

Les cycles des éléments minéraux dans un peuplement à *Acacia seyal* et leur modification en plantation d'*Eucalyptus* au Sénégal

France Bernhard-Reversat

ORSTOM, B. P. 1286, Pointe-Noire, Rép. Pop. Congo

RÉSUMÉ

Le recyclage des éléments minéraux par la litière, le pluviollessivage et la strate herbacée a été étudié en milieu semi-aride recevant annuellement 300 à 600 mm de pluie, dans un peuplement naturel d'*Acacia seyal* et dans une plantation d'*Eucalyptus camaldulensis* installés sur sol pauvre.

La litière d'arbre sous végétation naturelle apporte annuellement au sol 27 kg de N, 2 kg de P, 13 kg de K, 33 kg de Ca et 5 kg de Mg par hectare. Le remplacement de cette végétation par l'*Eucalyptus* résulte, après 8 ans, en un apport moins grand de N et P, et plus grand de K et Ca.

Le pluviollessivage est faible, mais plus important en végétation naturelle qu'en plantation.

L'apport annuel total par les parties aériennes est assez élevé, en particulier en K, et est comparable à celui d'une forêt tempérée. En végétation naturelle l'estimation est de 54 kg de N, 3 kg de P, 70 kg de K, 68 kg de Ca et 14 kg de Mg par hectare et par an. En plantation l'apport de N est sensiblement diminué.

L'immobilisation dans le bois est plus importante en plantation où elle atteint pour Ca 50 kg/ha/an.

MOTS-CLÉS : Cycles biogéochimiques - Litière - Pluviollessivage -
Acacia - Eucalyptus - Sénégal.

ABSTRACT

A study of nutrient cycling by litterfall, throughfall and herbaceous standing crop was carried out in semi-arid environment, in a native *Acacia seyal* stand and a planted *Eucalyptus* stand grown on a poor soil.

In native vegetation tree litterfall brought to the soil 27 kg of N, 2 kg of P, 13 kg of K, 33 kg of Ca and 5 kg of Mg per ha and per year. Changing vegetation resulted in a decreased N and P input and an increased K and Ca input.

Nutrient input by throughfall was low according to the low rainfall, but was higher in native vegetation than in *Eucalyptus* stand.

Total input into the soil by above-ground vegetation was relatively high, particularly for K, and of the same order of magnitude than in temperate forests. Under native vegetation total input estimation was 54 kg of N, 3 kg of P, 70 kg of K, 68 kg of Ca and 14 kg of Mg per ha and per year. Under plantation N input was decreased.

Immobilization in wood increment was higher in *Eucalyptus* stand where it reached 50 kg/ha/year for Ca.

KEY-WORDS: Biogeochemical cycles - Litter - Throughfall -
Acacia - Eucalyptus - Senegal.

1. — INTRODUCTION

Les cycles biogéochimiques ont été étudiés dans de nombreux écosystèmes tempérés et tropicaux. En zone tropicale ce sont surtout les milieux forestiers de zones humides qui ont retenu l'attention. En particulier peu de ces études ont été faites en milieu semi-aride, sinon dans le but d'évaluer les potentialités pastorales (SICOT, 1980; VALENZA, 1981). Cependant un certain nombre de travaux prennent en compte la strate ligneuse (MOORE *et al.*, 1967; JUNG, 1969; BILLE, 1976) et concernent les savanes arborées et forêts sèches.

Le remplacement de la végétation naturelle par une plantation forestière conduit à une modification profonde des cycles biogéochimiques, liée au mode d'exploitation du sol par les racines, aux exigences de la plante, au retour au sol par les litières. En milieu tropical, des études portent sur les modifications des cycles biogéochimiques (MAHEUT & DOMMERGUES, 1960; LANGKAMP *et al.*, 1982, 1983; BERNHARD-REVERSAT, 1976), mais également sur leur influence sur le sol.

Si les processus de circulation sont transformés par le changement de végétation, il est cependant possible que le résultat global soit le même (BERNHARD-REVERSAT, 1976, 1977) si l'écosystème a une stabilité suffisante.

2. — SITE ET MÉTHODES

Le site étudié, Keur Maktar, situé dans la région soudano-sahélienne du Sénégal (Siné-Saloum) a été décrit précédemment (BERNHARD-REVERSAT, 1986). Dans la végétation naturelle la strate arborée est constituée presque exclusivement par *Acacia seyal*, en peuplement suffisamment dense, sur la parcelle étudiée, pour former un milieu fermé de type forestier. Les plantations ont été faites avec *Eucalyptus camaldulensis*. Une parcelle de mesure a été établie dans chacun de ces milieux.

2.1. Prélèvements de litières

La récolte de litière se fait, pour chaque parcelle, dans dix cadres de 60 cm de côté répartis au hasard. Le fond est un grillage de 1 à 1,5 mm environ. La litière d'arbres y est récoltée toutes les 2 semaines. Elle est triée en feuilles, fleurs et fruits, bois, écorces caduques, puis séchée à 80° et pesée. Les échantillons de feuilles sont réunis par 4 semaines pour l'analyse, les autres organes en 3 à 6 échantillons par an.

2.2. Immobilisation dans le bois

Lors de l'exploitation d'une parcelle 1973, des échantillons ont été prélevés sur les arbres, en même temps qu'étaient faites des pesées (C. BAILLY, CNRF, comm. pers.). Les analyses ont porté sur 5 échantillons de branches et 2 de troncs. Les résultats ont été rapportés au poids moyen de branches et troncs à l'hectare. L'estimation de l'immobilisation ainsi faite ne peut être précise mais donne un ordre de grandeur.

