

# Restitution minérale au sol par la litière dans les plantations de *Pinus kesiya* Royle ex-Gordon dans l'ouest du Cameroun

Raphaël Njoukam<sup>a</sup>, Robert Oliver<sup>b\*</sup>, Régis Peltier<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Irad, Recherches forestières, BP 285 Foumban, Cameroun

<sup>b</sup> Cirad-AMIS, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

<sup>c</sup> Engref département foresterie rurale et tropicale BP 5093, 34033 Montpellier cedex 1, France

(Reçu le 20 novembre 1998 ; révisé le 2 mars 1998 ; accepté le 3 mars 1998)

**Abstract – Nutrient return to soil through litter fall in *Pinus kesiya* Royle ex. Gordon plantations in West Cameroon.** Nutrients return through litter fall in *Pinus kesiya* ex. Gordon plantations of West Cameroon. Litter production and nutrient return were studied in 14- and 36-year-old plantations of *Pinus kesiya* in a humid savannah of Cameroon. Litter fall was observed throughout the year with maximum fall in March in the two plots. Average annual litter production within the plantations amounted, respectively, to 8 293 and 9 867 kg·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>, of which leaf fall contributed to 86 and 74 %, respectively, and was found to be the main provider (78–95) of the nutrients that return to the soil. Nutrient translocation occurs within the older leaves before their abscission. This migration of nutrients (N, P, K and Mg) occurs from the leaves to the tree. The rates of litter decomposition in the two plots are 41 and 70 %. With regard to nutrient turnover, it ranges globally from 33 to 92 % for N, P, Ca and Mg, and is more than 100 % for K, which might have been leached during the rains. All these parameters, especially translocation and return, are mechanisms that confer on trees the capacity to adapt themselves to poor soils. (© Inra/Elsevier, Paris.)

*Pinus kesiya* / forest plantation / litter fall / translocation / nutrient return

**Résumé –** La production de la litière et la restitution des bioéléments au sol ont été déterminées dans deux plantations (14 et 36 ans) de *Pinus kesiya* en savane humide du Cameroun. Il se dégage de ces travaux que la chute de la litière se produit tout au long de l'année, avec un pic au mois de mars dans les deux peuplements. Les productions moyennes de litière sont respectivement de 8 293 et 9 867 kg ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>. Les feuilles, représentant 86 et 74 % des retombées de litière, restituent ainsi au sol la plus grande quantité (78 à 95 %) d'éléments minéraux. Avant leur abscission, ces feuilles subissent un transfert d'éléments au profit de l'arbre (N, P, K et Mg). Les taux de décomposition de la litière sont de 41 et 70 %. Quant aux fractions annuelles de *turnover* des éléments minéraux, elles se situent globalement entre 30 et 95 % pour N, P, Ca et Mg, et dépassent 100 % pour K, élément très sensible au pluviolavage. Ces différents paramètres, notamment le transfert d'éléments et le recyclage minéral sont autant de mécanismes qui permettent aux arbres de s'adapter sur les sols relativement pauvres. (© Inra/Elsevier, Paris.)

*Pinus kesiya* / plantation forestière / retombée de litière / translocation / restitution minérale.

## Introduction

Dans les savanes humides du Cameroun, les réserves produits ligneux ne cessent de s'amenuiser, face à la forte pression démographique. Pour satisfaire la

demande importante en bois, des essences exotiques à croissance rapide ont été introduites par les services forestiers coloniaux. *Pinus kesiya* Royle ex Gordon figure parmi les espèces qui se sont bien acclimatées et pousse vigoureusement dans la région. Cette essence

est encore utilisée de nos jours, aussi bien par l'État (dans les réserves forestières) que par les particuliers, pour réaliser des plantations monospécifiques.

Ces boisements, installés le plus souvent sur des sols relativement pauvres, ne bénéficient d'aucun apport externe d'éléments fertilisants de la part des sylviculteurs. En effet, les paysans réservent la fertilisation aux cultures vivrières et/ou de rente. Malgré la pauvreté initiale des sols en éléments minéraux, ces arbres parviennent à pousser vigoureusement ( $20$  à  $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ ) et à produire, par conséquent, une biomasse importante de l'ordre de  $220$  à  $560 \text{ t ha}^{-1}$  [15].

Dans un écosystème forestier en général, la restitution des éléments minéraux au sol par la litière est un aspect essentiel de la nutrition minérale des arbres [3, 8] et de leur adaptation à des conditions de fertilité défavorables. Ce travail se propose d'étudier le recyclage des éléments minéraux dans deux plantations de *Pinus kesiya* (âgées respectivement de 14 et de 36 ans) installées dans la réserve forestière de Melap au Cameroun.

### 1.1. Localisation de la zone d'étude

La réserve forestière de Melap est située dans le Département du Noun (Province de l'Ouest) entre  $5^\circ 44'$

et  $5^\circ 48'$  de latitude Nord, d'une part, et  $10^\circ 52'$  et  $10^\circ 54'$  de longitude Est, d'autre part. Elle se trouve à la limite nord de la ville de Foumban, chef-lieu du département. La pluviométrie moyenne annuelle est de  $1900 \text{ mm}$  et se répartit de la mi-mars à la mi-novembre. La température moyenne annuelle est de  $21,4^\circ \text{C}$ . C'est donc un climat tropical d'altitude à une saison sèche, avec 3 mois écologiquement sec : décembre, janvier et février.

