

Maintien de la fertilité dans trois jachères arborées

Bilan minéral (Korhogo, nord Côte d'Ivoire)

Les techniques agroforestières peuvent concilier les contraintes d'une agriculture à faibles intrants avec l'amélioration des ressources paysannes, grâce à l'exploitation de produits provenant des arbres intégrés au système de production (LAUDELOUT, 1990 ; PELTIER, 1990). Il reste toutefois à en analyser, à l'échelle de plusieurs années, l'impact sur le milieu et les conséquences sur la production des cultures, ces données expérimentales étant encore rares (YOUNG, 1995). En Côte d'Ivoire, une expérimentation menée sur trois jachères arborées a permis d'établir un bilan minéral de la sole forestière et d'en évaluer les effets sur la richesse du sol.

Si l'intensification de l'agriculture, qui a conduit à des augmentations spectaculaires de productivité en Europe, est techniquement possible, les conditions de sa mise en œuvre ne sont pas réunies dans les savanes de l'Afrique soudano-sahélienne (MADHAVI, 1990). VAN DER POL (1990, 1992) traduisant en termes économiques l'épuisement des sols, indique que le déficit en éléments nutritifs, calculé par référence au prix de l'engrais, représente presque la moitié de la marge brute dégagée par les activités agricoles. Il souligne la nécessité de mettre au point des systèmes de culture durables dégageant des revenus acceptables

pour les paysans. Toutes les solutions visant à économiser les intrants coûteux et à diminuer les exportations inutiles ou non rentables doivent être envisagées pour une production agricole durable.

Le contexte du nord de la Côte d'Ivoire

La région de Korhogo (figure 1), au nord de la Côte d'Ivoire, en zone de savanes, est fortement peuplée depuis des décennies. Les études de COULIBALY (1978) montrent que seulement 5 % de l'espace est occupé par les jachères contre 85 % par des cultures permanentes. Le manque d'espace n'autorise pas la gestion de la fertilité des sols par la jachère naturelle. Or, dans cette région, il est souhaitable d'observer 1 à 5 années de repos, voire

D. LOUPPE
Cirad-forêt/Idefordfo, 08 BP 33, Abidjan 08,
Côte d'Ivoire
Mél : dominique.louppe@cirad.fr

N'KLO OUATTARA
Idefordfo, BP 947, Korhogo, Côte d'Ivoire

R. OLIVER
Cirad-amis, BP 5035,
34032 Montpellier Cedex 1, France
Mél : oliver@cirad.fr



Figure 1. La région de Korhogo en Côte d'Ivoire.

plus, selon les conditions édaphiques, pour régénérer la fertilité dans le cas de culture continue (PIERI, 1989 ; YOUNG, 1995). COULIBALY (1995) constate qu'après une vingtaine d'années de culture continue, la mise en jachère ne permet plus une recolonisation rapide de l'espace par les ligneux, faute de souches d'arbres vivantes et de graines viables dans le sol. Dès les années 60, pour lutter contre l'érosion et produire du bois de feu, les autorités ont fait procéder à des plantations d'arbres : *Tectona grandis* L., *Cassia siamea* Lam., *Anacardium occidentale* L. et, 15 ans plus tard, *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. et *Gmelina arborea* Roxb. Aujourd'hui, les agriculteurs abattent ces boisements pour installer des cultures en espérant profiter d'une amélioration de la fertilité du sol. Parallèlement, commence à se développer un système agroforestier à jachère artificielle d'*Acacia auriculiformis* A. Cunn.

Dans cet article, nous nous intéressons à trois types de jachère artificielle arborée : *Eucalyptus camaldulensis*, *Acacia auriculiformis*, *Gmelina arborea*. Nous allons tenter d'en faire le bilan minéral et d'évaluer leurs effets sur la richesse du sol.

La conduite de l'expérimentation

La station de recherches forestières de Lataha est située à 20 kilomètres au nord-est de Korhogo, au nord de la Côte d'Ivoire. Le climat y est de type soudano-guinéen avec des précipitations moyennes voisines de 1 300 millimètres par an, avec de grandes variations interannuelles (figure 2). La saison des pluies dure 5 mois, de début mai à fin septembre, avec un maximum de précipitations en août. La saison sèche, d'octobre à avril, est caractérisée par la présence d'un vent sec, chargé de poussières, l'harmattan. La température annuelle moyenne est de 26,5 °C.

L'étude a été conduite au cours de la saison des pluies 1996, sur des arbres plantés, âgés de six ans. L'objectif est de comparer l'incidence de trois

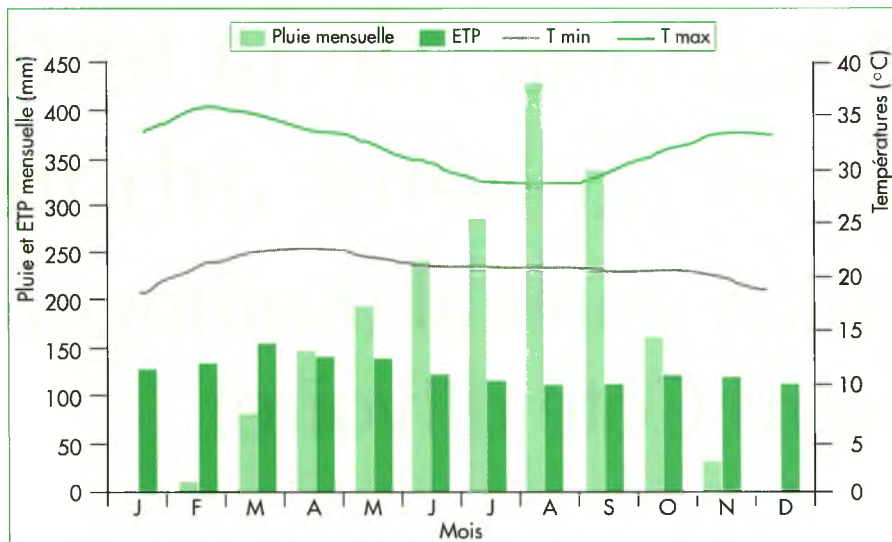


Figure 2. Diagrammes climatiques de la région de Korhogo (données mensuelles moyennes) : température, pluie, évapotranspiration potentielle.

espèces — *Acacia auriculiformis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Gmelina arborea* —¹ sur la fertilité du sol et de quantifier les éléments minéraux contenus dans la biomasse aérienne des arbres au moment de leur exploitation.