2.3. Récolte des eaux

Durant deux années 10 pluviomètres rectangulaires (50 × 10 cm) dans chaque parcelle et un pluviomètre classique à découvert ont permis de recueillir les eaux de pluies. Cependant des problèmes liés aux délais d'exécution des analyses et à la pollution des pluviomètres découverts ont rendu les résultats peu fiables pour l'azote et pour les pluies à découvert.

Pour la troisième année le nombre des pluviomètres a été réduit à ceux (4 à 8) qui étaient proches de fosses où ont été installés des lysimètres. Ceux-ci étaient constitués de tôles placées obliquement dans une tranchée faite dans la paroi de fosses, et comblée de graviers au-dessus de la tôle. Ils étaient placés à 30 et 60 cm de profondeur. Les analyses ont été faites rapidement après les prélèvements, ce

qui a permis d'obtenir des résultats fiables, mais la pollution du pluviomètre placé à découvert a conduit à utiliser les résultats obtenus dans une station située dans une autre station forestière, à 200 km, pour estimer l'apport par les pluies.

Dans tous les cas les eaux ont été récoltées toutes les deux semaines, quelques cristaux de thymol mis dans les bidons limitant l'activité microbienne. Les eaux récoltées sont filtrées.

2.4. Analyses chimiques

Les méthodes d'analyses des végétaux ont été indiquées précédemment (BERNHARD-REVERSAT, 1986). Les eaux sont analysées par les mêmes méthodes, les dosages de N et P étant faits après minéralisation.

3. — RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Production de litière par les arbres

La figure 1 donne les variations saisonnières de la chute de litière pendant trois ans. La ressemblance phéonologique entre *Acacia* et *Eucalyptus* n'est qu'apparente puisque les premiers perdent toutes leurs feuilles et restent défeuillés pendant la saison sèche alors que les derniers sont sempervirents. La chute des feuilles d'*Eucalyptus* commence fin septembre, avant l'assèchement du sol et est sans doute liée à un rythme endogène, alors que la deuxième chute, moins importante, observée en février-mars, est vraisemblablement liée à un stress hydrique. Les feuilles d'*Acacia* tombent un peu plus tard que celles d'*Eucalyptus*, à l'arrêt des pluies mais également avant l'assèchement du sol. Au Maroc, KNOCKAERT (1981) en plantation d'*Eucalyptus camaldulensis* obtient également un pic étroit en été avec quelques pics secondaires dépendant des circonstances atmosphériques. En Tunisie, des plantations de la même espèce montrent une chute de litière s'étalant sur une durée plus longue (POUPON, 1972).

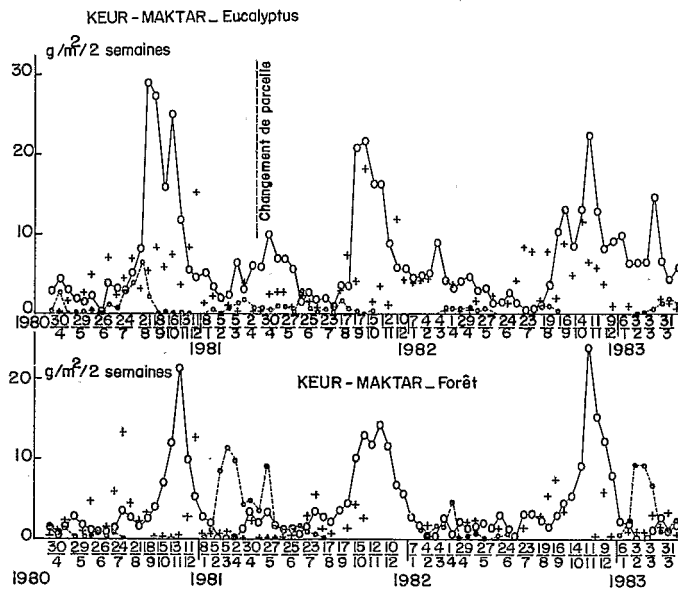


FIG. 1. — Variations saisonnières de la chute de litière sous forêt à *Acacia seyal* et sous plantation d'*Eucalyptus*.

Le tableau I récapitule les quantités annuelles de litière récoltée. Les variations interannuelles de la chute de feuilles sont remarquablement faibles en plantation, alors qu'en forêt la production de litière semble plus sensible aux variations des précipitations. Les feuilles représentent 55 et 60 % du total en forêt et plantation respectivement. La production de fleurs et fruits est très variable; elle se situe en saison sèche avec beaucoup de fleurs et peu de fruits sous *Acacia* et en saison des pluies avec surtout des fruits sous *Eucalyptus*. L'écart-type de la moyenne annuelle est de 2 à 8 % pour les feuilles, mais la précision est plus faible pour les autres organes avec écart-type d'environ 20 %.

TABLEAU I. — Production annuelle de litière en plantation et en végétation naturelle (kg/ha/an).

	année	feuilles	fleurs : fruits	bois	écordes : caduques	total
Forêt	1	910	460	660	2030	
	2	1080	280	220	160	1740
	3	1120	330	250	230	1930
	m	1040	360	230	200	1900
Plantation	1	1820	250	600	420	3090
	2	1770	120	490	570	2950
	3	1740	80	410	480	2710
	m	1780	150	500	490	2920

1 = avril 1980/mars 1981 2 = avril 1981/mars 1982 3 = avril 1982/mars 1983

En plantation d'*Eucalyptus* d'âge comparable, KNOCKAERT (1981) et POUPON (1972) observent des retombées de litière un peu plus élevées : 2,6 t/ha pour les feuilles et 3,9 au total au Maroc, 2,2 t de feuilles/ha en Tunisie.