La végétation actuelle de la région est du type « savane humide d'altitude » caractérisée par la présence d'arbustes tels que *Terminalia glaucescens*, *Annona senegalensis* et *Hymenocardia acida*. La végétation herbacée est surtout graminéenne représentée par les genres *Hyparrhenia*, *Panicum*, *Urelytrum*, *Loudetia*... Les sols de la réserve de Melap appartiennent au groupe des sols ferralitiques remaniés comportant deux séries : la série de Foumban sur basalte et la série de Melap dérivant de l'embranchement [20]. Cette deuxième série occupe la majeure partie du périmètre et contient souvent des matériaux concrétionnés en surface ou en profondeur. Les sols y sont pauvres (tableau I), les risques de toxicité aluminique sont importants et le complexe adsorbant est très peu pourvu en éléments.

**Tableau I.** Caractéristiques physico-chimiques des sols de deux peuplements de pins âgés de 14 et 36 ans à Melap (Ouest Cameroun).

Parcelle	<i>P. kesiya</i> 14 ans		<i>P. kesiya</i> 36 ans	
	0–20 cm	20–45 cm	0–15 cm	15–45 cm
pH eau	4,5 ± 0,1	4,8 ± 0,0	4,3 ± 0,2	4,6 ± 0,10
M.O. %	5,38 ± 0,72	3,44 ± 0,50	8,14 ± 1,12	4,76 ± 0,17
N mg g <sup>-1</sup>	2,0 ± 0,2	1,3 ± 0,2	2,8 ± 0,3	1,7 ± 0,3
C/N	16 ± 0	16 ± 0	17 ± 1	16 ± 1
A %	35 ± 5	27 ± 1	35 ± 4	25 ± 5
Éléments du complexe adsorbant (cmol eq kg <sup>-1</sup> )				
Ca <sup>++</sup>	0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,13 ± 0,08	0,08 ± 0,1
Mg <sup>++</sup>	0,08 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,09 ± 0,01	0,06 ± 0,01
K <sup>+</sup>	0,09 ± 0,02	0,05 ± 0,01	0,09 ± 0,00	0,07 ± 0,01
Al <sup>+++</sup>	1,79 ± 0,40	1,17 ± 0,35	3,51 ± 0,85	2,38 ± 0,66
CEC	2,40 ± 0,40	1,50 ± 0,30	4,0 ± 0,60	2,70 ± 0,50
Autres éléments assimilables				
P ass.*	43 ± 12	21 ± 7	43 ± 5	28 ± 4
Éléments totaux (cmol eq kg <sup>-1</sup> )				
Ca <sup>++</sup>	2,00 ± 1,00	2,40 ± 0,88	1,22 ± 0,29	0,86 ± 0,13
Mg <sup>++</sup>	4,83 ± 0,49	4,53 ± 0,47	7,35 ± 0,84	7,03 ± 1,07
K <sup>+</sup>	2,40 ± 0,49	2,16 ± 0,45	4,63 ± 1,36	4,55 ± 1,40
P*	783 ± 95	663 ± 119	868 ± 124	808 ± 125

\* : P total et P assimilable Olsen III sont exprimés en mg kg<sup>-1</sup> de P.

## 2. Matériel et Méthodes

Les parcelles choisies pour cette étude avaient été mises en place après défrichage suivi de trouaison, avec des plants en motte âgés d'environ 6 mois. Les caractéristiques dendrométriques des peuplements figurent au *tableau II*. Celles-ci ont été obtenues à partir des mesures réalisées dans les placettes circulaires de production (4 à 5 ares) implantées dans chaque parcelle.

On constate un phénomène de sur-stockage dans le peuplement âgé de 36 ans (surface terrière) dû à l'absence d'éclaircies qui est presque généralisée dans le massif..

La distribution des tiges par catégories de grosseur est présentée à la figure 1 pour les peuplements de 14 et 36 ans. Ces distributions unimodales, caractéristiques des peuplements équiennes peuvent être considérés comme distribués normalement ( $P^2$  respectifs de 3,53 et 8,54 pour 148 et 164 individus mesurés). Le déplacement du mode et de la classe 15–20 à 30–35 cm de diamètre et l'aplatissement plus prononcé de la distribution traduisent alors le vieillissement du peuplement.

