

# Effet de la litière de *Cordyla pinnata* sur les cultures : approche expérimentale en agroforesterie

Samba Arona Ndiaye Samba \*

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Centre National de Recherches Forestières (CNRF), B.P. 2312,  
Route des Pères Maristes, Hann-Dakar, Sénégal

(Reçu le 22 septembre 1999; accepté le 20 décembre 1999)

**Résumé** – La litière provenant des arbres constitue un important mode de transfert d'éléments des végétaux aux sols. La litière foliaire de *Cordyla pinnata* est estimée à  $33,7 \text{ g m}^{-2} \text{ an}^{-1}$  dans un parc agroforestier au Sénégal. La perte en masse de cette litière est de 75 % en 67 j. L'effet de la dose de cette litière (0, 39, 78, 156 kg par t de sol ou D0, D39, D78 et D156, respectivement) sur le sol et les cultures révèle qu'une augmentation de la dose de D0 à D156 augmente N total, Ca, Mg et K échangeables mais diminue P assimilable ( $p = 0,0428$ ). La biomasse totale de l'arachide est réduite de 29 % de D0 à D156 ( $p < 0,0001$ ) mais celle du mil augmente avec les apports de litière ( $p = 0,005$ ). La litière foliaire de *C. pinnata* montre ainsi un potentiel pour améliorer la fertilité des sols et pour modifier le rendement des cultures.

***Cordyla pinnata* / litière foliaire / fertilité du sol / rendement**

**Abstract** – Effect of *Cordyla pinnata* litter on crop yield: An experimental agroforestry approach. Litterfall may be an important way of nutrient transfer from trees to soils. The leaf annual biomass production of *C. pinnata* in a parkland located in Senegal was  $33.7 \text{ g m}^{-2}$ . The predicted weight loss of the leaf litter was 75% within 67 days. Increasing litter dose (0, 39, 78, 156 kg per t of soil or D0, D39, D78 and D156, respectively) in the soil from D0 to D156 increased total N, exchangeable Ca, Mg and K, but decreased extractable P ( $p = 0.0428$ ). Total biomass of peanut plants decreased (–29%) from D0 to D156 ( $p < 0.001$ ) while litter additions to the soil increased total biomass of millet plants ( $p = 0.005$ ) compared to the control. *C. pinnata* leaf litter showed then a potential to increase soil fertility and to modify crop yield.

***Cordyla pinnata* / leaf litter / soil fertility / crop yield**

## 1. INTRODUCTION

Dans les systèmes agricoles traditionnels comme les parcs agroforestiers où les arbres sont à l'état disséminé dans les champs de cultures, la matière organique est la principale source d'éléments nutritifs pour la production végétale: la chute de la litière représente un important moyen de transfert d'éléments des végétaux aux sols [15, 32]. L'exploitation du bois de feu entraîne aussi l'abandon dans les champs d'une quantité importante de débris composés de feuilles fraîches et de branches fines qui

participent au recyclage des éléments nutritifs. La décomposition de tous ces types de débris constituerait la principale source de nutriments pour la croissance des végétaux dans les écosystèmes forestiers [36].

Les nutriments sont indispensables dans le cycle végétatif et dans la reproduction des plantes. Cependant, l'absorption des éléments par les végétaux dépend non seulement de leur système racinaire, de la présence et de la disponibilité des éléments dans le sol, mais aussi de l'ensemble des facteurs externes tels que la température, la lumière et l'eau [34]. Ainsi, les déficiences en

\* Correspondence and reprints  
Tél. (221) 832 32 19; Fax. (221) 832 96 17; e-mail: bathie@syfed.refer.sn

éléments dans la plante peuvent être en relation directe, mais également indépendantes, de leur disponibilité dans le sol [27].

Plusieurs auteurs ont étudié la vitesse de décomposition de la litière [8, 11, 12] et développé des modèles quantitatifs [1, 13, 16, 21, 22]. L'approche la plus utilisée évalue la perte en masse du matériel en décomposition [7, 16, 17, 23, 25, 39]. La vitesse de décomposition varie suivant plusieurs facteurs dont le climat [17, 19, 23, 31], l'humidité, la température [10, 20], la fertilité du sol [38] et la nature du matériel en décomposition.

De nombreuses études menées au Sahel ont montré l'importance de la matière organique dans les sols ferrugineux tropicaux [24, 30] mais les études relatives à la quantification et à la décomposition de la litière foliaire dans les parcs agroforestiers ainsi que l'étude de son influence sur les cultures sont rares sinon inexistantes.

La présente étude évalue (i) la production foliaire de *Cordyla pinnata* (Césalpiniacée, non fixatrice d'azote) et la vitesse de décomposition de sa litière foliaire dans un parc agroforestier et (ii) l'influence de fortes doses de cette litière sur le sol et les cultures (mil et arachide), à travers un essai biologique conduit en pépinière.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1. Site de l'étude

L'étude est réalisée au Sénégal, à Darou Keur Balla, à 14° N et 16° O. La zone appartient au climat soudano-sahélien à deux saisons nettement distinctes: une saison sèche (novembre à juin) et une saison pluvieuse (juillet à octobre). La moyenne des précipitations annuelles est d'environ 750 mm. Les sols, de type ferrugineux tropical lessivé selon la classification française, se caractérisent par un  $pH_{\text{eau}}$  de 6,1, une forte teneur en sables (84 %), de faibles quantités d'argiles et de limons (8 % chacun) et de matière organique (0,8 %). Le rapport C/N est de 11,2 et la CEC de 3,3  $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$ . Leur structure est peu développée et instable et leur capacité de rétention en eau réduite (5 à 7 %). La végétation ligneuse est composée de plusieurs espèces avec une prédominance de *C. pinnata* qui représente plus de 60 % du peuplement (tableau I).