De nombreuses mesures de quantités de litière en milieu tropical existent, et certains auteurs ont mis en évidence la corrélation existant entre la production de litière et les précipitations : la production de litière atteint 8 à 15 t/ha en forêt tropicale humide avec 1 500 à 2 100 mm de pluie (BERNHARD, 1970), se situe autour de 4-6 t/ha avec 1 100-1 300 mm de pluie (COLLINS, 1977; HOPKINS, 1966; SINGH, 1968) et descend autour de 1-2 t/ha en milieu semi-désertique (CHARLEY & COWLING, 1968). Mais peu de données concernent le milieu semi-aride recevant 500-800 mm, celles de JUNG (1969) n'étant pas comparables puisque établies sous un arbre isolé (11 t/ha). COLLINS (1977) a établi la relation entre production annuelle et pluviométrie annuelle : $y = 0,0059 x - 1,1173$, où y est la production de litière, et x la pluviométrie. Avec la pluviométrie moyenne des 3 années de mesures à Keur Maktar, 510 mm, on obtient 1,9 t/ha, soit la valeur observée en forêt naturelle. Avec la pluviométrie moyenne à long terme, 800 mm, on obtient 3,6 t/ha. Il semble peu probable que la production

de litière double en année pluvieuse, et l'écart peut être lié à la durée de la saison sèche (8 mois) dont la formule de COLLINS ne tient pas compte mais dont il reconnaît l'importance.

3.2. Teneur en éléments minéraux des litières de feuilles

Le tableau II donne les teneurs moyennes des litières de feuilles. Les teneurs de la litière sous *Acacia* sont proches de celles observées par JUNG (1969) sous *Acacia albida*, mais plus élevées que celles que donnent LANGKAMP *et al.* (1982-1983) pour une plantation d'*Acacia holosericea* en Australie.

TABLEAU II. — Teneurs moyennes des litières de feuilles et teneurs des feuilles récoltées sur l'arbre (1 échantillonnage sur plusieurs arbres), en % du poids sec.

	année:	N	P	K	Ca	Mg
Forêt	1	1,80	0,083	1,07	2,23	0,36
	litière 2	1,65	0,091	0,67	1,73	0,27
	3	1,45	0,081	0,59	1,83	0,27
	m	1,63	0,085	0,78	1,93	0,30
	feuilles	2,26		1,05	1,23	0,30
Plantation	1	0,92	0,030	0,88	2,02	0,24
	litière 2	0,98	0,040	0,86	1,44	0,24
	3	0,82	0,040	0,88	1,51	0,2
	m	0,91	0,037	0,87	1,66	0,23
	feuilles	1,69	0,083	1,84	1,44	0,21

Si les litières de feuilles d'*Eucalyptus* et d'*Acacia* ont des teneurs peu différentes en K, Ca et Mg, les teneurs en N et P sont beaucoup plus faibles dans la litière d'*Eucalyptus* avec un rapport N/P plus élevé et une corrélation N-P plus forte :

	Forêt	Plantation
N/P.....	19,1	27,6
Coefficient de corrélation...	0,37	0,83
Nombre de mesures.....	30	28

L'*Eucalyptus* montre donc une plus grande efficacité de N et P pour la production de matière organique. Ce fait est caractéristique, selon CHAPIN (1980), des espèces à croissance rapide sur un sol pauvre, qui montrent une faible concentration en éléments minéraux accompagnée de symptômes de déficience, en particulier une mortalité élevée en réponse aux stress. Les plantations d'*Eucalyptus* de la région étudiée montrent effectivement une mortalité importante pouvant être due à divers facteurs défavorables (remontées salines, sol induré, maladies).

La comparaison avec les feuilles adultes récoltées sur *Acacia* (tableau II) indique qu'avant la chute des feuilles il y a un retour vers l'arbre de N, P et K, et une accumulation de Ca dans la litière. L'échantillonnage de feuilles vertes d'*Eucalyptus*

n'ayant été fait qu'une fois alors qu'elles sont pérennes, l'interprétation des différences de teneurs avec la litière comme un retour vers les parties pérennes demande à être confirmée. Cependant O'CONNELL & MENAGE (1982) dans un peuplement naturel d'*Eucalyptus* estiment que ce processus concerne 50 % de l'azote des feuilles.

Les variations saisonnières des teneurs sont représentées (fig. 2) pour *Eucalyptus*. Elles présentent moins d'intérêt en ce qui concerne *Acacia* dont la chute de feuilles est très faible ou nulle pendant la plus grande partie de l'année.

