

Évolution du rendement du maïs après une jachère arborée en zone de forêt humide de Côte d'Ivoire

Alice N'Goran, Guy Modeste Gnahoua, Kolou Oualou, Pity Balle

Le système traditionnel de gestion des terres avec alternance de trois à quatre ans de culture et d'une mise en repos sur une période d'au moins dix ans, n'est plus adapté aux réalités actuelles en Côte d'Ivoire. En effet, l'essor démographique ayant entraîné des besoins alimentaires de plus en plus croissants, la pression sur les terres arables est devenue très forte. Elle entraîne une diminution de la durée de la jachère qui engendre une dégradation de la fertilité des terres cultivées [1, 2].

L'utilisation des engrais chimiques, de par leur action immédiate sur la productivité des cultures vivrières, est sans doute bénéfique. Mais leur coût les rend presque inaccessibles aux petits agriculteurs.

La mise en jachère des terres demeure l'unique méthode de restauration de la fertilité pour la plupart des paysans, tant en région de savane que de forêt. Cette pratique doit être améliorée pour

répondre aux besoins actuels. L'intégration de soles arborées à base de légumineuses ligneuses à croissance rapide, dans les systèmes de culture, permet la reconstitution de terres forestières et la restauration de la fertilité des sols agricoles [3-5]. Nous avons enrichi une jachère en légumineuses arborées pendant six ans. Après l'abattage de la sole arborée, nous avons étudié l'évolution du rendement du maïs grains dans le temps. Le maïs, est l'aliment de base d'une partie de la population de la zone d'étude, et consti-

tue une excellente plante test pour apprécier le niveau de fertilité d'un sol.

Méthode

L'expérimentation a été conduite au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, à la station de recherche forestière de la Sangoué, située à 12 km d'Oumé (carte). C'est une zone de forêt dense semi-décidue où les sols sont de type ferrallitique

A. N'Goran : CNRA, Station Marc-Delorme 07, BP 13, Abidjan 07, Côte d'Ivoire.

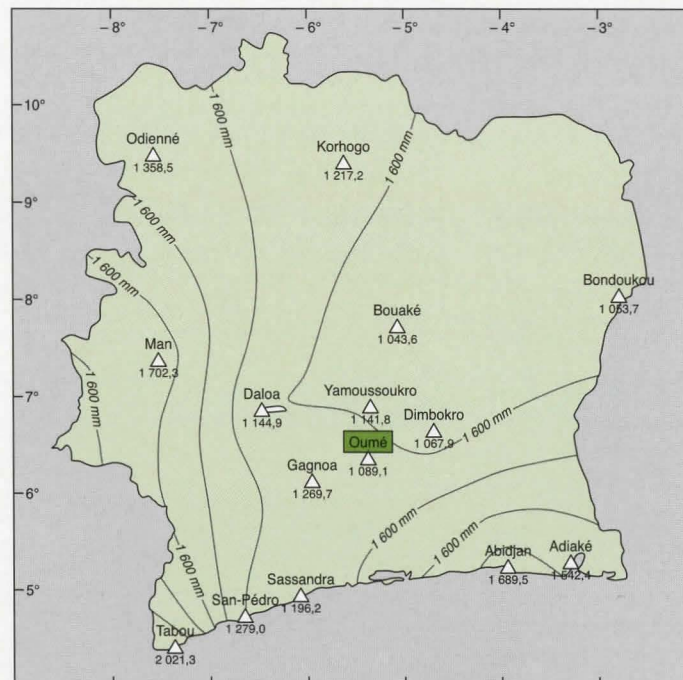
G.M. Gnahoua : CNRA Station Gagnoa, BP 602, Gagnoa, Côte d'Ivoire.

K. Oualou : Ministère de l'Environnement et des Eaux et Forêt, BP V 24, Abidjan, Côte d'Ivoire.

P. Balle : Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique, BP V 151, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Tirés à part : A. N'Goran

Thèmes : Agronomie phytotechnie ; Physiologie végétale.



Carte. Localisation du site d'étude et isohyètes moyennes annuelles de 1991 à 2000 en Côte d'Ivoire (source : direction Météo nationale).

Map. Location of the study site and annual rainfall from 1991 to 2000 in Côte d'Ivoire (source: National Weather Direction).

et dont la texture limono-argilo-sableuse avec présence de gravillons permet un bon drainage.

