting to an exponential function.

Les graphiques de la fig. 1 montrent également que la précision sur la moyenne de la phytomasse hypogée diminue notablement dès que l'effectif de l'échantillon devient inférieur à 6 dans la zone découverte et 8 sous l'arbre. A partir de ce seuil, le gain de précision résultant de l'augmentation de l'effectif est généralement très faible par rapport au surcroît de travail nécessaire.

La fig. 2 donne la répartition des phytomasses racinaires (mgMS.dm⁻³) hors et sous couvert ligneux en fonction de la profondeur.

Sous l'arbre, la quantité de racines par unité de volume de sol diminue régulièrement pour atteindre 45,5 mgMS.dm⁻³ entre 225-250 cm. Hors de l'arbre, on observe une relative stabilité de la quantité racinaire jusqu'à 50 cm, puis un décrochage brutal entre 50 et 75 cm. La quantité de racines à l'horizon 225-250 cm se situe à 7,2 mgMS.dm⁻³, soit 6 fois moins que sous couvert. Cette importante disparité à tous les horizons et surtout à 225 - 250 cm confirme bien d'une part une plus forte production sous l'arbre et, d'autre part la présence certaine de racines de ligneux dans le prélèvement. En effet la différenciation entre les petites racines de ligneux et les racines des herbacées n'a pas été possible et nous avons dû renoncer.

La distribution racinaire s'ajuste bien à une fonction exponentielle (fig. 2). En effet, la quantité de racines ($\text{mg}_{\text{MS}}.\text{dm}^{-3}$) peut s'exprimer en fonction de la profondeur (P_{cm}) par relation : $R = ae^{bP}$.

Sous l'arbre le coefficient de détermination est amélioré de l'ordre de 5% par l'ajout d'une constante K ($= 34,2$). Cette valeur, qui correspond à l'asymptote de la courbe, pourrait être interprétée comme représentant à partir de 150 cm la contribution de la phytomasse racinaire de l'arbre.

La valeur de b est plus faible à l'extérieur que celle relative à la zone couverte. Cela traduit une décroissance plus rapide de la quantité de racines en fonction de la profondeur hors de l'ombrage.

L'ajustement de l'enracinement à une fonction exponentielle s'écarte de ceux proposés par Bille (1977) pour une végétation sahélienne du Sénégal et par César (1971) pour une végétation située en moyenne Côte d'Ivoire. En effet, ces auteurs ajustent la répartition racinaire à une fonction puissance : $R = ap^b$. En revanche cet ajustement s'accorde parfaitement aux résultats de Grouzis (1988) pour une steppe du Burkina Faso.

Malgré la discordance entre ces résultats, il semble que les distributions soient comparables car selon Legrand (1979) il est possible de retrouver la relation exponentielle à partir des données de Bille (1977).

Les valeurs de b sont plus élevées que celles de Grouzis (1988 : $-0,04$ à $-0,2$) et indiquent un enracinement plus profond dans les zones sableuses du Ferlo.

Pour normaliser l'expression de l'enracinement en fonction de la profondeur, Gerwitz et Page (1974), ont montré que le pourcentage de racines contenu dans une tranche de sol est relié à la profondeur par la relation générale : $R (\%) = 100(1 - e^{bP})$.

Les courbes correspondant à ce modèle sont tracées sur la fig. 3. Il apparaît que seulement 62,7 et 56,4% de la masse racinaire respectivement hors et sous couvert se situent dans les 50 premiers cm. Il faut atteindre respectivement 125 et 150 cm de profondeur pour avoir 90% de la masse racinaire.

Ce caractère d'enracinement profond corrobore les résultats de Reynolds et Leslie (1989) dans une steppe américaine. Ces auteurs, par la technique des radiotraceurs, ont observé des racines jusqu'à 225 cm de profondeur sur sol sableux dans une steppe à *Artemisia tridentata* et à 200 cm dans une steppe à *Leymus* sur sol argilo-sableux. Selon ces auteurs l'étalement latéral est plus important sur sol lourd (100 cm).

