

# AMELIORATION DU RENDEMENT DU MANIOC (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) PAR LA JACHERE MIXTE CHROMOLAENA ODORATA-CAJANUS CAJAN AU CENTRE DE LA COTE D'IVOIRE

HERVE K. KOUADIO<sup>1</sup>, ARMAND W. KONE<sup>1\*</sup>, GUY-PACOMET.TOURE<sup>1</sup>, HEBERT D.A. ABOBI<sup>2</sup>, LOUIS N. KONAN<sup>1</sup>, JULES A. ASSI<sup>1</sup>, DEBORAH J.A. N'GUESSAN<sup>1</sup>, GUYR. YAPO<sup>1</sup>, BRICE E. DIBI<sup>3</sup>, DOMINIQUE MASSE<sup>1,4,5</sup>

<sup>1</sup>UR Gestion Durable des Sols, UFR Sciences de la Nature / Centre de Recherche en Ecologie, Pôle de Recherche Ecologie et Développement Durable, Université NANGUI ABROGOUA, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Département d'Agropédologie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Daloa, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Centre National de Recherche Agronomique, Station de Bouaké, BP 633 Bouaké, Côte d'Ivoire

<sup>4</sup>Laboratoire d'Ecologie et de Développement Durable, UFR Sciences de la Nature, Université NANGUI ABROGOUA, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

<sup>5</sup>ECO&SOLS, IRD, SUPAGRO, INRA, CIRAD, Univ. Montpellier. B.P. 64501, 34394 Montpellier, France.

\*Auteur correspondant Email : konearmand@yahoo.fr Tel : +225 07 07 64 89 26

## RESUME

Le manioc est un aliment multiforme et de premier rang pour les populations en Afrique de l'Ouest. En plus de l'amélioration variétale et de la lutte contre les maladies et ravageurs, la gestion de la fertilité des sols constitue un facteur déterminant de sa production. Cette étude, réalisée dans la zone de transition forêt-savane au centre de la Côte d'Ivoire, évalue l'effet de l'intégration de la légumineuse arbustive *Cajanus cajan* dans la jachère naturelle à *Chromolaena odorata* sur la fertilité du sol et les paramètres de croissance et de rendement du manioc. Elle a impliqué trois types de jachères : (1) la jachère pure de *C. odorata* (CO), (2) la jachère pure de *C. cajan* (CC), et (3) la jachère mixte *C. odorata-C. cajan* (COCC). Ces jachères, âgées de quatre ans, ont été établies côte-à-côte sur trois sites répartis dans le domaine rural du village d'Ahéremou-II (Taabo). Deux variétés de manioc, Bocou-5 et Yavo, ont ensuite été cultivées sur ces parcelles. Les paramètres de croissance et les rendements de manioc ont été mesurés à la récolte (12 mois après planting). Les teneurs du sol en carbone organique et en phosphore assimilable ont été significativement améliorées par la jachère mixte relativement aux jachères pures respectives. Pour chacune des variétés, les meilleurs rendements ont été enregistrés dans la jachère mixte. Les rendements en racines tubérisées et en matière sèche de la variété Bocou-5 se rangent dans l'ordre COCC (37,48 t ha<sup>-1</sup>) > CO (21,32 t ha<sup>-1</sup>) > CC (14,70 t ha<sup>-1</sup>), et COCC (11,28 t ha<sup>-1</sup>) > CO (6,15 t ha<sup>-1</sup>) > CC (4,50 t ha<sup>-1</sup>) respectivement. Chez la variété Yavo, ils se rangent dans l'ordre COCC (48,48 t ha<sup>-1</sup>) > CC (23,40 t ha<sup>-1</sup>) > CO 21,29 t ha<sup>-1</sup>), et COCC (15,36 t ha<sup>-1</sup>) > CC (7,23 t ha<sup>-1</sup>) > CO (6,65 t ha<sup>-1</sup>). Le nombre de racines tubérisées était le plus élevé dans la jachère mixte, mais la différence n'était marquée qu'au niveau de Bocou-5. En raison de sa capacité à doubler le rendement de manioc, la pratique de la jachère mixte *C. odorata-C. cajan* peut être promue après des producteurs.

**Mots clés** : Jachère mixte, Matière organique du sol, Phosphore assimilable, Rendement de manioc

## ABSTRACT

**CASSAVA (*MANIHOT ESCULENTA CRANTZ*) YIELD IMPROVEMENT IN MIXED FALLOW OF *CHROMOLAENA ODORATA* AND *CAJANUS CAJAN* IN THE CENTRE OF CÔTE D'IVOIRE**

*Cassava is one of the main staple foods in West Africa. Alongside varietal improvement and disease control, soil fertility is determinant in cassava yield. This study was undertaken in the forest-savanna*

transition area of Côte d'Ivoire to test whether the inclusion of the shrub legume *Cajanus cajan* in the natural *Chromolaena odorata* fallow could improve soil fertility and cassava yields. It involved three types of fallow : (1) pure *C. odorata* (CO) and (2) pure *C. cajanus* (CC) fallows, and a mixed fallow of the two species (COCC). These fallows were settled side-by-side at three sites in the agricultural area of the Ahérérou-II village (Taabo) and left to grow for four years. Two varieties of cassava, Bocou-5 and Yavo, were then grown on these plots. Cassava growth and yield parameters were measured at harvesting (12 months after planting). Soil concentrations in organic carbon and available phosphorus were significantly higher in the mixed fallow compared to the pure fallows. Highest yields were recorded on the mixed fallow. With Bocou-5, fresh tuber root and dry matter yields ranged in the order COCC (37.48 t ha<sup>-1</sup>) > CO (21.32 t ha<sup>-1</sup>) > CC (14.70 t ha<sup>-1</sup>) and COCC (11.28 t ha<sup>-1</sup>) > CO (6.15 t ha<sup>-1</sup>) > CC (4.50 t ha<sup>-1</sup>), respectively. With Yavo, fresh tuber root and dry matter yields ranged in the order: COCC (48.48 t ha<sup>-1</sup>) > CC (23.40 t ha<sup>-1</sup>) > CO (21.29 t ha<sup>-1</sup>) and COCC (15.36 t ha<sup>-1</sup>) > CC (7.23 t ha<sup>-1</sup>) > CO (6.65 t ha<sup>-1</sup>). The number of tuber roots per plant was highest in the mixed fallow but significance was observed only with Bocou-5. Given its ability to double cassava yield, the mixed fallow of *C. odorata* and *C. cajan* can be promoted among farmers.