Les plants issus de pépinière ont été installés en 1990 dans un dispositif en blocs de Fischer à quatre répétitions disposées perpendiculairement à la plus forte pente (2 %) avec un écartement de 1 x 2 m (5 000 plants/ha). Vu la forte densité, le couvert était fermé dès la seconde saison des pluies (à 12 mois) pour toutes les espèces. L'impact de ce peuplement sur la fertilité du sol est certainement plus marqué que celui d'une plantation classique à 950 plants (écartement 3 x 3,5 m). Le sol est présumé homogène en début d'expérimentation car les terrains étaient en culture continue depuis plus de dix ans et laissés en jachère naturelle deux ans avant l'implantation de la jachère artificielle. En 1996, avant exploitation des arbres, des échantillons composites formés du mélange, par parcelle élémentaire, de 5 carottes de l'horizon 0-15 centimètres ont été prélevés pour la caractérisation physico-chimique. Les analyses de sol ont été effectuées selon les techniques usuelles du laboratoire d'analyses du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad, Montpellier, France). Le complexe adsorbant a été

analysé selon la méthode d'ORCINI et REMY (1976) et le phosphore assimilable a été déterminé selon la méthode OLSEN modifiée DABIN (1967). L'azote disponible a été apprécié par incubation selon la technique de WARING et BREMNER (1964).

Pour quantifier la masse minérale aérienne de la jachère et pour tenir compte des variations de taille, quatre arbres par parcelle ont été sélectionnés aléatoirement au sein de quartiles basés sur la circonférence à 1,30 mètre. Ces arbres échantillons ont été repérés sur le terrain et exploités. Chaque organe a été récolté séparément, pesé en vert, et un échantillon prélevé pour la détermination de l'humidité et l'analyse chimique. Seuls les troncs ont fait l'objet de trois prélèvements situés respectivement à 1,30 mètre du sol, dans le tiers médian et dans le tiers supérieur de l'arbre. Les échantillons secs, d'un volume minimum de 500 millilitres, ont été entièrement broyés pour passer au tamis de 40 mesh (0,42 mm) et analysés selon les techniques normalisées en usage dans les laboratoires du Cirad.

Des équations ont été établies pour corréliser la circonférence de l'arbre à 1,30 mètre à la quantité d'écorce, de bois, de branches vivantes ou mortes (élagage naturel) et de feuilles. D'autres équations relatives à la masse minérale

1. Pour simplifier le texte, nous parlerons d'acacia, d'eucalyptus et de gmelina.

ont également été construites. Elles ont permis de calculer les quantités d'éléments mobilisés par chaque partie de l'arbre.

Résultats et discussion

Caractéristiques physico-chimiques des parcelles selon l'espèce ligneuse

La station de Lataha est située dans une zone de sols ferrugineux tropicaux dont les critères de fertilité sont surtout définis par la position dans la toposéquence. La présence d'un horizon gravillonnaire en profondeur assure des conditions de drainage satisfaisantes, mais peut aussi accentuer les éventuels stress hydriques et favoriser les pertes par lixiviation. Dans le cas de l'essai jachère arborée, cette position, en limite de bas glacis, se traduit par des sols généralement favorables aux cultures. Les critères de fertilité physico-chimiques des sols en fin de jachère sont présentés dans le tableau 1.

La texture de l'horizon de surface est limono-sableuse et en moyenne homogène. Le pH est proche de la neutralité et les teneurs en éléments échangeables sont assez faibles mais non limitantes. Les teneurs en phosphore assimilable sont très faibles. Des différences significatives entre traitements existent pour le potassium échangeable avec des teneurs nettement plus faibles pour les parcelles sous *gmelina arborea*, dont la teneur est proche du seuil de déficience. Contrairement aux données de la littérature, la présence des eucalyptus ne s'accompagne pas d'une acidification, malgré une teneur inférieure en magnésium échangeable. Cette observation corrobore celles faites par PELTIER (1988) au nord du Cameroun. On notera aussi l'important enrichissement en azote des parcelles sous acacia — de l'ordre de 400 kilos par hectare par rapport aux eucalyptus et de 150 kilos par rapport à gmelina — qui ne s'accompagne pas de teneurs statistiquement plus élevées en carbone total. Cet enrichissement en

azote est le fait de la fixation de l'azote atmosphérique par la symbiose *Acacia - Rhizobium*. On retrouve cet effet de la présence des acacias sur l'azote disponible apprécié par une incubation de courte durée selon la méthode de WARING-BREMNER.

Exploitation de la jachère

Biomasse aérienne

Les trois espèces arborées (tableau 2) ont produit des quantités variables de matière sèche aérienne : 59 tonnes par

Tableau 1. Analyses de sol (valeurs moyennes) sous les peuplements âgés de 6 ans d'*Acacia auriculiformis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Gmelina arborea*.