### 2.2. Biomasse foliaire produite dans le parc à *Cordyla pinnata*

Dix huit arbres de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) connu, appartenant à trois classes de volume de

**Tableau I.** Effectifs des espèces inventoriées dans le système agroforestier (superficie = 100 ha) et caractéristiques dendrométriques moyennes (DHP = diamètre à hauteur de poitrine; HT = hauteur totale; les chiffres entre parenthèses représentant l'erreur-type).

Espèces	Nombre	DHP (cm)	HT (m)
<i>Tamarindus indica</i>	17	43 (3,88)	8,7 (0,48)
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	13	30 (3,53)	7,1 (0,62)
<i>Ximenia africana</i>	1	8	2,9
<i>Ziziphus mauritiana</i>	1	23	6,6
<i>Sclerocarya birrea</i>	4	38 (2,81)	7,0 (0,46)
<i>Commiphora africana</i>	1	11	3,5
<i>Dichrostachys glomerata</i>	2	7 (4,50)	2,4 (0,90)
<i>Lannea acida</i>	4	36 (4,27)	7,9 (0,09)
<i>Combretum glutinosum</i>	80	14 (1,03)	4,4 (0,18)
<i>Sterculia setigera</i>	1	105	11
<i>Acacia seyal</i>	4	20 (1,97)	6,5 (0,29)
<i>Strychnos spinosa</i>	1	8	2,9
<b><i>Cordyla pinnata</i></b>	<b>413</b>	<b>48 (0,46)</b>	<b>12,1 (0,13)</b>
<i>Piliostigma reticulatum</i>	4	12 (4,97)	3,6 (0,75)
<i>Pelehaye</i>	2	23 (11,0)	5,7 (1,25)
<i>Prosopis africana</i>	11	63 (4,24)	11,6 (0,85)
<i>Combretum nigricans</i>	3	10 (4,58)	3,6 (1,67)
<i>Acacia machrostachya</i>	6	9 (1,38)	4,3 (0,28)
<i>Terminalia macroptera</i>	2	24 (4,0)	7,8 (0,20)
<i>Kuntianum</i>	1	95	12,5
<i>Ficus iteophylla</i>	3	72 (18,5)	7,2 (0,28)
<i>Guiera senegalensis</i>	1	10	3,3
<i>Grewia bicolor</i>	14	18 (2,85)	3,8 (0,40)
<i>Gardenia</i>	3	10 (1,86)	2,8 (0,39)
<i>Ficus sp</i>	2	94 (17,0)	7,8 (0,25)
<i>Feretia apondenthera</i>	2	1,5 (0,50)	1,5 (0,10)
<i>Crotopteris febrifuga</i>	1	42	8,5
<i>Diospyros mespiliformis</i>	6	26 (10,9)	6,0 (1,93)
<i>Albizia chevalerii</i>	10	12 (3,61)	4,2 (0,71)
<i>Cassia siamea</i>	7	19 (2,88)	4,4 (0,43)
<i>Ficus capensis</i>	3	227 (59,0)	14,8 (3,23)
<i>Cadaba farinosa</i>	1	2,0	0,90
<i>Borassus aethiopum</i>	5	34 (6,45)	4,1 (0,69)
<i>Adansonia digitata</i>	9	64 (10,8)	8,3 (0,89)
<i>Balanites aegyptiaca</i>	8	19 (3,39)	5,4 (0,38)
<i>Anogeissus leiolepis</i>	39	25 (2,23)	5,7 (0,35)
<i>Annona senegalensis</i>	1	30	8,3
<b>TOTAL</b>	<b>686</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

houppier de forme sphérique (<300 m<sup>3</sup> ou petit, entre 300 et 600 m<sup>3</sup> ou moyen, >600 m<sup>3</sup> ou grand) ont entièrement été défeuillés, à raison de six arbres par classe de volume. Des échantillons de feuilles ont été prélevés puis séchés à 85 °C pendant 24 h pour déterminer leur masse anhydre. La biomasse foliaire de *C. pinnata* a été évaluée par la relation allométrique établie entre la biomasse foliaire ( $B_f$ ; kg) et le DHP (cm) [33] :

$$B_f = 0,0280 \cdot \text{DHP}^{2,03} \quad (R^2 = 0,91; p < 0,0001; n = 18). \quad (\text{a1})$$

La biomasse foliaire totale de *C. pinnata* a été estimée en appliquant ce modèle aux 413 arbres inventoriés pour l'espèce, soit environ 4 *C. pinnata* par ha. Une analyse de variance a ensuite été effectuée sur la biomasse foliaire en fonction du volume du houppier.

### 2.3. Vitesse de décomposition de la litière foliaire de *Cordyla pinnata*

Deux types de substrat sont utilisés dans cette étude: (i) la litière foliaire de *C. pinnata*, ramassée au sol deux à trois semaines après la chute des feuilles et (ii) des feuilles fraîches récoltées sur les arbres en juillet puis séchées au soleil pendant deux semaines. Les deux types de substrat placés dans des sachets en nylon à mailles carrées de 1 mm de côté ont superficiellement été enfouis dans le sol (à 5 cm), chaque sachet contenant 10 g de litière ou de feuilles séchées.

La litière était composée de 92,4 % de MS, 39,7 % de lignine, 6,9 % de protéines et 23 % de celluloses brutes. Elle contenait en moyenne 0,16 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,85 % de N et 0,66 % de K pour un pH de 4,7.