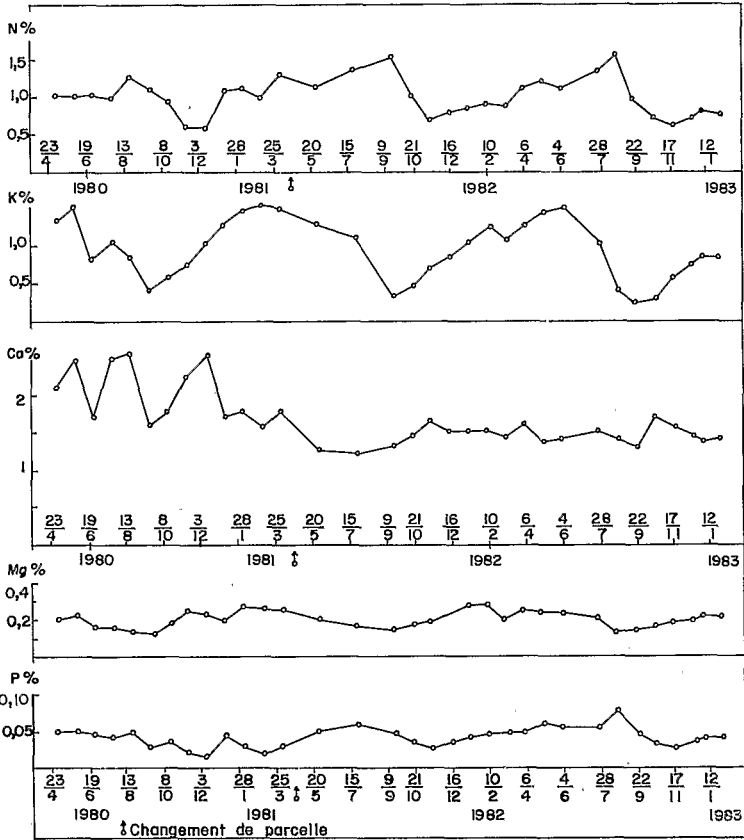


FIG. 2. — Variations saisonnières des teneurs en éléments minéraux de la litière de feuilles d'*Eucalyptus*.

On observe une diminution importante de la teneur de la litière de feuilles en N au moment du maximum de défoliation, suggérant le retour de cet élément vers les parties pérennes. Le reste de l'année la teneur en N augmente progressivement. Ceci pourrait traduire la différence entre la période de chute maximale, en fin de saison des pluies, qui se produit après une phase de sénescence, et la chute de feuille se produisant le reste de l'année, en particulier le deuxième pic en février-mars, qui peut être considérée comme accidentelle et résultant de stress, hydriques ou autres. Les variations de P sont liées à celle de N.

La teneur en K montre également une variation saisonnière avec une diminution pendant la période pluvieuse, qui peut être en partie due au lessivage de cet élément mobile dès le début des pluies. Un retour du K vers les parties pérennes peut s'ajouter à ce processus.

3.3. Apport annuel au sol par la litière

Les résultats sont donnés au tableau III et en annexe. Ils montrent une variabilité interannuelle. Les quantités de N et P recyclées par la plantation sont plus faibles que par la végétation naturelle. Notons que la nutrition azotée des *Eucalyptus* est rendue difficile d'une part par la faible teneur de l'horizon supérieur qui a été appauvri en matière organique, et d'autre part par le faible taux de minéralisation de l'azote organique (BERNHARD-REVERSAT, 1987). Les restitutions de K et Ca sont plus élevées en plantation. Les rapports des quantités totales d'éléments plantation/forêt sont les suivants :

$$N = 0,7, \quad P = 0,5, \quad K = 1,6, \quad Ca = 1,2, \quad Mg = 1,2.$$

L'ordre d'importance des éléments en végétation naturelle $Ca > N > K > Mg > P$ est légèrement modifié en plantation où K et N ont la même importance.

TABLEAU III. — Apport d'éléments minéraux au sol par la litière d'arbre, en kg/ha/an.

	année:	N	P	K	Ca	Mg	
Feuilles	1	16	0,75	9,7	20	3,3	
	2	18	1,00	7,2	19	3,0	
	3	16	0,92	6,6	20	3,3	
	m	17	0,89	7,8	20	3,1	
	Total	1	29	1,5	17	35	5,3
Forêt	2	26	1,5	10	29	4,6	
	3	26	1,7	11	34	5,2	
	m	27	1,6	13	33	5,0	
	Total	1	17	0,55	16	37	4,3
	2	17	0,71	15	25	4,3	
Plantation	3	14	0,69	15	26	3,9	
	m	16	0,65	16	29	4,2	
	Total	1	21	0,79	24	54	5,8
	2	22	0,94	21	39	6,2	
	3	18	0,87	19	38	5,3	
m	20	0,87	21	40	5,8		

Les quantités d'éléments minéraux apportées au sol sont, par l'intermédiaire de la production de litière, liées à la pluviométrie et sont donc beaucoup plus faibles dans le milieu étudié qu'en forêt humide. En ce qui concerne les milieux plus secs, il y a relativement peu de données. SINGH (1968) étudie plusieurs types de forêts décidues, et les valeurs qu'il trouve pour le type le moins productif sont très proches

de celles qui sont données ici. Dans des conditions climatiques identiques à celle de Keur Maktar, sous un *Acacia albida* isolé, l'apport au sol est 10 fois plus élevé que dans les peuplements étudiés ici et proche de ce que l'on trouve en forêt dense (JUNG, 1969). Mais un arbre isolé explore un volume de sol beaucoup plus grand qu'un arbre en peuplement dense.

