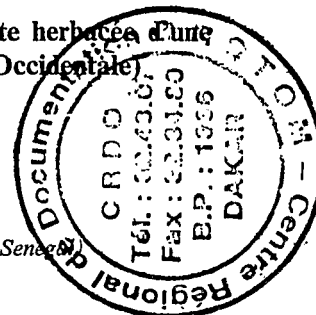


Influence de l'arbre sur la composition minérale de la strate herbacée d'une  
phytocoenose sahélienne au Nord-Sénégal, (Afrique Occidentale)

CRDO - DAKAR  
date 21-10-97  
n° 11726 cote EA 37 A 87

LÉONARD-ELIE AKPO<sup>1</sup>

Laboratoire d'Écologie Végétale, Orstom BP 1386 Dakar (Sénégal)



RÉSUMÉ. - Les variations saisonnières des teneurs en éléments minéraux au cours du cycle de végétation 1990 et les immobilisations à la phytomasse maximale ont été suivies dans la strate herbacée hors et sous couvert ligneux en zone sahélienne. D'un point de vue pondéral N est l'élément le plus abondant dans la partie aérienne de la strate herbacée sous couvert, suivi de Ca, K, Mg, P et Na. En dehors des valeurs équivalentes observées entre K et Ca d'une part, Mg et P d'autre part, l'ordre d'importance est le même à l'extérieur. Ainsi les flux d'éléments minéraux notamment d'N, entre la végétation et le sol, sont plus importants sous couvert ligneux.

MOTS-CLÉS - Savane - Éléments minéraux - Strate herbacée - Couvert - Sahel.

ABSTRACT. - The seasonal variations of mineral concentration during 1990 cycle and stocks in the high-standing crop are studied in the herbaceous vegetation of a sahelian savannah in North-Senegal (West Africa). In the weight we found the following succession for each of them: in undestory vegetation: N > Ca > K > Mg > Na > P and in open grassland: N > K = Ca > Na > P = Mg. Then the recycling of mineral elements between vegetation and soil, in particular of N, appears more important in tree crown than in unshaded zone.

KEYWORDS - Savannah - Mineral elements - Tree crown - Herbaceous layer - Sahel.

#### INTRODUCTION

La valeur nutritive des plantes dépend de leur composition minérale et organique.

De nombreux travaux ont porté sur la composition chimique des plantes cultivées ou sauvages, herbacées ou ligneuses en zone sahélienne. Lorsqu'il s'agit de la strate herbacée (Valenza et Diallo, 1972; Bille, 1977; Penning De Vries et Djitéye, 1982; Grouzis, 1984), ces données se limitent le plus souvent à la zone découverte. Peu d'études aussi suivent la qualité de la production tout au long d'un cycle de végétation entier.

(1) Adresse de correspondance: Faculté des Sciences et Techniques (Biologie végétale) Université Cheikh Anta DIOP, BP 5005 FANN-DAKAR (SENEGAL).



010014175

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: B\*14175 Ex: 1

Dans le cadre d'une recherche sur les relations Herbe/Arbre au Sahel, nous avons examiné l'influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée.

Sur le plan structural, l'arbre modifie la composition floristique en augmentant de manière significative le nombre d'espèces (Akpo, 1993).

Le présent travail présente l'effet du couvert ligneux sur la composition chimique de la fraction épigée de la strate herbacée. L'évolution au cours du cycle 1990 des teneurs en cations majeurs ainsi que les immobilisations minérales à la phytomasse maximale seront évaluées sous et hors couvert ligneux.

## MATERIEL ET METHODES D'ÉTUDE

### *La zone d'étude*

La zone d'étude se situe dans la réserve sylvo-pastorale de Sogobe (Ferlo, Nord-Senegal) près de Souilène (16°20'99" N et 15°25'40" W), à 400 km de Dakar et à 25 km au sud de Dagana (carte 1).

La région du Ferlo appartient au bassin sédimentaire sénégal-mauritanien qui regroupe des formations sableuse 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 sableux du système dunaire (sols brun-rouge subarides) sont neutres à faiblement acides; ils contiennent 80 à 85% de sable et 3.5% d'argile en surface. Ils sont pauvres en matière organique (Leprun, 1971).