Les traitements constitués par la combinaison des niveaux des facteurs « types de substrat (litière ou feuilles fraîches séchées) » et « temps d'enfouissement (15, 30, 60, 120 jours) » sont répétés six fois dans un dispositif complètement aléatoire. À la fin de chaque temps d'enfouissement, six sachets correspondant au traitement

ont été déterrés, séchés à l'étuve (85 °C pendant 24 h), débarrassés des débris et pesés à l'aide d'une balance électronique (1/1000). L'analyse statistique des données de la décomposition des substrats s'est effectuée par régression, avec le modèle exponentiel suivant [29] :

$$y = a \exp(b x) \quad (a2)$$

où  $y$  représente la perte de masse des substrats,  $x$  le temps de séjour dans le sol,  $a$  le poids initial des substrats (=10 g) et  $b$  la valeur optimale du coefficient à trouver par itération. Ce modèle a été préféré aux autres modèles testés ( $y$  compris le modèle linéaire) à cause d'une meilleure distribution des résidus et d'un coefficient de détermination plus élevé. Une analyse de variance a par ailleurs été effectuée sur la vitesse de décomposition en fonction du facteur « type de substrat ».

### 2.4. Influence de la dose de litière foliaire de *Cordyla pinnata* sur le sol, le rendement et la concentration en éléments du mil et de l'arachide

L'étude a été conduite en pépinière, en ajoutant de la poudre de litière foliaire de *C. pinnata* à un sol ferrugineux tropical d'origine dunaire, prélevé dans une zone dépourvue de végétation ligneuse et dont les caractéristiques sont décrites dans le *tableau II* (traitement D0). La litière foliaire a été collectée deux à trois semaines après la chute des feuilles. Elle a ensuite été broyée, réduite en

**Tableau II.** ANOVA et niveau de signification des effets linéaire et quadratique des teneurs en éléments et des rapports entre les teneurs en cations basiques des sols de cultures en fonction de la dose de litière (D0, D39, D78 et D156) ( $n = 4$  pour chaque moyenne).

Variables	Moyenne / dose de litière				Contrastes (P > F) et proportion (%) de SCT expliquée par la dose de litière	
	D0	D39	D78	D156	L	Q
C (%)	0,067	0,225	0,422	0,815	0,0001 (95,4)	ns
N (%)	0,005	0,018	0,037	0,072	0,0001 (95,0)	ns
C/N	12,3	12,3	11,3	11,4	ns	ns
P (mg kg <sup>-1</sup> )	4,20	3,36	2,73	2,52	0,0428 (28,2)	ns
K (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0,01	0,22	0,50	0,78	0,0001 (96,3)	0,0020 (1,7)
Ca (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	1,55	2,60	3,67	4,32	0,0001 (90,4)	0,0001 (7,6)
Mg (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0,42	1,22	1,82	2,60	0,0001 (83,1)	ns
Bases (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	2,07	4,17	6,20	7,97	0,0001 (85,1)	0,0001 (14,9)
CEC (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	2,92	4,65	7,72	8,80	0,0001 (97,0)	0,042 (2,1)
Mg/K	42,5	5,74	3,61	3,30	0,0001 (61,0)	0,0002 (35,0)
Ca/K	155	2,0	7,28	5,53	0,0001 (49,8)	0,0001 (40,5)
Ca/Mg	5,22	2,29	2,01	1,72	0,0226 (29,4)	ns
K/(Ca+Mg)	0,431	1,31	1,96	2,78	0,0001 (84,4)	ns
pH (eau)	8,1	8,0	8,0	8,0	ns	ns

SCT = somme des carrés totale; L = effet linéaire; Q = effet quadratique; les chiffres entre parenthèses représentent la proportion de SCT expliquée par chaque effet; Bases = somme des bases échangeables; ns =  $p > 0,05$ .

poudre (maille de 1 mm) et incorporée au sol suivant quatre doses qui constituent les traitements : un témoin (sans apports ou D0), 39 kg de litière par t de sol (D39), 78 kg de litière par t de sol (D78) et 156 kg de litière par t de sol (D156), correspondant à environ 0, 5, 10 et 20 kg de litière par m<sup>2</sup> de sol. Les mélanges ont été humidifiés (40 litres d'eau par 5 jours en moyenne) et retournés périodiquement (tous les 5 jours) pendant deux mois pour accélérer les processus d'humification et de minéralisation de la litière. Durant cette période (juin-juillet), la température ambiante a varié de 30 à 33 °C.

Après deux mois d'incubation, les substrats ont été caractérisés pour le pH et les teneurs en N total, P assimilable, bases échangeables (K, Ca et Mg) et la CEC. N total a été évalué par la méthode Kjeldahl [5], P assimilable par la méthode Bray [4], les bases échangeables par le déplacement des cations échangeables par percolation avec une solution normale d'acétate d'ammonium à pH 7, les dosages étant effectués par titrimétrie. Pour la CEC le complexe colloïdal a été saturé à l'acétate d'ammonium à pH 7 et l'excès de sel enlevé avec l'éthanol; l'ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a ensuite été remplacé par l'ion K<sup>+</sup> en traitant l'échantillon avec une solution normale de KCl. Finalement, le NH<sub>4</sub> de la solution de déplacement a été dosé par distillation et par titrage. Le dispositif expérimental était complètement aléatoire avec quatre répétitions.

Dans une deuxième phase, des sachets en polyéthylène (30 × 22 cm) ont été repotés (après les deux mois d'incubation) avec les mélanges de sol et de litière foliaire. L'arachide et le mil ont été semés dans les sachets, à raison de 45 sachets par traitement (D0, D39, D78 et D156) et par type de culture. Le dispositif expérimental était complètement aléatoire et comptait également quatre répétitions.

Les variables suivantes ont été mesurées pour le mil: la biomasse sèche de la partie aérienne, la biomasse sèche et la longueur des épis, la biomasse sèche de la partie racinaire et la biomasse sèche totale. Pour l'arachide, la longueur des parties aérienne et souterraine, la largeur de la partie aérienne, la biomasse sèche des parties aérienne et souterraine et la biomasse totale sèche ont été évaluées. Les mesures ont été effectuées sur tous les plants (45 par traitement) qui représentaient chacun une répétition.