3.4. Immobilisation dans le bois

Les teneurs en éléments du bois diffèrent entre *Acacia* et *Eucalyptus* essentiellement par le Ca (tableau IV). Avec ces valeurs on a pu calculer l'immobilisation dans un peuplement d'*Eucalyptus* de 8 ans, et l'immobilisation annuelle moyenne (tableau IV). Ne disposant pas d'évaluation de biomasse pour *Acacia*, on a fait une estimation de l'immobilisation annuelle en sachant qu'il faut 18 ans pour que l'*Acacia* fournisse un volume de bois comparable, et en tenant compte des teneurs différentes. Cette estimation reste très approximative, en particulier en l'absence de données sur la densité du bois.

TABLEAU IV. — Teneur du bois (% du poids sec)
et estimation de l'immobilisation annuelle dans le bois (kg/ha/an).

		N	P	K	Ca	Mg
Forêt	Troncs	0,41	0,018	0,34	0,46	0,07
	Teneur					
	Branches	0,44	0,023	0,44	0,38	0,08
	Immobilisation	7	0,3	6	8	1
Plantation	Troncs	0,22	0,025	0,32	1,28	0,04
	Teneur					
	Branches	0,45	0,030	0,63	1,55	0,06
	Immobilisation	10	1	14	50	2

3.5. Circulation des éléments minéraux dans les eaux

Dans la zone étudiée les poussières atmosphériques forment des dépôts sur la végétation pendant la saison sèche, et les eaux des premières pluies recueillies sous couvert sont fortement chargées en éléments minéraux. Durant le reste de la saison des pluies les teneurs en K et Ca restent importantes.

L'apport par la pluie sous couvert a été calculé pour chaque période de prélèvement durant une année et mis en relation avec la quantité de pluie (fig. 3). On observe une augmentation rapide avec la quantité de pluie quand celle-ci est faible, ce qui pourrait correspondre au lessivage des éléments se trouvant sur la cuticule des feuilles et sur l'écorce.

Cette phase ne semble pas exister pour l'azote. Pour des pluies plus importantes, la relation devient linéaire avec une pente plus ou moins forte selon que l'élément est plus ou moins vite renouvelé à la surface de la cuticule. Enfin sous *Acacia* lorsque les pluies deviennent très abondantes on observe une nouvelle augmentation de la pente qui correspond sans doute à un état physiologique de l'arbre différent, et qui ne s'observe pas sous *Eucalyptus*. Dans ce dernier cas, il semble que les quantités

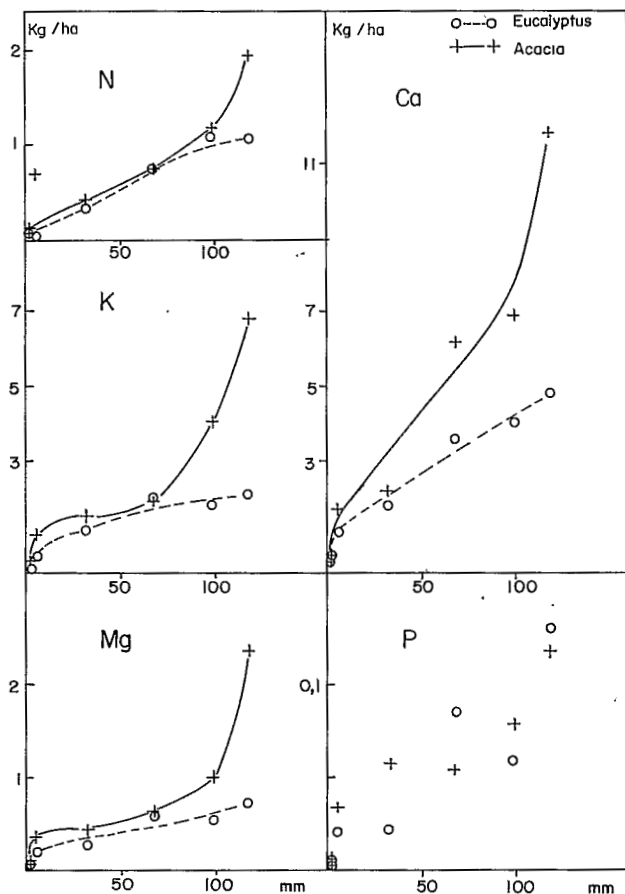


FIG. 3. — Apport d'éléments minéraux par les eaux de pluies sous couvert d'*Acacia seyal* et d'*Eucalyptus* en relation avec l'importance des précipitations.

de K et Mg tendent à se stabiliser, alors que les quantités de Ca augmentent régulièrement. La même différence entre le comportement des divers éléments a été observée, avec des valeurs plus élevées, en forêt dense (BERNHARD-REVERSAT, 1975, 1976). Notons que les valeurs obtenues pour P sont trop faibles pour qu'il soit possible d'établir une relation précise.

LANGKAMP & DALLING (1983) dans un peuplement d'*Acacia* en Australie n'observent aucune relation entre la pluviométrie et les teneurs en minéraux. Par contre une relation exponentielle décroissante entre la quantité de pluie et sa concentration en éléments minéraux sous couvert a été observée en forêt tempérée (MADGWICK & OVINGTON, 1959; LEMEE, 1974) et se retrouve également ici.

L'apport annuel par le pluviollessivage a été calculé pour une année et représente le tiers à la moitié de l'apport total par les eaux (tableau V). SCHLESINGER & HASEY (1980) ont montré le rôle des poussières dans les apports en zone semi-aride, poussières

qui peuvent être mises en mouvement localement pendant les périodes sèches séparant deux pluies. Les variations interannuelles des apports sous couvert (tableau V) sont liées à l'importance des précipitations, mais également à leur répartition et à l'état nutritionnel de l'arbre.