Le climat est de type sahélien. La pluviosité moyenne de la station de référence (Dagana, 1918-1990) est de 282 mm, avec un coefficient de variation de 37%. A l'instar des valeurs rapportées par l'UICN (1989) pour d'autres zones sahéliennes, Dagana se caractérise par un déficit pluviométrique persistant qui a démarré en 1970. En 1990, la pluviométrie a été de 200 mm dont 80% pour les mois de juillet et août.

Ce sont autant de conditions particulièrement défavorables à la végétation.

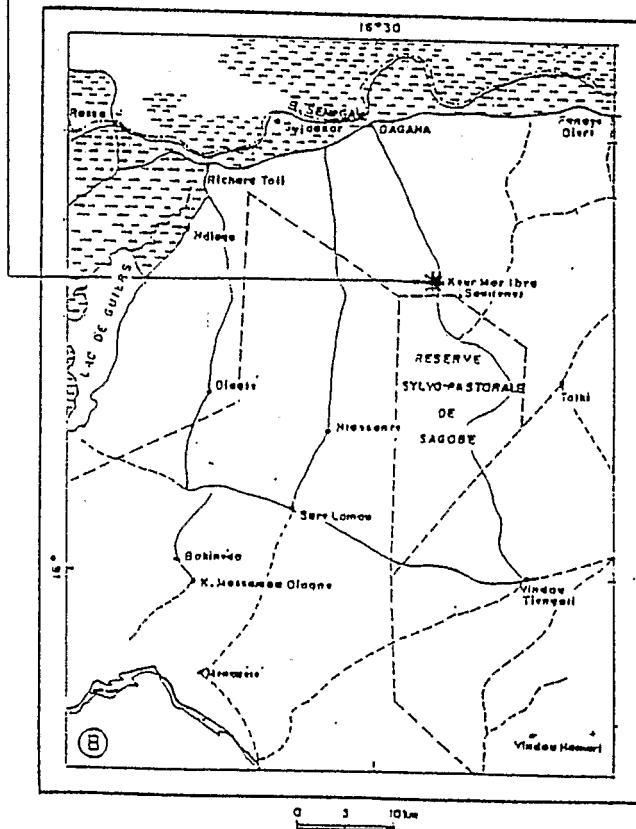
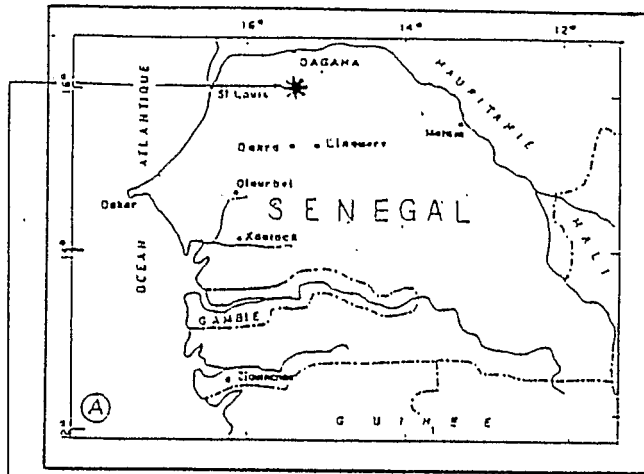
La végétation sahélienne en effet se présente, en fin de saison des pluies, à l'optimum de développement; sous la forme d'un tapis herbacé, plus ou moins continu, pouvant atteindre 50 cm à 1 m, composé essentiellement d'espèces annuelles. Ce tapis est parsemé d'arbres et d'arbustes fréquemment épineux, 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, établie sur un sol sablo-argileux. La strate ligneuse est essentiellement dominée 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 basilaires, à limbes étroits et pliés ou enroulés (*Schoenefeldia gracilis* Kunth, *Aristida* sp. *Chloris prierii* Kunth, *Lephotrium senegalense* (Kunth) Clayton).

Cette communauté a en fait été retenue en raison de son importance au niveau du secteur (plus de 35%) et de son aspect structural bien tranché.

### *Méthode d'étude*

A chaque récolte, à partir d'un échantillon moyen de 35 prélèvements sous couvert (d'*Acacia* et de *Balanites*) et 15 hors couvert nous avons procédé à la détermination de la teneur en N, P, K,



A - B - SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE

Ca, Mg et Na dans la fraction épigée de la strate herbacée par des analyses chimiques au Laboratoire de Chimie (ORSTOM, Dakar). Les teneurs sont exprimées en pourcentage du poids sec.

