

Le cycle du potassium en forêt tropicale humide

Mme France Bernhard-Reversat, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM), Laboratoire de Physiologie Végétale, Centre d'Adiopodoumé/Côte d'Ivoire

Résumé

Dans les forêts tropicales, le recyclage des éléments minéraux prend une grande importance du fait de la biomasse élevée, qui met en circulation dans la végétation une grande partie des réserves du sol. L'étude du cycle du potassium est faite dans le cadre d'une étude des éléments majeurs en forêt tropicale de basse Côte d'Ivoire.

Le stockage dans la végétation est représenté essentiellement par le bois des troncs et grosses branches, dont la teneur en potassium est très faible (0,05 à 0,2% de la matière sèche).

Dans le sol, la quantité de potassium échangeable est faible, et très variable dans le temps. La teneur diminue très rapidement depuis la surface jusqu'à 50 cm de profondeur. Elle varie en fonction de la situation topographique du site, étant plus élevée dans les talweg que sur les plateaux. La quantité moyenne présente dans l'horizon 0-50 cm est de 80 à 160 kg/ha.

L'apport au sol de potassium se fait d'une part par la chute de litière et d'autre part par la pluviollessivage. La teneur en potassium des feuilles varie en fonction du site, et l'apport annuel constitué par l'ensemble de la litière (feuilles, fruits et bois) représente 26 à 80 kg/ha selon la station. La libération du potassium de la litière au cours de sa décomposition est très rapide: 70 à 80% est libéré pendant les deux premières semaines.

Le pluviollessivage représente une voie de circulation du potassium très importante, la quantité ainsi apportée au sol annuellement étant plus de deux fois supérieure à l'apport par la litière (60 à 170 kg/ha/an selon le site).

Les eaux de percolation recueillies à 40 cm de profondeur montrent une teneur en potassium inférieure à la teneur des eaux de pluviollessivage. Dans les forêts étudiées l'horizon 0-40 cm contient 60 à 80% des petites racines et une absorption importante a lieu à ce niveau. L'analyse d'une eau de source donne une teneur en potassium extrêmement faible, ce qui laisse supposer que l'exportation de cet élément en dehors de l'écosystème est négligeable.

En conclusion, la quantité de potassium recyclée annuellement est élevée comparée aux stocks dans la végétation et le sol. L'écosystème forestier est efficace pour la retention du potassium. Le site influence beaucoup l'importance des quantités mises en circulation.

Le recyclage des éléments minéraux dans les forêts tropicales prend une grande importance du fait de la biomasse élevée qui contient une grande partie des éléments minéraux de l'écosystème.

L'étude du cycle du potassium est faite dans le cadre d'une étude des cycles des éléments majeurs dans trois sites forestiers en Côte d'Ivoire. Dans la forêt du Banco, située sur des sables continentaux, le sol est ferrallitique sableux; on y a choisi deux sites, l'un sur le plateau, l'autre dans un talweg. Dans la forêt de Yapo, située sur des

30 OCT. 1975
O. R. S. T. O. M. 321 Ex 2

Collection de Référence
n° 7805 B. 01

schistes, le sol est ferrallitique sablo-argileux; on y a retenu un site en position de plateau.

Le climat est de type subéquatorial avec une pluviosité variant entre 1600 et 2000 mm par an, répartie généralement en deux saisons des pluies, dont la principale se situe en juin et juillet.

La végétation est constituée par la forêt sempervirente humide. Les associations végétales sont différentes dans les deux forêts mais ont un large fond d'espèces communes (*Mangenot [1955]*).

1. Immobilisation dans la végétation

La quantité d'éléments immobilisés dans la végétation est en cours de détermination dans nos stations. Cependant on sait que l'essentiel du stock est représenté par les troncs et les grosses branches. Des analyses faites sur le bois d'une dizaine d'espèces parmi les plus fréquentes ont montré une teneur en potassium très faible variant de 0,05 à 0,2% du poids sec (moyenne 0,13%). Les teneurs en magnésium sont du même ordre, mais les teneurs en calcium sont nettement plus élevées. Avec une biomasse de bois d'environ 350 t/ha au Banco et 300 à Yapo on peut estimer que la quantité de potassium est de 350 à 450 kg/ha.