TABLEAU V. — *Éléments minéraux apportés par les pluies sous couvert et recyclés par le pluiolessivage (kg/ha/an).*

	année	N	P	K	Ca	Mg
1	-	0,5	20	27	7	
2	-	0,5	12	22	5	
Forêt	3	5	0,4	16	19	5
Total sous couvert	m	5	0,5	16	23	6
1	-	0,6	8	22	3	
2	-	0,4	5	15	3	
Plantation	3	4	0,3	8	16	2
m	4	0,4	7	18	3	
Pluiolessivage Forêt	3	3	0,2	12	12	4
Plantation	3	2	0,1	4	9	1

Le pluiolessivage est plus important sous *Acacia* que sous *Eucalyptus* pour tous les éléments. Les valeurs de l'apport sous couvert sont 2 à 10 fois inférieures à ce qui a été observé en forêt dense. Cependant elles sont plus élevées que les apports mesurés par GRAY (1983) sous une même pluviométrie en climat méditerranéen. Par rapport

TABLEAU VI. — *Percolation des éléments minéraux à 30 cm de profondeur sous Eucalyptus.*

Date	21,7	18,8	1,9	28,9	Total*
30 cm	mg/l	5,4	3,8	2,9	4,5
N	Kg/ha	0,38	0,08	0,12	0,40
0 cm	Kg/h	1,06	0,75	0,32	0,54
30 cm	mg/l	27,2	12,4	9,9	12,1
K	Kg/ha	1,9	0,3	0,4	1,1
0 cm	Kg/ha	2,1	2,0	1,2	0,9
30 cm	mg/l	17,7	9,0	7,1	17,7
Ca	Kg/ha	1,2	0,2	0,3	1,6
0 cm	Kg/ha	4,8	3,6	1,8	2,0

* Pour les périodes considérées.

aux résultats de LANGKAMP & DALLING (1983) les apports à Keur Maktar sont caractérisés par l'importance de Ca. Une étude des dépôts secs serait nécessaire pour préciser son origine.

Les éléments minéraux percolant dans le sol à 30 cm de profondeur ont été mesurés pendant une saison des pluies, qui a présenté l'inconvénient d'être très déficitaire, et les estimations obtenues sont certainement très inférieures à la moyenne (tableau VI). Pendant les périodes pluvieuses, sous *Eucalyptus*, environ 37 % de N, 30 % du P, 60 % du K et 50 % du Ca et Mg arrivant au sol par les eaux se retrouvent à 30 cm dans le sol. A 60 cm on a récolté peu d'eau, mais les teneurs en étaient plus élevées. Pour des causes accidentelles il n'a pas été possible de faire le bilan sous *Acacia*. Les quantités d'eau percolant étaient plus faibles ainsi que les teneurs, en particulier en K. Ces premières estimations demandent à être précisées par de plus nombreuses mesures, mais on peut penser que les pertes par percolation sont relativement faibles contrairement à ce que l'on peut observer en forêt tropicale humide (BERNHARD-REVERSAT, 1977).

4. — BILAN ET CONCLUSION

Le bilan établi au tableau VII ne tient compte que des parties aériennes.

TABLEAU VII. — *Bilan annuel des cycles biogéochimiques en forêt à Acacia seyal et en plantation d'Eucalyptus camaldulensis.*

	Forêt					Plantation					
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	
1. apport par les pluies	2	0,2	4	7	1	2	0,2	4	7	1	
2. immobilisation annuelle dans le bois	7	0,3	6	8	1	10	1,0	14	50	2	
3. apport au sol par la litière d'arbres	28	1,6	13	33	5	20	0,9	21	44	6	
4. pluviollessivage	3	0,2	12	12	4	2	0,1	4	9	1	
5. prélèvement annuel par les arbres	38	2,1	31	53	10	32	2,0	39	103	9	
6. strate herbacée	23	1,6	45	23	5	14	2,0	26	11	4	
7. total retour au sol	54	3,4	70	68	14	36	3,0	51	64	11	
8. total prélèvement annuel	61	3,7	76	76	15	46	4,0	65	114	13	
9. réserves du sol	0-20 cm	161	-	300	3000	360	46	-	130	1600	120
	0-60 cm	-	-	580	5800	1000	-	-	240	3100	220

1. mesuré 1 année déficitaire en pluie
 3. moyenne de 3 ans
 4. mesuré 1 année déficitaire en pluie
 5. 2+3+4

6. moyenne de 3 ans (BERNHARD - REVERSAT, 1986)
 7. 3+4+6

8. 5+6

9. N minéralisé annuellement in situ. moyenne de 3 ans (BERNHARD REVERSAT, 1986 b). K, Ca, Mg échangeables.

La végétation naturelle met en circulation une quantité relativement importante d'éléments minéraux, en particulier de K et Ca; N et P représentent 1/5 à 1/3 du recyclage mesuré dans une forêt dense, et K et Ca en représentent la moitié ou plus. Par ailleurs les quantités recyclées à Keur Maktar sont du même ordre que dans les forêts tempérées étudiées par RAPP (1971), LEMÉE & BICHAUT (1971), LEMÉE (1974) et DUVIGNAUD *et al.* (1971) où cependant le pluviollessivage a une part plus importante.

Comparée à ces forêts la végétation naturelle de Keur Maktar recycle une quantité importante de K, liée au rôle de la strate herbacée, dont la teneur en cet élément est élevée.