	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Gmelina arborea</i>
Granulométrie (%)			
Argiles	17,3	16,1	15,7
Limons	5,4	4,2	4,4
Limons grossiers	7,7	6,3	7,4
Sables fins	23,3	24,0	29,9
Sables grossiers	46,3	49,5	42,5
Matière organique			
Matière organique (%)	1,99	1,69	1,85
Carbone organique (%)	1,16	0,98	1,07
Azote total (mg/g)	0,94 a	0,75 b	0,87 ab
N disponible* (mg/kg)	42,0 a	29,4 b	27,9 ab
Rapport C/N	12,4	13,2	12,3
P. assimilable			
Olsen-Dabin (mg/kg) P	10,5	10,9	8,6
Complexe absorbant (cmol.eq/kg)			
Ca échangeable	2,94	2,89	2,60
Mg échangeable	1,03 a	0,86 b	0,90 b
K échangeable	0,21 a	0,20 a	0,13 b
Na échangeable	0,03	0,03	0,02
Mn échangeable	0,03	0,02	0,03
Somme (Ca, Mg, K, Na)	4,22	3,97	3,64
CEC	4,37	3,75	3,80
Somme/CEC (%)	96,4	-	95,0
pH			
pH eau	6,31	6,71	6,39
pH KCl	5,38	5,79	5,33

* N disponible selon la méthode Waring-Bremner.

Deux valeurs affectées de la même lettre sur une même ligne ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls à P = 0,05. Les différences non significatives ne sont pas indiquées.

Tableau 2. Caractéristiques dendrométriques et production de matière sèche sur pied de trois jachères arborées âgées de 6 ans.

Observations	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Gmelina arborea</i>	Moyennes
Densité (plants/ha)	2 830 b	3 997 ab	4 871 a	3 900
Surface terrière (m ² /ha)	10,83	15,35	19,72	15,30
Volume (m ³ /ha)	57,73	88,43	82,32	76,16
Poids sec tiges (kg/ha)	39 285	59 565	63 475	54 108
Poids branches (kg/ha)	10 600 a	3 658 b	7 944 ab	7 406
Poids feuilles (kg/ha)	4 661 a	3 187 a	865 b	2 904
Biomasse totale (kg/ha)	58 512	66 410	79 579	68 167

Deux valeurs affectées de la même lettre sur une même ligne ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls à P = 0,05. Seules les différences significatives sont indiquées.

hectare pour les acacias, 66 pour les eucalyptus et 80 pour gmelina. Ces différences apparemment liées aux taux de survie, respectivement de 56,6, 79,9 et 97,4 %, ne sont pas statistiquement significatives. En revanche, ces espèces montrent une grande variabilité spécifique et significative de branchaison et de feuillage. Ainsi, à 6 ans, les proportions de biomasse sur pied des branches et des feuilles sont les suivantes : acacias, 18,1 et 8,0 % ; eucalyptus, 5,5 et 4,8 % ; gmelina, 10,0 et 1,1 %.

La mortalité naturelle diffère selon les espèces. Les acacias sont les plus sensibles à la concurrence intraspécifique, avec 43 % de perte à 6 ans. Gmelina supporte les densités les plus élevées sans mortalité post-plantation. Les productions en volume de bois de plus de 3 cm de diamètre sur écorce observées ici (acacia 9,6 m³/ha/an ; eucalyptus 14,7 ; gmelina 13,7) sont supérieures à celles que l'on peut attendre au même âge sur le même site, en raison de la forte densité de plantation. Pour *Eucalyptus camaldulensis*, par exemple, la production de bois est de 30 % supérieure à celle d'un peuplement à 950 plants par hectare, situé à proximité de l'essai (LOUPPE et OUATTARA, 1996).

Malgré la densité de plantation élevée, la production de bois est en accord avec les données citées par DOUAY (1956) et BOULET-GERCOURT (1977) pour Gmelina. Pour les acacias, elle se situe environ au tiers de la production mesurée en zone forestière de Côte d'Ivoire (GNAHOVA, 1993) — où les conditions de fertilité et de climat sont bien meilleures — mais du même ordre de grandeur que les productions citées par MATHIEU *et al.* (1993).

La phénologie des différentes espèces explique les variations de biomasse foliaire, notamment pour gmelina qui était en début de feuillaison au moment de l'abattage. Le port spécifique conduit ces trois espèces à produire plus ou moins de petites branches. Celles-ci peuvent avoir des conséquences directes sur la fertilité des sols selon leur devenir lors de l'exploitation et de la préparation des sols pour la remise en culture.

Quantité d'éléments minéraux contenus dans la biomasse aérienne

Ces différences de production tant en biomasse qu'en répartition pondérale entre les fractions (organes) sont complétées par des variations de teneurs en éléments minéraux des diverses parties aériennes des arbres (tableau 3).

Les différences de composition entre espèces pour un même organe sont le plus souvent significatives. Les teneurs en azote sont systématiquement plus élevées pour les acacias. Selon des observations faites en pépinière à Korhogo (OUATTARA, 1989), cette espèce nodule très bien avec les souches locales de *Rhizobium* et 96 % de ceux-ci sont efficaces. En revanche, l'importance de la fixation symbiotique dans nos conditions expérimentales n'a pas encore été quantifiée ni présentée.

La hiérarchie des teneurs montre que les feuilles sont l'organe qui présente généralement la plus forte concentration en éléments minéraux, mais pas systématiquement :

- pour *Acacia auriculiformis*, le calcium se concentre dans l'écorce ainsi que, à un niveau deux fois moindre, dans les branches et le bois mort ;
- pour *Eucalyptus camaldulensis*, le phosphore est abondant dans l'écorce et dans les fruits, le potassium dans les fruits, le calcium et le magnésium dans l'écorce ;
- pour *Gmelina arborea*, le potassium est abondant dans les fruits et le calcium dans l'écorce.

L'écorce apparaît, pour toutes les espèces, comme un organe important de stockage préférentiel de certains éléments majeurs. Elle constitue d'ailleurs une part non négligeable de la tige principale : acacia 15,6 % du

Tableau 3. Teneurs moyennes (% de matière sèche) en éléments minéraux majeurs des différentes fractions des trois espèces étudiées.