Le climat est de type subéquatorial avec deux saisons des pluies : une grande saison allant de mars à juillet avec un total moyen de 800 mm d'eau et une petite saison des pluies, de septembre à octobre, qui donne environ 300 mm. Il y a également deux saisons sèches : l'une de novembre à février et l'autre de juillet à août. La pluviosité moyenne annuelle de 1991 à 2000 est de 1 089 mm (carte) et la température moyenne de 26,5 °C.

L'expérimentation a démarré en 1987 et a duré jusqu'en 1996. Elle a été mise en place sur une parcelle précédemment cultivée en banane, en riz et en igname. Mise en jachère (probablement suite à une baisse de fertilité), cette parcelle était dominée par *Chromolaena odorata*. Elle a été subdivisée en trois blocs. Chacun comprenait cinq sous-parcelles de 10 m x 10 m, dont une a été laissée en jachère naturelle et les autres ont été plantées de l'une des quatre espèces de légumineuses suivantes : *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Albizia lebeck* et *Leucaena leucocephala* (encadré), à la densité de 2 m x 2 m, soit 2 500 arbres par hectare. La superficie totale de l'essai (allées + parcelles élémentaires) est de 2 508 m². Les arbres ont été abattus en 1993, et de 1993 à 1995 on a conduit deux cycles de maïs par an sur les parcelles : l'un pendant la grande saison des pluies et l'autre pendant la petite saison. En 1996, un seul cycle a été cultivé pendant la grande saison des pluies. La figure 1 donne la hauteur des pluies au cours des différents cycles culturaux. L'essai a été conduit selon le type factoriel, avec trois facteurs étudiés :

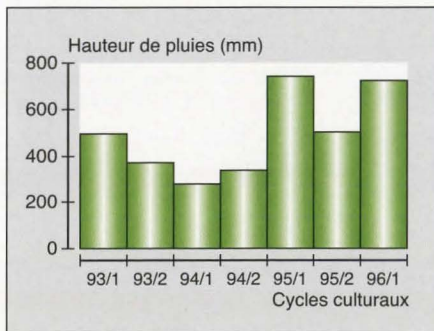


Figure 1. Pluviosité par cycle cultural (1993-1996) à la Sangoué.

Figure 1. Rainfall per cultural cycle (1993-1996) in Sangoué.

Encadré

Caractéristiques des espèces légumineuses utilisées

Acacia mangium, *Acacia auriculiformis*, *Albizia lebeck* et *Leucaena leucocephala*, sont des espèces à croissance rapide (1,8 à 3 m par an en hauteur et 1,5 à 3 cm en diamètre). Elles produisent beaucoup de biomasse foliaire et la nodulation est abondante lorsque les conditions sont favorables et que le taux d'azote dérivé de l'atmosphère est supérieur à 50 %. *Acacia mangium* peut atteindre 25 à 30 m de haut avec un diamètre de 60 cm. Il peut pousser sur des sols pauvres et fortement acides, il donne du bon bois de feu, et son charbon est de bonne qualité.

- *Acacia auriculiformis* est un arbre atteignant 8 à 35 m de haut, avec environ 50 cm de diamètre. Espèce des régions tropicales chaudes, il croît sur pratiquement tous les types de sols et constitue un très bon bois de feu dont la valeur calorifique est élevée (4 800 à 4 900 kcal/kg) ; il donne aussi du bon charbon de bois.
- *Leucaena leucocephala* a une taille variable selon la variété (de 5 à 20 m de haut). Il produit du bon bois de feu et du fourrage, mais présente l'inconvénient d'être très envahissant (multiplication par semis spontané).
- *Albizia lebeck* est un arbre décidu une partie de l'année, il peut atteindre jusqu'à 30 m de haut et produit du bon bois d'œuvre, de feu et du fourrage.

- le précédent cultural comportant cinq modalités (la jachère naturelle (JN) = témoin, les jachères arborées d'*Acacia mangium* (AM), d'*Acacia auriculiformis* (AA), d'*Albizia lebeck* (AL) et de *Leucaena leucocephala* (LL)) ;
- la gestion de la litière et des résidus culturaux comprenant deux modalités (mulch ou brûlis) ;
- la fertilisation avec deux modalités (avec ou sans fumure minérale sous forme d'engrais complet comprenant 10 % d'azote, 18 % de phosphore et 18 % de potassium (600 kg/ha) et d'urée à 46 % d'azote (180 kg/ha)). La combinaison des niveaux de ces trois facteurs donne 20 traitements répétés trois fois, soit 60 unités parcellaires au total. La variété de maïs utilisée est dénommée F8128. Elle a une durée de cycle moyen (105 jours, du semis à la récolte), un rendement potentiel de 7 t/ha et une bonne réponse à la fumure minérale.