### 2.1. Retombées de litière

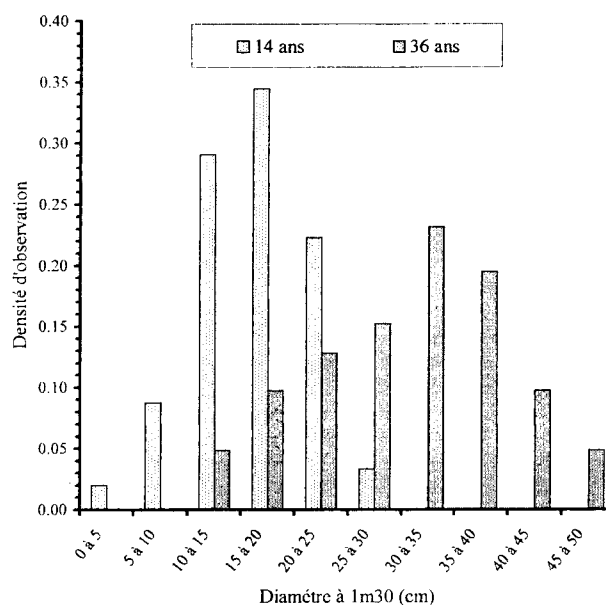
Les retombées de litière ont été suivies pendant 21 mois (janvier 1992 – septembre 1993). Cinq trappes de 1 m<sup>2</sup> (1m × 1m), placées à à 1 m du sol et installées au hasard dans chaque parcelle. Les collectes ont été effectuées à la fin de chaque mois. La litière ramassée a été triée, répartie suivant les organes (feuilles, branches + rameaux, écorces, fleurs ou fruits), pesée, sous-échantillonnée et séchée à l'étuve jusqu'à l'obtention d'un poids constant

### 2.2. La litière au sol

La litière au sol a été collectée au courant des mois d'août et de septembre (mois pluvieux) à l'aide d'un cadre de 0,5 m de côté, en dix points choisis au hasard dans chaque parcelle. Deux types de litière ont été distingués lors de la collecte : la litière non décomposée (**OI**) et la litière en décomposition (**Of**) dans laquelle les organes, bien que fragmentés, sont encore identifiables. Les deux types de litière ont été conditionnés suivant les méthodes utilisées pour les retombées.

**Tableau II.** Caractéristiques dendrométriques de chaque peuplement de *P. Kesiya* de la réserve de Melap (Ouest Cameroun).

Age des plantations	14 ans	36 ans
Nb. de tiges (ha <sup>-1</sup> )	1211	787
Diamètre moyen (cm)	21,3	35,7
Hauteur de l'arbre moyen (m)	18,2	33,5
Hauteur dominante (m)	20,0	36,7
Surface terrière (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	45,0	83,5
Volume sur écorce (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	324	1067
Accroissement annuel courant (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> )	23,1	29,6



**Figure 1.** Histogrammes de distribution des bois par classes de diamètre pour deux peuplements de *P. kesiya* âgés de 14 et 36 ans à Melap.

### 2.3. Analyse chimique des échantillons

Les échantillons collectés, triés et séchés ont été entièrement broyés (tamis de 40 mesh) et analysés. Les analyses ont porté sur les éléments majeurs (N, P, K, Ca, Mg). L'azote a été déterminé par voie sèche à l'aide d'un analyseur CHN Leco FP428 et les autres éléments ont été déterminés par ICP après minéralisation par voie sèche au four à moufle à 450 °C et reprise des cendres en milieu chlorhydrique.

Les analyses ont porté sur les diverses fractions collectées : retombées, litière au sol mais aussi sur les

feuilles vivantes prélevées à diverses positions sur les arbres.

## 2.4. Transfert des éléments vers les parties pérennes des arbres

Les feuilles ayant atteint la sénescence subissent, avant leur abscission, un transfert des éléments minéraux vers les parties pérennes de l'arbre. Cette translocation, signalée par d'autres auteurs [4, 13, 14, 17, 18] ne peut pas être évaluée simplement en comparant les teneurs en éléments des litières et des feuilles car la sénescence s'accompagne aussi de transferts d'éléments organiques. En considérant que le calcium des feuilles est en très grande partie immobilisé avant l'abscission, le taux de translocation est donné par la formule de Vitousek et Sanford [24].

$$\text{Taux de translocation (\%)} = 100 \left( 1 - \frac{X}{Y} \right) \quad (1)$$

où  $X = \frac{\text{teneur en élément de la litière}}{\text{teneur en calcium de la litière}}$

et  $Y = \frac{\text{teneur en élément dans la feuille}}{\text{teneur en calcium dans la feuille}}$

## 2.5. Indices de décomposition de la litière et *turn-over* des éléments minéraux

Nye (1961) cité par Dommergues [6] a proposé d'estimer la vitesse de décomposition des litières sous un couvert forestier en zone tropicale, où les retombées de litière sont relativement continues tout au long de l'année par l'équation suivante :

$$A \, dt = k \, L \, dt \rightarrow k = AL^{-1} \quad (2)$$

où  $k$  est le coefficient annuel de décomposition,  $A$  les retombées annuelles et  $L$  la litière en place

Cette équation fait l'hypothèse que, sur une durée suffisante, les apports par les retombées équilibrent les « pertes » par décomposition de la litière.

Le coefficient de décomposition  $k$  est aussi appelé fraction d'organes décomposée annuellement ou fraction annuelle de *turnover*. L'inverse de  $k$  ( $k^{-1}$ ) est considéré comme le temps nécessaire (en années) à la décomposition de la litière et à la minéralisation (ou libération) des éléments minéraux [1, 5, 9, 23].