Teneurs moyennes	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
Bois					
<i>A. auriculiformis</i>	0,278 a	0,022 b	0,212 b	0,124	0,014 b
<i>E. camaldulensis</i>	0,192 b	0,042 a	0,164 b	0,134	0,019 b
<i>G. arborea</i>	0,213 b	0,024 b	0,354 a	0,210	0,041 a
Ecorce					
<i>A. auriculiformis</i>	1,150 a	0,070 b	0,454 c	1,378	0,031 b
<i>E. camaldulensis</i>	0,339 b	0,162 a	0,654 b	1,506	0,192 a
<i>G. arborea</i>	0,515 b	0,042 b	0,941 a	1,137	0,236 a
Bois sec					
<i>A. auriculiformis</i>	0,486 a	0,030 b	0,166 b	0,638 b	0,026 c
<i>E. camaldulensis</i>	0,295 b	0,061	0,413 a	0,768 a	0,059 b
<i>G. arborea</i>	0,283 b	0,016 b	0,350 a	0,522 b	0,079 a
Branches vertes					
<i>A. auriculiformis</i>	0,684 a	0,071	0,382 b	0,721 b	0,057 c
<i>E. camaldulensis</i>	0,333 b	0,064	0,488 b	0,848 a	0,075 b
<i>G. arborea</i>	0,397 b	0,060	0,793 a	0,508 c	0,106 a
Feuilles					
<i>A. auriculiformis</i>	2,530 a	0,146 b	1,509	0,831 b	0,188
<i>E. camaldulensis</i>	1,242 c	0,102 c	1,338	1,400 a	0,229 b
<i>G. arborea</i>	2,098 b	0,191 a	1,483	1,049 b	0,463 a
Fruits					
<i>A. auriculiformis</i>	0,943	0,026 b	0,648 b	0,329 ab	0,098
<i>E. camaldulensis</i>	0,839	0,118 a	1,292 a	0,703 a	0,151
<i>G. arborea</i>	0,667	0,136 a	1,469 a	0,135 b	0,117

Les valeurs affectées de la même lettre sur un même groupe de 3 dans la même colonne ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls à P = 0,05. Seules les différences significatives sont indicées.

Description des fractions. Bois : bois de la tige principale sans écorce. Ecorce : écorce de la tige principale. Feuilles : feuilles encore sur l'arbre après abattage. Branches : branches vivantes de diamètre inférieur à 3 cm avec écorce. Bois mort : branches mortes en cours d'élagage naturel. Fruits : fruits encore sur l'arbre.

poids sec ; eucalyptus 17,2 et gmelina 13,2 %.

Certains auteurs font le rapprochement entre les compositions minérales des litières et les parties aériennes des arbres, d'une part, et la composition chimique de l'horizon de surface, d'autre part. Ainsi, DRESCHER *et al.* (1991) attribuent en partie l'acidification qu'ils constatent sous *Acacia auriculiformis* à la faible biodégradabilité de litières riches en calcium.

L'association des données de production sur pied à 6 ans et des résultats d'analyses minérales permettent d'estimer la masse minérale aérienne des trois espèces juste avant leur exploitation (tableau 4). Bien que les biomasses soient différentes, l'azote est nettement plus abondant pour les acacias, le phosphore pour les eucalyptus, le potassium et le magnésium pour gmelina. L'abondance de cations chez cette dernière espèce est peut-être à rapprocher de la composition du complexe adsorbant appauvri significativement en potassium.

Lors de l'exploitation de la jachère arborée, les troncs vraisemblablement non écorcés seront valorisés (perches, bois de feu) ainsi d'ailleurs que les grosses branches (bois de feu, charbon). De plus, lors de la remise en culture, les résidus d'exploitation des arbres seront vraisemblablement brûlés comme le souligne PELTIER (1991). Une grande quantité de matière organique et d'azote ainsi qu'une partie du phosphore seront alors perdus. Le bénéfice à court terme prépondérant pour le paysan réside dans le contrôle de l'acidité et la disponibilité immédiate en éléments nutritifs qui sont la base du système défriche-brûlis.

Efficiences minérales des trois espèces

Les quantités d'éléments minéraux nécessaires à la production d'une unité de produit (tonne de bois) sont présentées au tableau 5.

Acacia auriculiformis est l'espèce qui demande le moins d'éléments minéraux pour produire une tonne de bois avec écorce, sauf pour l'azote mais une

Tableau 4. Quantités (kg/ha) d'éléments minéraux majeurs accumulés dans les parties aériennes des trois espèces étudiées au moment de l'abattage.

Espèce/partie	N	P	K	Ca	Mg
<i>A. auriculiformis</i>					
Tronc*	134,4	9,6	81,7	103,5	5,4
Feuilles	95,6	5,5	57,0	31,4	7,1
Branches	69,7	6,6	32,6	61,8	4,1
Bois mort	22,1	1,4	7,6	29,0	1,2
Total	321,5	23,1	178,7	225,3	17,7
<i>E. camaldulensis</i>					
Tronc	119,8	31,8	126,8	182,5	24,4
Feuilles	41,5	3,1	41,2	43,1	7,1
Branches	10,3	1,8	14,1	24,9	2,4
Total	171,5	36,8	182,0	250,3	33,9
<i>G. arborea</i>					
Tronc	148,1	15,6	252,2	195,3	39,1
Feuilles	16,8	1,5	11,9	8,4	3,7
Branches	29,2	4,4	58,4	37,4	7,8
Bois mort	19,1	1,1	35,2	35,2	5,3
Total	213,2	22,7	357,5	276,3	55,9

* Tronc : comprend l'écorce et le bois de la tige principale. *E. camaldulensis* n'a pas de bois mort sur pied en raison de la rapidité de son élagage naturel.

Tableau 5. Efficience des espèces : quantité d'éléments minéraux nécessaires à la production d'une tonne de bois ou d'une tonne de biomasse (kg/t de matière sèche).