Les échantillons végétaux ont été minéralisés par voie humide, en présence d'acide nitrique et perchlorique. Sur les solutions de minéralisation Na et K ont été déterminés par photométrie de flamme. Ca, Mg et Na par spectrophotométrie par absorption. Le phosphore est dosé par colorimétrie du complexe phosphovanadomolybdique sur autoanalyseur Technicon.

Les dosages d'azote élémentaire ont été effectués selon la méthode KJELDAHL. Théoriquement, seul l'azote organique est mesuré par cette technique, mais la teneur en azote minéral des végétaux est pratiquement nulle, l'azote KJELDAHL est assimilable à l'azote total.

## RESULTATS-DISCUSSIONS

### *Les variations saisonnières des teneurs en éléments minéraux*

La figure 1 représente l'évolution saisonnière des teneurs de quelques éléments minéraux de la matière sèche épigée élaborée par la strate herbacée (hors et sous couvert) au cours du cycle 1990.

Les résultats montrent que les teneurs en cations majeurs et en N et P sont toujours nettement plus élevées pour la strate herbacée sous couvert ligneux, à l'exception du Na.

Hors ombrage, Mg et Ca apparaissent relativement constants tandis que K, Na et P varient de la même façon que les matières azotées, c'est-à-dire décroissent avec l'âge.

Il apparaît également que le potassium est l'élément le plus abondant dans la partie aérienne de la strate herbacée sous couvert, suivi par N, Ca, Mg, P et Na. En dehors de la permutation observée entre Mg et Na, l'ordre d'importance est le même à l'extérieur. Ce même classement avait été noté par Bernhard-Reversat (1986) dans la strate herbacée de la zone soudano-sahélienne du Sénégal.

Dans le nord du Sénégal, Valenza et Diallo (1972) ont obtenu pour la même unité de végétation 6,0, 0,41 et 0,096% respectivement pour le N, le Ca et le P. Bille (1977) a observé des teneurs de l'ordre de 5,15, 0,25 et 0,07% pour les mêmes éléments et conclut à une rareté extrême du P. Grouzis (1984) a obtenu des valeurs de 2,39% pour le N et 0,16 pour le P au Burkina Faso. Ces valeurs qui correspondent à la situation hors couvert au maximum de végétation, sont nettement plus faibles que les nôtres, à l'exception de l'azote.

Dans une savane à *Loudetia simplex*, Abbadie (1984) observe des teneurs de 1,77 à 0,27% pour N dans la strate herbacée. En étudiant séparément la composition chimique des légumineuses herbacées, cet auteur note des teneurs de 0,77 à 1,33% pour le même élément. Pour les légumineuses la teneur est maximale donc à l'optimum de végétation.

Bernhard-Reversat (1982) observe des teneurs de 1,2, 0,95 et 0,77% respectivement sous *Acacia senegal*, *Balanites aegyptiaca* et hors couvert. Cet