Des valeurs du même ordre ont été trouvées dans d'autres forêts tropicales humides: 445 kg/ha à Porto-Rico (*Ovington et Olson [1970]*), 305 kg/ha au Zaïre (*Bartholomew et al. [1953]*), 423 kg/ha au Ghana (*Greenland et Kowal [1960]*), les quantités correspondant à la totalité de la végétation allant de 500 à 660 kg/ha. Cependant il semble que l'accumulation de potassium dans la végétation puisse être plus importante dans des situations particulières: *Golley et al. [1969]* donnent les valeurs de 1336 kg/ha dans une forêt pré-montagnarde à Panama et de 1087 kg/ha dans une forêt humide de plaine, à Panama.

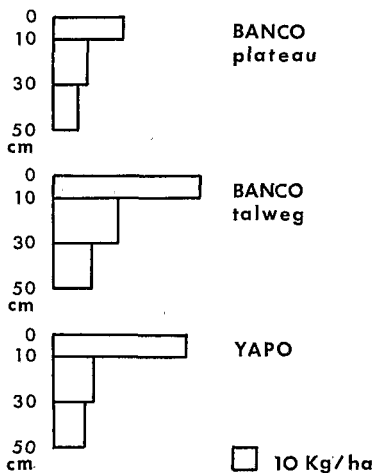


Fig. 1. Potassium échangeable du sol dans l'horizon 0-50 cm.

2. Les réserves du sol

Les sols de la forêt du Banco sont pauvres en cations échangeables. La teneur du sol en potassium échangeable est un peu plus élevée dans les horizons supérieurs du talweg mais au-dessous de 50 cm les teneurs sont les mêmes dans les deux stations. Le sol de la forêt de Yapo montre une plus grande richesse en potassium, calcium et magnésium que celui de la forêt du Banco sur tout le profil.

Compte tenu de la variabilité des teneurs, la figure 1 montre les valeurs approximatives du stock de potassium échangeable dans les trois sites. La réserve est plus grande dans le talweg du Banco (157 kg/ha) qu'à Yapo où le sol est gravillonnaire (113 kg/ha). C'est le sol du plateau du Banco qui montre la plus faible réserve (83 kg/ha).

Il faut cependant noter que ces chiffres ne donnent qu'une image incomplète des réserves réelles, puisqu'une partie du potassium est sous forme labile facilement mobilisable (*Masozera et Bouyer [1972]*). Le stock de potassium total dans le même horizon s'élève à environ 2000 kg/ha au Banco, et 6000 kg/ha à Yapo.

3. L'apport au sol par la litière

Les moyennes annuelles des analyses mensuelles montrent que la composition chimique de la litière arrivant au sol varie beaucoup en fonction du site (tableau 1). La teneur en potassium est plus élevée dans le talweg du Banco que dans les deux autres stations. Cette différence s'observe également si on considère les feuilles d'une seule espèce, et les moyennes observées pour *Dacryodes klaineana*, qui est l'espèce commune la plus abondante, sont de 0,13% au Banco sur le plateau, 0,53% dans le talweg, et 0,36% à Yapo. Le site influence également les teneurs en calcium et en magnésium mais dans une moindre mesure (*Bernhard [1970]*).

Tableau 1. L'apport par la litière

		Banco plateau	Banco talweg	Yapo
Teneur de la litière de feuilles, %	K	0,22	0,91	0,28
	Ca	0,56	0,95	1,32
	Mg	0,46	0,41	0,29
Apport par la litière totale, kg/ha/an	K	28	80	26
	Ca	60	85	105
	Mg	50	35	22

Il en résulte que l'apport annuel en potassium par la litière totale (feuilles, fleurs, fruits et bois) est environ trois fois plus élevé dans le talweg du Banco que dans les deux autres stations.