En revanche, le caractère d'enracinement profond de la strate herbacée en milieu sahélien s'écarte totalement des conclusions de Grouzis

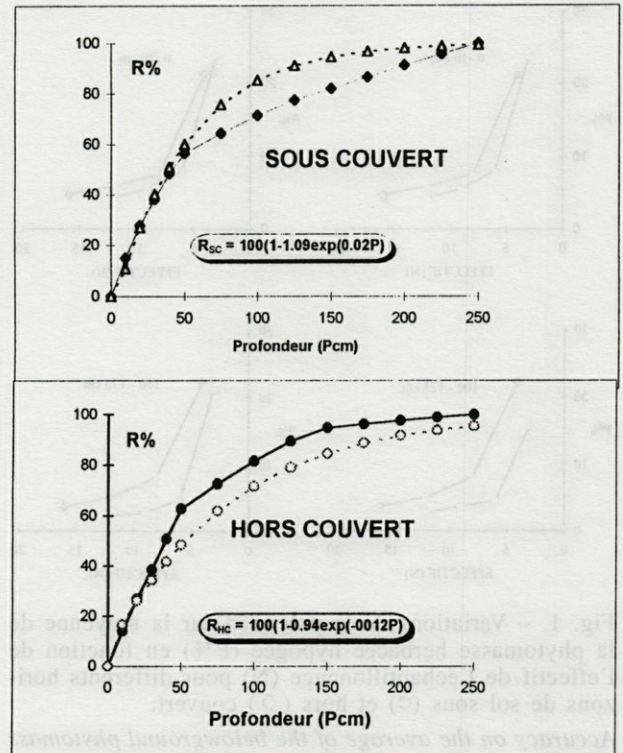


Fig. 3. – Variation de la phytomasse racinaire $R\%$ en fonction de la profondeur P_{cm} et son ajustement à une loi exponentielle.

Belowground phytomass $R\%$ according to the depth P_{cm} and its fitting to an exponential function.

(1988) et de Bille (1977) qui observent respectivement 75 et 85% des racines dans les 20 premiers cm.

Les écarts avec les résultats relatifs à des formations végétales de milieux plus humides sont encore plus grands. En effet, César (1989) et Menaut et César (1979) observent 80% des racines dans les 10 à 30 premiers cm du sol. Il en est de même pour Joffre *et al.* (1987) qui récoltent 31 à 54% dans les 5 premiers cm d'une formation herbacée méditerranéenne.

2.2. La phytomasse hypogée sous et hors de l'arbre

La production hypogée sur le profil étudié est respectivement de $261,8 \pm 5,7$ et $154,3 \pm 4,6$ $\text{g}_{\text{MS}}.\text{m}^{-2}$ sous et hors du couvert, à 5% près (Tabl. I).

La production racinaire sous ombrage est 1,7 fois plus élevée qu'hors ombrage. Bien que légèrement inférieur, ce rapport est du même ordre de grandeur que celui obtenu (1,95) pour la fraction épigée. Cette différence entre les productions ex-

Tabl. I. – Variation de la phytomasse hypogée (g.m^{-2}) sous (SC) et hors couvert (HC) ligneux entre 0 et 250 cm de profondeur de sol.

Variation of the underground phytomass (g.m^{-2}) inside and outside the tree crown between 0 and 250 cm depth.

Pcm	10	20	30	40	50	75	100	125	150	175	00	225	250
SC	39.2	33.8	27.4	26.9	20.8	20.6	18.4	16	12	12.5	11	12	11
HC	21.6	19.8	18.1	18.9	18.4	15.2	13.6	12	8.4	2.4	2.2	2	2

primerait aussi l'incorporation des racines de ligneux sous ombrage car les difficultés de tri n'ont pas permis de faire la différence.

Quel que soit l'horizon considéré la masse de racines récoltées est 1,8 à 6 fois plus élevée sous l'arbre qu'à l'extérieur.

En zone sahélienne, les études du système racinaire ont porté essentiellement sur la zone découverte. Les masses de racines rapportées pour des profondeurs de 100 à 150 cm sont assez variables : de l'ordre de 126 à 330 dans le nord du Sénégal (Bille, 1977), 175 au Burkina Faso (Grouzis, 1988), 130 au Mali (Penning & Djitéye, 1982).