	N	P	K	Ca	Mg
Éléments nécessaires à la production d'une tonne de bois					
<i>A. auriculiformis</i>	3,42	0,24	2,08	2,63	0,14
<i>E. camaldulensis</i>	2,01	0,53	2,13	3,06	0,41
<i>G. arborea</i>	2,33	0,25	3,97	3,08	0,62
Éléments nécessaires à la production d'une tonne de biomasse					
<i>A. auriculiformis</i>	5,49	0,40	3,05	3,85	0,30
<i>E. camaldulensis</i>	2,58	0,55	2,74	3,77	0,51
<i>G. arborea</i>	2,68	0,28	4,49	3,47	0,70

grande partie de cet élément provient certainement, dans ce cas, de la fixation symbiotique de N₂. Pour la biomasse totale, cette espèce n'est pas la plus économe en éléments minéraux. Cependant, au moment de l'exploitation, elle les restitue au sol mieux que les deux autres espèces : elle présente donc le meilleur rapport amélioration de la fertilité/production de bois.

Restitutions minérales au sol lors de l'exploitation de la jachère

La gradation dans les restitutions potentielles au sol selon le devenir des diverses parties des arbres est illustrée par la figure 3 — les restitutions présentées ici sont celles au moment de l'exploitation de la jachère ; les retombées de litière au cours de la vie du peuplement ne sont pas prises en

compte. On y remarque la part importante que peuvent prendre les écorces, si l'on écorce les perches sur les parcelles avant de les commercialiser.

Ces valeurs ne sont qu'un ordre de grandeur, compte tenu de l'imprécision de l'estimation du taux d'écorce. Néanmoins, elles montrent qu'il est souhaitable de laisser l'écorce sur place après l'exploitation du bois. Après exploitation de la jachère forestière et exportation du bois, les restitutions ne représentent guère que deux ou trois campagnes d'apport d'engrais aux doses recommandées pour la région. Le bénéfice majeur pour le sol se trouve plus certainement dans les apports de cations alcalino-terreux, généralement peu présents dans les engrais, qui permettent de retarder les processus d'acidification.

Litières et racines

L'effet de la jachère arborée sur les sols ne se résume pas aux seules restitutions minérales à l'abattage. Les retombées au sol par la litière jouent aussi un rôle considérable tout comme les retours provenant des racines.

La matière sèche des litières a été mesurée pendant les onze mois précédant l'exploitation :

- sous les acacias, 6,7 tonnes par hectare, dont 9 % de fruits et 14 % de branches ;
- sous les eucalyptus, 6,2 tonnes par hectare, dont 39 % de branches ;
- sous gmelina, 5,8 tonnes par hectare, dont 92 % de feuilles et 5 % de fruits.

On ne peut pas attribuer aux litières les compositions minérales des produits analysés lors de l'exploitation de la jachère forestière, car il a été observé que leur composition variait assez largement au cours de l'année ; pour certaines espèces, dont les acacias australiens, la translocation des éléments est très active au cours de la période de sénescence des feuilles (OLIVER et GANRY, 1994 ; HARMAND, 1997). De ce fait, les restitutions annuelles par les chutes de litière peuvent être estimées à environ 40 à 70 kilos d'azote, 35 à 60 kilos de potassium et 4,5 à 5,5 kilos de phosphore par hectare, dès que le couvert est fermé, c'est-à-dire après 3 ans. Une part certainement non négligeable des éléments minéraux entre d'ailleurs dans un cycle fermé prélèvement-restitution, où les seuls apports positifs proviennent des remontées par les racines à partir des couches profondes du sol.

Les racines, qui n'ont pas été analysées, représentent une biomasse souterraine importante jouant à la fois un rôle sur la richesse chimique du sol et sur sa structuration. Au cours de la saison des pluies précédant l'abattage des arbres, les biomasses racinaires ont été mesurées dans l'horizon 0-30 centimètres. Elles augmentent au cours de la saison des pluies pour diminuer dès le retour de la saison sèche. A leur maximum, elles atteignent 10 tonnes par hectare pour les