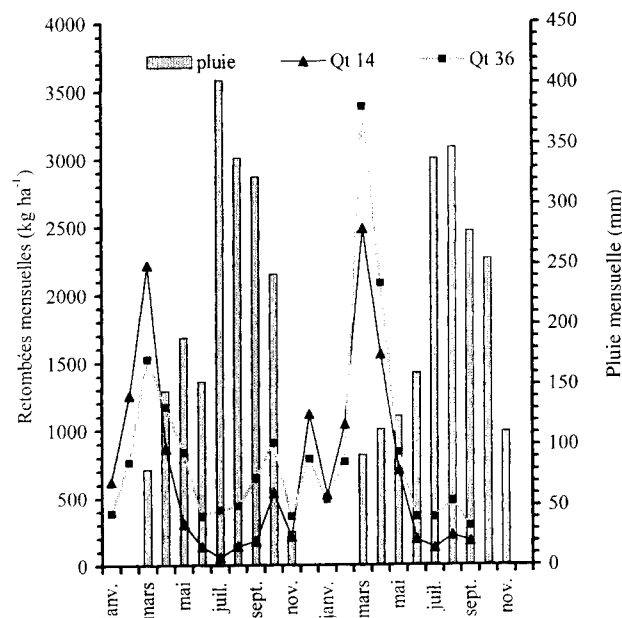
## 3. Résultats et Discussion

### 3.1. Récolte des retombées de litière

Les retombées d'organes à partir du couvert montrent un pic nettement marqué au mois de mars (*figure 2*) correspondant au début de la saison des pluies. Les organes desséchés ne résistent pas aux vents violents qui accompagnent les premières pluies. Ce maximum se situe en mars-avril dans les plantations de *Pinus caribaea* de 7 et 10 ans au Nigeria [9]. Il convient de signaler qu'au mois de février de la seconde année d'observation, un feu de brousse a traversé la parcelle de pins âgés de 36 ans et a, par conséquent, contribué à intensifier le dessèchement des organes végétaux ce qui explique le pic très accentué de cette année.

Les quantités (matière sèche  $\text{kg ha}^{-1}$ ) moyennes de végétaux collectées annuellement (*tableau III*) sont constituées très majoritairement par les feuilles qui représentent 74 et 86 % des retombées.

Les retombées annuelles s'établissent donc, dans les deux types de plantations entre 8 et  $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ . La quantité obtenue dans le peuplement le plus jeune est comparable à celle mesurée par Poggiani [16] dans une parcelle de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* âgée de 14 ans dans l'État de São Paulo au Brésil. On remarque



**Figure 2.** Restitution minérale au sol par la litière dans les plantations de *Pinus kesiya* Royle ex-Gordon dans l'ouest du Cameroun.

**Tableau III.** Retombées annuelles de produits végétaux pour les parcelles de pins âgées de 14 et 36 ans à Melap (Ouest cameroun).

Organe	<i>P. kesiya</i> 14 ans		<i>P. kesiya</i> 36 ans	
	kg ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup>	%
Feuilles	7102 ± 580	86	7241 ± 457	74
Branches et rameaux	634 ± 62	8	899 ± 75	9
Écorces	428 ± 43	5	1468 ± 120	15
Fleurs	129 ± 18	2	218 ± 24	2
Fruits	0 ± 0	0	41 ± 7	0
<b>Total</b>	<b>8293 ± 666</b>	–	<b>9867 ± 628</b>	–

l'importance relative des écorces dans les retombées pour la parcelle âgée de 36 ans (triplement par rapport au peuplement de 14 ans). En quantité absolue, les retombées de feuilles sont équivalentes pour les deux types de peuplements. La part des feuilles dans les retombées se rapproche des valeurs signalées dans certaines formations naturelles. Malaisse et Malaisse-Mousset [11] ont trouvé 71 % de feuilles dans une forêt claire de la Kasapa au Zaïre. Singh et al [21] en ont collecté 76 % dans une forêt humide décidue au Sud de l'Inde.

### 3.2. Teneurs et restitutions au sol des éléments minéraux

Les teneurs en éléments minéraux des divers produits constituant la litière (tableau IV) sont plus élevées pour le peuplement de 36 ans.

Les comparaisons de moyennes par le test T de Student effectuées à partir des deux répétitions disponibles pour les teneurs des divers organes de chaque peuplement ne montrent des différences significatives entre organes équivalents que pour la teneur en calcium des écorces, deux fois plus riches dans le peuplement de 36

ans que dans celui de 14 ans. Les organes reproducteurs (chatons mâles) sont beaucoup plus riches en N, P, K et Mg que les autres organes. Cette relative richesse des inflorescences en éléments minéraux a été également observée en Espagne dans une forêt de chêne-liège (*Quercus suber*) par Caritat et al. [4] et dans une chênaie à *Quercus rotundifolia* par Martin et al [12].