Résultats

L'analyse de sol effectuée en 1993 juste après l'abattage de la sole arborée et le rendement en grains du maïs obtenu au cours des cycles culturaux successifs sont présentés ci-après. Les données ont été analysées à l'aide du logiciel STATITCF.

Teneur en azote du sol après six années de jachère

En tenant compte du pouvoir fixateur d'azote atmosphérique par les légumineuses, l'analyse du sol porte essentiellement sur la teneur en azote des parcelles. Après six années de jachère, on note un niveau satisfaisant (> 1,5 ‰) en azote pour tous les précédents (tableau 1). Le précédent le plus riche en azote est *Albizia lebeck* suivi de *Leucaena leucocephala* et du témoin, les deux *Acacia* apportent une quantité d'azote inférieure aux autres précédents. Les valeurs du rapport C/N (autour de 10) indiquent que la décomposition de la litière est satisfaisante dans tous les traitements.

Rendements de maïs enregistrés de 1993 à 1996 (tableau 2)

Le tableau 2a montre que, quelle que soit l'année et quel que soit le cycle cultural, l'effet de la fertilisation est significatif au seuil de 5 %, le rendement des parcelles fertilisées étant toujours supérieur à celui des parcelles non fertilisées. L'effet de la jachère arborée est significatif aux premier et deuxième cycles des années 1993 et 1994. Il disparaît sur les deux cycles de 1995 pour réapparaître à nouveau au premier cycle de 1996.

Tableau 1

Quelques éléments de fertilité du sol en fonction du précédent cultural (source [6])

Propriétés	<i>Acacia mangium</i> (AM)	<i>Acacia auriculiformis</i> (AA)	<i>Albizia lebbbeck</i> (AL)	<i>Leucaena leucocephala</i>	Jachère naturelle (JN)
pH eau	6,92	7,09	7,32	7,32	7,12
Carbone total (%)	1,99	1,73	2,28	2,03	2
Azote total (%)	1,85 b	1,59 b	2,48 a	2,13 ab	2,05 ab
C/N	10,7	10,8	9,19	9,53	9,75

Les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas par la méthode de la plus petite différence significative au seuil de 5 %.

Some soil fertility elements according to the previous farming

Tableau 2

Rendement en maïs grains (kg/ha) : 2a) en fonction de la fertilisation ; 2b) en fonction du précédent cultural ; 2c) en fonction de la fertilisation et de la gestion de la litière

	1993		1994		1995		1996
	1	2	1	2	1	2	1
2a Avec engrais	5 940 a	3 550 a	5 500 a	1 290 a	4 270 a	2 260 a	3 900 a
2a Sans engrais	4180 b	2 510 b	3 630 b	640 b	2 050 b	1 050 b	1 960 b
PPDS	283	190	460	120	330	180	330
CV(%)	10,6	12,2	19,5	23,9	19,8	20,3	21,8
Jachère naturelle	5 270 a	3 150 a	4 640 ab	840 b	3130	1 490	3 230 a
2b <i>Acacia mangium</i>	5 230 a	2 950 ab	4 430 bc	910 b	3 120	1 590	2 780 ab
2b <i>Acacia auriculiformis</i>	4560 b	2 610 b	3 850 c	810 b	2 700	1530	2 260 b
2b <i>Albizia lebbbeck</i>	5 010 ab	3 140 a	4 630 ab	950 b	3 190	1 750	3 030 ab
2b <i>Leucaena leucocephala</i>	5 230 a	3300 a	5270 a	1320 a	3640	1930	3380 a
PPDS	416	394	740	350			880
CV (%)	11	17,4	10,3	23,2	23	25,6	19,1
Mulch + engrais	6 210 a	3 610 a	5 540	1 336	4 490	2 362	3 936
Brûlis + engrais	5 680 b	3 500 a	5 460	1234	4 040	2 160	3 890
2c Mulch-engrais	4 010 c	2 250 c	3 610	646	2 200	1 110	2 000
2c Brûlis-engrais	4350 c	2760 b	3650	636	1890	998	1920
PPDS	419	380					
CV	10,6	12,2	19,5	23,9	19,8	20,3	21,8

Deux valeurs suivies de la même lettre à l'intérieur de la même colonne ne diffèrent pas par la méthode de la plus petite différence significative test au seuil de 5 %.
PPDS : plus petite différence significative.
CV : Coefficient de variation.