Dans les zones de savanes, la production est plus importante que sous l'arbre au Sahel ; elle varie de 978 à 1476 (César, 1989), de 1 000 à 1 900 (César et Menaut, 1974) et de 1 300 sur sol drainé à 1 900 sur sol hydromorphe en Côte d'Ivoire (Menaut et César, 1979).

Dans les herbages des régions tempérées, les quantités de racines mesurées sur des profils dépassant rarement 1,50 m sont nettement plus importantes que sous l'ombrage. Joffre *et al.* (1987) notent en effet des productions de 993 gms.m^{-2} et de 400 à 450 sur des Graminées annuelle (*Phalaris sp.*) et pérenne (*Vulpia sp.*). Les valeurs de Dahlman et Kucera, (1965) et celles de Bartos et Sim (1974) qui varient de 1200 à 1700 gms.m^{-2} sont aussi nettement plus élevées que les quantités sous ombrage.

Pour le désert du Mojave, Wallace *et al.*, (1974) observent des valeurs de 1618 gms.m^{-2} .

Le rapport fraction hypogée/fraction épigée (R/T) s'élève à 1,59 sous couvert et 3,98 à l'extérieur. Il est donc 2,5 fois plus élevé hors de l'arbre. Cet indice élevé (R/T) à l'extérieur peut être mis en relation avec le développement d'un système racinaire plus dense pour s'adapter aux conditions de xéricité ou de déficit nutritif. En effet une valeur élevée de R/T traduit une plus grande xéricité des conditions écologiques (Bray, 1962) et précisément une relative indisponibilité des nutriments (Boote, 1976).

Sous l'arbre, nos résultats sont plus faibles que ceux (2.1) rapportés par Joffre *et al.* (1987) pour des Graminées pérennes (*Vulpia sp.*) en Espagne.

Hors couvert les valeurs sont plus élevées que celles de Bille (1977) pour une steppe au Sénégal : 0,98 à 1,68 et même celles de Menaut et César (1979) : 1 à 3 pour une savane de la zone tropicale humide en Côte d'Ivoire. La différence vient encore de la zone tropicale humide en Côte d'Ivoire. La différence est encore plus marquée avec les valeurs rapportées (1,07) par Wallace *et al.* (1974).

Ces résultats sont comparables à ceux (3,38) de Liang *et al.* (1989) pour une steppe au Colorado.

Lorsque l'on considère enfin le rapport de la fraction hypogée à la phytomasse totale (R+T), les valeurs obtenues sont de 0,60 et 0,80 respectivement sous et hors ombrage. Cela confirme que les conditions du milieu sont plus favorables sous couvert que hors ombrage. Cette valeur, comparable à celle rapportée par Liang *et al.*, (1989 : 0,77) pour une steppe de Colorado, est plus élevée que celle (45 %) rapportée par Floret et Pontanier (1982) pour une steppe tunisienne.

Rappelons toutefois que ces résultats ne concernent qu'un cycle de végétation, alors que les phytomasses racinaires mesurées l'année n concernent non seulement la production de cette année mais encore une fraction de la production de l'année ou des années précédentes, non encore décomposées au moment de l'observation (Grouzis, 1988).

CONCLUSION

L'étude descriptive du profil racinaire hors et sous couvert ligneux montre 1) une production nettement plus importante sous l'arbre, 2) des rapports de fraction hypogée et phytomasse totale plus élevés à l'extérieur indiquant ainsi que ces plantes sont soumises à des conditions de milieu plus difficiles.