Les concentrations en N, P, K, Ca et Mg des grains de mil ainsi que celles des feuilles et graines d'arachide ont été déterminées au laboratoire. Quatre échantillons, de chaque type d'organe, ont été utilisés par traitement pour les analyses, pour chacune des deux cultures. Ca et Mg ont été déterminés par la méthode de titrimétrie par l'EDTA, K par émission de flamme, P par colorimétrie et N total par la méthode Kjeldahl.

L'analyse statistique a été effectuée par une analyse de variance suivie d'une analyse par les contrastes a posteriori. Dans un souci de simplifier l'interprétation des résultats, seuls les effets linéaires et quadratiques ont été étudiés. Le test de Bartlett [3] a permis de vérifier l'homogénéité des variances. Des transformations logarithmiques ont été effectuées pour la somme des bases (S), les rapports C/N, Mg/K, K/Ca, Ca/Mg et les biomasses aérienne et totale de l'arachide et ont permis d'homogénéiser les variances et d'améliorer leur additivité et la normalité de l'erreur.

### 3. RÉSULTATS

#### 3.1. Biomasse foliaire produite par *Cordyla pinnata* dans le parc agroforestier

La biomasse foliaire anhydre de *C. pinnata* augmente ( $p < 0,0001$ , linéaire et  $p = 0,012$ , quadratique) avec le volume du houppier, passant de 39 à 70 et 127 kg par arbre, respectivement pour les petits, moyens et grands volumes de houppier. La biomasse foliaire moyenne de *C. pinnata* estimée à partir de (a1) est de 82 kg par arbre. La biomasse foliaire totale produite annuellement dans le parc est de 33,7 g m<sup>-2</sup>.

#### 3.2. Décomposition de la litière foliaire de *Cordyla pinnata*

La perte de masse en fonction du temps de séjour dans le sol est la même pour les feuilles fraîches séchées et la litière foliaire de *C. pinnata* ( $p = 0,419$ ). Elle est décrite par la fonction exponentielle :

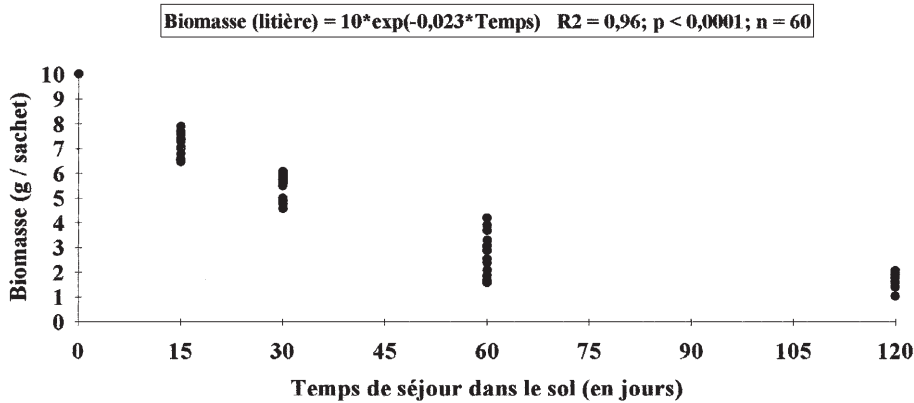
$$\text{Biomasse}_{\text{litière}} = 10 e^{-0,023 \text{ Temps}}$$

$$(R^2 = 0,96; p < 0,0001; n = 60)$$

lorsque les deux types de substrats ( $n = 30$  pour chacun) sont intégrés dans la même analyse (figure 1). La relation prédit des pertes respectives de 25, 50 et 75 % du poids initial de la litière (10 g) en 13, 30 et 60 jours.

#### 3.3. Influence de la dose de litière foliaire de *Cordyla pinnata* sur le sol

L'augmentation de la dose de litière dans le sol de culture modifie la concentration de chacun des éléments du sol ainsi que les rapports entre ces éléments. Les teneurs en N total augmentent avec la dose de litière mais le rapport C/N du sol de culture ne varie pas, pour une moyenne de 11,8 (tableau II). P assimilable diminue



**Figure 1.** Perte en poids (g) de la litière foliaire de *Cordyla pinnata* en fonction du temps de séjour (0, 15, 30, 60 et 120 jours) dans le sol.

avec l'augmentation de la dose de litière dans le sol. Par contre, la teneur en cations échangeables, la somme des bases échangeables et la CEC sont d'autant plus élevées que la dose de litière du sol est importante (tableau II). En variant respectivement de 42,5 à 2,05 et de 155 à 5,53 entre D0 et D156, Mg/K et Ca/K diminuent avec l'augmentation de la dose de litière. Les variations de Ca/Mg sont significatives mais moins importantes (5,22 à 1,72) que celles des rapports précédents. K/(Ca+Mg) augmente par contre avec les apports de litière foliaire. Le  $pH_{\text{eau}}$  ne varie pas avec la dose de litière (tableau II).

En résumé, les teneurs en N total, C organique, K, Ca et Mg échangeables, la somme des bases échangeables, la CEC ainsi que K/(Ca + Mg) augmentent avec la dose de litière alors que P assimilable et les rapports Ca/Mg et Ca/K diminuent.

### 3.4. Influence de la dose de litière foliaire de *C. pinnata* sur l'arachide

**Hauteur** – Après quatre mois, la dose de litière foliaire dans le sol de culture a un effet significatif sur la hauteur des plants ( $p = 0,003$ , linéaire et  $p = 0,009$ , quadratique) et sur l'étalement, avec des maxima à D39 (17,6 et 28,4 cm respectivement pour la hauteur et l'étalement). La croissance en hauteur des plants est inhibée (–29 %) lorsque la dose de litière passe de D39 à D156. L'étalement est réduit de 40 %, par rapport au témoin, par la dose D156 (14,3 cm) ( $p < 0,0001$ , linéaire et  $p < 0,0001$ , quadratique).