La composition chimique de la litière ne subissant pas de variations saisonnières importantes, l'apport de potassium au cours de l'année suit l'apport de litière, dont la plus grande partie tombe entre novembre et avril (*Bernhard [1970]*).

Les valeurs de l'apport annuel de potassium par la litière dans d'autres forêts tropicales humides sont de l'ordre de 10 à 15 kg/ha (*Cornforth [1970]*, Trinidad, *Kling et Rodrigues [1968]*, en Amazonie, *Müller [1972]*, en Amazonie), ou de 50 à 90 kg/ha

(Bartholomew et al. [1953], au Zaïre, Laudelout et Meyer [1954], au Zaïre, Nye [1961], au Ghana). Les valeurs que nous trouvons sont, pour le talweg, comparables à celles des forêts africaines.

Sur des lots de litière fraîche placés sur le terrain et prélevés au cours de la décomposition on a étudié le départ des éléments minéraux (Bernhard-Reversat [1972]). Après deux semaines 70 à 80% du potassium ont disparu, 80 à 90% après 4 semaines; alors que seulement 20 à 40% du calcium et 30 à 55% du magnésium ont disparu après 4 semaines.

4. Apport au sol par les pluies et le pluviollessivage

La teneur de l'eau de pluie en potassium correspond environ à un apport de 6 kg/ha/an (Roose [1973]). Par contre, l'eau de pluie recueillie sous forêt contient une grande quantité de potassium, bien supérieure aux quantités de calcium et de magnésium (tableau 2).

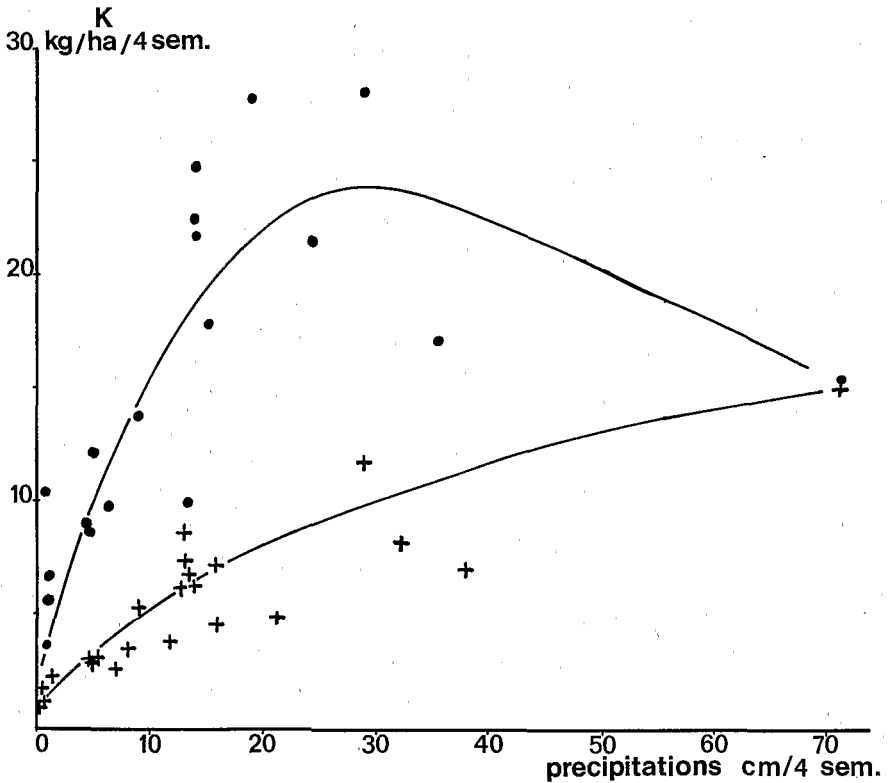


Fig. 2. Relation entre l'apport de potassium par les eaux de pluviollessivage et les précipitations. (Banco: plateau: + ; talweg: ●).