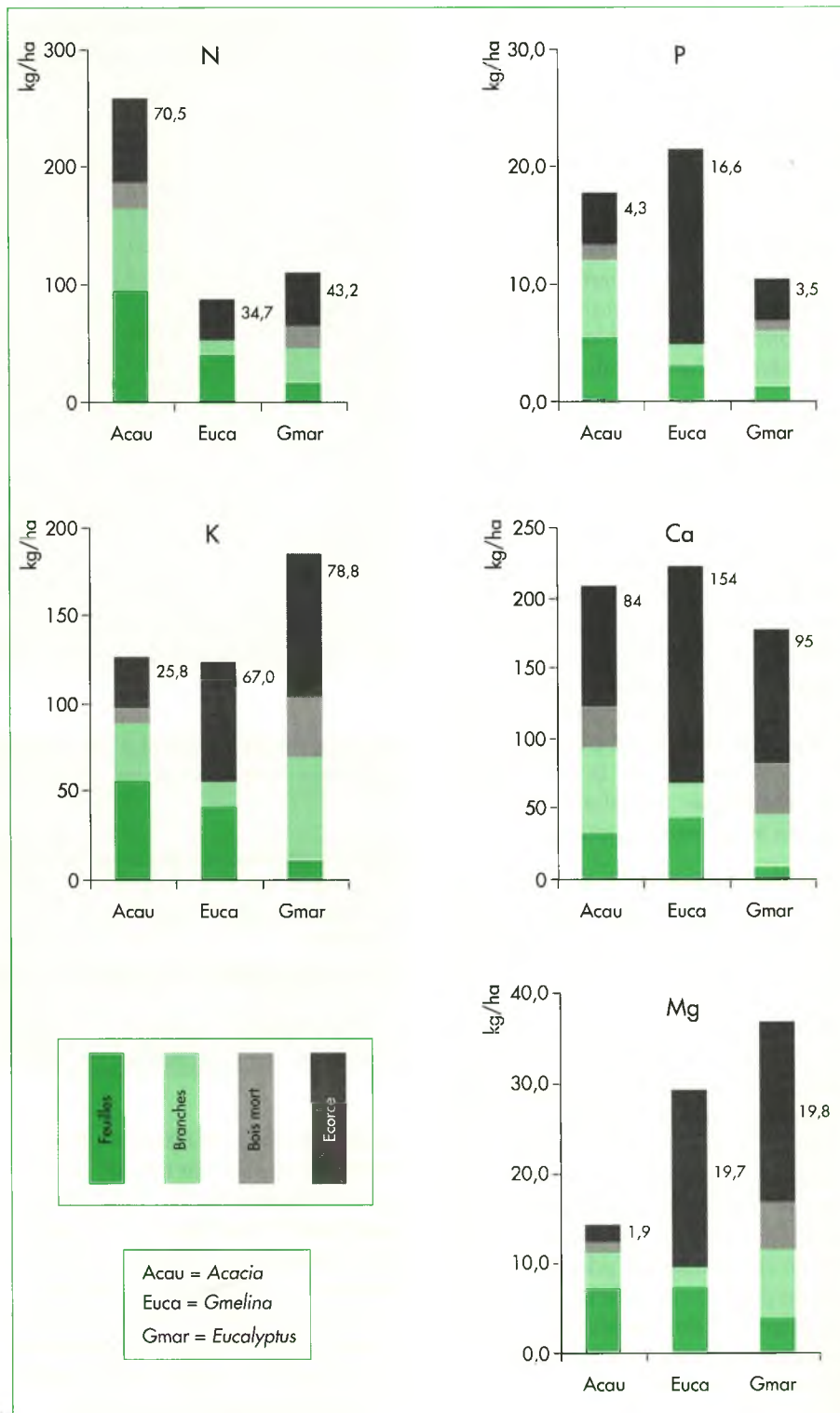


Figure 3. Restitutions potentielles au sol par l'exploitation de la sole arborée (kg/ha). Les restitutions spécifiques aux écorces figurent en regard des diagrammes correspondants.

acacias, 8 pour les eucalyptus et 11 pour gmelina.

En dehors des restitutions instantanées liées à l'exploitation du peuplement forestier, le principal bénéfice pour le

sol de la mise en jachère améliorée résulterait de l'enrichissement en matière organique par l'intermédiaire des retombées de litière et par le système racinaire des arbres (HARMAND, 1997). Cet enrichissement

annuel en matière organique de l'horizon de surface serait de l'ordre du milligramme par gramme avec, dans le cas des légumineuses arborées, un gain supplémentaire en azote par fixation symbiotique.

Effets sur du maïs cultivé après jachère

Les premiers résultats obtenus sur une culture de maïs installée sur les parcelles montrent, dans le cas où la culture est effectuée sans aucun apport d'engrais, des différences de production importantes selon les espèces de la jachère arborée (tableau 6).

Acacia auriculiformis est la seule jachère permettant une production acceptable pour l'agriculteur. On peut partiellement l'expliquer par les restitutions importantes d'éléments minéraux au sol, notamment en azote. Les différences entre les deux autres espèces ne sont pas significatives et les niveaux de production sont trop bas pour être discutés. On notera toutefois que le brûlis, qui accélère la minéralisation de la matière organique restant sur le terrain après exploitation des arbres, augmente la production agricole de la première année de culture. La sensibilité du maïs au précédent jachère arborée observée ici semble d'ailleurs supérieure aux effets constatés dans le cas de jachères herbacées pâturées à *Panicum maximum* et *Stylosanthes amata* (ZOU MANA et al., 1994).

Conclusion

Dans un système de cultures à faibles intrants, comme celui pratiqué dans le nord de la Côte d'Ivoire, la jachère arborée apparaît nécessaire au maintien de la fertilité des sols et à la durabilité des productions agricoles. Les jachères naturelles longues ne sont

plus possibles en raison de trop fortes pressions sur les terres, liées à la démographie, à la modernisation des outils et à l'extension des cultures de rente. La jachère arborée artificielle de courte durée semble être une solution prometteuse, d'autant plus que les agriculteurs sont demandeurs de techniques aptes à restaurer rapidement la fertilité de leurs sols épuisés par de trop longues périodes de culture continue.

La présente étude a été conduite sur un terrain délaissé par les agriculteurs car trop improductif. Elle montre qu'une jachère arborée monospécifique a un impact différent sur le sol selon l'arbre planté. La capacité d'absorption des éléments minéraux ainsi que les restitutions au moment de l'exploitation diffèrent en fonction de l'espèce. Dans le cas de l'azote, on observe un enrichissement important du sol sous la légumineuse *Acacia auriculiformis* du fait de la fixation symbiotique de cet élément. Cela se traduit, en première culture, par un accroissement net du rendement du maïs par rapport aux productions après *Eucalyptus camaldulensis* ou *Gmelina arborea*.

Ces résultats conduisent à penser que, dans le cas de jachères composées par un plus grand nombre d'espèces, l'impact serait plus limité. Une jachère naturelle pourra être d'autant plus performante qu'elle contiendra un nombre important d'espèces fixatrices d'azote dont l'exploitation n'exportera que peu d'éléments minéraux. Cette efficacité sera aussi liée à l'intensité et au mode d'exploitation de l'espèce.

Pour un impact maximal sur la composition chimique des sols, il est indispensable de laisser sur place le plus d'organes riches en éléments minéraux : les feuilles, les branches fines et l'écorce. Même dans ces conditions,

l'amélioration du sol dépendra de l'espèce, car chaque essence utilise les éléments de façon différente et les distribue inégalement entre ses organes.