**Biomasse** – La biomasse aérienne des plants augmente de D0 (19,0 g plant<sup>-1</sup>) à D39 (20,3 g plant<sup>-1</sup>) et diminue avec D78 (17,7 g plant<sup>-1</sup>) et D156 (14,5 g plant<sup>-1</sup>)

**Tableau III.** Rendement de l'arachide (biomasse aérienne, biomasse souterraine, biomasse totale) et du mil (biomasse des grains, biomasse des tiges, biomasse totale) en fonction de la dose de litière (D0, D39, D78, D156) de *Cordyla pinnata* dans le sol de culture ( $n = 45$  pour chacune des deux cultures).

Cultures	Variables	Dose (kg de litière foliaire / t de sol)				P > F
		0	39	78	156	
Arachide	Biomasse aérienne	19,0 (0,56)	20,3 (0,77)	17,7 (0,87)	14,5 (0,72)	0,0001 (L)
	Biomasse souterraine	42,1 (2,32)	34,1 (1,55)	35,4 (2,50)	28,9 (1,92)	0,0001 (L)
	Biomasse totale	61,1 (2,43)	54,4 (2,09)	53,1 (2,97)	43,4 (2,40)	0,0001 (L)
Mil	Biomasse des grains	2,81 (1,07)	49,1 (6,21)	6,64 (0,85)	3,93 (1,98)	0,012 (L) 0,0001 (Q)
	Biomasse des tiges	5,83 (1,62)	147 (17,6)	14,5 (2,24)	8,95 (3,23)	0,0008 (L) 0,0001 (Q)
	Biomasse totale	11,3 (3,18)	196 (22,4)	21,5 (2,73)	16,5 (6,33)	0,0005 (L) 0,0001 (Q)

Les chiffres entre parenthèses représentent l'erreur-type; L = effet linéaire; Q = effet quadratique.

( $p < 0,0001$ , linéaire; *tableau III*). La biomasse souterraine des plants est réduite par les apports de litière, passant de 42,1 g plant<sup>-1</sup> avec D0 à 34,1, 35,4 et 28,9 g plant<sup>-1</sup> à D39, D78 et D156 respectivement ( $p < 0,0001$ , linéaire; *tableau III*). En réponse à cette diminution, la biomasse totale de l'arachide est moins élevée avec les apports que sans les apports de litière ( $p < 0,0001$ , linéaire; *tableau III*) avec des moyennes respectives de 61,1, 54,4, 53,1 et 43,4 g plant<sup>-1</sup> pour D0, D39, D78 et D156.

### 3.5. Teneurs en éléments des feuilles et graines d'arachide suivant la dose de litière foliaire dans le sol

**Feuilles** – La dose de litière foliaire du sol de culture n'a pas d'effet significatif sur les teneurs en N ( $p = 0,528$ ), P ( $p = 0,647$ ), Ca ( $p = 0,531$ ) et Mg ( $p = 0,656$ ) des feuilles d'arachide, pour des moyennes respectives de 1,80, 0,086, 1,91 et 0,92 %. La teneur en K des feuilles d'arachide varie par contre avec la dose de litière du sol ( $p = 0,0002$ , linéaire), passant de 0,50 pour D0 à 0,95, 0,83 et 1,25 % pour D39, D78 et D156 respectivement, même si les rapports Mg/K ( $p = 0,309$ ) et Ca/Mg ( $p = 0,844$ ) ne varient pas. Ca/K des feuilles diminue cependant ( $p = 0,024$ ) avec une augmentation de la dose de litière, pour des moyennes de 3,9, 2,4, 2,4 et 1,3, respectivement pour D0, D39, D78 et D156.

**Graines** – La teneur en N ( $p = 0,650$ ), P ( $p = 0,173$ ), K ( $p = 0,910$ ), Ca ( $p = 0,475$ ) et Mg ( $p = 0,826$ ) des graines d'arachide ne varie pas en fonction de la dose de litière du sol, de même que les rapports Ca/K ( $p = 0,562$ ) et Mg/K ( $p = 0,879$ ).

### 3.6. Influence de la dose de litière foliaire de *C. pinnata* sur le mil

**Hauteur** – Après trois mois, l'effet de la dose de litière du sol de culture est significatif sur la hauteur des plants ( $p < 0,0001$ , linéaire et  $p < 0,0001$ , quadratique) qui augmente de D0 (53,9 cm) à D39 (142,9 cm) et de D0 à D78 (95,6 cm) et diminue de 21 % de D0 à D156 (42,8 cm). Une élévation de 327 % de la longueur des épis de mil est observée de D0 (8,4 cm) à D39 (35,0 cm) et de 165 % de D0 à D78 (22,3 cm) ( $p = 0,0007$ , linéaire et  $p < 0,0001$ , quadratique); le gain n'est pas significatif par rapport à D0 avec la dose D156 (8,5 cm).

**Biomasse** – L'effet de la dose de litière est significatif sur les biomasses grains ( $p = 0,012$ , linéaire et  $p < 0,0001$ , quadratique; *tableau III*) et tiges ( $p = 0,008$ , linéaire et  $p < 0,0001$ , quadratique; *tableau III*) de mil qui sont plus élevées avec les apports que sans les

apports de litière, avec des maxima atteints avec D39. La biomasse totale du mil suit la même tendance, passant de 11,3 à 196, 21,5 et 16,5 g plant<sup>-1</sup> pour D0, D39, D78 et D156 respectivement ( $p = 0,0005$ , linéaire et  $p < 0,0001$ , quadratique; *tableau III*).