Le changement de végétation se répercute modérément sur les quantités d'éléments minéraux mis en circulation : on observe en plantation une diminution de la circulation de N liée à la disponibilité de l'azote minéral dans le sol (BERNHARD-REVERSAT, 1987), et une augmentation de la circulation de Ca principalement due à la croissance du bois. Cependant des différences apparaissent dans l'importance des différents flux, avec diminution en plantation du rôle de la strate herbacée, ainsi que du pluviollessivage, et augmentation de l'immobilisation dans le bois.

Des études faites en Australie sur des peuplements naturels d'*Eucalyptus* montrent qu'un peuplement de 9 ans d'*Eucalyptus diversicolor* recycle les mêmes quantités de N, de Ca et Mg que la plantation étudiée ici, et moins de P et K (O'CONNELL *et al.*, 1982). D'autres forêts d'*Eucalyptus*, bien que matures, recyclent également moins de P et de K, mais autant ou plus de N et de Ca (ATTIWILL *et al.*, 1978; LEE & CORREL, 1978).

L'horizon supérieur du sol sous plantation est fortement appauvri en matière organique, ce qui a pour résultat un appauvrissement global en éléments minéraux puisqu'en l'absence d'argile la capacité d'échange est liée à la matière organique. La strate herbacée développant ses racines dans cet horizon reflète sa pauvreté. Par contre le recyclage par la litière des *Eucalyptus* dont les racines explorent une plus grande profondeur du sol n'est pas affecté par l'appauvrissement du sol de surface, sauf en ce qui concerne le N qui n'est disponible que dans cet horizon.

VITOUSEK (1982) a mis en évidence la plus grande efficacité de l'azote, mesurée par la quantité de litière produite par unité d'azote, dans les milieux où cet élément est peu disponible dans le sol. Cet auteur montre également que ce processus induit une baisse du niveau de disponibilité de l'azote du sol.

Enfin, l'exploitation répétée de l'*Eucalyptus* à des intervalles de quelques années peut poser le problème des réserves du sol, en particulier en K. Cependant une étude plus approfondie de la nature des éléments assimilables est nécessaire pour préciser l'importance des réserves réellement disponibles.

REMERCIEMENTS

Les analyses chimiques ont été faites au Laboratoire Commun d'Analyses de l'ORSTOM à Dakar sous la direction de C. PAYCHENG et de J. LENELLE. Une aide technique a été apportée par I. BODIAN tout au long de ces recherches.

BIBLIOGRAPHIE

- ATTIWILL P. M., GUTHRIE H. B. & LEUNING R., 1978. — Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* (L'Herit.) forest. I. Litter production and nutrient return. *Aust. J. Bot.*, **26**, 79-91.
- BERNHARD F., 1970. — Étude de la litière et de sa contribution au cycle des éléments minéraux en forêt ombrophile de Côte-d'Ivoire. *Æcol. Plant.*, **5**, 247-266.
- BERNHARD-REVERSAT F., 1975. — *Recherches sur les cycles biogéochimiques des éléments minéraux en milieu forestier sub-équatorial (Côte-d'Ivoire)*. Thèse ORSTOM, Paris, 124 p.
- BERNHARD-REVERSAT F., 1976. — Essai de comparaison des cycles d'éléments minéraux dans les plantations de Framiré (*Terminalia ivorensis*) et en forêt naturelle de Côte-d'Ivoire. *Bois Forêts Trop.*, **167**, 25-38.