Sur le plan des caractéristiques chimiques du sol, la jachère arborée artificielle de courte durée n'apparaît pas être un remède pertinent à la dégradation des sols soumis à une agriculture continue, même extensive. En revanche, cette jachère va créer un environnement plus favorable à l'activité biologique du sol (OUATTARA et al., 1998) : limitation de l'ensevelissement du sol, meilleurs statuts hydrique et organique. Cette activité biologique ne peut qu'améliorer la structuration du sol, sa capacité d'absorption des eaux de pluies et la transformation de la matière organique. Ainsi, l'humus amélioré permettrait une meilleure disponibilité des éléments minéraux pour les plantes et l'alimentation en eau serait moins limitante. Cette dernière hypothèse, à savoir que l'amélioration agronomique d'un sol ne résulte pas seulement d'un enrichissement chimique mais aussi d'une meilleure activité biologique, est l'objet d'une étude en cours.

Les revenus qu'il sera possible de tirer de l'exploitation de la jachère arborée et la continuité dans l'occupation des terres par l'agriculteur sont des facteurs incitatifs pour diffuser de tels systèmes.

Bibliographie

BOULET-GERCOURT M., 1977. Monographie du *Gmelina arborea*. Bois et Forêts des Tropiques 172 : 3-23.

COULIBALY S., 1978. Le paysan sénéoufo. Les nouvelles éditions africaines, Abidjan, Côte d'Ivoire, Dakar, Sénégal, 245 p.

COULIBALY I., 1995. Place de la jachère naturelle dans le contexte socio-économique de deux villages sénéoufo : Kapounon et Lavononkaha. Mémoire de fin d'études, Ensa, Idefor-dfo, Yamoussoukro, Korhogo, Côte d'Ivoire, 94 p.

LAUDELOUT H., 1990. La jachère forestière sous les tropiques humides. Université catholique de Louvain la Neuve, Belgique, 85 p.

DOUAY J., 1956. *Gmelina arborea* (Roxb.). Monographie. Bois et Forêts des Tropiques 48 : 25-38.

DRESCHER P., GLASER B., ZECH W., 1991. Effect of four multipurpose tree species on soil amelioration during tree fallow in central Togo. Agroforestry system 16: 193-202.

Tableau 6. Rendements moyens d'une culture de maïs (en t/ha) après exploitation d'une jachère arborée de 6 ans (maïs grain à 15 % d'humidité, en t/ha). Korhogo, Côte d'Ivoire, 1996.

Résidus d'exploitation traités en	<i>A. auriculiformis</i>	Précédent arboré <i>E. camaldulensis</i>	<i>G. arborea</i>
Mulch	1,05	0,24	0,46
Brûlis	1,74	0,48	0,73

GNAHOVA G.M., 1993. Effets des jachères arborées sur l'état de fertilité des sols en zone de forêt de moyenne Côte d'Ivoire. Mémoire de DESS, université de Créteil, France, 96 p.

HARMAND J.-M., 1997. 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 de doctorat, université Paris VI, France, 213 p.

LOUPPE D., N. OUATTARA, K. OFFI, 1992. Station Kamonon Diabaté, protocoles expérimentaux et comptes rendus d'installation des essais de 1988 à 1991. Idefor-dfo, Korhogo, Côte d'Ivoire, np.

LOUPPE D., OUATTARA N., 1996. Essai Korhogo 88-01. Sélection des provenances d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Bilan à 8 ans. Rapport interne Idefor-dfo, Abidjan, Côte d'Ivoire, 13 p.

MADHAVI G., 1990. Les conditions d'une généralisation de l'utilisation des engrais. Le point de vue d'un opérateur du développement agricole. In Savanes d'Afrique, terres fertiles, actes des rencontres internationales, Montpellier, France, 10-14 décembre 1990. La Documentation Française, Paris, France, p. 465-470.

MATHIEU L., BOCK L., BALDE D., DETRAUX M., HENQUIN B., TERNEUS A., 1993. Réflexions sur le rôle des arbres dans les systèmes agroforestiers potentiels en cours d'élaboration au Fouta-Djalou (République de

Guinée). In Sustainable land management in african semi-arid and subhumid regions, F. GANRY et B. CAMPDELL (éditeurs), Proceedings of the SCOPE Workshop, 15-19 novembre 1993, Dakar, Sénégal. Collection Colloques, Cirad, Montpellier, France, p. 37-51.

OLIVER R., GANRY F., 1994. Etude des modifications de fertilité induites par une jachère arborée. cas de la zone forestière de centre Côte d'Ivoire. Rapport de fin d'études MRT, Cirad-ca, Montpellier, France, 27p.

OUATTARA N., 1989. Inoculation artificielle d'*Acacia auriculiformis* et *Casuarina equisetifolia*. Observations sur des plants âgés de cinq mois, campagne de pépinière 1989. Cirad-forêt, Korhogo, Côte d'Ivoire, 20 p.

OUATTARA N., BALLE P., LOUPPE D., 1998. Rôle des macro-invertébrés du sol dans la conservation et la restauration de la fertilité des sols en zone de savanes soudano-guinéenne. Cas particulier des vers de terre et des termites. Sous presse.

PELTIER R., EYOG MATIG O., 1988. Les essais d'agroforesterie au Nord-Cameroun. Bois et Forêts des Tropiques 217 : 3-31.

PELTIER R., 1990. L'arbre dans les terroirs villageois. In Savanes d'Afrique, terres fertiles, actes des rencontres internationales, Montpellier, France, 10-14 décembre 1990. La Documentation Française, Paris, France, p. 507-528.

PELTIER R., 1991. Les jachères à composante ligneuse : caractérisation, productivité, gestion. In

La jachère en Afrique de l'Ouest, C. FLORET et G. SERPANTIE (éditeurs), actes de l'atelier international, Montpellier, France, 2-5 décembre 1991. Collection Colloques et séminaires, Orstom, Paris, France, p. 67-88.

PIERI C., 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Cirad, Montpellier, France ; Agridoc-International, Paris, France, 444 p.

VAN DER POL F., 1990. L'épuisement des terres, une source de revenus pour les paysans au Mali-Sud. In Savanes d'Afrique, terres fertiles, actes des rencontres internationales, Montpellier, France, 10-14 décembre 1990. La Documentation Française, Paris, France, p. 403-418.