### 3.7. Teneurs en éléments des grains de mil suivant la dose de litière dans le sol

L'augmentation de la dose de litière foliaire de D0 à D39, D78 et D156 fait varier N de 2,01 à 2,45, 1,60 et 2,51 % ( $p = 0,049$ , linéaire et  $p = 0,012$ , quadratique), P de 0,31 à 0,33, 0,24 et 0,34 % ( $p = 0,004$ , quadratique), K de 0,49 à 0,37, 0,33 et 0,59 % ( $p = 0,010$ , linéaire et  $p < 0,0001$ , quadratique) et Ca de 0,57 à 0,29, 0,29 et 0,51 % ( $p = 0,066$ , quadratique) des grains de mil. Toutefois, la teneur en Mg des grains n'est pas influencée par la dose de litière du sol ( $p = 0,642$ ), pour une moyenne de 0,39 %.

## 4. DISCUSSION

### 4.1. Biomasse foliaire produite par *Cordyla pinnata* dans le parc

La biomasse foliaire anhydre produite par *C. pinnata* est de 82 kg arbre<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> soit 33,7 g m<sup>-2</sup> à l'échelle du parc. Charreau et Vidal (1965) ont obtenu une moyenne légèrement supérieure (97 kg arbre<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>) dans un parc à *Acacia albida* situé dans le Nord-ouest du Sénégal. La litière foliaire produite dans le parc à *C. pinnata* demeure cependant inférieure à celle obtenue dans les peuplements forestiers denses [26], les forêts tropicales produisant entre 10 et 15 t de litière ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> [9].

### 4.2. Influence de la dose de litière foliaire de *Cordyla pinnata* sur le sol

L'augmentation de la dose de litière ne modifie pas le pH<sub>eau</sub> du sol. Ce résultat confirme celui de Samba (1997) qui a montré que le pH<sub>eau</sub> du sol demeure invariable à proximité des sujets de *C. pinnata*, quel que soit le volume de leur cime (donc la quantité de litière foliaire).

Cependant, les variations de la teneur en N total des sols de culture sont proportionnelles à l'importance des doses de litière foliaire. Samba (1997) a également observé que plus le volume de la cime (donc la quantité de litière foliaire) est élevé, plus les teneurs en N total du sol sont importantes. Le taux de P assimilable diminue par contre suite aux apports de litière foliaire et la

réduction est d'autant plus importante que la dose de litière foliaire apportée est élevée. Il est probable que la forte augmentation de matière organique dans le sol, à travers la litière foliaire incorporée, stimule une plus importante activité biologique qui est responsable de l'immobilisation du phosphore. Par ailleurs, lorsque le pH du sol dépasse 8 (ce qui est le cas dans notre étude), une insolubilisation du phosphore (et de certains oligo-éléments) peut se manifester, car la mobilité du phosphore décroît fortement dès la neutralité. En milieu alcalin où les ions Ca sont dominants, une rétrogradation apatitique du phosphore (par formation de phosphates tricalciques) peut également être observée [9].

Le potassium échangeable subit la plus forte variation et sa teneur est multipliée par 22 rien qu'avec la dose D39. Samba (1997) a cependant noté qu'avec un apport plus faible de 337 kg de litière foliaire par ha en condition naturelle, la teneur en K échangeable ne varie pas.

Les doses D39, D78 et D156 permettent respectivement de doubler, tripler et quadrupler la somme des bases par rapport à D0 et d'augmenter significativement la CEC. Dans le parc agroforestier, la somme des bases et la CEC ont également tendance à augmenter avec le volume de la cime de *C. pinnata*, donc avec la quantité de biomasse foliaire [33].

Les rapports Ca/Mg mais surtout Ca/K et Mg/K sont plus élevés sans les apports de litière, manifestant même un déséquilibre certain pour la dose-témoin. Généralement, l'excès d'un des cations échangeables (K, Ca ou Mg) au sein du complexe absorbant peut provoquer un phénomène d'antagonisme à l'égard des autres [9] et affecter la nutrition minérale des plantes. La litière de *C. pinnata* a ainsi montré dans cette étude un potentiel réel pour modifier la teneur en éléments des sols ferrugineux tropicaux et les rapports entre les cations échangeables.

### 4.3. Influence de la dose de litière foliaire sur les cultures

Les variables de croissance de l'arachide et du mil sont stimulées par les doses D39 et D78. Les gains de croissance obtenus par le mil, en fonction des doses de litière dans le sol, sont relativement plus importants que ceux de l'arachide. Ainsi par rapport au témoin, la biomasse de mil produite est plus élevée avec les apports de litière, quelle que soit la dose. D39 permet cependant d'obtenir des biomasses 17 fois supérieures à celles obtenues par les témoins.

En Australie, Gutteridge (1990) a montré que les feuilles de *Sesbania sesban* et de *Leucaena leucocephala* améliorent la production du maïs. Tilander (1993) a

observé que le mulch constitué de feuilles de *Azadirachta indica* et de *Albizia lebbek* a également permis d'augmenter le rendement du sorgho (*Sorghum vulgare*) et que le degré d'amélioration du rendement est positivement corrélé à la quantité de feuilles utilisée pour le mulch. Dans notre étude, pour un temps de minéralisation de deux mois, la dose de 39 kg de litière par t de sol donne les meilleurs rendements, même si la dose optimale de litière foliaire reste à déterminer.

Les rendements du mil sont plus faibles avec les doses extrêmes (D0 et D156). D0 est associée aux rapports les plus élevés entre les cations échangeables K, Ca et Mg et D156 aux rapports les plus faibles. Les valeurs indiquent, pour D0, qu'il y a manifestement un déséquilibre entre Mg et K (rapport de 42,5) et entre Ca et K (rapport de 155). Ce déséquilibre peut être à l'origine des faibles rendements observés au niveau des témoins. Pour D156, les faibles rapports observés entre les cations échangeables, par rapport à ceux de D39 (pris comme références), peuvent éventuellement expliquer les faibles rendements obtenus.