Tableau 2. Apport par les eaux de pluie recueillies sous forêt

	Banco plateau	Banco talweg	Yapo
Teneur K, ppm	4,0	12,2	5,9
K, kg/ha/an	65	175	86
Ca, kg/ha/an	40	46	34
Mg, kg/ha/an	41	48	25

Pour le potassium, la teneur moyenne des eaux de pluviollessivage est proportionnelle à celle des feuilles dont une estimation est donnée par la litière. Cette relation n'existe pas pour le calcium.

Dans chaque station il existe une relation positive entre la quantité de pluie par unité de temps (4 semaines) et la quantité de potassium apportée pendant cette période, relation assez nette pour les périodes de pluviosité faible ou moyenne, plus lâche pour les fortes pluviosités (fig. 2). Cependant dans le talweg du Banco au-delà de 200 à 250 mm de pluie la relation devient nulle et peut être négative. Dans cette station où une grande quantité de potassium est absorbée par la végétation il peut y avoir pendant les périodes de grande pluviosité (juin-juillet) un déficit passager dû d'une part au manque d'apport par la litière et d'autre part à un lessivage du potassium du sol vers des horizons moins accessibles.

L'apport annuel de potassium au sol par le pluviollessivage est très important puisqu'il représente 2 à 3 fois l'apport par la litière. La répartition au cours de l'année suit approximativement celle des pluies mais le maximum a été observé en avril-mai; avant le maximum de précipitations (juin). Nye (1961), au Ghana, trouve un apport encore plus élevé, de 219 kg/ha/an.

5. Circulation dans le sol

Dans chaque station, 2 lysimètres ont été mis en place à 40 cm de profondeur afin d'étudier la composition chimique des eaux de percolation recueillies. Pour pallier le faible nombre de répétitions les eaux sont comparées aux eaux de pluviomètres situés à proximité immédiate. L'horizon 0-40 cm contient 60 à 80% (en poids) des racines fines recensées dans le profil 0-130 cm.

Les analyses faites toutes les 4 semaines montrent que la teneur en potassium des eaux de percolation est presque toujours inférieure à celle des eaux arrivant sur le sol avec un rapport des teneurs de 0,5 à 0,8 (tableau 3). Au contraire, ce rapport est plus grand que 1 pour le calcium et le magnésium. Il semble donc que la réabsorption du potassium par les racines soit très efficace dans l'horizon 0-40 cm. Le magnésium vient ensuite et le calcium est le cation le moins bien retenu. Le tableau 3 montre également que le calcium et le magnésium se comportent différemment en fonction du site et sont mieux retenus dans le sol du plateau au Banco. Aucune différence n'est mise en évidence en ce qui concerne le potassium.

La variabilité du rapport des teneurs en potassium est très élevée pour les faibles pluviosités mais diminue pour les fortes pluies, le rapport tendant vers 1 (fig. 3).

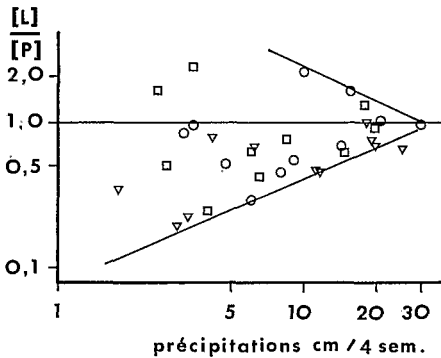


Fig. 3. Rapport des concentrations en potassium dans les eaux de lysimètres (L) et de pluviomètres (P) en fonction des précipitations. (Banco: plateau: □; talweg: ○; Yapo: ▽).