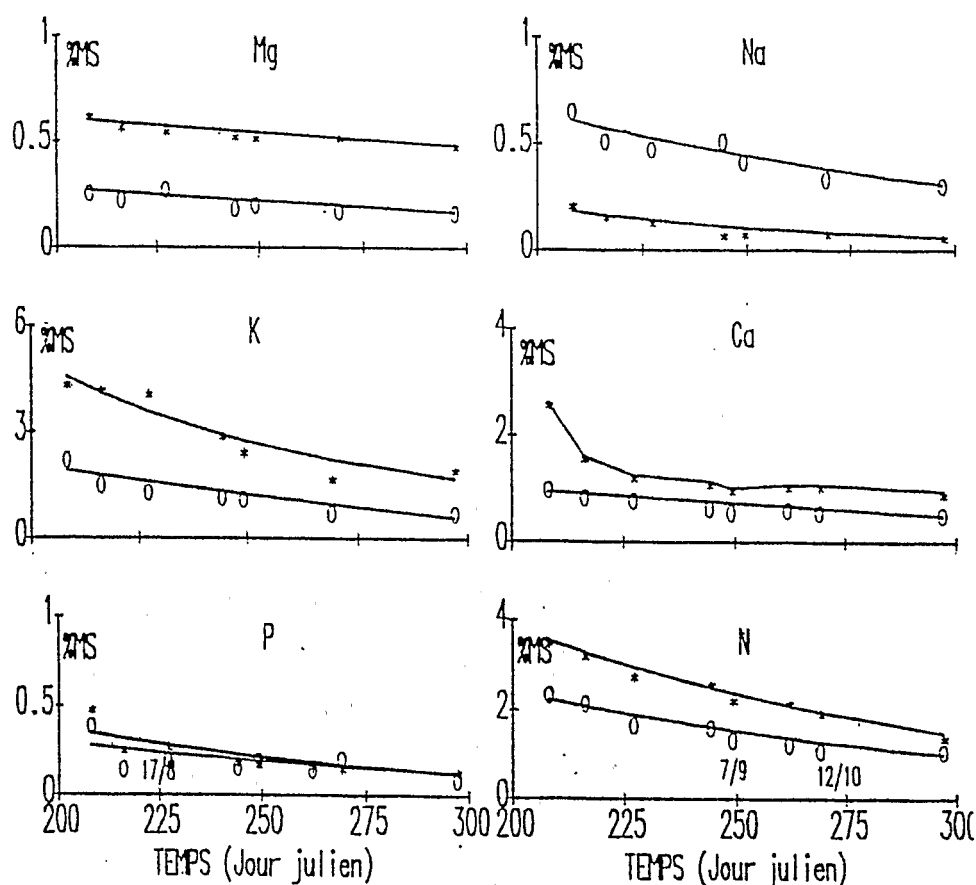


Fig. 1 - Variations saisonnières de la teneur (%MS) en éléments minéraux de la phytomasse épiquée sous (\*) et hors (o) couvert, cycle 1990.

auteur montre par ailleurs une différence significative des teneurs observées sous les arbres. Le même auteur en 1986 dans une steppe à *Acacia seyal* de la zone soudano-sahélienne obtient des valeurs de 1.53 à 2.22, 0.08 à 0.15 et 1.15 à 1.65% entre 1980 et 1983 respectivement pour N, P et Ca sous ombrage. Comparées à nos valeurs ces teneurs correspondraient plus à des situations hors du couvert de l'arbre que sous l'ombrage.

En Californie, Garcia-Moya et Kell (1970) sous *Acacia aneura* ont obtenu une teneur en N plus importante dans la strate herbacée: 2.18%.

On note ainsi la cohérence de ces résultats avec les nôtres (hors et sous ombrage) c'est-à-dire que les teneurs sont nettement plus élevées dans la partie épiquée de la strate herbacée sous couvert ligneux. Ces teneurs plus importantes traduisent donc de meilleures conditions trophiques sous l'arbre.

Les teneurs (%) maxima se trouvent en phase d'installation pour l'ensemble des éléments étudiés aussi bien pour les situations sous que hors couvert

(27 juillet). Les minima se situent en phase de production de semences (6 et 26 septembre). Les teneurs décroissent donc avec l'augmentation de phytomasse.

Selon l'élément considéré, l'évolution peut être ajustée soit à un modèle exponentiel (N sous et hors couvert, Na hors couvert), soit à un modèle linéaire (Mg sous et hors couvert), soit à un modèle puissance (Na, K sous couvert), soit à un modèle hyperbolique (Ca sous et hors couvert) soit enfin à un modèle logarithmique (K hors couvert).

Globalement l'évolution sous ombrage semble plus rapide qu'hors couvert. Cela s'oppose par contre au résultat de Bernard-Reversat (1982) qui observe pour N une plus lente diminution pour la strate herbacée sous couvert d'*Acacia senegal* qu'hors couvert. Les résultats relatifs au P sont très variables notamment pour le site sous ombrage. Apparemment le P est élevé en phase de levée puis oscille autour d'une droite.

Malgré cette grande variabilité de la teneur en P, nous avons établi l'évolution de sa teneur en fonction de celle de N (fig. 2). En effet certains auteurs dont Chapin (1980) montrent que la nutrition en P peut être liée à l'absorption de N dans les sols pauvres auxquels appartiennent les sols sahéliens.