**Keywords:** Mixed fallow, Soil organic matter, Available phosphorus, Cassava yield

## INTRODUCTION

Plante originaire du Brésil, le manioc est largement cultivé dans les régions tropicales et subtropicales où il occupe une place importante dans l'alimentation des populations (Oliveira et Miglioranza, 2014). Il est la quatrième culture vivrière après le riz, le maïs et le blé dans les pays en développement (Salvador *et al.*, 2014). L'Afrique de l'ouest fournit plus de 33 % de la production mondiale de manioc (FAOSTAT, 2020). La Côte d'Ivoire occupe la treizième place des producteurs africains avec une production annuelle d'environ 5 millions de tonnes (VCA4D 2018). Dans ce pays, le manioc est une des principales cultures vivrières avec une consommation qui vient juste derrière celle de l'igname et devant celle du riz (N'zué *et al.*, 2014 ; Kouassi *et al.*, 2018). Il contribue donc grandement à la sécurité alimentaire et nutritionnelle, à l'accroissement des revenus et à l'amélioration des conditions socio-économiques (Vernier *et al.*, 2018). En outre, il a acquis ces dernières années le statut de matière première pour les industries en Côte d'Ivoire comme dans bien d'autres pays ouest africains (Bezerra *et al.*, 2019), ce qui offre plus d'opportunités pour intensifier la production et accroître les revenus des producteurs (FAO, 2018). Dans cette optique, des variétés plus productives ont été mises au point et vulgarisées en milieu paysan (N'zué *et al.*, 2013). Cependant, il est constaté que les rendements obtenus demeurent largement en-dessous des rendements potentiels. L'une des causes probables est le faible niveau de fertilité des sols (Akanza et Yao-Kouamé, 2011; Godfray et

Garnett, 2014 ; Kintché *et al.*, 2017). Ainsi, l'amélioration de la fertilité des sols représente un défi majeur à relever. Sur ce plan, les engrais minéraux sont bien connus pour leur contribution efficace (Mahmood *et al.*, 2017 ; Dibi *et al.*, 2019 ; Konan *et al.*, 2020 ; Enesi *et al.*, 2022). Cependant, l'utilisation de ces intrants est limitée par leur coût inaccessible à la majorité des petits producteurs, leur indisponibilité et leurs effets parfois négatifs sur l'environnement et la qualité de la production (Sileshi *et al.*, 2014; Badu *et al.*, 2019), d'où la forte dépendance des jachères pour l'obtention des rendements satisfaisant (Sanchez, 1999).

En Afrique de l'Ouest, les brousses à *Chromolaena odorata* (L.) King & Robinson (Asteraceae) dominent la plupart des terres mises en jachère (Kassi *et al.*, 2017; Aigbedion Atalor, 2020; Xu *et al.*, 2020). Cette espèce est classée parmi les espèces nuisibles majeures à cause de ses effets néfastes sur la productivité des cultures et la biodiversité (Shackleton *et al.*, 2017). Toutefois, plusieurs travaux ont montré que sa présence dans les jachères s'accompagne d'une amélioration de la fertilité du sol et d'un accroissement des rendements agricoles (Norgrove et Hauser, 2016 ; Kassi *et al.*, 2017 ; Aigbedion Atalor, 2020). Cette espèce améliore particulièrement la teneur du sol en phosphore assimilable (Koné *et al.*, 2012a; Kassi *et al.*, 2017). Ces bénéfices agronomiques ont pris le dessus sur le caractère nocif de l'espèce, conduisant ainsi à une large adoption de ce système de jachère par les paysans (Maroun, 2017; Aigbedion Atalor, 2020). Une limite de cette jachère est qu'elle exige une durée de plus de cinq années pour exprimer son

potentiel de production (Kassi *et al.*, 2017a), d'où la nécessité de l'améliorer et de la raccourcir. De façon qualitative, la matière organique issue des résidus de *C. odorata* procure une faible stabilité au sol (Koné *et al.*, 2012b), à cause de leur pauvreté en lignine (Koné, 2009).

L'amélioration des jachères de *C. odorata* pourrait passer par l'inclusion d'espèces ligneuses, notamment les légumineuses arbustives. Dans ce contexte, *Cajanus cajan* (L) Millsp. (Fabaceae) pourrait être une espèce appropriée. En effet, en plus de son aptitude à fixer l'azote atmosphérique et enrichir le sol en azote facilement utilisable par les plantes (Gao *et al.*, 2017; Meena *et Lal*, 2018), cette espèce résiste à la compétition avec *C. odorata* (Koné *et al.*, 2017a) et son cycle de vie peut durer 5 ans (Sheahan, 2012). En outre, *C. Cajan* peut se développer dans les conditions pédoclimatiques marginales (Tegegne *et al.*, 2012) et produit des graines en abondance, utilisées dans l'alimentation humaine et animale (Metome *et al.*, 2017; Abebe, 2022). De nombreux travaux ont mis en évidence les impacts positifs de *C. cajan* sur les propriétés des sols et les rendements des cultures (Ochire-Boadu *et al.*, 2020; Musokwa et Mafongoya, 2021).

La jachère mixte combinant *C. odorata* et *C. cajan* ne peut être adoptée par les paysans que si elle permet d'obtenir des rendements agricoles tout au moins similaires à ceux obtenus avec la jachère naturelle à *C. odorata* et dans un délai plus court. Ceci pourrait être espéré, eu égard aux effets bénéfiques reconnus de l'association d'espèces végétales à traits fonctionnels contrastés sur la fertilité du sol (Damour *et al.*, 2018 ; Koné et Yao, 2021; Koné, 2022). L'objectif général de la présente étude est d'examiner l'effet de la jachère mixte *C. odorata*-*C. cajan* sur la croissance et le rendement de deux variétés améliorées de manioc cultivées en Côte d'Ivoire. L'hypothèse est que les paramètres de croissance et le rendement du manioc seraient améliorés par la jachère mixte relativement aux jachères pures à *C. odorata* et *C. cajan* respectivement.