Tableau 3. Rapports de la teneur des eaux de lysimètres sur la teneur des eaux de pluviomètres (moyennes pour 1 an)

Station	Banco, plateau	Banco, talweg	Yapo	Analyse de variance
K	0,58	0,83	0,56	N.S.
Ca	2,3	4,4	3,2	S.*
Mg.....	1,1	2,2	2,0	S.**

Comparaison des stations: N.S.: non-significatif; S*: significatif au seuil de 5%; S**: significatif au seuil de 1%.

Dans la forêt du Banco on a pu prélever, en aval de la station de talweg, de l'eau de source pour l'analyser. Cette eau, qui représente une partie des sorties de l'écosystème, est pauvre en éléments minéraux, les moyennes obtenues étant: 0,46 ppm de potassium, 1,77 ppm de calcium et 0,89 ppm de magnésium. Là encore, la teneur en calcium est la plus élevée alors qu'une très faible quantité de potassium est perdu par cette voie.

MacColl [1970], en forêt humide de Costa-Rica, a mesuré les teneurs des eaux de pluviolessivage, percolation et cours d'eau. Ses résultats, qui portent sur une semaine, montrent également que la rétention des cations par l'écosystème est décroissante dans l'ordre K, Mg, Ca.

6. Bilan et conclusions

Le cycle du potassium en forêt tropicale se distingue des cycles des autres éléments majeurs par plusieurs caractères.

Le premier fait à souligner est la masse importante de potassium mis en circulation par rapport à la masse des réserves: pour environ 400 kg/ha dans le bois, et 100 à 150 kg/ha sous forme échangeable dans le sol, le flux annuel de la végétation au sol est de 93 kg/ha sur le plateau au Banco, 255 kg/ha dans le talweg de cette forêt et 112 kg/ha à Yapo, valeurs auxquelles il faudrait ajouter l'apport par les racines mortes, et par les eaux de ruissellement le long des troncs.

Le deuxième point important est l'efficacité de l'écosystème pour la rétention de cet élément, aboutissant à de faibles pertes. Elle est due pour une part à la libération rapide du potassium de la litière, qui permet à la plus grande partie apportée par cette voie d'être réutilisée avant qu'intervienne la grande saison des pluies, période au cours de laquelle on observe un drainage de l'eau vers la nappe (*Huttel [1971]*). D'autre part, l'efficacité du système racinaire superficiel vis-à-vis du potassium, dont le mécanisme reste à étudier, est un facteur essentiel de l'économie de l'écosystème.

Le dernier point mis en évidence est l'influence du site et, en particulier, en ce qui concerne la forêt sur sable (Banco) l'influence de la topographie: la différence entre le plateau et le talweg est beaucoup plus importante que ne le laisserait supposer les teneurs des sols en potassium, la quantité de potassium mis en circulation annuellement étant de 2,7 fois plus élevée dans le talweg.