Les corrélations sont significatives aussi bien pour les situations hors

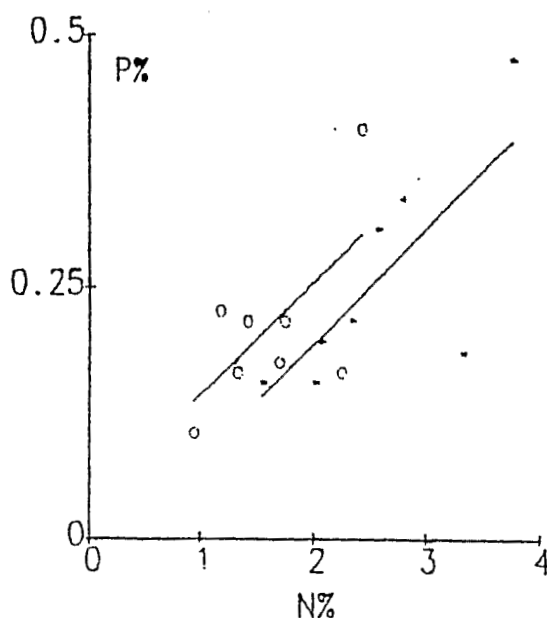


Fig. 2 - Variations saisonnières de la teneur (%MS) en P en fonction de N de la phytomasse érigée sous (\*) et hors (o) couvert, cycle 1990.

( $r^2 = 0.77$ ) que sous couvert ( $r^2 = 0.91$ ). La teneur en P croît en fonction de la teneur en azote. Ce résultat s'oppose à ceux rapportés par Claude *et al.* (1991) et Penning De Vries et Djitéye (1982) pour des formations sahélo-soudanaises qui montrent que le rapport P/N est relativement constant au cours du cycle. Il rejoint cependant les résultats de Bernhard-Reversat (1986). L'absorption de P semble être plus influencée par les variations de N dans la zone découverte que sous l'ombrage.

En ce qui concerne l'azote, il semble que la végétation n'a pas souffert d'une carence en N puisque sa teneur à maturité est supérieure à la valeur limite de 0.05% MS (Penning De Vries et Djitéye, 1982).

Cette baisse régulière des teneurs en azote dans les parties vertes des plantes ne fait que traduire un phénomène de vieillissement.

La diminution de l'azote en fonction de l'âge résulte en effet de:

- l'annulation de l'absorption après la floraison;
- la réduction de la synthèse des tissus riches en N (protéines, acides nucléiques) au profit d'un enrichissement en cellulose;
- et du type biologique de la quasi-totalité des plantes (thérophytes). En effet, la formation des semences, élément essentiel de la reproduction de ces plantes annuelles, nécessite en fin de cycle, une allocation de l'azote des tissus végétatifs vers les tissus reproducteurs (graines). Or les semences disséminées n'entrent plus dans la fraction de phytomasse analysée.

Par contre au cours de la phase de croissance cette diminution de la teneur en N, peut être assimilée partiellement à une dilution (Salette et Lemaire, 1981; Penning De Vries et Djitéye, 1982), qui permet de retenir l'eau comme le facteur limitant de la production de phytomasse: cette dernière pouvant s'accroître plus ou moins indépendamment de la nutrition minérale dans une certaine marge.

Compte tenu de l'irrégularité de la courbe de croissance notamment hors du couvert ligneux (Akpo, 1993), en raison des variations pluviométriques, la représentation des teneurs par rapport au temps ne permet pas l'étude approfondie de ce phénomène de dilution. Nous avons alors cherché à étudier plus précisément les relations entre les teneurs en N de la végétation herbacée et sa croissance, exprimée par la phytomasse sur pied à un instant donné pendant la phase de croissance ou période «utile», qui se situe entre le 27 juillet et 6 septembre pour la zone découverte et entre le 27 juillet et le 26 septembre pour la zone sous couvert ligneux.

La relation reliant l'azote à la matière sèche mise en évidence par Salette et Lemaire (1981) et applicable à nos données est de la forme:

$$\text{LogN (\%)} = a - b\text{LogMS}$$

soit après transformation

$$\text{N (\%)} = a (\text{MS})^{-b}$$

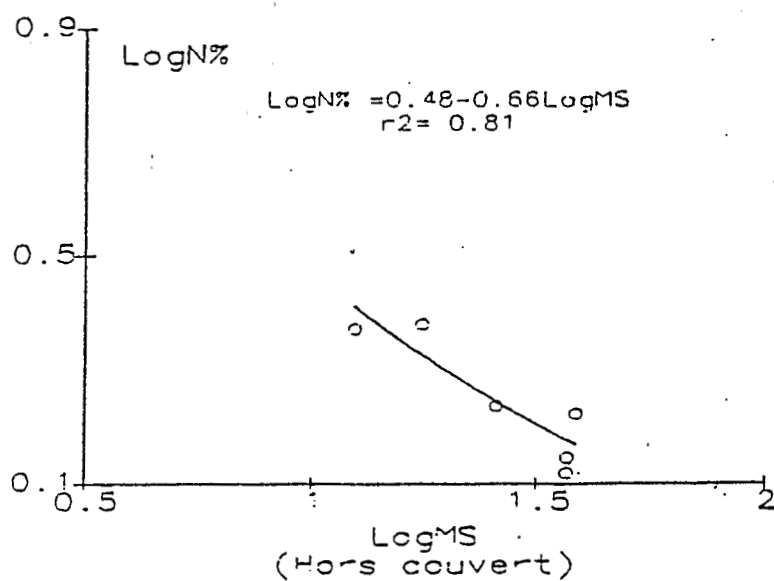
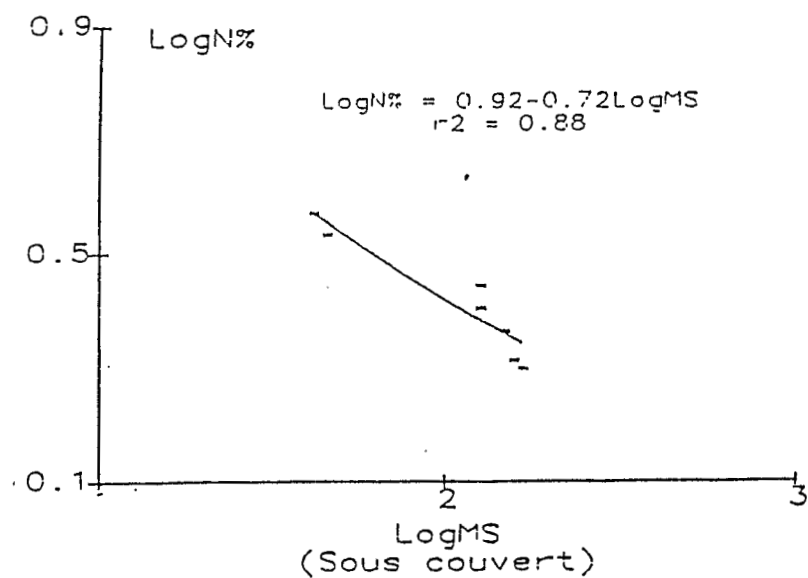


Fig. 3 - Variations saisonnières de la teneur (%MS) en N en fonction de la phytomasse épigée sous (\*) et hors (o) couvert, (en coordonnées logarithmiques), cycle 1990.



dans laquelle le coefficient  $a$ , qui correspond à N% lorsque  $MS = 1 \text{ g.m}^{-2}$  représente le potentiel de teneur c'est-à-dire la possibilité théorique d'enrichissement de la plante en azote dans des conditions données; le coefficient  $b$  caractérise la dilution.

La figure 3 représente l'évolution du Log de la teneur en N% en fonction du Log de la phytomasse.

Il apparaît que les données s'ajustent bien au modèle théorique puisque la liaison entre les deux variables est significative ( $p = 0.05$ ) dans les deux cas.

Le potentiel de teneur sous couvert ligneux est plus élevé qu'hors couvert, ce qui démontre que le niveau de nutrition azotée est plus élevé sous ombrage.

De plus le coefficient de dilution est plus élevé sous le couvert; il témoigne ainsi d'une production de matière sèche plus importante au niveau de cette situation, entraînant une décroissance plus rapide de la teneur en N.

L'étude de l'évolution des teneurs en ces différents éléments permet de suivre les changements qualitatifs de la strate herbacée sous et hors couvert ligneux mais ne donne aucune information sur les quantités disponibles. Il est donc intéressant de convertir les taux en quantités d'éléments (stocks, immobilisations ou capacités de restitutions) en tenant compte des phytomasses correspondantes.

#### *Les capacités de restitution du système herbe-arbre*

En multipliant les phytomasses mesurées par les teneurs respectives des divers éléments, il est possible de calculer la quantité réellement prélevée par la strate herbacée au cours de la saison. Les valeurs obtenues pour l'optimum de végétation du cycle 1990 sont rassemblées dans le tableau 1 pour les différents biotopes.

La minéralomasse maximale ne correspond pas toujours pas à l'optimum de végétation, stade habituellement utilisé. Nous retiendrons cependant ce stade pour faciliter les comparaisons avec les travaux d'autres auteurs.