La réponse de l'arachide à ces apports de litière est différente de celle du mil. D'une part, la biomasse aérienne de cette culture n'augmente, par rapport au témoin, qu'avec D39; d'autre part, l'immobilisation du phosphore observée avec l'augmentation de la dose de litière du sol, provoque probablement la réduction de la croissance racinaire et de la biomasse souterraine de l'arachide, ce qui entraîne une réduction de la biomasse totale.

Il est également possible que cette forte dose de litière dans le sol de culture provoque des effets allélopathiques qui inhibent la production de l'arachide. Suresh et Rai (1987) ont étudié l'influence de *Eucalyptus tereticornis*, *Casuarina equisetifolia* et *Leucaena leucocephala* en cultivant le sorgho, le niébé (*Vigna unguiculata*) et le tournesol sur la couche arable et la rhizosphère provenant de plantations de ces espèces et sur un sol de champs enrichi avec les feuilles sèches ou irrigué avec les extraits aqueux des feuilles. La germination des graines des cultures, la longueur des racines et la production de matière sèche ont également baissé par rapport aux témoins. De même, les extraits aqueux de *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus globulus*, *E. camaldulensis* et *E. saligna* sur les cultures de *Cicer arietinum* (chickpea), *Zea mays* (maïs), *Pisum sativum* (haricot) et *Eragrostis tef* ont également réduit la germination et la croissance des espèces cultivées [18]. En utilisant des extraits de feuilles et d'écorce de *E. tereticornis*, Puri et Khara (1991) ont aussi observé une réduction de la germination de *Phaseolus vulgaris* accompagnée d'une diminution de la biomasse totale.

En conditions naturelles, Bakhoun et al. (1999) ont observé malgré des apports de litière plus élevés sous la cime de *Sterculia setigera* (en plus des apports en éléments minéraux provenant des pluviollessivats) et une suppression totale de l'effet d'ombrage par émondage que les rendements du mil, du sorgho et de l'arachide sont réduits à proximité de cette espèce. Selon les auteurs, il est probable que *S. setigera* émette des substances toxiques qui réduisent le rendement des cultures.

Les résultats de notre étude montrent d'autre part que la dose de litière foliaire du sol n'a un effet significatif que sur la teneur en K et sur Ca/K des feuilles d'arachide. Par contre, pour les grains de mil, les concentrations en N, P et K sont modifiées par les apports de litière. Des analyses foliaires réalisées sur l'arachide [6] ont révélé une carence en phosphore plus prononcée sur les plants localisés sous *Acacia albida*, où les apports organiques étaient pourtant plus importants.

Par conséquent, la quantité de litière foliaire de *C. pinnata* dans le sol modifie la teneur en potassium et le rapport Ca/K des feuilles d'arachide mais encore plus la teneur en éléments des grains de mil, ce qui peut avoir une incidence sur la qualité des produits pour la nutrition humaine et animale.

Il importe toutefois de préciser d'une part que la nature de la litière dans le parc à *C. pinnata* est en général différente de celle utilisée dans notre étude et que l'importance relative des apports en éléments nutritifs de cette litière est d'autre part très inférieure à celle de notre essai. En effet, les apports d'éléments nutritifs dans les conditions naturelles ont des origines diverses et englobent non seulement ceux issus de la minéralisation de la litière foliaire mais également les apports des autres litières (branches, fruits, écorces, racines, cadavres de micro-organismes) et des pluviollessivats. Par ailleurs, un temps de minéralisation plus long de la litière foliaire pourrait également générer des résultats différents. L'étude permet toutefois de montrer les éventuels effets que peuvent engendrer des apports importants et localisés de matière organique de certaines espèces ligneuses dans les systèmes agroforestiers.

**Remerciements :** L'auteur remercie le Réseau AFRENA et l'ACDI pour leur appui financier et le CNRF – ISRA pour les moyens humains, matériels et logistiques mis à sa disposition.

## RÉFÉRENCES

[1] Ambasht R.S., Srivastava A.K., Reddy M.V., Tropical litter decomposition: a holistic approach, *Soil organisms and litter decomposition in the tropics* (1995) 225–247.

[2] Bakhoun C., Samba A.N.S., Ndour B., *Sterculia setigera* Del.: effet sur les cultures, *Ann. For. Sci.* 58 (2001).

[3] Bartlett M.S., The use of transformations, *Biom.* 3 (1947) 39–52.

[4] Bray R.L., Kurtz L.T., Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils, *Soil Sci.* 59 (1945) 39–45.

[5] Bremner J.M., Mulvaney C.S., Nitrogen - Total, in: Page A.L., Miller R.H., Keeney D.R. (Eds.), *Methods of Soils Analysis, Part 2, Chemicals and Microbiological Properties* (2nd edn.), Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, 1982, pp. 595–624.

[6] Charreau C., Vidal P., Influence de l'*Acacia albida* Del. sur le sol, la nutrition minérale et le rendement des mils *Pennisetum* au Sénégal, *Agron. Trop.* 20 (1965) 600–625.

[7] Cornus S., Luizao F., Rouiller J., Lucas Y., Comparative study of litter decomposition and mineral element release in two amazonian forest ecosystems: litter bag experiments, *Pedobiologia* 41 (1997) 456–471.

[8] Delaney M.T., Fernandez I.J., Simmons J.A., Briggs R.D., Red maple and white pine litter: initial changes with decomposition, *Technical Bulletin*, n° 162, Maine Agricultural and Forest Experiment Station, Onoro, Maine, USA, 1996.

[9] Duchaufour P., *Pédologie – Sol, Végétation, Environnement*, Re-édition, Masson, Paris, 1994.