Par rapport à d'autres travaux relatifs aux zones sahéliennes nous avons montré que l'enracinement est plus profond : 50 à 60 % seulement des racines se trouvent dans les 50 premiers cm, et il faut atteindre 125 à 150 cm pour obtenir près de 90 % du système racinaire.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARTOS D.L. & P.L. SIMS, 1974. Root dynamics of shortgrass ecosystem. *J. Range Manag.* **27** (15) : 33-36.
- BILLE J.C., 1977. Etude de la productivité nette d'un écosystème sahélien. Orstom éd., Travaux & Documents, **65** : 82 p.
- BOOTE K.J., 1976. Root relationships. *Soil crop Sci. Soc. Florida* **36** : 15-23.
- BOYER J., 1986. Comportement hydrique des plantes fourragères cultivées au Sénégal (*Andropogon gayanus* et *Brachiaria brizantha*) en fonction des contraintes exercées par le milieu. *Rev. El. Méd. vét. Pays trop.* **39** (3-4) : 443-451.
- BRAY J.R., 1962. Root distribution and the estimation of net productivity. *Can. J. Bot.* **41** : 55-72.
- CESAR J., 1989. L'influence de l'exploitation sur la pérennité des pâturages de savane : 1) effets de la coupe sur la masse du système racinaire. *Fourrages* **118** : 115-125.
- CESAR J. & J.C. MENAUT, 1974. Analyse d'un écosystème tropical humide : la savane de Lamto (Côte d'Ivoire). II) Le peuplement végétal : *Bull. liaison chercheurs Lamto*, n° sp **2** : 161 p.
- DAHLMAN R.C. & C.L. KUCERA, 1965. Root productivity and turnover in native prairie. *Ecology* **6** : 84-89.
- FLORET C. & R. PONTANIER, 1982. L'aridité en Tunisie présaharienne. Climat, sol, végétation et aménagement. Orstom, Trav. & Doc. **150** : 544 p.
- FOURNIER A., 1982. Cycle saisonnier de la biomasse dans les savanes de Ouangui-Fitini. *Ann. Univ. Abidjan*, E, **25** : 63-94.
- GERWITZ A. & E.R. PAGE, 1974. An empirical mathematical model to describe plant roots systems. *J. Appl. Ecol.* **11** (2) : 773-781.
- GROUZIS M., 1988. Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). Orstom, Etudes & Thèses, 336 p.
- JOFFRE R., M.J. LEIVA MORALES, S. RAMBAL & A.R. FERNANDEZ, 1987. Dynamique racinaire et extraction de l'eau du sol par des graminées pérennes et annuelles méditerranéennes. *Acta oecologica, Oecol. Plant.* **8** (22) : 181-194.
- LEGRAND P., 1979. Biomasse racinaire de la strate herbacée de formations sahéliennes (Etude préliminaire). ACCT/LAT/DGRST/Orstom, Ouagadougou, 28 p.
- LEPRUN J.C., 1971. Nouvelles observations sur les formations dunaires sableuses fixées du Ferlo nord occidental (Sénégal). Ass Sénégal. Et. Quatern. Ouest afr., Bull. liaison, 31 : 69-78.
- LIANG Y.M., D.L. HAZLETT & W.K. LAUENROTH, 1989. Biomass dynamics and water use efficiencies of five plant communities in the shortgrass stepp. *Oecologia* **80** : 148-153.
- MENAUT J.C. & J. CESAR, 1974. Structure and productivity of Lamto savanas (Ivory Coast). *Ecology* **60** (6) : 1197-1210.
- MICHEL P., 1969. Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. Thèse Doct. es Sciences, Strasbourg, 1167 p.
- PENNING DE VRIES F.W.T. & M.A. DJITEYE, 1982. La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. CABO, Wagenigen, 525 p.
- PICARD D., 1977. Sur la possibilité d'évaluer une caractéristique de l'enracinement à partir d'un nombre limité d'échantillons dans les études de dynamique racinaire des cultures. *Cah. Orstom, Sér. Biol.*, **12** (3).
- REYNOLD T.T. & J.R. LESLIE, 1989. Root profile of some native and exotic plant species in southeastern Idaho. *Env. Exp. Bot.* **29** (2) : 241-248.
- SCHUURMAN J.J. & M.A.J. GOEDEWAGEN, 1971. Method for the examination of roots systems. CABO, Wagenigen, 86 p.
- VALENZA J. & A.K. DIALLO, 1972. Etude des pâturages du Nord-Sénégal, IEMVT, Maisons Alfort (ét. agrost.) **34** : 311 p + cartes.
- WALLACE A., J.A. BAMBERG & J.W. CHA, 1974. Herbage response to the tree and shrub thinning in Eucalyptus poplunea shrub woodlands. *Austr. Journ. Agr. Res.* **23** : 405-410.

Reçu le 9 septembre 1993; received September 9, 1993

Accepté le 29 septembre 1995; accepted September 29, 1995