Maize grain yield (kg/ha)

Le test de comparaison par la méthode de la plus petite différence significative au seuil de 5 % (tableau 2b) montre qu'en 1993 (les deux cycles), en 1994 et 1996 (le premier cycle), les jachères arborées à *Acacia mangium*, *Albizia lebbbeck*, *Leucaena leucocephala* et la jachère naturelle donnent des rendements qui ne sont pas statistiquement différents. Au deuxième cycle de l'année 1994, la jachère à *Leucaena leucocephala* a donné le meilleur rendement. Lorsque l'effet du précédent est significatif, le rendement de la jachère à *Acacia auriculiformis* est toujours inférieur à celui des autres précédents.

L'interaction entre le mode de gestion et la fertilisation est significative au premier cycle de 1993 (tableau 2c) : le mulch + fertilisation est supérieur au brûlis + fertilisation.

Variation du rendement de maïs dans le temps (figure 2)

Les rendements du premier cycle cultural et ceux du second cycle seront considérés successivement.

Rendements du premier cycle (figure 2a)

Pour le premier cycle de culture, entre 1993 et 1994, on enregistre une diminution de rendement de 10 % pour les parcelles avec engrais et de 20 % pour les parcelles sans engrais dans les jachères à *Acacia mangium* (AM), *Acacia auriculiformis* (AA), *Albizia lebbbeck* (AL) et dans la jachère naturelle (JN). Les rendements du précédent *Leucaena leucocephala* restent presque constants entre 1993 et 1994. Entre 1994 et 1995, la baisse de rendement est d'environ 20 % pour les parcelles avec engrais et de 40 % pour les parcelles sans engrais pour tous les précédents. Entre 1995 et 1996, la baisse est d'environ 10 % avec ou sans engrais. La baisse de rendement entre 1993 et 1996 est de 34 % pour les parcelles avec engrais et de 53 % pour les parcelles sans engrais.

Rendements du second cycle (figure 2b)

Pour le deuxième cycle de culture, entre 1993 et 1994, on enregistre une diminution de rendement de 60 % pour les parcelles avec engrais et de 70 % pour les parcelles sans engrais, quel que soit le précédent cultural. Entre 1994 et 1995, on observe en général une hausse de rendement de 70 %, quel que soit le précédent cultural, avec ou sans engrais. La