- BERNHARD-REVERSAT F., 1977. — Recherches sur les variations stationnelles des cycles biogéochimiques en forêt ombrophile de Côte-d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, **15**, 175-189.
- 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. *Acta Oecol./Ecol. Gener.*, **7**, 353-364.
- BERNHARD-REVERSAT F., 1987. — Soil nitrogen mineralization under an *Eucalyptus* plantation and adjacent natural vegetation in Senegal (*à paraître*).
- BILLE J. C., 1976. — Étude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. *Trav. Doc. ORSTOM*, **65**, 82 p.
- CHAPIN F. S. III, 1980. — The mineral nutrition of wild plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **11**, 233-260.
- CHARLEY J. L. & COWLING S. W., 1968. — Changes in soil nutrients status resulting from overgrazing and their consequences in plant communities of semi-arid areas. *Proc. Ecol. Soc. Aust.*, **3**, 28-38.
- COLLINS N. M., 1977. — Vegetation and litter production in southern guinea savanna, Nigeria. *Oecologia*, **28**, 163-175.
- DUVIGNAUD P. & DENAEYER DE SMET S., 1971. — Cycle des éléments biogènes dans les écosystèmes forestiers d'Europe. In : *Productivité des écosystèmes forestiers*. UNESCO/PBI, 527-542.
- GRAY J. T., 1983. — Nutrient use by evergreen and deciduous shrubs in southern California. *J. Ecol.*, **71**, 21-41.
- HOPKINS B., 1966. — Vegetation of the Olokemeji forest reserve, Nigeria. IV. The litter and soil with special reference to their seasonal changes. *J. Ecol.*, **54**, 687-703.
- JUNG G., 1969. — Cycles biogéochimiques dans un écosystème de région tropicale sèche *Acacia albida* (Del.) sol ferrugineux tropical peu lessivé (dior). *Oecol. Plant.*, **4**, 195-210.
- KNOCKAERT C., 1981. — Production de litière dans quatre plantations d'*Eucalyptus camaldulensis* et dans un peuplement naturel de *Quercus suber*. *Ann. Rech. For. Maroc*, **21**, 349-373.
- LANGKAMP P. J., FARNELL G. K. & DALLING M. J., 1982. — Nutrient cycling in a stand of *Acacia holosericea* A. Cunn. ex G. Dan. I. Measurements of precipitation, interception, seasonal acetylene reduction, plant growth and nitrogen requirement. *Aust. J. Bot.*, **30**, 87-106.
- LANGKAMP P. J. & DALLING M. J., 1983. — Nutrient cycling in a stand of *Acacia holosericea* A. Cunn. ex G. Dan. III. Calcium, magnesium, sodium and potassium. *Aust. J. Bot.*, **31**, 141-149.
- LEE K. & CORREL R. L., 1978. — Litter fall and its relationship to nutrient cycling in a south australian sclerophyll forest. *Aust. J. Ecol.*, **3**, 243-252.
- LEMÉE G., 1974. — Recherches sur les écosystèmes des réserves biologiques de la forêt de Fontainebleau. 4. Entrées d'éléments minéraux par les précipitations et transfert au sol par le pluviollessivage. *Oecol. Plant.*, **9**, 187-200.
- LEMÉE G. & BICHAUT N., 1971. — Recherches sur les écosystèmes des réserves biologiques de la forêt de Fontainebleau. 1. Production de litière et apport au sol d'éléments minéraux majeurs. *Oecol. Plant.*, **6**, 133-149.
- MADGWICK H. A. I. & OVINGTON J. D., 1959. — The chemical composition of precipitation in adjacent forest and open plots. *Forestry*, **32**, 14-22.
- MAHEUT J. & DOMMERGUES Y., 1960. — Les teckeraies de Casamance. Capacité de production des peuplements, caractéristiques biologiques, et maintien du potentiel productif des sols. *Bois Forêts Trop.*, **70**, 25-42.
- MOORE A. W., RUSSEL J. S. & COALDRAKE J. E., 1967. — Dry matter and nutrient content of a subtropical semi-arid forest of *Acacia harpophylla* F. Muell (brigalow). *Austr. J. Bot.*, **15**, 11-24.
- O'CONNEL A. M. & MENAGE P. M. A., 1982. — Litter fall and nutrient cycling in karri (*Eucalyptus diversicolor* F. Muell) forest in relation to stand age. *Aust. J. Ecol.*, **7**, 49-62.
- POUPON H., 1972. — Description des appareils aérien et souterrain d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehn. introduit en Tunisie du nord. *Cah. ORSTOM, Sér. Biol.*, **17**, 47-59.
- RAPP M., 1971. — *Cycle de la matière organique et des éléments minéraux dans quelques écosystèmes méditerranéens*. Thèse, CNRS, Paris, 184 p.
- SCHLESINGER W. H. & HASEY M. M., 1980. — The nutrient content of precipitation, dry fall out and intercepted aerosols in the chaparral of southern California. *Amer. Midland Natur.*, **103**, 114-122.
- SICOT M., 1980. — Déterminisme de la biomasse et des immobilisations minérales de la strate herbacée des parcours naturels sahéliens. *Cah. ORSTOM, Sér. Biol.*, **42**, 9-24.

- SINGH K. P., 1968. — Litter production and nutrient turnover in deciduous forests of Varanasi. *Proc. Symp. Recent Adv. Trop. Ecol.*, 2, 655-665.
- VALENZA J., 1981. — Surveillance continue de pâturages naturels sahéliens sénégalais. Résultats de 1974 à 1978. *Rev. Élev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 34, 83-100.
- VITOUSEK P., 1982. — Nutrient cycling and nutrient use efficiency. *Amer. Natur.*, 119, 553-572.

ANNEXE

Apport annuel au sol en éléments minéraux par la litière d'arbres autre que les feuilles, en kg/ha/an.

1 = avril 1980/mars 1981, 2 = avril 1981/mars 1982, 3 = avril 1982/mars 1983.

:	:	Fleurs et	1	1,7	0,10	3,2	3,6	0,3	:
:	:		2	1,0	0,09	0,6	1,3	0,2	:
:	:	fruits	3	0,7	0,07	1,2	1,4	0,2	:
:	:								:
:	:		1	2,0	0,09	2,9	11,6	0,6	:
:	Plantation	Bois	2	1,9	0,10	2,1	7,2	0,6	:
:	:		3	1,5	0,08	1,0	5,9	0,4	:
:	:								:
:	:	Ecorces	1	1,1	0,05	2,2	2,0	0,6	:
:	:		2	1,3	0,04	2,7	5,4	1,1	:
:	:	caduques	3	1,2	0,03	1,5	4,4	0,8	:
:	:								:
:	:	Fleurs et	1	8,7	0,59	5,4	4,7	1,2	:
:	:		2	4,7	0,44	2,2	2,3	1,0	:
:	:	fruits	3	6,4	0,66	3,8	4,3	0,9	:
:	:								:
:	:		1*	4,3	0,15	1,4	9,5	0,8	:
:	Forêt	Bois	2	1,8	0,06	0,4	3,9	0,3	:
:	:		3	1,9	0,06	0,4	4,3	0,5	:
:	:								:
:	:	Ecorces	1	-	-	-	-	-	:
:	:		2	1,5	0,03	0,1	4,2	0,3	:
:	:	caduques	3	1,7	0,04	0,2	5,1	0,8	:
:	:								:
:	:	* Bois + écorces caduques							: