

Etude de la culture en couloirs de manioc (*Manihot esculenta* CRANTZ) à base de *Gliricidia sepium* en Côte d'Ivoire

Konan-Kan Hippolyte KOUADIO^{1,3*}, Djétchi Jean-Baptiste ETTIEN^{1,3}, Sidiky BAKAYOKO^{2,3},
Dogniméton SORO^{2,3} et Olivier GIRARDIN³

¹ Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM),
Département des Sciences du Sol, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

² Université Jean Lorougnon Guédé, Département des Sciences de la Terre, 02 BP 150 Daloa 02, Côte d'Ivoire

³ Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS), 01 BP 1303 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

*Correspondance, courriel : hippolyte_kouadio@yahoo.fr

Résumé

L'objectif de l'étude est de recommander aux paysans un système de production de manioc à la fois rentable et préservatrice de l'environnement. Pour atteindre cet objectif, deux systèmes améliorés de culture en couloirs (manioc amélioré Yavo/soja vert (Mung bean)/ *Gliricidia sepium* avec un apport de fumure de fond minérale_200 kg/ha de NPK_10-18-18 ou organique_10 t/ha de fiente de poule) ont été mis en compétition avec le système traditionnel (association manioc local/arachide). Les systèmes de culture en couloirs ont bien couvert le sol comparativement au système traditionnel. Les taux moyens de débouillage du manioc ont varié de 80,15 à 82,03% pour la variété locale et de 80,11 à 75,08% pour la variété Yavo. Ces taux ont montré des interactions *site x variété* significatives et des interactions *année x site* très hautement significatifs. La culture en couloirs a enregistré un rendement moyen général en racines tubéreuses fraîches de 40 t/ha contre 13 t/ha dans le système traditionnel. Elle a permis d'augmenter le rendement du manioc de 27 t/ha. La culture en couloirs pourrait constituer une solution intéressante de remplacement du système traditionnel. Il est donc possible d'obtenir des rendements élevés à l'unité de surface grâce à la culture en couloirs de manioc.

Mots-clés : manioc, Yavo, *gliricidia sepium*, soja vert, culture en couloirs, Côte d'Ivoire.

Abstract

Study of alley farming of cassava (*Manihot esculenta* CRANTZ) based *Gliricidia sepium* in Côte d'Ivoire

The objective is to recommend to the farmers a cassava-based cropping system profitable and protective of the environment. Two improved systems of alley farming (improved cassava Yavo/green soya (Mung bean)/ *Gliricidia sepium* with a fertiliser_NPK_20-36-36) or chicken manure_10 t/ha) were put in competition with traditional system (intercropping local cassava/peanut). Alley farming of cassava covered soil well compared to the traditional system. The average rates of removal of stuffing cassava varied from 80,15 to 82,03% for the Gloussi variety and 80,11 to 75,08% for the Yavo variety. These rates showed interactions *site x variety* and *year x site* was respectively meaningful and very highly meaningful.

Alley farming recorded a average yield in tuberous roots of 40 t/ha against 13 t/ha in traditional system. Alley farming allowed to increase the yield of the cassava of 27 t/ha. Alley farming could constitute a replacement solution for the traditional system. It is therefore possible to get yields raised to the unit of surface thanks to Alley farming of cassava.

Keywords : *cassava, Yavo, gliricidia sepium, green soya, alley farming, Côte d'Ivoire.*

1. Introduction

La culture du manioc est caractérisée par la culture itinérante sur brûlis où la jachère occupe un rôle important dans la reconstitution de la fertilité des sols. Toutefois, l'abondance des terres en est son corollaire [1]. La culture itinérante sur brûlis, largement répandue dans les zones tropicales humides, permet d'une part, l'utilisation des nutriments accumulés dans la matière organique mais, d'autre part, engendre des pertes considérables en azote et en soufre [2]. La persistance d'une culture itinérante sur brûlis liée à la très forte croissance démographique en Afrique (environ 3% par an selon les estimations de l'ONU/OMS [3]) pose problème et constitue un danger réel pour le développement agricole à long terme. Cela peut signifier une transformation progressive des systèmes de culture itinérante, aujourd'hui largement prédominants, en passant par des systèmes de jachère à courte durée, à une mise en culture permanente sans recours à la jachère [4].

La culture en couloirs offre une opportunité de la gestion durable des sols. Cette culture, aussi appelée « culture en allées », « alley farming » ou « alley cropping », est intrinsèquement un système agroforestier dans lequel des cultures vivrières sont exploitées au sein de couloirs constitués de haies d'arbres ou d'arbustes, de préférence les légumineuses compte tenu de leur aptitude à fixer l'azote atmosphérique [1, 5, 6]. Elle conserve les caractéristiques de la jachère forestière. Comparativement au système traditionnel de culture itinérante, l'atout principal de la culture en couloirs réside dans la superposition spatiale et temporelle des cycles de culture et de jachère. Dès lors, elle autorise l'exploitation de la terre pendant de longues périodes sans que s'impose une remise en friche [1]. Dans ces conditions, il s'avère impératif et urgent de stabiliser l'agriculture en testant des systèmes combinant des variétés améliorées à des plantes de couverture, avec une fumure minérale ou organique raisonnée. Ceci contribuera non seulement à l'augmentation de la production alimentaire mais aussi à fixer les populations sur des parcelles données préservant ainsi pour les générations futures, les réserves en forêt actuellement très faibles. La mise en place de tels systèmes contribuerait au développement d'une agriculture durable qui pourrait satisfaire les besoins des générations présentes sans compromettre l'avenir des générations futures.

2. Matériel et méthodes

2-1. Sites d'étude

L'étude s'est déroulée dans quatre villages de la région d'Abengourou ; à savoir : Amoriakro (7°098'N, 3°527'W), Assikasso (7°091'N, 3°236'W), Duffrebo (7°089'N, 3°448'W) et Padiégnan (6°979'N, 3°424'W). Le choix de ces villages pour l'implantation des parcelles expérimentales a été fait en tenant compte des zones d'approvisionnement des usines d'Abidjan. L'expérimentation en milieu paysan, avec deux cycles de production de manioc de 18 mois, n'a duré que trois ans ; de 2002 à 2005. L'approche participative a été utilisée afin d'impliquer au même moment tous les acteurs du processus (chercheurs, paysans et vulgarisateurs) du début jusqu'à la fin de l'étude.

2-2. Sols

Les parcelles ont été implantées sur des ferralsols dominés par une végétation de *Chromolaena odorata*. De manière tendancielle, les sols étaient caractérisés par une texture sablo-argileuse (52 à 62 g kg⁻¹ de sable), un pH basique (7-7,5), une faible teneur en carbone organique C/N= 10 à 19, phosphore assimilable faible autour de 420 mg kg⁻¹ et une capacité CEC faible (4-11 cmol kg⁻¹). La disponibilité de l'azote pour les végétaux était étroitement liée à la quantité et à la qualité de la matière organique. Le rapport carbone/azote (C/N), indicateur de la capacité des sols à libérer de l'azote minéral assimilable, était relativement élevé et témoignait d'un humus libérant peu d'azote.

2-3. Climat des deux cycles d'expérimentation

Le climat joue un rôle déterminant dans la minéralisation de la matière organique et le développement des plants. Le climat de l'année 2002 (1498 mm) s'est avéré le plus arrosé comparativement aux années 2003 (1174 mm) et 2004 (1187,1 mm) ainsi qu'à la moyenne annuelle des 10 ans (1317 mm) de 1995 à 2004. Le mois de juin a été le mois le plus pluvieux durant les deux cycles de culture.

2-4. Matériel végétal

Le matériel de plantation était composé de deux variétés de manioc et de trois légumineuses. Les variétés de manioc utilisées étaient des variétés douces ; une variété locale et une variété améliorée (Yavo ou TME-7) [7]. Les légumineuses vivrières ; à savoir : l'arachide (*Arachis hypogaea L.*) et le soja vert (*Vigna radiata*), et la légumineuse arbustive (*Gliricidia sepium*) ont été exploitées en association avec le manioc.

2-5. Fumure de fond

La fumure de fond a été utilisée dans le but d'assurer théoriquement la conservation du niveau initial de la fertilité des sols au fil des années de culture [8 - 10] qui pourrait évidemment être améliorée par l'effet bénéfique des légumineuses. Les systèmes améliorés ont reçu au moment du labour, un épandage unique d'engrais NPK (10-18-18) à la dose de 200 kg/ha ou de fiente de poule à la dose de 10 t/ha. L'engrais NPK (10-18-18) et la fiente de poule ont été recommandés pour leur disponibilité dans la zone d'étude. La composition et la qualité de la fiente de poule sont très variables en fonction de l'endroit de prélèvement. La fiente de poule utilisée a été caractérisée par une structure poreuse et spongieuse aidant les sols à augmenter leur aération et leur teneur en oxygène, un pH basique (7,4), des quantités importantes de phosphore assimilable (1165 ppm) et de carbone (30%) et une faible valeur du rapport (C/N = 8,3) indiquant une meilleure minéralisation de la matière organique. La fiente contenait également de l'azote (3,42%) et du potassium (2,37%).

2-6. Description des systèmes de culture à base de manioc en compétition

Deux systèmes améliorés ont été mis en compétition avec le système traditionnel (**Figure 1**).

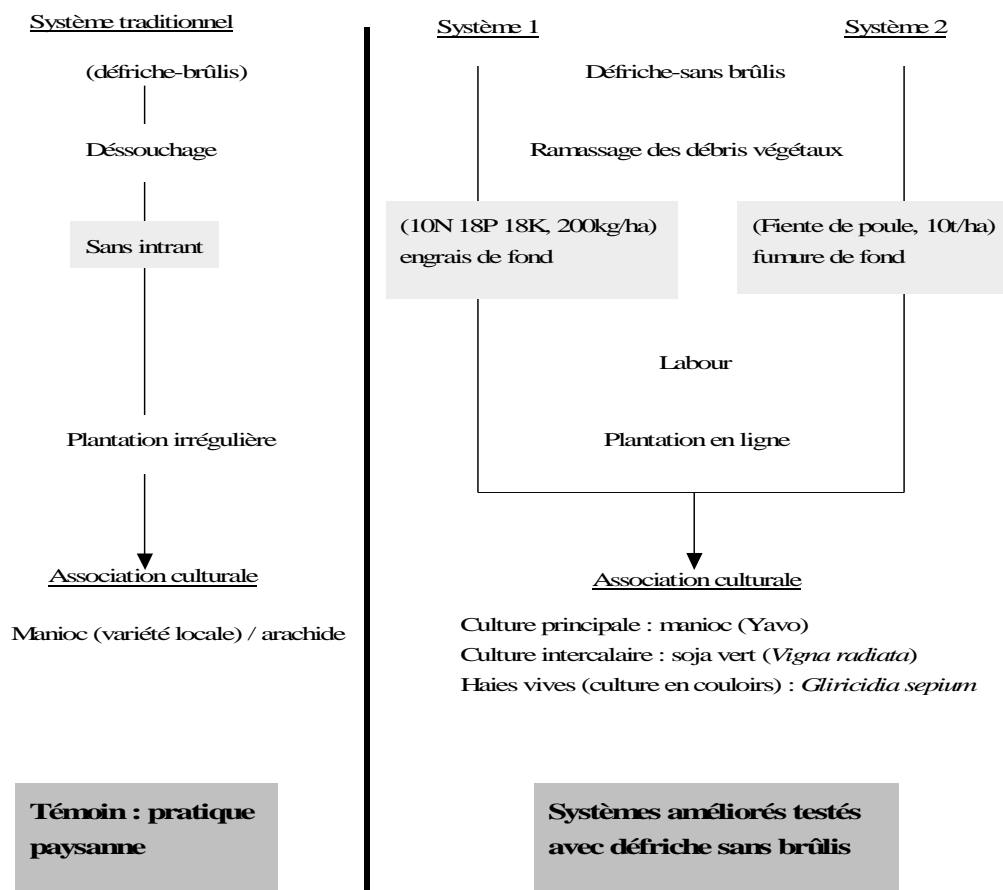


Figure 1 : *Systèmes de culture à base de manioc testés en milieu paysan*

Le système traditionnel a consisté à planter simultanément et en tous sens le manioc local et l'arachide après la préparation des parcelles sans apport d'intrants. Les systèmes améliorés ont été mis en place selon le modèle de la culture en couloirs avec un apport de fumure de fond minérale (200 kg/ha de NPK_10-18-18) ou organique (10 t/ha de fiente de poule). La culture en couloirs comprenait une association de variété améliorée de manioc Yavo / soja vert (Mung bean) / *Gliricidia sepium* (**Figure 2**).

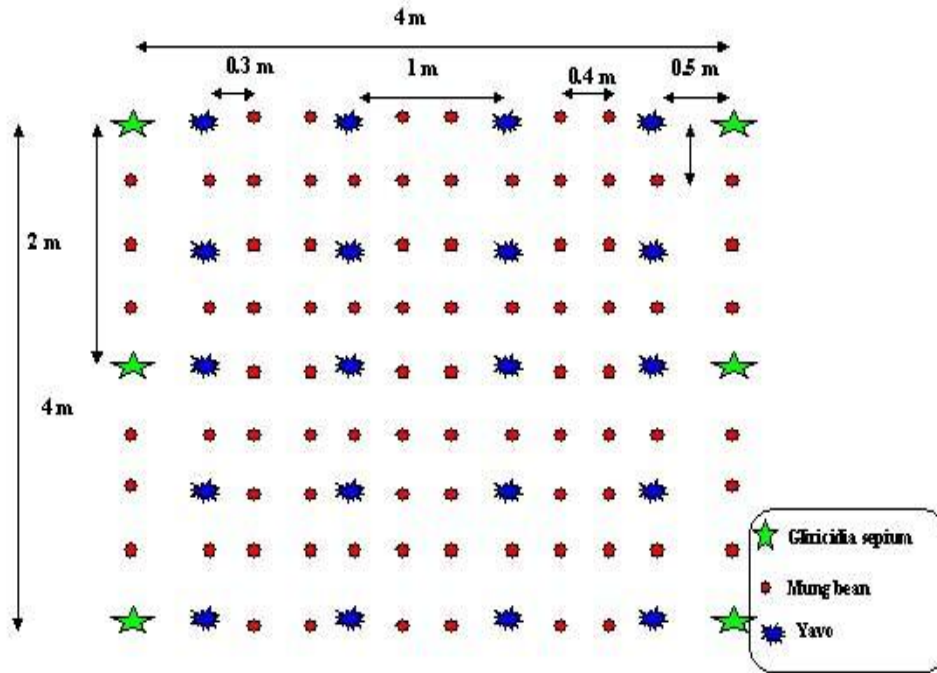
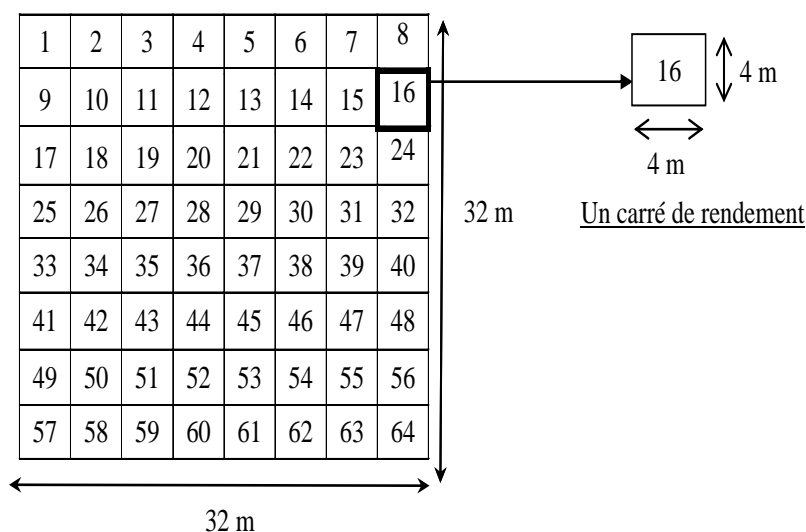


Figure 2 : Dispositif de la culture en couloirs des systèmes améliorés

Le *Gliricidia sepium* (légumineuse arbustive) a permis d'établir des haies vives à l'intérieur desquelles ont été aménagées quatre lignes de manioc de la variété Yavo. Le soja vert, source importante et relativement peu chère de protéine, a été semé en intercalaire entre les lignes et les plants de manioc afin de favoriser une bonne couverture du sol et une nutrition azotée des plants de manioc. Un écartement de 4 m x 2 m a été établi pour *Gliricidia sepium*. Entre 2 lignes de *Gliricidia sepium*, il a été disposé 4 lignes de manioc (Yavo) avec un écartement de 1 m x 1 m. Il a été aménagé en intercalaire entre 2 lignes de manioc ; 2 lignes de soja vert (Mung bean) avec un écartement de 50 cm x 40 cm. De plus, 3 poquets de Mung bean ont été établis entre 2 chicots de *Gliricidia sepium* tandis qu'un poquet de Mung bean a été inséré entre 2 boutures de manioc Yavo. La plantation des parcelles a été faite dans le courant des mois de Mai et Juin de chaque année. Les parcelles témoins (système traditionnel) étaient contiguës aux parcelles des systèmes améliorés. La dimension des parcelles étaient de 32 m x 32 m (1024 m²).

2-7. Collecte des données

La collecte des données s'est opérée auprès de 60 paysans pilotes, soit un effectif de 15 paysans par village. Les critères de sélection pris en compte pour le choix des paysans pilotes ont été fondés sur leur savoir faire en culture de manioc, leur disponibilité à tester de nouveaux systèmes de culture à base de manioc dans leur champ (volontariat) et la facilité d'accès au champ. Les mesures et observations au champ ont été effectuées dans quatre carrés de rendement après tirage au sort suivant le découpage parcellaire illustré au **Tableau 1**. L'emplacement des différents carrés a donc été différent d'une parcelle à une autre. Les dimensions du carré de rendement étaient de 4 m x 4 m (16 m²) dans les systèmes améliorés et de 6 m x 6 m (32 m²) dans le système traditionnel. Ces dimensions ont été choisies en tenant compte de l'écartement des plants de manioc.

Tableau 1 : Découpage parcellaire en carrés de rendement

L'étude de la croissance aérienne des plants, effectuée à 2, 4 et 6 mois après plantation, a concerné le taux de germination, le taux de débourrage, la hauteur et le taux de couverture. Le taux moyen de germination (soja vert) ou de débourrage (manioc, *Gliricidia sepium*) a renseigné sur l'aptitude de la variété (qualité du matériel végétal) à germer ou non suivant la technique utilisée (systèmes améliorés ou système traditionnel) et le régime climatique en présence. La hauteur des plants a été mesurée à l'aide d'une règle graduée afin de déterminer les différentes périodes de croissance des plants et la compétition des cultures. Le taux de couverture a été mesuré qualitativement à partir d'une évaluation visuelle de l'architecture végétale des parcelles (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Taux de couverture des systèmes de culture

Période de mesure après plantation	Systèmes de culture	
	Systèmes améliorés	Système traditionnel
2 mois	Manioc (Yavo) + soja vert	Manioc local + arachide
4 mois	Manioc (Yavo) + <i>Gliricidia sp</i>	Manioc local
6 mois	Manioc (Yavo) + <i>Gliricidia sp</i>	Manioc local

Evaluation visuelle du couvert végétal des parcelles : 1 = peu dense, 2 = moyennement dense, 3 = dense, 4 = très dense

Les récoltes effectuées dans chaque carré de rendement a permis de calculer les rendements des cultures. Le rendement en racines tubéreuses de manioc (**R** exprimé en t/ha) a été obtenu par la formule suivante : **R (t/ha) = PTFR / SCR** où **PTFR** : Poids Total Frais des Racines tubéreuses et **SCR** : Surface du Carré de Rendement.

2-8. Analyse statistique

L'analyse descriptive a été utilisée avec le logiciel SAS version 8.02 (Statistical Analysis System) ([11] ; [12]). Les données ont été classées par village, par paysan pilote et par système de culture. L'analyse de variance ([13] ; [14]) a été faite avec la procédure GLM (General Linear Model) sur les données des deux cycles de production. Les comparaisons des moyennes ont été faites au seuil de 5%. Les différences significatives entre les moyennes ont été déterminées avec le carré moyen ajusté (LSMeans).

3. Résultats

3-1. Moyenne du taux de germination de soja vert (Mung bean) en 2002 et 2003

Le soja vert a eu des taux moyens de germination supérieurs à la moyenne (50% d'émergence) sur les deux années de production (2002 et 2003). Le taux moyen de germination de soja vert a été élevé à Assikasso (88%) et faible à Duffrebo (62,5%). Toutefois, les résultats obtenus en 2002 ont été meilleurs qu'en 2003. L'analyse de variance du taux de germination de soja vert (**Tableau 3**) a montré une différence très hautement significative au niveau des sites et des années. Si les données de Duffrebo étaient exclues, la germination ne varierait plus entre les sites et les années. A Duffrebo, la levée du soja vert a été élevée en 2002 (89%) et très faible en 2003 (36%).

Tableau 3 : Moyenne du taux de germination de soja vert (Mung bean) en 2002 et 2003

Sites et fumure de fond utilisée	Taux moyen de germination du soja vert (%)
Padiégnan (NPK)	73 (2002 : 81% - 2003 : 65%)
Duffrebo (NPK)	62,5 (2002 : 89% - 2003 : 36%)
Amoriakro (NPK)	87 (2002 : 87% - 2003 : 87%)
Assikasso (fiente de poule)	88 (2002 : 85% - 2003 : 91%)
Année 2002	85,5
Année 2003	69,75
Significativité <i>année</i>	P < 0,001 ***
Significativité <i>site</i>	P < 0,001 ***
R-square (R ²)	0,51

NS = différence non significative ; * = différence significative ($P < 0,05$); ** = différence hautement significative ($P < 0,01$); *** = différence très hautement significative ($p < 0,001$)

3-2. Moyenne du taux de débouillage des variétés de manioc en 2002 et 2003

Les taux moyens de débouillage du manioc des deux années ont varié de 80,15 à 82,03% pour la variété locale et de 80,11 à 75,08% pour la variété Yavo (**Tableau 4**). Les résultats de l'analyse statistique des taux moyens de débouillage ont montré que la variété, l'année et les sites étaient non significatifs. L'interaction *année x variété* était aussi non significative. Cependant, les interactions *site x variété* et *année x site* ont été respectivement significatives et très hautement significatives. Ces interactions signifient que les variétés de manioc se sont comportées différemment d'un site à l'autre et d'une année à l'autre. Mais à l'intérieur d'un même site, les comportements variétaux ont peu varié.

Tableau 4 : Moyenne du taux de débouillage des variétés de manioc en 2002 et 2003

Année	Variété de manioc	Taux de débouillage des variétés de manioc (%)
2002	Yavo (variété améliorée)	80,11
2002	Variété locale	80,15
2003	Yavo (variété améliorée)	75,08
2003	Variété locale	82,03
Significativité <i>variété</i>		0,303 NS
Significativité <i>année</i>		0,635 NS
Significativité <i>sites</i>		0,142 NS
Significativité <i>année x variété</i>		0,286 NS
Significativité <i>sites x variété</i>		0,025 *
Significativité <i>année x sites</i>		0,000 ***
R-square (R ²)		0,57

NS = différence non significative; * = différence significative ($P < 0,05$); ** = différence hautement significative ($P < 0,01$); *** = différence très hautement significative ($p < 0,001$)

3-3. Moyenne du taux de débouillage de *Gliricidia sepium* en 2002 et 2003

Les taux moyens de débouillage du *Gliricidia sepium* ont demeuré très faibles sur les deux cycles de culture, 39% en 2002 et 32% en 2003 soit une moyenne de 35,5% (**Tableau 5**). Ceci a été confirmé au niveau des résultats d'analyses. L'année a eu un effet non significatif sur le débouillage de *Gliricidia sepium* tandis que le facteur sites a eu un effet très hautement significatif ($P < 0,001$). Toutefois, l'interaction *année x sites* a montré un effet hautement significatif ($P < 0,01$). Le comportement de *Gliricidia sepium* n'a donc pas évolué d'une année à une autre mais a varié d'un site à un autre.

Tableau 5 : Moyenne du taux de débouillage de *Gliricidia sepium* en 2002 et 2003

	Débouillage moyen de <i>Gliricidia sepium</i> (%)
Padiégnan (NPK)	43,75
Duffrebo (NPK)	32,15
Amorikro NPK)	21,54
Assikasso (fiente de poule)	44,80
Année 2002	39,25
Année 2003	31,87
Significativité <i>année</i>	
	0,077 NS
Significativité <i>sites</i>	
	0,000 ***
Significativité <i>année x sites</i>	
	0,001 **
R-square (R ²)	
	0,64

NS = différence non significative; * = différence significative ($P < 0,05$); ** = différence hautement significative ($P < 0,01$); *** = différence très hautement significative ($p < 0,001$)

3-4. Hauteurs moyennes des plants de soja vert (Mung bean) en 2002 et 2003

Le soja vert s'est installé très facilement sur les terres labourées. Son développement végétatif a été rapide. Il a atteint le stade trois feuilles à 5 jours après semis et a résisté à la verse tout au long de son cycle. Les hauteurs moyennes enregistrées pendant les campagnes (2002 et 2003) ont été consignées au **Tableau 6**.

Tableau 6 : Hauteurs moyennes du soja vert (cm), 2 mois après semis

Sites Années	Padiégnan (NPK)	Duffrebo (NPK)	Amoriakro (NPK)	Assikasso (fiente de poule)	Moyenne (cm)
2002	47	60	64	70	60,25
2003	54	61	62	66	60,75
Moyenne	50,5	60,5	63	68	60,5

La hauteur moyenne des plants de soja vert a été supérieure à 45 cm sur l'ensemble des parcelles. A maturité (2 mois après plantation), cette hauteur s'est située autour de 60 cm. Toutefois, la hauteur moyenne a varié d'un site à l'autre. Ainsi, les plants de petite taille ont été obtenus à Padiégnan (51 cm) et ceux de grande taille à Assikasso (68 cm). Ceci a été confirmé par l'analyse de variance (**Tableau 7**) et pourrait s'expliquer par le type de fumure de fond utilisé lors de la mise en place des parcelles tests. L'effet sites a été hautement significatif sur la hauteur du soja vert.

Tableau 7 : Niveau significatif des facteurs liés à la hauteur des plants de soja vert

Source	DF	F value	Pr > F	Significativité
Année	1	0,02	0,8846	NS
Sites	3	5,74	0,0015	**
Année * sites	3	1,29	0,2864	NS

NS = différence non significative; * = différence significative ($P < 0,05$); ** = différence hautement significative ($P < 0,01$); *** = différence très hautement significative ($p < 0,001$)

3-5. Hauteurs moyennes des plants de manioc en 2002 et 2003

Le développement aérien des plants de Yavo (phase au cours de laquelle le système racinaire est devenu fonctionnel) a été normal en général sur toutes les parcelles. La variété améliorée Yavo a eu une croissance initiale lente comparativement à la variété locale de manioc. L'évolution des plants de manioc à différents stades (2, 4 et 6 mois après plantation) est présentée au **Tableau 8**.

De façon générale, la variété locale a produit des plants plus élevés. Les mesures de hauteur, effectuées à 2 mois après plantation, ont permis de constater une croissance végétative très accélérée des plants de manioc. Cette rapide tendance a été confirmée au quatrième mois après plantation où 65% des plants de Yavo ont développé une ramification tardive (une ramification supérieure à 1 m au-dessus du sol) et une frondaison, ombrageant ainsi le sol ce qui a permis un contrôle continu des mauvaises herbes. Quant à la variété locale de manioc, 95% des plants ont développé une ramification précoce (une ramification inférieure à 1 m au-dessus du sol). L'analyse de variance a montré un effet variété et un effet site. L'effet variété a été hautement significatif sur la hauteur à 2, 4 et 6 mois après plantation tandis que l'effet site l'a été seulement à 4 et 6 mois après plantation. L'interaction *année x variété* a été significative pour les différentes mesures de hauteurs. Cela pourrait traduire une variation du comportement des variétés d'une année à l'autre sur la hauteur des plants.

Tableau 8 : Hauteur moyenne (cm) des plants de manioc à 2, 4 et 6 mois après plantation

Variétés et année	Hauteur à 2 mois	Hauteur à 4 mois	Hauteur à 6 mois
Variété Yavo (2002)	43	165	188
Variété locale (2002)	71	175	207
Variété Yavo (2003)	39	152	176
Variété locale (2003)	79	186	213
Significativité <i>variété</i>	< 0,0001 ***	< 0,0001 ***	< 0,0001 ***
Significativité <i>année</i>	0,5308 NS	0,7937 NS	0,5448 NS
Significativité <i>sites</i>	0,2334 NS	0,0061 **	0,0054 **
Significativité <i>année*variété</i>	0,0382 *	0,0040 **	0,0211 *
Significativité <i>sites*variété</i>	0,7201 NS	0,2485 NS	0,0894 NS
Significativité <i>année*sites</i>	0,5094 NS	0,1727 NS	0,1401 NS
R-square (R ²)	0,71	0,54	0,61

NS = différence non significative; * = différence significative ($P < 0,05$); ** = différence hautement significative ($P < 0,01$); *** = différence très hautement significative ($p < 0,001$)

3-6. Compétition entre les plants des systèmes améliorés (*Gliricidia sepium*, manioc Yavo et soja vert)

La probabilité pour que la différence de hauteur à 2 mois entre le soja vert et la variété Yavo soit nulle n'a pas été significative (**Tableau 9**). Les effets années et sites ont été non significatifs sur les différences de hauteurs.

Tableau 9 : Différence de hauteur (cm) entre le soja vert et la variété améliorée de manioc Yavo, 2 mois après plantation

Sites	Différence moyenne par site en cm
Padiégnan (NPK)	12
Duffrebo (NPK)	21
Amoriakro (NPK)	25
Asikasso (fiente de poule)	19
Significativité <i>année</i>	0,2811 NS
Significativité <i>sites</i>	0,0749 NS

Ces observations ont permis de mettre en évidence une compétition très précoce pour la lumière entre le soja vert et le manioc. Le soja vert a étouffé les plants de manioc des lignes centrales réduisant ainsi leur taille (**Tableau 10**). Par conséquent, les plants de manioc proche de *Gliricidia sepium* ont eu plus d'espace pour se développer. Après la récolte du soja vert, Yavo est entré à son tour en compétition avec le *Gliricidia sepium* pour l'étouffer.

Tableau 10 : Hauteur moyenne (cm) des plants de la variété améliorée Yavo selon la disposition des lignes de plantation dans les systèmes améliorés

Périodes après plantation	Lignes de bordure proche de <i>Gliricidia sp</i>	Lignes centrales entourées par le soja vert	Ecart
2 mois	51,56	41	10,56
4 mois	161,32	158,5	2,82

3-7. Taux de couverture des parcelles

Les résultats ont montré une nette différence entre les systèmes de culture (**Tableau 11**). Dans l'ensemble, les systèmes améliorés de culture en couloirs (dense) ont bien couvert le sol comparativement au système traditionnel (moyennement dense). Les taux moyens obtenus à 2, 4 et 6 mois après plantation avec les systèmes améliorés ont été respectivement 3,1, 3,5 et 3,6. Ceux du système traditionnel ont débuté avec un taux de 2,7, ensuite 1,9 et en fin 2,4. Le site d'Assikasso a présenté des résultats relativement plus intéressants que les autres sites.

Tableau 11 : Taux de couverture des parcelles

Systèmes de culture		Culture en couloirs			Système traditionnel (témoin)		
Culture dominante selon les périodes		Yavo+ soja vert	Yavo+ <i>Gliricidia</i>	Yavo+ <i>Gliricidia</i>	Manioc local+arachide	Manioc local	Manioc local
Sites	Périodes	2 mois	4 mois	6 mois	2 mois	4 mois	6 mois
Padiégnan (NPK)	2002	2,7	3,1	3,4	2,7	1,9	2,6
	2003	2,6	3,4	3	2,6	1,8	2,3
Duffrebo (NPK)	2002	3,5	3,6	3,8	2,9	1,7	2,1
	2003	2	3,5	3,7	2	1,9	2,2
Amoriakro (NPK)	2002	3,4	3,3	3,8	2,5	1,9	2,5
	2003	3,2	3,2	3,6	2,8	1,8	2,4
Assikasso (fiente)	2002	3,7	3,8	3,8	2,9	2,3	2,7
	2003	3,9	3,9	3,9	2,9	2,1	2,5
Moyenne		3,1	3,5	3,6	2,7	1,9	2,4
Ecart-type		0,6	0,3	0,7	0,3	0,2	0,2
Coefficient de variation		19,4%	8,6%	19,4%	11,1%	10,5%	8,3%

Evaluation visuelle du couvert végétal des parcelles : 1 = peu dense, 2 = moyennement dense, 3 = dense, 4 = très dense

3-8. Rendement frais en tubercules de manioc à partir des carrés de rendement

Sur les deux cycles de production, le rendement moyen de la variété de manioc Yavo a été de 40 t/ha et celui des variétés locales de manioc, 13 t/ha (**Tableau 12**). Le rendement moyen de la variété Yavo a été très hautement supérieur à celui de la variété locale. Cependant, l'effet sites et l'interaction variété x sites ont été non significatifs sur les rendements. Toutefois, la différence de rendement en fin de production pour les trois années d'expérimentation a été statistiquement non significative au niveau des variétés (**Tableau 13**).

Tableau 12 : Rendements en racines tubéreuses (t/ha) des variétés de manioc

Sites et significativité	Rendements en tubercules de manioc (t/ha)			
	Année 2002		Année 2003	
	Variété Yavo	Variété locale	Variété Yavo	Variété locale
Padiégnan (NPK)	48,9	13,1	37,6	12,3
Duffrebo (NPK)	41,4	11,4	39,4	13,8
Amoriakro (NPK)	49,2	13	33,7	13,2
Assikasso (fiente de poule)	47,4	12,8	38,9	14,5
Moyenne	46,7	12,6	37,4	13,5
Significativité <i>variété</i>	< 0,0001 ***		< 0,0001 ***	
Significativité <i>sites</i>	0,6171 NS		0,2868 NS	
Significativité <i>variété*sites</i>	0,8661 NS		0,7201 NS	
R-Square (R ²)	0,85		0,79	
Coefficient de variation (CV)	22,83		25,54	

NS = différence non significative; * = différence significative ($P < 0,05$); ** = différence hautement significative ($P < 0,01$); *** = différence très hautement significative ($p < 0,001$)

Tableau 13 : Rendements en racines fraîches de manioc en fin de production au cours des 3 ans d'expérimentations

Variétés de manioc	Rendements moyens en racines fraîches (t/ha)		
	Cycle 1 (2002)	Cycle 2 (2003)	Différence
Manioc Yavo	46,7	37,4	9,3 NS
Manioc local	12,6	13,5	0,9 NS

NS = différence non significative

4. Discussion

L'étude de la culture en couloirs de manioc à base de *Gliricidia sepium* a montré une variabilité tant au niveau du matériel de plantation qu'au niveau des systèmes de culture. La variabilité d'une année à l'autre des taux de germination et de débouillage des variétés introduites, à savoir : Yavo, soja vert (Mung bean) et *Gliricidia sepium* pourraient s'expliquer par la qualité des variétés, le niveau de fertilité des sols, le passé cultural, le moment du planting et du désherbage des parcelles. Les taux de germination et de débouillage des variétés introduites relevés en 2002 ont été statistiquement supérieurs à ceux de 2003. La pluviométrie pourrait en être la cause. En effet, le climat de l'année 2002 (1498 mm de pluies) a été le plus arrosé comparativement à l'année 2003 (1174 mm de pluies). Comme cela a été démontré par [15], il faut un certain degré d'humidité au sol pour réussir l'association culturale d'où l'importance de la pluviométrie au moment de la mise en place des parcelles. Une fois démarrés, les jeunes plants peuvent résister à la sécheresse. Le *Gliricidia sepium* se développe bien de façon générale dans les faibles et moyennes altitudes respectivement 0-800 m et 800-1200 m [5]. Le cas d'Abengourou n'a pas semblé être une contrainte au bon développement de *Gliricidia sepium*.

Le faible taux de débouillage de *Gliricidia sepium* (36%) pourrait s'expliquer du retard de plantation accusé après la coupe des chicots (4 à 5 jours après la coupe), à l'exposition des chicots aux rayonnements solaires intenses, au non-respect de la profondeur de plantation (25 cm), la taille des chicots (1,5 cm) et de la compétition entre le manioc et le *Gliricidia sepium*. Il faudrait donc une meilleure gestion des chicots avant le planting. La variété locale de manioc a présenté de grandes tailles (210 cm) comparativement à la variété améliorée Yavo (182 cm). Mais de façon générale, la croissance des plants de manioc a été plus importante entre le deuxième et le quatrième mois après plantation. Avant et après cette période, la croissance des plants a été lente. En effet, les deux premiers mois de développement correspondent à la phase d'installation, phase pendant laquelle la croissance végétative est ralentie au détriment de celle des racines. Entre le deuxième et le quatrième mois après plantation, c'est la phase de développement du système aérien. Ici, le système racinaire est maintenant fonctionnel et la croissance caulinaire est reprise de façon vive. A partir du quatrième mois après plantation, c'est la tubérisation. Pendant cette phase, la croissance végétative est ralentie tandis que les racines tubéreuses se développent pour atteindre, quelques mois plus tard, leur croissance optimale [16, 17].

La présence du soja vert a affecté le développement initial du manioc en culture associée. Les lignes de manioc proche du *Gliricidia sepium* ont eu plus d'espace pour se développer contrairement à celles situées à l'intérieur des lignes de soja. Ce constat a été fait par [18]. Toutefois, [18 - 22] s'accordent à signifier que dans un sol où l'azote est disponible, l'association du manioc et du soja apparaît être particulièrement un système productif. L'azote a été appliqué comme fumure de fond à 10 t pour la fiente de poule et 200 kg pour l'engrais NPK_10-18-18 favorisant une association durable entre le manioc et le soja vert et une utilisation efficace des éléments nutritifs du sol. Cette durabilité a été manifeste par une couverture permanente du sol durant le cycle végétatif des plants. Le soja récolté tôt, trois mois après semis, a permis à son tour au manioc de recouvrir rapidement le sol et capter les radiations solaires. A cet effet, le manioc amélioré (Yavo) et le soja vert se sont développés très tôt et se sont associés pour tisser une couverture végétale. Cette couverture est devenue très dense 45 jours après plantation voire après la récolte du soja vert.

De façon générale, un sarclage (6% des temps de travail) en début de culture (10 à 15 jours après plantation) de l'association manioc / soja vert / *Gliricidia* a suffi pour le maintien d'une couverture végétale plus longue, voire permanente, durant la période de culture. Ceci a jugulé l'enherbement réduisant ainsi les charges des travaux champêtres comparativement au système traditionnel (association manioc local / arachide), d'abaisser la température du sol, d'améliorer l'infiltration de l'eau de pluie et de réduire les phénomènes d'érosion. Toutefois, dans le système traditionnel, 4 sarclages ont été effectués au niveau de l'association manioc local / arachide avant que le manioc ne soit assez bien implanté pour étouffer la croissance des mauvaises herbes. Le sarclage a été l'activité la plus consommatrice en temps de travail (29%) pendant la saison de culture. La couverture de feuillage du manioc, du soja vert et du *Gliricidia sepium* a défavorisé la croissance des mauvaises herbes ; réduisant ainsi le nombre de sarclages qui était de quatre dans le système traditionnel, à un dans le système amélioré de culture en couloirs. Une partie de la main-d'œuvre familiale, surtout les femmes, se trouveront libérée grâce à la réduction du nombre de sarclage. Cette main-d'œuvre libre s'orientera vers d'autres activités (activités extra-agricoles, travail salarié, etc.). Ces dernières procurent des revenus additionnels.

De façon unanime avec [23], la plantation plus dense protège les cultures des mauvaises herbes et le sol contre l'érosion [24]. Les résultats de rendements de manioc ont montré la très grande variabilité dans la fertilité des sols sous culture. La variété de manioc Yavo associée au soja vert entre des haies de *Gliricidia sepium* formant des allées de 4 m de large a enregistré des rendements statistiquement supérieurs à la variété locale, composante principale du système traditionnel.

L'innovation de la culture du manioc avec soja, *Gliricidia sepium* et fumure de fond engrais minéral et/ou fiente de poule a permis d'augmenter le rendement du manioc de 27 t/ha par rapport au local. Cependant, le rendement moyen de la variété Yavo, obtenu la première année, a été sensiblement supérieur à celui de la deuxième année de culture. La qualité des boutures de manioc ainsi que la pluviométrie plus faible observée la deuxième année (-78%) pourrait expliquer en partie la différence globale. Par ailleurs, le rendement moyen général en racines tubéreuses fraîches estimé à 40 t/ha a montré qu'il était possible ici d'obtenir des rendements élevés à l'unité de surface grâce au nouveau système de culture de manioc. Les performances des variétés améliorées de manioc ont été observées dans plusieurs travaux [25 - 27]. Le rendement faible de la variété locale de manioc est un déterminant majeur de la faible rentabilité du système traditionnel.

5. Conclusion

Ce travail a permis de mettre en évidence l'intensification de la culture de manioc à travers la culture en couloirs. La culture en couloirs de manioc à base de *Gliricidia sepium* a contribué à améliorer la fertilité des terres et le niveau technique des paysans. La culture en couloirs comparée au système traditionnel a assuré une couverture permanente du sol et une augmentation significative du rendement alimentaire. Le soja vert est approprié pour être utilisé comme plante de couverture dans la culture en couloirs. La culture en couloirs constitue un atout certain pour une large diffusion. Les effets positifs de cette technique en milieu paysan ne peuvent être durables et connus que si les structures d'encadrement et de vulgarisation ne faillaient pas à leurs rôles. Cependant, il appartient aux paysans de s'organiser en coopératives afin de bénéficier des techniques que leur apportent les projets de développement.

Références

- [1] - B. T. KANG, G. F. WILSON, et T. L. LAWSON, La culture en couloirs : un substitut d'avenir à la culture itinérante, IITA, Ibadan, Nigeria (1984) 22p
- [2] - K. G. STEINER, Causes de la dégradation des sols et approches pour la promotion d'une utilisation durable des sols, Projet pilote « Gestion durable des sols », GTZ, (1996) 58 p
- [3] - IITA, Politique agricole pour la gestion et l'utilisation durables des ressources naturelles en Afrique, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Bureau régional pour l'Afrique, Accra, Ghana, (2000a) 96 p
- [4] - IITA, Plantes de couverture et gestion des ressources en Afrique occidentale, Actes de l'atelier organisé par l'IITA et le CIEPCA, du 26 au 29 octobre 1999 à Cotonou, Benin, (2000b) 316 p
- [5] - B. T. KANG, A. N. ATTA-KRAH and L. REYNOLDS, Alley farming, *The tropical agriculturalist*, CTA, IITA, (1999a) 110p.
- [6] - B. T. KANG, F. E. CARENESS, G. TIAN and G. O. KOLAWOLE, Longterm alley cropping with four hedgerow species on an Alfisol in southwestern Nigeria - Effect on crop performance, soil chemical properties and nematode population, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 54 (1999b) 145-155
- [7] - Y. E. N BEHI, S. S DIALLO, S. A AYEMOU, K. K. H KOUADIO, J ABEGA, P KOUAME, A AYEMOU, B LEHMAN et O GIRARDIN, Evaluation agronomique et technologique de variétés améliorées de manioc en Côte d'Ivoire en vue de leur diffusion, in « *Actes du colloque international, thème : la recherche en partenariat pour un développement durable en Afrique de l'Ouest* », *Bioterre*, revue internationale des sciences de la vie et de la terre, Centre Suisse de Recherches Scientifiques (CSRS), du 27 – 29 août 2001, Abidjan - Côte d'Ivoire, (2002) pp 271-285.

- [8] - R. H HOWELER and L. F CADAVID, Short-and long-term fertility trials in Colombia to determine the nutrient requirements of cassava. *Fertilizer Research*, 26: (1990) 61-80.
- [9] - R. H HOWELER, Long-term effect of cassava cultivation on soil productivity, *Field Crops Research*, 26 (1991) 1-18.
- [10] - A. O AWETO, O OBE and O. O AYANNIYI, Effects of shifting and continuous cultivation of cassava (*Manihot esculenta*) intercropped with maize (*Zea mays*) on a forest alfisol in south-western Nigeria, *Journal of Agricultural Science*, 118 (1992) 195-198.
- [11] - C DERVIN, Initiation au logiciel statistique SAS sous UNIX, Edition Institut National Agronomique, Paris (France). (1999) 63 p.
- [12] - C DUROT, S.A.S., Statistical Analysis System, Edition. (2002) 54 p.
- [13] - J. P GOUET et G PHILIPPEAU, Comment interpréter les résultats d'une analyse de variance ? Edition ITCF, Paris (France), (1992) 47 p.
- [14] - P DAGNELIE, Principes d'expérimentation, planification des expériences et analyses de leurs résultats, Edition Les presses agronomiques de Gembloux, (2003) 397p.
- [15] - P. N VINE, O. B AJAYI, D.M MITCHOZOUNOU, E.J HOUNKPATIN et T HOUNKPEVI, Procédés de conservation du sol dans la production du manioc et de l'igname. in « Terry, E.R., Doku, E.V., Arene, O.B et Mahungu, N.M. *Plantes-racines tropicales : culture et emplois en Afrique. Actes du second symposium triennal de la société internationale pour les plantes-racines tropicales* ». Direction Afrique, Douala, Cameroun. Ottawa, Ont., CRDI. (1985) pp 69 – 72.
- [16] - P SILVESTRE et M ARRAUDEAU, Le manioc. Techniques agricoles et productions tropicales. Edition G.P. Maisonneuve et Larose et ACCT. Paris, France, (1983) 263 p.
- [17] - A BARAMPAMA, Le manioc en Afrique de l'Est, Éditions Karthala et IUED, (1992) 287 p.
- [18] - J. S TSAY, S FUKAI and G. L WILSON, Growth and yield of cassava as influenced by intercropped soybean and by nitrogen application, *Field Crops Research*, 21 (1989) 83-94.
- [19] - J. S TSAY, S FUKAI and G. L WILSON, Soybean response to intercropping with cassava, in "S Schanmugasundaram and E. W Sulzberger, Eds, Soybean in tropical and subtropical cropping systems, AVRDC, Tainan, Taiwan, (1985) pp 13-24.
- [20] - J. S Tsay, S Fukai and G. L Wilson, The response of cassava (*Manihot esculenta*) to spatial arrangements and to soybean intercrop, *Field Crops Research*, 16 (1987) 19-31.
- [21] - J. S TSAY, S FUKAI and G. L WILSON, Effects of relative sowing time of soybean on growth and yield of cassava in cassava/soybean intercropping, *Field Crops Research*, 19 (1988a) 227-239.
- [22] - J. S TSAY, S FUKAI and G. L WILSON, Intercropping cassava with soybean cultivars of varying maturities, *Field Crops Research*, 19 (1988b) 211-225.
- [23] - R. P. A UNAMMA et L.S.O ENE, Evaluation de la nocivité des mauvaises herbes dans la culture du manioc – culture intercalaire du maïs dans la forêt humide du Nigeria, In « Terry, E.R., Doku, E.V., Arene, O.B et Mahungu, N.M. plantes – racines tropicales : culture et emplois en Afrique : actes du second symposium triennal de la société internationale pour les plantes – racines », Direction Afrique, 14 – 19 août 1983, Douala, Cameroun. Ottawa, Ont., CRDI. (1985) pp 62-64.
- [24] - J KOTSCHI, A WATER-BYER, R ADELHELM et U HOESLE, Agriculture écologique et développement agricole, GTZ, (1990) 134 p.
- [25] - K. K. H KOUADIO, Evaluation des caractères agronomiques des variétés améliorées de manioc (*Manihot esculenta* CRANTZ) dans la région d'Abengourou (Centre-Est de la Côte d'Ivoire), Mémoire de D.E.A, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2000) 59 p.
- [26] - M. A EL-SHARKAWY, Cassava biology and physiology, *Plant Molecular Biology* 53 (2003) 621-641.
- [27] - S BAKAYOKO, K. K. H KOUADIO, D SORO, A TSCHANNEN, C NINDJIN; D DAO, O GIRARDIN, Rendements en tubercules frais et teneurs en matière sèche de soixante-dix nouvelles variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) cultivées dans le centre de la Côte d'Ivoire, *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol. 14, Issue 2: (2012) 1961-1977.