Auteurs cités

- Bartholomew W. V., Meyer J. et Laudelout H.*: Mineral nutrient immobilization under forest and grass fallow in the Yangambi (Belgian Congo) region. Publ. INEAC, sér. Sc. 57 (1953).
- Bernhard F.*: Etude de la litière et de sa contribution au cycle des éléments minéraux en forêt ombrophile de Côte d'Ivoire. Oecol. Plant. 5, 247-266 (1970).
- Bernhard-Reversat F.*: Décomposition de la litière de feuilles en forêt ombrophile de basse Côte d'Ivoire. Oecol. Plant. 7, 279-300 (1972).
- Cornforth I. S.*: Leaf fall in a tropical rain forest. J. Appl. Ecol. 7, 603-608 (1970).
- Golley F. B., MacGinnis J. T. et Clements R. G.*: La biomasa y la estructura mineral de algunos bosques de Darien, Panama. Turrialba 21, 189-196 (1971).
- Golley F. B., MacGinnis J. T., Clements R. G., Child G. I. et Duever, M. J.*: The structure of tropical forest in Panama and Colombia. Bio Science 19, 693-696 (1969).
- Greenland D. J. et Kowal J. L. M.*: Nutrient content of the moist tropical forest of Ghana. Plant and Soil 12, 154-174 (1960).
- Huttel C.*: Estimation du bilan hydrique dans une forêt sempervirente de Côte d'Ivoire. Coll. FAO/IAEA, Vienne, déc. 1971, 439-452.
- Klinge H. et Rodrigues W. A.*: Litter production in an area of amazonian terra firme forest. Part D, Mineral nutrient content of the litter. Amazoniana 1, 303-310 (1968).
- MacColl J. G.*: Properties of natural waters in a tropical wet forest of Costa Rica. Bio Science 20, 1096-1100 (1970).
- Mangenot G.*: Etude sur les forêts des plaines et plateaux de la Côte d'Ivoire. Etudes Eburnéennes, IFAN 4, 5-61 (1955).
- Masozera C. et Bouyer S.*: Potassium et calcium labiles dans quelques types de sols tropicaux. Coll. FAO/IAEA, Vienne, déc. 1971.
- Muller P.*: Die Biomasse des Ökosystems im zentralamazonischen Regenwald. Mitt. Biogeogr. Abt. d. geogr. Inst. d. Saarland. des. 3 (1972).
- Nye P. H.*: Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. Plant and Soil 13, 333-346 (1961).
- Ovington J. D. et Olson J. S.*: Biomass and chemical content of El Verde lower montane rain forest plants. In: A tropical rain forest, ODUM, H.T. ed., Div. Techn. Inform. US Atom. Energy Commission. H-2, H53-H77, 1970.
- Roose E. J. et Talineau J.-C.*: Influence du niveau de fertilisation sur le bilan des éléments nutritifs majeurs de deux plantes fourragères cultivées sur un sol sableux de basse Côte d'Ivoire. Comm. Xe Coll. Inst. Int. Potasse, Abidjan (1973).

Potassium cycle in the humid tropical forest

Mrs. *France Bernhard-Reversat*, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM), Laboratoire de Physiologie Végétale, Centre d'Adiopodoumé/Ivory Coast

Summary

In tropical forests recycling of nutrients is of great importance due to a high biomass, which puts into circulation in the vegetation an important part of the soil's reserves. The study of potassium cycle is made in the frame of a study on major nutrients in the tropical forests of lower Ivory Coast. The stockage in vegetation is represented essentially by the wood of the trunks and of the large branches, the potassium content of which being very low (0.05 to 0.2%) of dry matter).

In the soil the quantity of exchangeable potassium is low, and very variable in time. The content diminishes very rapidly from the surface till a depth of 50 cm. It varies according to topographical conditions of the site, being higher in the talwegs than on the plateaus. The medium quantity present in the horizon of 0 to 50 cm is 80 to 160 kg/ha.

The supply of potassium to the soil takes place by the falling of litter on one side, and on the other by troughfall waters. The potassium content of the leaves varies according to the site, and the annual contribution made by total litter (leaves, fruits, and wood) represents 26 to 80 kg/ha according to the site. Potassium release from the litter during its decomposition is very fast: 70 to 80% is released during the first two weeks.

Troughfall is a very important way of potassium circulation, since the quantity contributed to the soil annually by this way is twice as high as the contribution made by the litter (60 to 170 kg/ha according to the site).

The percolating water collected at a depth of 40 cm shows a lower potassium content than that of troughfall water. In the forests examined the horizon of 0 to 40 cm contains 60 to 80% of the rootlets, an important absorption taking place at this level. The analysis of water from sources gives an extremely low potassium level, which allows to assume that the withdrawal of this element outside of the ecosystem is negligible.

In conclusion it can be stated that the quantity of potassium recycled annually is high in comparison with the stocks in the vegetation and in the soil. The ecosystem of the forests is efficient for potassium retention. The site affects greatly the importance of the quantities put into circulation.