[10] Edmonds R.L., Litter decomposition and nutrient release in Douglas fir, red alder, western hemlock and Pacific silver fir ecosystems in Western Washington, *Can. J. For. Res.* 10 (1980) 327–337.

[11] Gloaguen J.C., Touffet J., Vitesse de décomposition et évolution minérale des litières sous climat atlantique, I. Le hêtre et quelques conifères, *Acta Oecol.* 15 (1980) 3–25.

[12] Gloaguen J.C., Touffet J., Evolution du rapport C/N dans les feuilles et au cours de la décomposition des litières sous climat atlantique: hêtre et quelques conifères, *Ann. Sci. For.* 39 (1982) 219–230.

[13] Gourbière F., Corman A., Décomposition des aiguilles d'*Abies alba*: hétérogénéité du substrat et de la mycoflore, rôle de *Marasminus androsaceus*, *Soil Biol. Biochem.* 19 (1987) 69–75.

[14] Gutteridge R.C., The use of the leaf of nitrogen fixing trees as a source of nitrogen for maize, *Nitrogen Fixing Tree Research Reports* 8 (1990) 27–28.

[15] Hashim G.M., Sustainable land management in tropical tree-crop ecosystem, *Extension Bulletin ASPEC* No. 424, Malaysian Agricultural Research and Development Institute, Kuala Lumpur, Malaysia, 1996.

[16] Huang W.Z., Schoenau J.J., Mass loss measurements and statistical models to predict decomposition of leaf litter in a boreal aspen forest, *Soil Sci. Plant. Anal.* 28 (1997) 863–874.

[17] Knutson R.M., An 18 year study of litterfall and litter decomposition in a northeast Iowa deciduous forest, *American Midland Naturalist* 138 (1997) 77–83.

[18] Lisanework N., Michelsen A., Allelopathy in agroforestry systems: the effects of leaf extracts of *Cupressus*



*lusitanica* and three Eucalyptus species on four Ethiopian crops, Agrofor. Syst. 21 (1993) 63–74.

[19] Meentemeyer V., Macroclimatic and lignin control of litter decomposition rates, Ecology 59 (1978) 465–472.

[20] Moore A.M., Temperature and moisture dependence of decomposition rates of hardwood and coniferous leaf litter, Soil Biol. Biochem. 18 (1986) 427–435.

[21] Mugendi D.N., Nair P.K.R., Predicting the decomposition patterns of tree biomass in tropical highland microregions of Kenya, Agrofor. Syst. 35 (1997) 187–201.

[22] Parton W.J., Stewart J.W.B., Cole C.V., Dynamics of C, N, P, and S in grassland soils: a model, Biogeochemistry 5 (1988) 109–132.

[23] Pausas J.G., Litterfall and litter decomposition in *Pinus sylvestris* forest of northern Pyrenees, J. Veg. Sci. 8 (1997) 643–650.

[24] Piéri C., Fertilité des terres de savanes – Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara, Ministère de la Coopération et CIRAD-IRAT, Paris, 1989.

[25] Pillers M.D., Stuart J.D., Leaf litter decomposition in interior and coastal old growth redwood stands, Can. J. For. 23 (1993) 552–557.

[26] Prescott E.C., Corbin P.J., Parkinson D., Input, accumulation, and residence times of carbon, nitrogen, and phosphorus in four Rocky Mountain coniferous forests, Can. J. For. Res. 19 (1989) 489–498.

[27] Préval P.M., Gagnard J., Gautier P., L'Analyse Végétale dans le Contrôle de l'Alimentation des Plantes Tempérées et Tropicales, Technique et Documentation Lavoisier, Paris, 1984.

[28] Puri S., Khara A., Allelopathic effects of *Eucalyptus tereticornis* on *Phaseolus vulgaris* seedlings, International Tree Crops Journal 5 (1991) 143–151.

[29] Ratkowsky D.A., Nonlinear Regression Modeling – A Unified Practical Approach, Marcel Dekker Inc., New York, 1983.

[30] Rodale Institute, La dégradation du sol et possibilité d'agriculture régénératrice dans le bassin arachidier, USAID, Sénégal, 1989.

[31] Ruel J.C., Loustau D., Pineau M., Relationships between microtopography, litter characteristics and species distribution in a maple stand with yellow birch, Can. J. For. Res. 18 (1988) 1196–1202.

[32] Rustad L.E., Cronan C.S., Cycling of aluminum and nutrients in litterfall of a red spruce (*Picea rubens* Sarg.) stand in Maine, Can. J. For. Res. 19 (1989) 18–23.

[33] Samba A.N.S., Influence de *Cordyla pinnata* sur la fertilité d'un sol ferrugineux tropical et sur le mil et l'arachide dans un système agroforestier traditionnel au Sénégal, thèse, université Laval, Québec, 1997.

[34] Sauvageot A., Contribution à l'étude de la nutrition minérale de quelques résineux au Maroc, Ann. Rech. For. (Maroc) 20 (1980) 291–330.

[35] Suresh K.K., Rai V.R.S., Studies on allelopathic effect of some agroforestry crops, International Tree Crops Journal 4 (1987) 109–115.

[36] Switzer G.L., Nelson L.E., Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation ecosystems: the first twenty years, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 36 (1972) 143–147.

[37] Tilander Y., Effects of mulching with *Azadirachta indica* and *Albizia lebbek* leaves on yield of sorghum under semi-arid conditions in Burkina Faso, Agrofor. Syst. 24 (1993) 277–293.

[38] Witkamp M., van Der Drift J., Breakdown of forest litter in relation to environmental factors, Plant Soil 15 (1961) 295–311.

[39] Yamashita T., Takeda H., Decomposition and nutrient dynamics of leaf litter in litter bags of two mesh sizes set in two dipterocarp forest sites in Peninsular Malaysia, Pedobiologia 42 (1998) 11–21.