La restitution au sol d'éléments minéraux par la strate herbacée est

TABLEAU 1

MINÉRALOMASSES DE LA FRACTION ÉPIGÉE DE LA STRATE HERBACÉE ( $\text{KG.HA}^{-1}$ ) AU MAXIMUM DE VÉGÉTATION (PORTION ÉPIGÉE)

	N	Ca	P	Mg	Na	K
A. raddy	34.3	19.2	2.8	9.3	3.0	30.5
B. aegy	22.8	15.8	2.5	6.3	3.8	20.3
SC	28.6	17.5	2.7	7.8	3.4	15.4
HC	5.9	3.3	0.7	0.7	1.6	3.3

toujours plus élevée sous le couvert ligneux qu'à l'extérieur quel que soit l'élément considéré. Ce caractère est particulièrement net pour tous les éléments étudiés. Cette différence réside notamment dans le fait, qu'hors couvert, la teneur des divers éléments est faible et que la production est médiocre (38 g<sub>MS</sub>.m<sup>2</sup>).

Il apparaît donc que les flux d'éléments minéraux notamment d'N, entre la végétation et le sol, sont plus importants sous couvert; de plus ils passent en grande partie par la strate herbacée.

Ces résultats confirment les observations de Bernhard-Reversat (1982, 1986, 1987) en zone sahélo-soudanienne.

Ils confirment par ailleurs les travaux relatifs à d'autres zones arides à semi-arides du monde tels que le Chili (système à *Acacia caven*: Ovalle 1986), l'Espagne (Montalvo *et al.*, 1980), la Californie (système à *Acacia aneura*: Garcia-Moya et Kell, 1970) et méditerranéennes (Loiseau et Monteilhet, 1989).

Les immobilisations de N (28.6) et de P (2.7) sous couvert sont tout à fait comparables à celles observées par Claude *et al.*, (1992) au nord du Burkina Faso dans des unités de végétation de dépressions argileuses hors ombrage (32,4 et 2.2 unités respectivement de N et de P).

Les exportations hors couvert sont quasiment identiques aux valeurs rapportées par Bille (1977) pour des végétations similaires du Ferlo (N: 5.8 unités et P. 0.6 unités).

Les valeurs obtenues sous *Acacia senegal* au Sénégal par Bernhard-Reversat en 1982 (N: 54, P: 3) sont nettement plus élevées que les nôtres. Par contre nos résultats se situent dans la gamme des valeurs rapportées en 1986 par le même auteur sous *Acacia seyal* (N: 23, P: 1.6, K: 45), à l'exception du potassium qui est 1.5 fois plus élevé.

Pour N et P, il apparaît donc une cohérence pour les formations sahélo-soudanienne. Par contre les immobilisations sont nettement plus faibles que les valeurs obtenues pour les formations sub-guinéennes de Côte d'Ivoire. En effet la restitution en N est de 247.1 unités pour une savane herbacée protégée des feux de brousse (Abbadie, 1985).

Pour ce qui concerne les minéralomasses sous couvert, nous avons porté dans le tableau 14 les minéralomasses de la strate herbacée sous couvert d'*Acacia raddiana* et les minéralomasses sous couvert de *Balanites aegyptiaca*.

Les minéralomasses sont équivalentes sous les deux couverts pour P, Ca, Mg et Na. Elles sont plus importantes sous le couvert d'*Acacia raddiana* pour le N et le K. Nous n'avons pourtant pas observé de différences importantes dans les cortèges floristiques établis sous ces différents arbres. Cette différence significative pour N pourrait être due aux capacités de fixation de l'azote par la légumineuse.

Par contre le rôle améliorateur du métabolisme de P par les mycorhizes associées au *Balanites aegyptiaca* observé par Bernhard-Reversat (1982) n'apparaît pas à cette échelle d'analyse.

## CONCLUSION

Les teneurs en cations majeurs de la partie aérienne de la strate herbacée, à l'exception du Na, sont plus élevées sous l'ombrage qu'hors couvert. Les teneurs maximales apparaissent au cours de la phase juvénile de la végétation.

La décroissance des teneurs des différents éléments au cours du temps semble plus rapide sous couvert qu'hors couvert. L'application à nos données du modèle de Salette et Lemaire (1981) a permis de confirmer le niveau de nutrition azotée plus élevée sous ombrage.