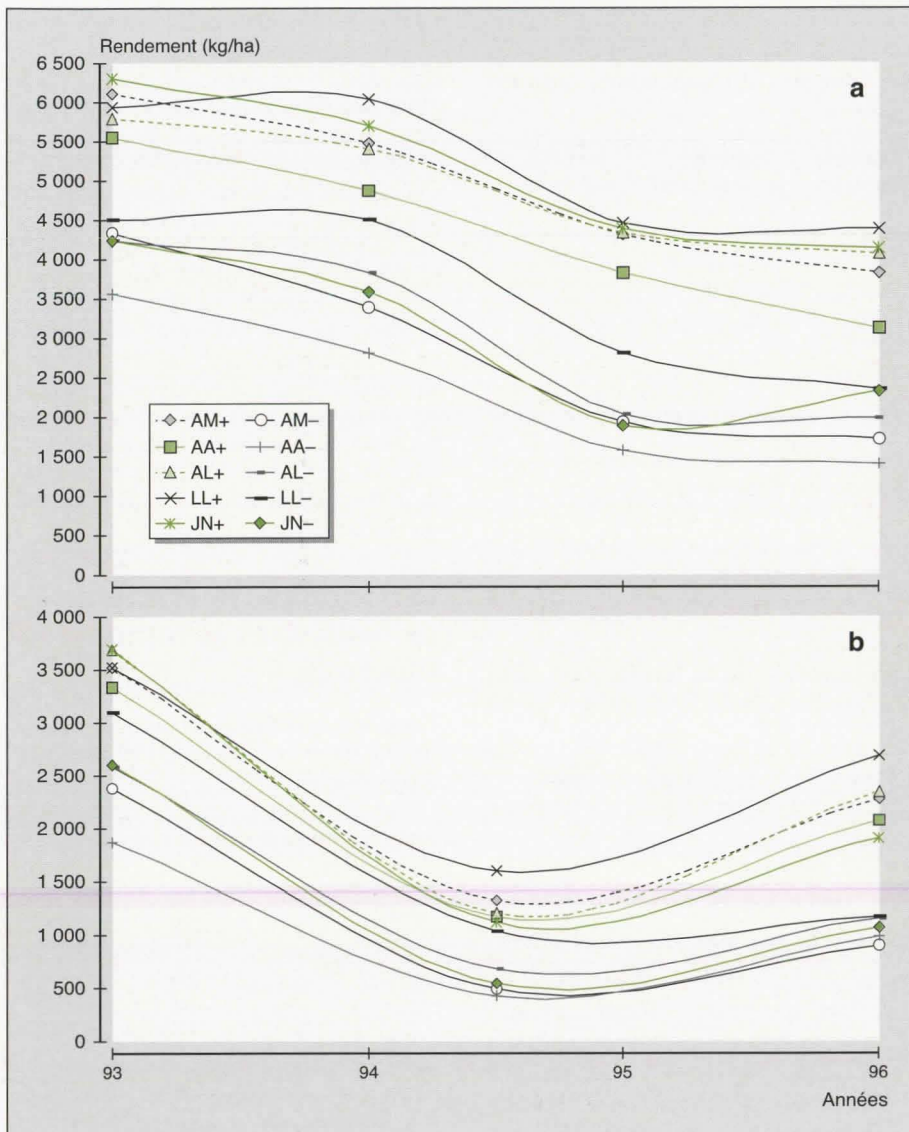


Figure 2. Variation du rendement de maïs dans le temps au cours du premier cycle (2a), et du second cycle (2b).

Am = *Acacia mangium* ; AA = *Acacia auriculiformis* ; AL = *Albizzia lebeck* ; LL = *Leucaena leucocephala* ; JN : jachère naturelle ; + = avec engrais ; - = sans engrais.

Figure 2. Time variation of maize yield during the first cultural cycle (3a), and during the second one (3b).

baisse de rendement entre 1993 et 1996 est de 35 % pour les parcelles avec engrais et de 56 % pour les parcelles sans engrais

Discussion et conclusion

Le rendement des parcelles avec engrais est toujours supérieur à celui des parcelles sans engrais.

Lorsque l'interaction gestion/fertilisation est significative, les traitements mulch + fertilisation donnent des rendements supérieurs à ceux du brûlis + fertilisation. L'addition de l'engrais chimique à la matière organique permet une meilleure valorisation de l'engrais chimique. Par ailleurs, le mulch contribue au maintien de l'humidité du sol pendant les périodes plus sèches et à la lutte contre l'enherbement [7, 8].

La parcelle après *Leucaena leucocephala* donne un rendement supérieur à celui des autres traitements dans les parcelles sans engrais. Cette espèce serait donc le

meilleur améliorant du sol de toutes les légumineuses testées. La parcelle après *Acacia auriculiformis* donne les rendements les plus faibles partout, ce qui pourrait être lié aux teneurs en azote et en matière organique plus faibles que celles des autres traitements (tableau 1).

Les parcelles après *Acacia mangium*, *Albizzia lebeck* ainsi que la jachère naturelle à *Chromolaena odorata* ont des rendements semblables dans la plupart des cas. La réduction progressive de rendement entre 1993 et 1996 avec ou sans fertilisation, témoigne d'une baisse de la fertilité du sol.

La différence de rendement observée entre deux cycles au cours de la même année, serait imputable à la pluviosité, le second cycle étant généralement moins arrosé (figure 1). Même quand le second cycle est plus arrosé, la répartition des pluies joue un rôle aussi important que la quantité d'eau reçue [9, 10]. C'est le cas en 1994 où, au second cycle, on enregistre 337 mm supérieurs à 281 mm pour le premier cycle ; mais trois jours après la floraison du maïs du second cycle, il est tombé 12 mm d'eau et après il n'y a plus eu de pluie jusqu'à la récolte.

Après six années de jachère arborée ou naturelle et deux années de culture très productive de maïs, on observe une chute de rendement de cette céréale de près de 50 %, la troisième année. La jachère arborée n'améliore pas plus la fertilité du sol que la jachère naturelle dominée par *Chromolaena odorata*.

Le but de la jachère arborée dans la zone forestière, qui est coûteuse et qui demande beaucoup de main-d'œuvre, ne doit pas se limiter à l'amélioration de la fertilité du sol, d'autant que la jachère naturelle améliore également la fertilité et que son effet sur la production du maïs est équivalent à celui des légumineuses. D'autres produits issus de la jachère arborée tels que le bois et le fourrage revêtent autant d'importance que son pouvoir améliorant de fertilité.