VAN DER POL F., 1992. Soil minning. An unseen contibutor to farm income in southern Mali. Royal Tropical Institute, The Netherlands Bulletin 325, 44 p.

WARING S.A., BREMNER J.M., 1964. Ammonium production in soil under watter-logged conditions as an index of nitrogen availability. Nature 4 922: 951-952.

YOUNG A., 1995. L'agroforesterie pour la conservation des sols. ICRAF, 194 p.

ZOUMANA C., ASSEMIAN A., BODJI N., CESAR J., KOUA B., TOURE M., 1994. Accroissement de la production fourragère au niveau du terroir. Compte rendu final d'ATP Cirad 71/89, Cirad-emvt, Montpellier, France, 153 p.

Résumé... Abstract... Resumen

D. LOUPPE, N'KLO OUATTARA, R. OLIVER — **Maintien de la fertilité dans trois jachères arborées. Bilan minéral (Korhogo, nord Côte d'Ivoire).**

Dans la région de Korhogo, au nord de la Côte d'Ivoire, la jachère a presque disparu et des reboisements, datant des années 60, sont exploités pour être remis en culture. Nous avons comparé l'effet sur les sols de deux espèces de ces anciens boisements, *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. et *Gmelina arborea* Roxb., à *Acacia auriculiformis* A. Cunn., vulgarisé pour la création de jachères ligneuses améliorées de 6 à 8 ans. A 6 ans, la biomasse totale d'*A. auriculiformis* était de 58 t/ha, de 66 et 79 pour *E. camaldulensis* et *G. arborea*. Des teneurs en N, P, K, Ca et Mg mesurées dans les organes, l'azote est plus abondant pour *A. auriculiformis*, le phosphore pour *E. camaldulensis*, le potassium et le magnésium pour *G. arborea*. La proportion des éléments minéraux accumulés dans la partie aérienne et restitués au sol à l'abattage est plus élevée pour *A. auriculiformis*. Si les arbres sont écorcés lors de l'exploitation, les exportations minérales d'*E. camaldulensis* et de *G. arborea* sont fortement réduites mais restent supérieures aux restitutions, sauf en calcium et magnésium pour *E. camaldulensis*. La jachère à *A. auriculiformis* permet un gain de production lors de la remise en culture, contrairement à *E. camaldulensis* et de *G. arborea*, dont l'effet régénérateur de la fertilité reste insuffisant.

Mots clés : jachère arborée, masse minérale, fertilité, *Acacia auriculiformis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Gmelina arborea*, Côte d'Ivoire.

D. LOUPPE, N'KLO OUATTARA, R. OLIVER — **Fertility management in three arboreous fallow areas. Mineral balance (Korhogo, nord Côte d'Ivoire).**

Fallow has all but disappeared from the Korhogo region of the nord Côte d'Ivoire, and reforested areas planted in the 1960s are now being felled for replanting. We compared the effects on the soil of two of the forest species planted, *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. and *Gmelina arborea* Roxb., with that of *Acacia auriculiformis* A. Cunn., which is currently distributed for short improved woody fallows (six to eight years). At six years, the total biomass produced by *A. auriculiformis* was 58 t/ha, compared to 66 and 79 t/ha for *E. camaldulensis* and *G. arborea*. Of the N, P, K, Ca and Mg contents measured in the organs, nitrogen levels were higher in *A. auriculiformis*; phosphorus in *E. camaldulensis*; and potassium and magnesium in *G. arborea*. The share of nutrients accumulated in the aerial part and returned to the soil on felling was higher for *A. auriculiformis*. If the bark was stripped from the trees on felling, mineral exports from *E. camaldulensis* and *G. arborea* were markedly reduced, but remained higher than returns, except for Ca and Mg for *E. camaldulensis*. *A. auriculiformis* fallow enabled a production gain on replanting, unlike *G. arborea* and *E. camaldulensis*, whose regenerative effects on soil fertility remained insufficient.

Keywords: improved fallow, mineral content, fertility, *Acacia auriculiformis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Gmelina arborea*, Côte d'Ivoire.

D. LOUPPE, N'KLO OUATTARA, R. OLIVER — **Mantenimiento de la fertilidad en tres barbechos con árboles. Balance mineral (Korhogo, norte de Costa de Marfil).**

En la región de Korhogo, al norte de Costa de Marfil, el barbecho casi ha desaparecido y se explotan repoblaciones forestales, que datan de los años sesenta, para volver a ponerlos en cultivo. Hemos comparado el efecto en los suelos de dos especies de estas antiguas repoblaciones forestales, *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. y *Gmelina arborea* Roxb., a *Acacia auriculiformis* A. Cunn., divulgado para la creación de barbechos leñosos mejorados de 6 a 8 años. A los 6 años de edad, la biomasa total de *A. auriculiformis* era de 58 t/ha, y de 66 y 79 para *E. camaldulensis* y *G. arborea*. Se miden contenidos de N, P, K, Ca y Mg en los órganos, el nitrógeno es más abundante para *A. auriculiformis*, el fósforo para *E. camaldulensis*, el potasio y el magnesio para *G. arborea*. La proporción de los elementos minerales acumulados en la parte aérea y restituidos al suelo cuando la poda es más alta para *A. auriculiformis*. Si los árboles se descortezan al explotarlos, las remociones minerales de *E. camaldulensis* y de *G. arborea* son fuertemente reducidas pero permanecen superiores a las restituciones, salvo en calcio y magnesio para *E. camaldulensis*. El barbecho a *A. auriculiformis*, permite una ganancia de producción en la reactivación del cultivo, al contrario de *E. camaldulensis* y de *G. arborea*, cuyo efecto generador de la fertilidad sigue siendo insuficiente.

Palabras-claves: barbecho con árboles, masa mineral, fertilidad, *Acacia auriculiformis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Gmelina arborea*, Costa de Marfil.