On peut, à partir des productions de litière (tableau III) et des teneurs en éléments minéraux (tableau IV) calculer les restitutions minérales au sol à travers les retombées (tableau V).

L'azote et le calcium sont les éléments dont les quantités restituées au sol par les retombées sont les plus importantes. L'ordre suivi par ces stocks de macroéléments immobilisés dans les retombées est semblable à celui observé par Martin et al. [12] dans une chênaie à *Quercus rotundifolia* dans le centre-ouest de l'Espagne.

La part des feuilles dans ces restitutions est très importante (90 à 95 % dans la parcelle de 14 ans et 78 à 88 % dans celle de 36 ans) d'abord parce que ces organes sont très largement majoritaires dans les retombées et aussi parce qu'elles sont riches en azote. Le calcium, immobilisé dans les feuilles avant abscission, est restitué en quantités non négligeables.

Pour tous les éléments les retombées sont légèrement plus importantes pour le peuplement âgé de 36 ans par rapport à celui âgé de 14 ans sans recouvrement des intervalles de confiance des valeurs calculées (tableau V).

### 3.3. Translocation des éléments

Les taux de translocation pour N, P, K, Mg (tableau VI) sont calculés en se référant à l'équation 1 et en prenant comme valeurs des teneurs des feuilles dans les litières les valeurs moyennes des deux peuplements (différences non significatives entre âges des peuplements)

**Tableau IV.** teneurs en éléments minéraux (%) des divers produits des retombées d'organes sur des peuplements de pins âgés de 14 et 36 ans à Melap (Ouest Cameroun).

Organe	<i>P. kesiya</i> 14 ans (% MS)					<i>P. kesiya</i> 36 ans (% MS)				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Feuilles	0,863	0,034	0,257	0,317	0,080	0,865	0,036	0,298	0,371	0,108
Branches et rameaux	0,414	0,018	0,047	0,274	0,053	0,471	0,027	0,144	0,352	0,056
Ecorces	0,379	0,012	0,036	0,133	0,026	0,367	0,013	0,038	0,260	0,040
Fleurs	1,033	0,073	0,432	0,188	0,119	1,033	0,073	0,432	0,188	0,119
Fruits	–	–	–	–	–	0,206	0,021	0,094	0,021	0,039

**Tableau V.** Quantités d'éléments restituées annuellement au sol dans deux peuplements de pins âgés de 14 et 36 ans à Melap (Ouest-Cameroun).

	Quantités d'éléments restitués au sol (kg ha <sup>-1</sup> )				
	N	P	K	Ca	Mg
<i>P. kesiya</i> 14 ans					
Feuilles	61,3 ± 5,0	2,38 ± 0,20	18,2 ± 1,5	22,5 ± 1,8	5,65 ± 0,46
Br. et ram.	2,62 ± 0,26	0,11 ± 0,01	0,30 ± 0,03	1,74 ± 0,17	0,33 ± 0,03
Écorces	1,62 ± 0,16	0,05 ± 0,05	0,15 ± 0,02	0,57 ± 0,06	0,11 ± 0,01
Fleurs	1,33 ± 0,19	0,09 ± 0,01	0,56 ± 0,08	0,24 ± 0,03	0,15 ± 0,02
Fruits	- ± -	- ± -	- ± -	- ± -	- ± -
<b>Total</b>	<b>66,8 ± 3,3</b>	<b>2,64 ± 0,13</b>	<b>19,3 ± 1,0</b>	<b>25,1 ± 1,9</b>	<b>6,24 ± 0,30</b>
<i>P. kesiya</i> 36 ans					
Feuilles	62,6 ± 4,0	2,57 ± 0,16	21,6 ± 1,36	26,8 ± 1,7	7,82 ± 0,49
Br. et ram.	4,23 ± 0,35	0,24 ± 0,02	1,29 ± 0,11	3,16 ± 0,26	0,50 ± 0,04
Écorces	5,39 ± 0,44	0,18 ± 0,02	0,55 ± 0,05	3,82 ± 0,31	0,58 ± 0,05
Fleurs	2,25 ± 0,25	0,16 ± 0,02	0,94 ± 0,10	0,41 ± 0,05	0,26 ± 0,03
Fruits	0,08 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,04 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00
<b>Total</b>	<b>74,6 ± 2,7</b>	<b>3,16 ± 0,11</b>	<b>24,4 ± 0,9</b>	<b>34,2 ± 1,14</b>	<b>9,17 ± 0,33</b>

Br. et ram. : Branches et rameaux.

**Tableau VI.** Taux de translocation (%) de N, P, K, Mg des feuilles de *P. Kesiya* dans des peuplements de 14 et 36 ans à Melap (Ouest Cameroun) calculés selon Witousek et Sandford.

Âge peuplement	Taux de translocation (%)			
	N	P	K	Mg
14 ans	64,6	72,9	65,3	36,2
36 ans	52,9	63,8	57,9	24,9

et comme valeurs des teneurs dans les feuilles les valeurs moyennes, propres à chaque peuplement, de teneurs dans les feuilles « adultes ».