Malgré sa performance, *Leucaena leucocephala* est à proscrire pour la vulgarisation à cause de son caractère envahissant. En revanche, *Albizzia lebeck* et *Acacia mangium* se révèlent être des espèces prometteuses ■

Remerciements

Nos sincères remerciements au Docteur Yoro Gballou, directeur de recherche au CNRA, pour le précieux temps qu'il a accordé à la correction de ce manuscrit.

Summary

Evolution of maize yield after tree fallow in a humid forest zone of Côte d'Ivoire

A. N'Goran, G.M. Gnahoua, K. Oualou, P. Balle

In the humid forest zone of Côte d'Ivoire a fallow dominated by Chromolaena odorata was enriched in 1987 with Acacia mangium, Acacia auriculiformis, Albizzia lebbek and Leucaena leucocephala. The area has a bimodal rainfall pattern, with a mean annual rainfall of 1,089 mm (Map) between 1991 and 2000. Figure 1 shows the total rainfall per cultural cycle.

In 1993, the trees were felled and 7 cycles of maize were conducted on the plots from 1993 to 1996. Experiments were conducted in a factorial trial with three factors studied: (1) the previous farming including five modes: the natural fallow (JN) = control, fallows of Acacia mangium (AM), Acacia auriculiformis (AA), Albizzia lebbek (AL) and Leucaena leucocephala (LL); (2) the litter management including two modes (mulch or burnt); and (3) the fertilisation with two modes (with or without chemical fertilizer).

After six years, the soil nitrogen content of all fallows was superior to 1.5% (Table 1), the richest being Albizzia lebbek, followed by the Leucaena leucocephala fallow and control. Whatever the year and the cultural cycle, maize yield in fertilised plots was always higher than without fertilizer (Table 2a). When effects were significant, the Acacia auriculiformis fallow gave lower yield than with the other previous farmings (Table 2b). The fallows of Acacia mangium, Albizzia lebbek, Leucaena leucocephala and the natural fallow gave similar yields. A significant interaction was noticed between litter management and the fertilisation in 1993 for the first cycle (Table 2c) : (mulch + fertilisation) was superior to (burnt + fertilisation).

Maize grain yield decreased gradually from 1993 to 1996, whatever the fallow and whether fertilizer was used or not (Figures 2a and 2b).

Cahiers Agricultures 2002 ; 11 : 145-9.

Références

1. Mobbs DC, Cannell MGR. Optimal tree fallow rotation some principles revealed by modelling. *Agroforestry Systems* 1995 ; 29 : 113-32.
2. Kwesiga F, Coe R. The effect of short rotation *Sesbania sesban* planted fallow on maize yield. *Forestry Ecology and Management* 1994 ; 64 : 199-208.
3. Kumar RJVDK, Dart PJ, Sastry PVSS. Residual effect of pigeon pea (*Cajanus cajan*) on yield and nitrogen response of maize. *Experimental Agriculture* 1983 ; 19 : 131-41.
4. Sanchez PA. Science in agroforestry. *Agroforestry Systems* 1995 ; 30 : 5-55.
5. Masutha TH, Muofhe ML, Dakora FD. Evaluation of N₂ fixation and agroforestry potential in selected tree legumes for sustainable use in South Africa. *Soil Biology and biochemistry* 1996 ; 29 : 993-8.
6. Gnahoua GM. Effet des jachères arborées sur l'état de fertilité des sols en zone de forêt de moyenne Côte d'Ivoire. Conséquences sur les pratiques culturales à recommander. Mémoire DESS, Université Paris XII, Val-de-Marne, UFR de Sciences 1992 ; 96 p.
7. Lal R. Influence of with and between-row mulching on soil temperature, soil moisture, root development and yield of maize (*Zea mays* L.) in a tyropical soil. *Field Crop Research* 1978 ; 1 : 127-39.
8. Yamoah CH, Agboola AA, Mulongoy K. Decomposition nitrogen release and weed control by prunings of selected alley cropping shrubs. *Agroforestry Systems* 1986 ; 4 : 234-46.
9. Anonyme. *Physiologie du maïs*. Luisant : Durand SA, 1985 ; 574 p.
10. Rouanet G. *Le maïs*. Paris : Maisonneuve et Larose, 1986 ; 142 p.