## MATERIEL ET METHODES

### MILIEU D'ETUDE

L'étude a été réalisée aux alentours de la réserve scientifique de Lamto, située dans la zone de transition forêt-savane, au centre de la Côte d'Ivoire, précisément entre les villages de Pakobo et Ahéremou-2 (6°10-6°15 N, 4°55-5 W et 120 m d'altitude). Le couvert végétal est constitué d'une mosaïque d'îlots de forêt, de savane, de jachère à *Chromolaena odorata* et d'espaces cultivés. Le type de climat est celui de la savane tropicale selon la classification de Köppen-Geiger (Peel *et al.*, 2007). Le régime pluviométrique est de type subéquatorial avec quatre saisons : une grande saison de pluies de mars à juillet, une petite saison sèche en août, une petite saison de pluies de septembre à novembre et une grande saison sèche de décembre à février. Les précipitations et température moyennes sont de 1090,9 mm et de 28,92 °C, respectivement. Les sols sont essentiellement des ferralsols moyennement lessivés (Riou, 1974), reposant sur des matériels d'origine granitique. La couche arable est généralement de texture sableuse (60 à 80 %), pauvre en phosphore et en cations basiques. La teneur en carbone organique du sol (COS) est respectivement de 20 g kg<sup>-1</sup> C et 10 g kg<sup>-1</sup> C en forêt et en savane (Koné *et al.*, 2020).

### MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal utilisé était constitué de deux variétés améliorées de manioc, BOCOU-5 et YAVO, qui ont toutes les deux un cycle cultural de 12 mois. Des boutures saines de 20 cm de long avec 4 à 6 nœuds ont été obtenues de la station des cultures vivrières du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Bouaké.

### DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Les expérimentations ont été réalisées suivant un dispositif en blocs éclatés mis en place en 2016, sur trois sites répartis dans le domaine agricole situé entre les villages de Pacobo et d'Ahéremou-2. Ces sites étaient délimités sur

des terres nouvellement mises en jachère et reposant sur le même type de sol. Ainsi, toute différence observée ultérieurement au niveau de la fertilité du sol ou de la production du manioc serait liée au type de jachère (Bernoux *et al.*, 2006). Chaque site était composé de trois parcelles de taille 12 m x 10 m abritant chacune un des types de jachère suivants : la jachère pure à *C. cajan* (CC), la jachère pure à *C. odorata* (CO) et la jachère mixte combinant *C. odorata* et *C. cajan* (COCC). La jachère pure à *C. odorata* un recrû naturel après abandon des parcelles précédemment cultivées. La jachère à *C. cajan* a été mise en place en semant les graines à un espacement de 1 m x 1 m soit une densité de 10 000 poquets ha<sup>-1</sup>. La jachère mixte *C. odorata*-*C. cajan* a été obtenue en introduisant *C. cajan* à un espacement 2 m x 2 m, soit 2500 poquets ha<sup>-1</sup>, au début de l'installation de *C. odorata*. Ces types de jachère ont évolué durant quatre années sans intervention humaine. Au terme de cette période, la fertilité du sol a été évaluée et le manioc, cultivé.

#### ECHANTILLONNAGE ET CARACTERISATION CHIMIQUE DU SOL

L'échantillonnage du sol a été effectué en fin de grande saison des pluies, en Juillet 2020. Les échantillons ont été prélevés dans la strate 0-10 cm, à l'aide d'une tarière, en cinq points distincts sur chaque parcelle. Pour une parcelle donnée, les cinq échantillons ont été mélangés pour obtenir un échantillon composite qui a ensuite été séché à l'air ambiant pendant une semaine puis tamisés à 2 mm avant d'être soumis aux analyses chimiques.

Le pH du sol a été déterminé à l'aide d'une électrode en verre dans un rapport sol/eau de 1/2,5 (Baize, 1988). Le carbone organique (COS) a été dosé par la méthode de Walkley et Black (1934). L'azote total (N) a été dosé par la méthode de Kjeldahl. Le phosphore assimilable a été extrait selon la méthode Olsen-Dabin (dans une solution mixte de NaHCO<sub>3</sub> et NH<sub>4</sub>F, à pH 8,5), puis dosé par colorimétrie à 660 nm (Murphy et Riley, 1962).

#### CULTURE, MESURE DE CROISSANCE ET DE RENDEMENT DE MANIOC

##### Culture du manioc

Le cycle du manioc a duré un an (mai 2021 - mai 2022). La préparation des parcelles a consisté au défrichage de la végétation à la machette et au brûlis de la biomasse sur place après deux semaines de séchage. Chaque parcelle a été subdivisée en deux sous parcelles, chacune étant affectée à une variété de manioc. Les boutures de chaque variété étaient plantées sur 5 lignes de 6 m de long avec un espacement 1 m x 1 m, ce qui correspond à une densité de plantation de 30 plants par sous parcelle, soit 10 000 plants/ha. Les boutures étaient enterrées de manière oblique dans le sol ameubli et recouvertes de sol jusqu'au 2/3 de la longueur, de sorte à avoir des nœuds sur la partie émergée. Le planting a eu lieu le même jour sur toutes les parcelles. Les mesures ont été effectuées au bout du cycle cultural au cours duquel aucun produit phytosanitaire n'a été appliqué.

#### MESURE DES PARAMETRES DE CROISSANCE DU MANIOC

Pour chaque variété et sur chaque parcelle élémentaire, les mesures ont été effectuées sur dix plants. Afin d'éviter les effets de bordure, ces plants ont été choisis dans la partie centrale de chaque parcelle. Les données de croissance ont été collectées six mois après la plantation (MAP) et concernaient la hauteur du plant et le nombre de feuilles. La hauteur du plant de manioc a été mesurée à l'aide d'un ruban-mètre. Le nombre de feuille a été déterminé par comptage direct.

#### EVALUATION DES RENDEMENTS FRAIS ET SEC DE MANIOC

La récolte de racines tubérisées est quant à elle, intervenue 12 MAP en arrachant soigneusement les plants du sol. Les racines tubérisées ont été comptées et pesées pour chaque plant pour en obtenir le nombre et la masse. Un échantillon

de 250 g de carotte de pulpe de manioc a été prélevé par plant et séché à l'étuve à 50°C jusqu'à masse constante pour déterminer le taux de matière sèche. Les rendements frais (RF) et sec (RS) de racines tubérisées ont été calculés respectivement selon les formules suivantes :

$$RF = MF \times DP$$

$$RS = MS \times DP$$

Où MF et MS sont respectivement la masse fraîche et la masse sèche de racines tubérisées par plant, exprimée en kg et DP, la densité de plantation de manioc (plants ha<sup>-1</sup>). Ces rendements ont ensuite été convertis en t ha<sup>-1</sup>. Dans la seconde formule, MS a été obtenu comme suit :

$$MS = MF \times TMS$$

où TMS est le taux de matière sèche.

#### ANALYSES STATISTIQUES

Cette expérimentation a mis en jeu deux facteurs : le type de jachère et la variété de manioc. Les données ont donc été soumises à une ANOVA 2. Puisque ce test n'a révélé aucune interaction significative entre ces deux facteurs (ni d'effet variété) sur les paramètres de manioc étudiés, l'effet du type de jachère, l'effet principal recherché dans cette étude, a été testé sur chacune des variétés de manioc séparément.

Les moyennes ont donc été comparées l'aide de l'ANOVA-1 après vérification de l'homogénéité des variances (Test de Levene). Lorsque les différences étaient significatives, le test de Tukey HSD post-hoc a été effectué pour séparer les moyennes. Les tests ont été réalisés au seuil  $\alpha = 0,05$  à l'aide du logiciel R (version 4.0.3).

## RESULTATS

### EFFET DES JACHERES SUR LA FERTILITE CHIMIQUE DU SOL

La teneur du sol en COS était significativement plus élevée sur la parcelle de jachère mixte que celle de CC, elle-même inférieure à la teneur dans la parcelle CO mais pas significativement. Les teneurs du sol en N total ne sont pas apparues significativement différentes malgré une valeur relativement plus élevée dans la parcelle mixte. Le rapport C/N était significativement plus bas dans la parcelle CC que dans les parcelles CO et COCC.

Les teneurs P assimilable était significativement plus élevée sur la parcelle de jachère mixte que celle de CO, la parcelle CC présentait une teneur intermédiaire.

**Tableau 1** : Caractéristiques chimiques du sol dans les types de jachère.

*Soil chemical characteristics across fallow types.*

Paramètres de sol	Types de jachères			p-value
	CO	CC	COCC	
C organique (g kg <sup>-1</sup> )	14,1 ± 1,7 ab	11,6 ± 1,0 b	16,5 ± 1,5 a	0,04
N total (g kg <sup>-1</sup> )	1,1 ± 0,1 a	1,2 ± 0,1 a	1,5 ± 0,2 a	0,63
C/N	12,7 ± 0,9 a	9,2 ± 0,5 b	10,9 ± 0,3 a	0,05
P assimilable (g kg <sup>-1</sup> )	62,1 ± 8,5 b	84,2 ± 6,4 ab	97,5 ± 9,3 a	0,05

CC : Jachère pure de *C. cajan* ; CO : Jachère pure de *C. odorata* ; COCC : Jachère mixte de *C. odorata* et *C. cajan*. Différentes lettres sur la même ligne indiquent une différence significative au seuil de 5 %.

CC: pure *Cajanus cajan* fallow; CO: pure *Chromolaena odorata* fallow; COCC: mixed fallow of *Chromolaena odorata* and *Cajanus cajan*. Different letters in the same row indicate statistical difference among the three fallow systems at  $\alpha = 0.05$ .

### EFFETS ET INTERACTION DES FACTEURS « TYPE DE JACHERES » ET « VARIÉTÉ DE MANIOC » SUR LES PARAMETRES AGRONOMIQUES DU MANIOC

Les résultats de l'ANOVA 2 montrent que la variété n'a eu aucun effet significatif sur les

paramètres agronomiques mesurés du manioc. Par contre, le type la jachère a montré un effet significatif sur tous les paramètres agronomiques du manioc, excepté le taux de matière sèche. L'interaction entre le type de jachère et la variété n'a montré d'effet significatif sur aucun des paramètres agronomiques considérés (Tableau 2).

**Tableau 2** : Résultats de l'ANOVA 2 sur les paramètres agronomiques du manioc.*Results of the ANOVA-2 on the cassava growth and yield parameters.*

Paramètres	Facteurs	F	P
Hauteur (cm)	Variété	0,56	0,477
	Jachère	0,40	0,680
	Variété × Jachère	0,10	0,906
Nombre de feuilles (nb plant <sup>-1</sup> )	Variété	0,13	0,727
	Jachère	0,68	0,527
	Variété × Jachère	0,00	0,10
NRTP	Variété	0,02	0,896
	Jachère	7,06	0,009
	Variété × Jachère	0,68	0,525
RF (t ha <sup>-1</sup> )	Variété	1,98	0,188
	Jachère	10,72	0,002
	Variété × Jachère	0,52	0,608
RS (t ha <sup>-1</sup> )	Variété	3	0,109
	Jachère	10,15	0,003
	Variété × Jachère	0,59	0,568
TMS (%)	Variété	1,46	0,250
	Jachère	0,53	0,602
	Variété × Jachère	0,08	0,925

NRTP : nombre de racines tubérisées par plant ; RF : rendement frais de racines tubérisées ; RS : rendement sec de racines tubérisées ; TMS : taux de matière sèche des racines tubérisées.

NRTP : number of tuber roots per individual plant ; RF : Fresh tuber root yield ; RS : Dry tuber root yield ; TMS : Dry matter concentration in tuber roots

## EFFET DES JACHERES SUR LE MANIOC

### Paramètres de croissance

Au niveau des deux variétés de manioc, ni la hauteur des plants, ni le nombre de feuilles par

plant n'a varié significativement entre les types de jachères quoique les moyennes avaient tendance à être plus élevées sur le sol de jachère mixte que sur les sols des jachères pures (Tableau 3).

**Tableau 3** : Paramètres de croissance du manioc dans les types de jachère.*Selected cassava growth parameters across the types of fallows.*

Variétés de manioc	Types de Jachères	Paramètres de croissance du manioc	
		Hauteur (cm)	Nombre de feuilles
Bocou 5	CO	155,80 ± 17,21	79,87 ± 9,47
	CC	130,93 ± 51,22	74,43 ± 13,13
	COCC	183,70 ± 48,67	106,10 ± 46,32
	<i>p</i> =	0,69	0,71
Yavo	CO	189,48 ± 26,37	89,17 ± 12,99
	CC	168,40 ± 29,52	82,0 ± 35,64
	COCC	187,82 ± 56,38	115,03 ± 37,14
	<i>p</i> =	0,92	0,74

CC : Jachère pure de *C. cajan* ; CO : Jachère pure de *C. odorata* ; COCC : Jachère mixte de *C. odorata* et *C. cajan*. Différentes lettres dans la même colonne indiquent une différence significative au seuil de 5 %.

CC: pure *C. cajan* fallow; CO: pure *C. odorata* fallow; COCC: mixed fallow of *C. odorata* and *C. cajan*. Different letters in the same column indicate significant difference among the three fallow systems at  $\alpha = 0.05$ .

### Rendements frais et sec en racines tubérisées

Au niveau de la variété BOCOUC-5, le taux de matière sèche était compris entre 29 % et 31 % et ne variait pas significativement ( $p > 0,05$ ) entre les types de jachères (Tableau 4). Le nombre de racines tubérisées par plant variait entre 6 et 10 et était significativement plus élevé sur la parcelle mixte que sur les parcelles pures ( $F =$

5,30 ;  $p = 0,04$ ). Le rendement frais ( $F = 5,29$  ;  $p = 0,04$ ) et le rendement sec de racines tubérisées ( $F = 5,31$  ;  $p = 0,04$ ) variaient significativement entre les types de jachères. Ces rendements étaient plus élevés sur les sols de jachères mixtes que sur les sols de CO et de CC. Le rendement sec sur COCC était 2 fois plus élevé que celui sur CO et 3 fois plus élevé que celui sur CC.

**Tableau 4** : Paramètres de rendement de la variété Bocou 5 dans les types de jachères.

*Yield parameters of the cassava variety Bocou-5 across fallow types.*

Paramètres de manioc	Types de jachères			p-value
	CO	CC	COCC	
NRTP	6,57 ± 0,50 ab	4,87 ± 1,48b	9,17 ± 0,44a	0,047
TMS (%)	29,33 ± 1,33a	31,43 ± 2,12a	29,06 ± 1,88a	0,623
RF (t ha <sup>-1</sup> )	21,32 ± 4,00 ab	14,70 ± 7,66 b	37,48 ± 1,77 a	0,047
RS (t ha <sup>-1</sup> )	6,15 ± 0,86 ab	4,50 ± 2,37 b	11,28 ± 0,83a	0,047

NRTP : nombre de racines tubérisées par plant ; TMS : taux de matière sèche des racines tubérisées. RF : rendement frais de racines tubérisées ; RS : rendement sec de racines tubérisées.

CC : Jachère pure de *C. cajan* ; CO : Jachère pure de *C. odorata* ; COCC : Jachère mixte de *C. odorata* et *C. cajan*. Différentes lettres sur la même ligne indiquent une différence significative au seuil de 5 %.

NRTP : number of tuber roots per individual plant ; RF : Fresh tuber root yield ; RS : Dry tuber root yield ; TMS : Dry matter concentration in tuber roots.

CC: pure *C. cajan* fallow; CO: pure *C. odorata* fallow; COCC: mixed fallow of *C. odorata* and *C. cajan*. Different letters in the same row indicate significant difference among the three fallow systems at  $\alpha = 0.05$ .

Au niveau de la variété Yavo, le taux de matière sèche était compris entre 21 % et 32 % et ne variait pas non plus ( $p > 0,05$ ) entre les types de parcelles (Tableau 5). Chez cette variété, le nombre de racines tubérisées par plant, compris entre 5 et 8, ne variait pas significativement entre

les types de jachères ( $p > 0,05$ ). Les rendements frais ( $F = 5,83$  ;  $p = 0,03$ ) et sec ( $F = 6$  ;  $p = 0,03$ ) étaient également plus élevées sur COCC que sur CO et CC,. Le rendement sec sur COCC était 2 fois plus élevé que ceux sur les sols des jachères pures.

**Tableau 5** : Paramètres de rendement de la variété Yavo dans les types de jachères.

*Yield parameters of the cassava variety Yavo across fallow types.*

Paramètres de manioc	Types de jachères			p-value
	CO	CC	COCC	
NRTP	5,74 ± 0,68 a	6,27 ± 1,40a	8,92 ± 0,90a	0,15
TMS (%)	31,16 ± 1,42a	32,56 ± 2,87a	31,69 ± 1,17a	0,88
RF (t ha)	21,29 ± 4,79b	23,40 ± 9,65ab	48,48 ± 1,24 a	0,04
RS (t ha)	6,65 ± 1,58b	7,23 ± 2,97ab	15,36 ± 0,70a	0,04

NRTP : nombre de racines tubérisées par plant ; TMS : taux de matière sèche des racines tubérisées. RF : rendement frais de racines tubérisées ; RS : rendement sec de racines tubérisées.

CC : Jachère pure de *C. cajan* ; CO : Jachère pure de *C. odorata* ; COCC : Jachère mixte de *C. odorata* et *C. cajan*. Différentes lettres sur la même ligne indiquent une différence significative au seuil de 5 %

NRTP : number of tuber roots per individual plant ; RF : Fresh tuber root yield ; RS : Dry tuber root yield ; TMS : Dry matter concentration in tuber roots

CC: pure *C. cajan* fallow; CO: pure *C. odorata* fallow; COCC: mixed fallow of *C. odorata* and *C. cajan*. Different letters in the same row indicate significant difference among the three fallow systems at  $\alpha = 0.05$

## DISCUSSION

### EFFET DE LA JACHERE MIXTE SUR LA FERTILITE DU SOL

La capacité de l'espèce *Chromolaena odorata* à améliorer la fertilité du sol a été éprouvée dans la région d'étude. En effet, Kassi *et al.* (2017) ont montré que les jachères de *C. odorata* avaient la capacité de ramener, au bout de d'une période de 5 à 10 ans, la teneur du sol en matière organique dans la strate 0-10 cm au même niveau que celui mesuré en forêt. Cependant, l'association de *C. odorata* avec l'espèce de légumineuse *C. cajan* s'est avérée plus performante dans la présente étude, au bout de 4 ans. La teneur en COS plus élevée dans la jachère mixte pourrait être due à l'hétérogénéité de la qualité des litières connue pour être propices à la diversité et à l'activité de la pédofaune décomposeur (Damour *et al.*, 2018 ; Koné et Yao, 2021). En effet, *C. cajan* qui produit une litière de feuilles plus ligneuse, donc plus dure, contribue plus à l'augmentation de la teneur du sol en MOS (Cotrufo *et al.*, 2015) quand *C. odorata* produit une litière de feuilles moins ligneuse et plus facilement décomposable, donc favorable à l'activité des organismes du sol (Koné *et al.*, 2021).

L'espèce *C. odorata* est reconnue pour ses liens privilégiés avec les mycorhizes (Onguene, 2013 ; Touré, 2021). Elle accélère le recyclage du phosphore au point où les teneurs en phosphore assimilable sous cette espèce sont couramment plus élevées que sous les espèces ou couvertures végétales environnantes (Onguene, 2013 ; Kassi *et al.*, 2017 ; Koné *et al.*, 2021). Dans la présente étude, la teneur en phosphore assimilable la plus élevée a été observée dans la jachère mixte. Outre l'effet de l'association des espèces à litières de caractéristiques différentes évoqué plus haut, une explication à ce résultat serait que *C. cajan* avait entamé sa phase de senescence au cours de la troisième année après semis et ses différents organes sont entrés en décomposition au cours de la quatrième année, restituant au sol le stock de phosphore qui était séquestré dans les racines fines.

### EFFET DE LA JACHERE MIXTE SUR LA CROISSANCE DU MANIOC ET LES RENDEMENTS EN RACINES TUBERISEES

L'amélioration du niveau de fertilité par l'association des deux espèces ne s'est pas ressentie significativement sur la hauteur des plants de manioc et la production de feuilles. La grande variabilité des valeurs de ces paramètres d'un site à l'autre pourrait expliquer en partie cette tendance. En effet, au niveau de la variété Bocou-5, la hauteur des plants sur la parcelle mixte était de 40 et 18 % plus élevée que celles sur CC et CO, respectivement. La production de feuilles l'était de 42 et 33 %, respectivement. Au niveau de la variété Yavo, la production de feuilles sur la parcelle mixte était de 40 et 30 % plus élevée que celles sur CC et CO, respectivement.

Bien que reconnue comme une plante ubiquiste, le développement et la productivité du manioc sont déterminés par la fertilité du sol (Byju & Suja, 2020 ; Costa *et al.*, 2021). En effet, la tubérisation requiert un sol riche en matière organique et en éléments nutritifs (Howeler, 2012 ; Konan *et al.*, 2020; Adiele *et al.*, 2021). En d'autres termes, la croissance des racines augmente avec la disponibilité des ressources nutritives. L'azote est connu pour sa contribution dans l'accroissement du nombre de racines du manioc et cet effet est plus prononcé en présence du potassium (Elge *et al.*, 1992 ; Uwah *et al.*, 2013). Le phosphore est reconnu comme un élément clé dans la formation des racines. Cette importance est confirmée par les travaux de Cuvaca *et al.* (2017) qui ont rapporté une amélioration du rendement en racines tubérisées du manioc après une fertilisation minérale combinant l'azote et le phosphore. Par conséquent, les meilleurs rendements en racines tubérisées obtenus après la jachère mixte *C. odorata*-*C. cajan* dans notre étude pourraient s'expliquer par l'amélioration des teneurs du sol en matière organique et en phosphore. Précédemment, dans la même région, Koné *et al.* (2017b) ont rapporté un accroissement de 35 % rendement de l'igname (*Dioscorea alata*) après la jachère mixte *C. odorata*-*C. cajan* relativement à la jachère pure de *C. odorata*. Ces auteurs avaient expliqué ce



résultat par une amélioration des teneurs en matière organique et en éléments nutritifs du sol. Les bases échangeables sont également connues pour influencer positivement le rendement en racines tubérisées de manioc (Howeler, 2002 ; Kanto *et al.*, 2012 ; Fernandes *et al.*, 2017). Cette influence est confirmée dans une certaine mesure dans notre étude dans la mesure où les teneurs en ces éléments, mesurées deux ans après la mise en place des parcelles, étaient plus élevées sur les parcelles de *C. odorata* et mixtes (Touré, 2021), lesquelles sont associées aux rendements de manioc les plus élevés.

Si les deux variétés ont globalement présenté la même réponse aux différents types de jachères en termes de rendement en racines tubérisées, cela ne fut le cas au niveau du nombre de racines tubérisées par plant. En effet, ce paramètre a affiché une valeur plus élevée sur les parcelles mixtes comparée à celles des deux autres types de jachères au niveau de la variété Bocou-5 alors que les valeurs au niveau de la variété Yavo n'ont pas varié d'un type de jachère à l'autre.

## CONCLUSION

Au bout des quatre années, la jachère mixte *C. odorata*-*C. cajan* a amélioré les teneurs du sol en carbone organique et en phosphore assimilable par rapport à la jachère traditionnelle de *C. odorata* et celle à base de *C. cajan*. Cette amélioration de la fertilité du sol s'est répercutée sur les rendements en racines tubérisées et ce, pour les deux variétés testées (Bocou-5 et Yavo). Ainsi, la jachère mixte *C. odorata*-*C. cajan* apparaît comme un système performant à même d'améliorer la production de manioc et la sécurité alimentaire en Côte d'Ivoire.

D'autres études portant sur l'activité biologique du sol devraient être conduites sur le dispositif afin d'appréhender le mécanisme de l'amélioration de la fertilité du sol dans cette jachère mixte associant une astéracée et une légumineuse.

## REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par la Fondation Internationale pour la Science (IFS, Bourse N° C5143) et l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) à travers le projet JEA/

IE-PRODIGE (Intensification agro-écologique de la production d'IGname et autres cultures vivrières en Côte d'Ivoire). Les auteurs remercient les agriculteurs du village d'Ahéremou-II pour avoir mis à la disposition du projet les parcelles d'étude.

## REFERENCES

- Adiele J.G., Schut A.G.T., Ezui K.S., Pypers P. et Giller K.E. 2021. Dynamics of N-P-K demand and uptake in cassava. *Agronomy for Sustainable Development*, 41, pp.1-14.
- Adiele J.G. 2020. Growing out of hunger: towards an improved understanding of the water and nutrient limited yield of cassava. Wageningen University. <https://research.wur.nl/en/publications/6755e3e1-d0ce-45d1-81ec-997ab073d101>
- Aigbedion Atalor P.O. 2020. Weed or not a weed? Density, perceptions and management of *Chromolaena odorata* (Asteraceae) in West Africa: Voices from Ghana. *Weed Research*, 60, pp. 406 414.
- Akanza K. et Yao-Kouamé A. 2011. Fertilisation organo-minérale du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et diagnostic des carences du sol. *Journal of Applied Biosciences*, 46, pp.3163 3172.
- Badu E., Kaba J.S., Abunyewa A.A., Dawoe E.K., Agbenyega O. et Barnes R.V., 2019. Biochar and inorganic nitrogen fertilizer effects on maize (*Zea mays* L.) nitrogen use and yield in moist semi-deciduous forest zone of Ghana. *Journal of Plant Nutrition*, 42, pp. 2407 2422.
- Bernoux M., Cerri C.C., Cerri C.E.P., Neto M.S., Metay A., Perrin A.S., Scopel E., Razafimbelo T., Blavet D., Piccolo M. de C., Pavei M. et Milne E., 2006. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 26, pp. 1 8.
- Bezerra C.B., Medeiros E.V., Silva C.A.D., Notaro K.A., Negreiros A.M.P. et Júnior R.S., 2019. Non-autoclaved poultry litter and soil are eficiente in controlling *Scybalidium lignicola* growth, the causal agent of cassava black root. *Summa Phytopathol*, 45, pp. 191-196.
- Byju G. et Suja G. 2020. Mineral nutrition of cassava. In: *Advances in Agronomy*, 159, pp. 169 235.
- Costa A.G., Souza L. da S., Xavier F.A. da S., Cova A.M.W., Silva E.F. da et Bonfim M.R., 2021. Characterization of soils cultivated with cassava under different managements.

- Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, 25, pp. 764-771.
- Cuvaca I.B., Neal S.E., Dayton M.L., Forbes R.W. et William R., 2017. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer effects on cassava tuber yield in the coastal district of Dondo, Mozambique. *African Journal of Agricultural Research*, 12, pp. 3112-3119.
- Damour G., Navas M.L. & Garnier E., 2018. A revised trait-based framework for agroecosystems including decision rules. *Journal of Applied Ecology*, 55, pp. 12-24.
- Dibi E.B.K., Kouassi J.M.H., N'Goran K.E., Essis B.S., N'zue B. et Kouakou M.A. 2019. Effet de différentes doses d'engrais minéraux sur le rendement de deux variétés de patate douce [*Ipomoea batatas* (L) Lam] à Bouaké, Centre de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal ESJ*, 15 (33).
- Enesi R.O., Hauser S., Pypers P., Kreye C., Tariku M. et Six J., 2022. Understanding changes in cassava root dry matter yield by different planting dates, crop ages at harvest, fertilizer application and varieties. *European Journal of Agronomy*, 133, p. 126448.
- FAOSTAT (2020) Cassava production <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL> (Consulté le 10 septembre /2022)
- Fernandes A.M., Gazola B., Nunes J.G. da S., Garcia E.L. et Leonel M., 2017. Yield and nutritional requirements of cassava in response to potassium fertilizer in the second cycle. *Journal of Plant Nutrition*, 40, pp. 2785-2796.
- Gao D., Wang X., Fu S. et Zhao J., 2017. Legume plants enhance the resistance of soil to ecosystem disturbance. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1295.
- Godfray H.C.J. et Garnett T., 2014. Food security and sustainable intensification. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369, p. 20120273.
- Howeler R.H., 2012. Dry matter accumulation and nutrient absorption and distribution during the growth cycle of cassava. In Howeler (Eds). *The cassava handbook: a reference manual based on the Asian regional cassava training course*, held in Thailand. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), pp. 351-410.
- Howeler, R.H., 2002. Cassava mineral nutrition and fertilization. In: Hillocks, R.J., Thresh, J.M., Bellotti, A.C. (Eds.), *Cassava, Biology, Production and Utilization*. CABI Publishing, Wallingford, pp. 115-147
- Kanto U.K. Jutamane Y.O, et Jattupompong S., 2012. Effect of swine manure extract on leaf nitrogen concentration, chlorophyll content, total potassium in plant parts and starch content in fresh tuber yield of cassava. *Journal of Plant Nutrition*, 35, pp. 688-703.
- Kassi S.P.A.Y., Koné A.W., Tondoh J.E. et Koffi B.Y., 2017. Chromolaena odorata fallow-cropping cycles maintain soil carbon stocks and yam yields 40 years after conversion of native- to farmland, implications for forest conservation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, pp. 298-307.
- Kintché K., Hauser S., Mahungu N.M., Ndonga A., Lukombo S., Nhamo N., Uzokwe V.N.E., Yomeni M., Ngamitshara J., Ekoko B., Mbala M., Akem C., Pypers P., Matungulu K.P., Kehbila A. et Vanlauwe B., 2017. Cassava yield loss in farmer fields was mainly caused by low soil fertility and suboptimal management practices in two provinces of the Democratic Republic of Congo. *European Journal of Agronomy*, 89, pp. 107-123.
- Konon K.M., Coulibaly S.S., Kouassi K.I., Zoro B.I.A. et Dogbo D.O., 2020. Coupling Compost from Chicken Manure and Inorganic Fertilizer to Improve Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Growth and Yield on a Ferralitic Soil in Côte d'Ivoire. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8, pp. 1472-1478.
- Koné A. W., 2022. Soil organic carbon storage and contribution of management strategies to the «4 per 1000» target in a wet savanna, Côte d'Ivoire. *Regional Environmental Change*, 22, 4.
- Koné A.W. et Yao M.K., 2021. Soil microbial functioning and organic carbon storage: can complex timber tree stands mimic natural forests? *Journal of Environmental Management*, 283, pp. 1-9.
- Koné A.W., Kassin E.K., Ettien J.B.D., Konaté Z. et Gnahoua G.M., 2020. Le carbone des sols des zones de forêts et de savanes en Côte d'Ivoire. In: T. Chevallier, T. M. Razafimbelo, L. Chapuis-Lardy, M. Brossard (Éd.). *Carbone des sols en Afrique*. pp. 193-210. IRD Éditions.
- Koné AW, Tondoh J.E., Aduramigba-Modupe V.O., Deleporte P. et Orendo-Smith R. 2017a. Legume and mineral fertilizer derived nutrient use efficiencies by maize in a guinea savannah of Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 29, pp. 33-48.
- Koné A.W, Kablan A.B., Gauze-Touao M.K., Djessou S.A. et Koné B., 2017b. Agroforestry technique for minimal extra-labour: In-

- fluence of *Chromolaena-Cajanus* combination on soil chemistry and biology, and yam yields. *Environment and Natural Resources Research*, 7, pp. 109-119.
- Koné A.W., Edoukou E.F., Gonnetty J.T., N'Dri A.N.A., Assémien L.F.E., Angui P.K.T. et Tondoh J.E., 2012a. Can the shrub *Chromolaena odorata* (Asteraceae) be considered as improving soil biology and plant nutrient availability? *Agroforestry Systems*, 85, pp. 233-245.
- Koné A.W., Edoukou E.F., Tondoh J.E., Gonnetty J.T., Angui P.K.T. et Masse D., 2012b. Comparative study of earthworm communities, microbial biomass, and plant nutrient availability under 1-year *Cajanus cajan* (L.) Millsp and *Lablab purpureus* (L.) Sweet cultivations versus natural regrowths in a guinea savanna zone. *Biology and Fertility of Soils*, 48, pp. 337-347.
- Koné W.A. 2009. Qualité des sols en zone de savane humide de Côte d'Ivoire: utilisation des légumineuses herbacées comme alternative pour une valorisation des terres marginales et une agriculture durable. Mémoire de thèse, Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 194 p.
- Kouassi K.M., Mahyao A., N'zue B., Edmond K. et Camille K. 2018. Status of cassava (*Manihot Esculenta* Crantz) in Côte d'Ivoire: From production to consumption and evaluation of technology adoption. *European Scientific Journal*, ESJ, 14, p.285.
- Mahmood F., Khan I., Ashraf U., Shahzad T., Hussain S., Shahid M., Abid M. et Ullah S., 2017. Effects of organic and inorganic manures on maize and their residual impact on soil physico-chemical properties. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17, pp. 22-32.
- Maroun L., 2017. Etude de la perception des mauvaises herbes et des espèces végétales exotiques par la population des milieux agricoles en Côte d'Ivoire, l'exemple de *Chromolaena odorata*. 72 p.
- Meena R.S. et Lal R., 2018. Legumes and sustainable use of soils. In: R. S. Meena, A. Das, G. S. Yadav, R. Lal (Éd.). *Legumes for soil health and sustainable management*. Springer Singapore, Singapore. pp. 1-31.
- Metome G., Adjou E.S. et Dahouenon-Ahoussi E., 2017. Aspect botanique, profil nutritionnel et implications du pois d'angole (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) dans le développement communautaire en Afrique subsaharienne. *Algerian Journal of Natural Products*, 5, pp. 469-474.
- Musokwa M. et Mafongoya P.L., 2021. Effects of improved pigeonpea fallows on biological and physical soil properties and their relationship with maize yield. *Agroforestry Systems*, 95, pp. 443-457.
- Norgrove L. et Hauser S. (2016). Biophysical criteria used by farmers for fallow selection in West and Central Africa. *Ecological Indicators*, 61, pp.141-147.
- N'zue B., Zohouri P.G. et Sangare A., 2014. Performances agronomiques de quelques variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans trois zones agro-climatiques de la Côte d'Ivoire. *Agronomie africaine*. 16, pp. 1-7.
- N'zue B., Zohouri P.G. et Sangaré A., 2013. Performances agronomiques de quelques variétés de manioc (*Manihot esculenta* crantz) dans trois zones agro climatiques de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 16, pp. 1-7.
- Ochire-Boadu K., Abunyewa A.A., Kaba J.S., Twum-Ampofo K., Dawoe E.L.K., Agbenyega O. et Barnes R.V., 2020. Improved legume fallows: Influence on nitrogen and microbial dynamics, and maize (*Zea mays* L) grain yield in sub-humid zone of West Africa. *Cogent Food & Agriculture*, 6, p. 14.
- Onguene N.A., Bechem E., Nwaga D., Nana W.L., 2013. Rôles-clés des champignons mycorhiziens pour la gestion durable de la forêt camerounaise. In: Duponnois, R., Hafidi, M., Ndoye, I., Ramanankierana, H., Bâ, A.M. (eds) *Des champignons symbiotiques contre la désertification: Ecosystèmes méditerranéens, tropicaux et insulaires*. IRD Editions, Marseille, pp 128-140.
- Oliveira E.C. et Miglioranza E., 2014. Stomatal density in six genotypes of cassava. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology*, 3, pp. 305-308.
- Peel M.C., Finlayson B.L. et McMahon T.A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, 12.
- Riou G., 1974. Les sols de la savane de Lamto. In: *Les caractéristiques du milieu physique: Bulletin Liaison Chercheurs de Lamto NÚ spécial*, (2e partie), pp. 5-39.
- Salvador E.M., Steenkamp V. et McCrindle C.M.E., 2014. Production, consumption and nutritional value of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) in Mozambique: An overview. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, 6, pp. 29-38.

- Sanchez P.A., 1999. Improved fallows come of age in the tropics. *Agroforestry Systems*, 47, pp. 3-12.
- Shackleton R.T., Witt A.B. R., Nunda W. et Richardson D.M., 2017. *Chromolaena odorata* (Siam weed) in eastern Africa: distribution and socio-ecological impacts. *Biological Invasions*, 19, pp. 1285-1298.
- Sheahan, C.M. 2012 Plant guide for pigeonpea (*Cajanus cajan*). USDA-Natural resources conservation service, Cape May Plant Materials Center. Cape May, NJ. 08210
- Sileshi G.W., Mafongoya P.L., Akinnifesi F.K., Phiri E., Chirwa P., Beedy T., Makumba W., Nyamadzawo G., Njoloma J., Wuta M., Nyamugafata P. et Jiri O., 2014. Agroforestry: Fertilizer trees. In: *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*. pp. 222-234.
- Tegegne F., Singh S.P., Duseja D., Ekanem E. et Bullock R., 2012. Pigeonpea as a niche crop for small farmers, 43, p. 6.
- Touré T.G.P., 2021. Dynamique des champignons mycorhiziens à arbuscules dans les jachères à *Chromolaena odorata* et association avec la légumineuse *Cajanus cajan* en zone de savane humide de Côte d'Ivoire, impact sur la production de l'igname. Mémoire de thèse. Université Nangui-Abrogoua, Côte d'Ivoire. 188 p
- Uwah D., Effa E.B., Ekpenyong L.E. et Akpan I. E., 2013. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) performance as influenced by nitrogen and potassium fertilizers in Uyo, Nigeria. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 23, pp. 550-555.
- Vernier P., N'Zué B. et Zakhia-Rozis N., 2018. Le manioc, entre culture alimentaire et filière agro-industrielle. Editions Quae.
- Xu Q., Wang D., Quan G., Xiang H. et Zhang J., 2020. Invasive *Chromolaena odorata* species specifically affects growth of its co-occurring weeds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1470, pp. 57-66.