Les taux de translocation ainsi calculés sont arithmétiquement les plus faibles pour le peuplement de 36 ans. Ils représentent plus de la moitié des réserves minérales des feuilles pour N, P et K. Toutefois, pour K cette valeur est certainement faussée par les éventuelles pertes par lessivage des feuilles de la litière entre leur chute et le prélèvement pour analyse. De même, toutes ces valeurs ne tiennent pas compte des pluviollessivages, contaminations et autres transferts pouvant survenir pendant la période de vie active de la feuille [13]. Ces transferts internes représentent une source importante d'éléments nutritifs pour les plantes pérennes [17] et constituent l'un des mécanismes qui permettent à certaines essences de s'adapter sur les sols pauvres. Notons que les taux de translocation calculés sont du même

ordre de grandeur que ceux obtenus au Nord-Cameroun par Harmand [7] pour *E. Camaldulensis* et *C. siamea*.

### 3.4. Confrontation des restitutions par les retombées avec les besoins du peuplement

Les biomasses et minéralomasses des deux peuplement ont, par ailleurs, [15] été calculées ce qui permet de comparer les productions et stockages annuels par les peuplements et les retombées à partir de ces mêmes peuplements (tableau VII).

On constate un assez fort déséquilibre en faveur des restitutions entre les biomasses et minéralomasses produites annuellement et celles restituées au sol (tableau V) que ce soit à 14 ans par rapport aux stockage moyen annuel entre 0 et 14 ans ou à 36 ans par rapport à la période 14-36 ans. Par contre, les biomasses stockées annuellement sont à peu près équivalentes pendant les deux périodes et deux fois plus importantes que celles restituées au sol.

On peut considérer de façon grossière, puisque la courbe de croissance et donc le stockage des éléments n'est pas linéaire, que la somme des quantités restituées et stockées annuellement correspond à la quantité d'élément nécessaire pour former la biomasse. Cette valeur, calculée par tonne de biomasse produite annuellement (tableau VIII), est identique pour tous les éléments pour les deux périodes concernées sauf pour le calcium où les quantités ainsi calculées sont 1,6 fois plus élevées pen-

**Tableau VII.** Comparaison des « stockages » annuels de biomasse et minéralomasse par les arbres avec les retombées à partir de ces mêmes arbres par période.

Période de croissance	Biomasse totale M.S. (t ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> )	N	Quantités d'éléments stockées (kg ha <sup>-1</sup> )			
			P	K	Ca	Mg
0 → 14 ans	15,8	38,2	1,86	12,3	11,0	4,29
14 → 36 ans	15,4	21,1	0,44	8,4	21,1	4,41
		Qt. Restituées à 14 ou 36 ans/ Qt stockées an <sup>-1</sup> pour la période				
0 → 14 ans	0,56	1,75	1,42	1,57	2,28	1,46
14 → 36 ans	0,64	3,53	7,24	2,92	1,62	2,08

**Tableau VIII.** Quantités d'éléments nécessaire à la production d'une tonne de biomasse pour des peuplements de *P. kesiya* âgés de 14 et 36 ans à Melap.

Période de croissance	Quantités d'éléments (kg ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> t <sup>-1</sup> de biomasse)				
	N	P	K	Ca	Mg
0 → 14 ans	6,64	0,28	2,00	2,28	0,67
14 → 36 ans	6,22	0,23	2,13	3,59	0,88

dant la période 14 ÷ 36 ans. Cette mobilisation supplémentaire du calcium, contribue certainement, dans un sol au complexe adsorbant très appauvri en calcium, à l'acidification du milieu.

### 3.5. Décomposition de la litière au sol et turnover des éléments minéraux

Le *tableau IX* indique les quantités d'éléments minéraux immobilisés dans les couches (non décomposée et en décomposition) de litière au sol des parcelles. Les données relatives à chacune de ces deux couches (horizons Ol et Of) de litière ont été largement détaillées par Njoukam [15].

Dans la parcelle de pins âgés de 14 ans, la quantité de litière récoltée au sol est de 20 T ha<sup>-1</sup> soit 2,4 fois les retombées annuelles. Cette valeur diminue dans le peuplement de 36 ans (14 t ha<sup>-1</sup>) et représente 1,4 fois les retombées.

L'incertitude sur les quantités d'éléments mises en jeu par la litière varie entre 15 % et 27 %. Les quantités de litière et d'éléments sont un peu plus importantes dans la fraction OF que dans OL. Les deux plantations s'ordonnent de la façon suivante pour les quantités d'éléments en jeu.

$$N \gg Ca > K > Mg > P$$

Au Nord-Est de l'Inde, Das et Ramakrishnan [5] retrouvent ce même classement après analyse de la litière au sol dans les plantations de *Pinus kesiya* âgées de 7, 15 et 22 ans.

À partir des éléments minéraux restitués au sol par les retombées (*tableau V*) et des éléments minéraux immobilisés dans la litière au sol (*tableau IX*), il est possible d'estimer (*tableau X*) la fraction annuelle de turnover de la matière organique et des éléments minéraux et le temps moyen de résidence de la litière au sol.