Par ailleurs quel que soit l'élément considéré, les restitutions, sont aussi toujours plus élevées sous couvert. A l'exception de N et du K, il n'apparaît pas de différence significative entre les minéralomasses sous *Acacia raddiana* et celles sous *Balanites aegyptiaca*.

Il nous semble important de poursuivre les investigations afin d'apprécier concrètement d'une part les variations liées à l'espèce ligneuse (assurant le couvert) et d'autre part les avantages apportés par l'arbre sur le système d'exploitation du milieu (production et qualité des herbages) c'est-à-dire sur le système pastoral sahélien.

## REFERENCES

- ABADIE L., 1984 – Evolution saisonnière du stock d'azote dans la strate herbacée d'une savane protégée des feux en Côte d'Ivoire. *Oecol. Plant.*, 6: 20, 4, 323-335.
- AKPO L.E., 1993 – Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien. *Les déterminants écologiques*. ORSTOM Ed., TDM, Paris, 174 p.
- BERNHARD-REVERSAT F., 1982 – Biogeochemical cycle of nitrogen in a semi-arid savannah. *Oikos*, 38: 321-332.
- BERNHARD-REVERSAT F., 1986 – Le recyclage des éléments minéraux par la strate herbacée dans un peuplement naturel à *Acacia* et dans une plantation d'*Eucalyptus* au Sénégal. *Oecol. Gener.*, 7: 4, 353-364.
- BERNHARD-REVERSAT F., 1987 – Les cycles des éléments minéraux dans un peuplement à *Acacia seyal* et leurs modifications en plantation, d'*Eucalyptus* au Sénégal. *Oecol. Gener.*, 8: 1, 3-16.
- BILLE J.C., 1977 – Étude de la productivité primaire nette d'un écosystème sahélien. ORSTOM, Trav. & Doc., Paris, 66: 82 p.
- CLAUDE J., GROUZIS M., MILLEVILLE P. (eds.) 1991 – Un espace sahélien: la Mare d'Oursi, Burkina Faso. ORSTOM Ed., Paris, 241 p.
- GARCIA-MOYA E., KELL C.M. (Mc), 1970 – Contributions to shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. *Ecology*, 51: 81-88.
- GROUZIS M., 1984 – Pâturages sahéliens au nord du Burkina Faso: capacité de charge, production, fréquentielle et dynamique de la qualité fourragère. ORSTOM, Ouagadougou, 35 p.
- GROUZIS M., 1988 – Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). ORSTOM, Études et Thèses, Paris, 336 p.
- LEPRUN J.C., 1971 – Nouvelles observations sur les formations dunaires sableuses fixées du Ferlo nord occidental (Sénégal). *Ass. sénégal, Et. Quatern. Ouest afr., Bulletin de Liaison*, 31: 69-78.

- LOISEAU P., MONTEILHET P., 1989 - *Ajustement de l'azote récolté dans les fourrages à l'offre minimale dans les prairies permanentes*. XVIème Congrès International des Herbages, Nice (France).
- MICHEL P., 1969 - *Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie*. Étude géomorphologique. Thèse doctorat es sc., Strasbourg, 1167 p.
- MONTALVO M., GARCIA B., LUIS E., GOMEZ J.M., 1980 - *Influencia del arbolado sobre la composicion química de la herbia*. Anales de edafologia y Agrobiologia, 1287-1305.
- OVALLE C., 1986 - *Étude du système écologique sylvo-pastoral a Acacia caven (Mol.) Hook. et Arn. Applications à la gestion des ressources renouvelables dans l'aire climatique méditerranéenne humide et subhumide du Chili*. Thèse USTL, Montpellier, 224 p.
- PENNING DE VRIES F.W.T., DJITËYE M.A., 1982 - *La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations, et de l'exploitation-de cette ressource naturelle*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 525 p.
- SALETTE J., LEMAIRE G., 1981 - *Sur la variation de la teneur en azote des graminées fourragères pendant leur croissance: formulation d'une loi de dilution*. CR Académie Sciences, Paris, t. 292, sér. III, 875-878.
- UICN (Alliance Mondiale pour la Conservation de la Nature), 1989 - *Études sur le Sahel*, UICN Ed., Gland, 52 p.
- VALENZA J., DIALLO K., 1972 - *Études des pâturages du Nord - Sénégal*. Études agrostologiques, IEMVT, Maisons-Alfort 34, 311 p + 3 cartes.

Ann. Bot. (Roma), 41, 1993

POE  
" POE