Arthur et Fahey [1] considèrent les temps moyens de résidence (*Forest floor residence time*) comme étant un indice important de la décomposition de la matière organique et des éléments minéraux dans la litière au sol, bien que le processus de décomposition ne soit pas statique. Ces durées sont les plus importantes pour le peuplement âgé de 14 ans, sauf pour ce qui concerne le calcium, les différences étant surtout marquées pour la matière organique et l'azote, c'est à dire pour le processus de décomposition proprement dit alors que les minéraux peuvent être beaucoup plus aisément marqués par les processus de lixiviation des organes par la pluie.

Les données concernant la décomposition de la matière organique sont comparables à celles obtenues par Ferreira (1984) cité par Reis et Barros [19] dans une plantation de *Eucalyptus grandis* au Brésil. Kadeba et Aduayi [9] trouvent 3 à 4 ans pour *Pinus caribaea* au Nigeria. Dans le massif de l'Etna en Sicile, cette décomposition de litière sous quatre taillis de *Castanea sativa* s'étend sur une période supérieure à 6 années [10] les variations observées entre ces diverses sources doivent être essentiellement d'origine climatique.

## 4. Conclusion

Cette étude a permis de préciser certains termes du cycle biogéochimique des éléments dans les peuplements de *P. kesiya* de l'ouest du Cameroun. Les retombées de

**Tableau IX.** Masse de litière au sol et quantités d'éléments minéraux mises en jeu dans des peuplements de *P. kesiya* de 14 et 36 ans à Melap (Ouest Cameroun).

	Litière au sol		Quantités d'éléments restitués au sol (kg ha <sup>-1</sup> )			
	MS t ha <sup>-1</sup>	N	P	K	Ca	Mg
14 ans.						
OL	9,02 ± 2,75	76,5 ± 27,8	2,00 ± 0,65	13,42 ± 5,02	26,1 ± 9,42	6,35 ± 2,30
OF.	11,21 ± 4,39	127,5 ± 54,6	4,02 ± 1,69	4,06 ± 1,69	1,23 ± 0,34	1,60 ± 0,67
<b>OL + OF</b>	<b>20,24 ± 3,63</b>	<b>204,5 ± 43,2</b>	<b>6,02 ± 1,29</b>	<b>17,48 ± 3,93</b>	<b>27,3 ± 7,37</b>	<b>7,95 ± 1,80</b>
36 ans						
OL	6,37 ± 1,74	52,4 ± 19,1	2,94 ± 1,14	11,92 ± 4,39	24,0 ± 8,12	5,68 ± 1,98
OF	7,66 ± 2,63	87,1 ± 35,0	3,32 ± 1,27	3,26 ± 1,27	26,4 ± 9,96	4,36 ± 1,71
<b>OL + OF</b>	<b>14,03 ± 2,16</b>	<b>139,5 ± 27,3</b>	<b>6,26 ± 1,22</b>	<b>15,18 ± 3,58</b>	<b>50,4 ± 8,91</b>	<b>10,03 ± 1,87</b>

**Tableau X.** Turnover annuel de la matière organique (M.O.) et des éléments minéraux (NN) des litières de *P. kesiya* dans des peuplements de 14 et 36 ans à Melap (Ouest Cameroun) selon l'équation 1 de Nye et temps moyen de résidence (NN) associé.

Âge du peuplement	NN : Fraction annuelle du turnover ; NN : temps moyen de résidence (années)					
	M.O.	N	P	K	Ca	Mg
14 ans	0,41 ; 2,4	0,33 ; 3,1	0,44 ; 2,3	1,10 ; 0,9	0,92 ; 1,1	0,79 ; 1,3
36 ans	0,70 ; 1,4	0,53 ; 1,9	0,50 ; 2,0	1,61 ; 1,6	0,91 ; 1,5	0,91 ; 1,1

M.O. : matière organique

litière par le cycle naturel de la plante sont importantes et permettent le maintien d'une production de biomasse conséquente malgré la fertilité naturelle défavorable des terrains forestiers. Cette retombée de matière organique, de l'ordre de 10 t ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> pourrait contribuer à une amélioration du statut organique des sols en surface constaté par l'analyse chimique. Toutefois, les fortes mobilisations minérales et le caractère « acide » des litières, ne permettent pas, au contraire, une correction de l'acidité des terres.

Les éléments du *turnover* des litières des peuplements étudiés sont en accord avec les données de la littérature. On met surtout en évidence l'importance des feuilles dans les retombées de litière et dans la mobilisation des éléments. Cette retombée, bien que continue tout au long de l'année, est nettement dépendante des conditions climatiques de la période précédant l'installation de la saison des pluies. Le vieillissement du peuplement, caractérisé par l'histogramme de répartition des diamètres de référence se traduit, au niveau des retombées par une augmentation de la part des écorces dans la litière. Le pluviolessivage des litières contribue fortement à accélérer l'intégration des éléments minéraux dans le sol ou favorise les pertes par les eaux de ruissellement.

## References

- [1] Arthur M.A., Fahey T.J., Biomass and nutrients in an Engelmann spruce-subalpine fir forest in north central Colorado: pools, annual production and internal cycling, Can. J. For. Res. 22 (1992) 315–325.
- [2] Bernhard-Reversat F., Dynamics of litter and organic matter at the soil-litter interface in fast-growing tree plantations on sandy ferallitic soils (Congo), Acta Oecol. 14 (1993) 179–195.
- [3] Bernhard-Reversat F., Le recyclage minéral par les litières : cas des arbres à croissance rapide sur sol pauvre (région de Kouilou). Orstom Congo Actualités, n° 7, 1993, 4 p.
- [4] Caritat A., Bertoni G., Molinas M., Olia M., Dominguez-Planella A., Litterfall and mineral return in two cork-oak forests in northeast Spain, Ann. Sci. For. 53 (1996) 1049–1058.
- [5] Das A.K., Ramakrishnan P.S., Litter dynamics in khasi pine (*Pinus kesiya* Royle ex. Gordon) of north-eastern India, For. Ecol. Manage. 10 (1985) 135–153.
- [6] Dommergues Y., Les cycles biogéochimiques des éléments minéraux dans les formations tropicales, Bois et Forêts des Tropiques 87 (1963) 9–27.
- [7] Harmand J.M., Rôle des espèces ligneuses à croissance rapide dans le fonctionnement biogéochimique de la jachère.



Effets sur la restauration de la fertilité des sols ferrugineux tropicaux, thèse, université de Paris VI, 1997, p. 213.

[8] Jordan C.F., Nutrient Cycling in Tropical Forest Ecosystems. Principles and their Application in Management and Conservation, J. Wiley, New York, 1985, 190 p.

[9] Kadeba O., Aduayi E.A., Litter production, nutrient recycling accumulation in *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* stands in the northern Guinea savanna of Nigeria, Plant Soil 86 (1985) 197–206.

[10] Leonardi S., Rapp M., Failla M., Guarnaccia D., Biomasse, productivité et transferts de matière organique dans une séquence altitudinale de peuplements de *Castanea sativa* Mill de l'Etna, Ann. Sci. For. 53 (1996) 1031–1048.

[11] Malaisse F., Malaisse-Mousset M., Contribution à l'étude de l'écosystème forêt claire (MIOMBO). Phénologie de la défoliation, Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique 103 (1970) 115–124.

[12] Martin A., Gallardo J.F., Santa Regina I., Aboveground litter production and bioelement potential return in an evergreen oak (*Quercus rotundifolia*) woodland near Salamanca (Spain), Ann. Sci. For. 53 (1996) 811–818.

[13] Negi J.D.S., Sharma S.C., Bisht A.P.S., Forest floor and soil nutrient inventories in an old growth eucalyptus plantation, Indian For. 114 (1988) 453–461.

[14] Nguibaot F., Étude de la litière et décomposition de la matière organique dans trois parcelles d'eucalyptus et de pins à l'intérieur du périmètre de Melap, Mémoire de fin d'étude, Inader – CUDS multigr, 1989.

[15] Njougam R., Contribution à l'étude des interactions « essences forestières à croissance rapide et sols des savanes tropicales humides ». Cas de la réserve forestière de Melap

(Foumban) au Cameroun, thèse, université de Gembloux, Belgique, 1995, 215 p. + photos.

[16] Poggiani F., Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de eucalyptus e pinus. Implicações silviculturais, Ipef, Piracicaba 31 (1985) 33 – 40.

[17] Ranger J., Étude de la minéralomasse et du cycle biologique dans deux peuplements de Pin laricio de Corse, dont l'un a été fertilisé à la plantation, Ann. Sci. forest. 38 (1981) 127–158.

[18] Rapp M., Carbanettes A., Biomasse, minéralomasse et productivité d'un écosystème à pins pignons (*Pinus pinea* L.) du littoral méditerranéen. II.– Composition chimique et minéralomasse, Acta Ecol. Plant. 15 (1980) 151–164.

[19] Reis M. G. F., Barros N. F., Ciclagem de nutrientes em plantas de eucalipto.– Relação solo – eucalipto. Viçosa, Editora Folha de Viçosa, 1990, pp. 265–301.

[20] Segalen P., Carte pédologique du périmètre de reboisement du Melap (près de Foumban), Rapport n° P 112. Orstom, Fonds documentaire n° 12628 B., 1960, pp. 92–101.

[21] Singh J., George M., Varghese G., Nutrient cycling in moist deciduous forest-litter production and nutrients return, Indian For. 119 (1993) 1004–1009.

[22] Tandon V.N., Pande M.C., Rawat H.S., Sharma D.C., Organic productivity and mineral cycling in plantations of *Populus deltoides* in Tarai region of Uttar Pradesh, Indian For. 117 (1991) 596–608.

[23] Turner J., Lambert M.J., Nutrient cycling within a 27-year-old *Eucalyptus grandis* plantation in New South Wales, For. Ecol. Manage. 6 (1983) 155–168.

[24] Vitousek W.E., Sandford R.L., Nutrient cycling in moist tropical forest, Annu. Rev. Ecol. Syst. 17 (1986) 137–167.