

## **CARACTERISATION DES CONTRAINTES ET DES ECARTS DE RENDEMENTS DES SYSTEMES DE CULTURE A BASE DU RIZ (*Oryza SP.*) DE PLATEAU DE LA REGION SEMI-MONTAGNEUSE DE L'OUEST DE LA COTE D'IVOIRE**

**U. K. KONAN<sup>1</sup>, E. K. KONAN<sup>2</sup>, A. OUATTARA<sup>1</sup>, B. KONE<sup>3</sup>, ML F. BAHAN<sup>4</sup>, A. YAO-KOUMAME<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Université Polytechnique de San Pedro, UFR Agriculture Ressources Halieutiques et Agro-Industries 01 BP 1800 San Pedro 01 - Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Université Alassane OUATTARA de Bouaké, UFR Sciences de la Terre, Département des Sciences du Sol, BP V 18 01 Bouaké, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Université Felix Houphouët Boigny, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières. Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau et des Géomatériaux, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

<sup>4</sup>Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), 01 BP 1740 Abidjan 01 Côte d'Ivoire

Auteur Correspondant : konan.kouassi@usp.edu.ci

### **RESUME**

L'écart de rendement est un problème majeur rencontré en riziculture dans la zone tropicale humide. La présente étude a été réalisée sur les sites rizicoles de la région de Man afin de caractériser les contraintes de la production du riz de plateau et de contribuer à une meilleure production de la riziculture en Côte d'Ivoire. Vingt-cinq rizières ont été sélectionnées au hasard pour des besoins d'enquête et de prospection. Les sols ont été décrits et ont fait l'objet d'analyse des fractions granulométriques et du pH. Les différents modes de gestion des sols avant et pendant l'étude, ont été déterminés ainsi que le rendement en grain de riz. Aucune différence significative n'a été observée entre les rendements selon le type de sol et le segment topographique, alors que le pH du sol a été déterminant pour l'obtention d'un meilleur rendement. La longue durée du cycle du riz et le mauvais remplissage des grains ont caractérisé les plus faibles rendements (< 1 t ha<sup>-1</sup>). La rationalisation des cultures associées et l'acidité des sols, ont été identifiées comme contraintes, pour l'amélioration de la production du riz de plateau dans la zone d'étude.

**Mots clés :** Ecart de rendement, riziculture de plateau, Man, Côte d'Ivoire.

**Citation :** Konan K. U., Konan K. E., Ouattara A., Koné B., Bahan ML F., Yao-Kouamé A., 2024, Caractérisation des contraintes et des écarts de rendements des systèmes de culture à base du riz (*Oryza sp.*) de plateau de la région semi-montagneuse de l'Ouest de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 2024, 36 (1), pp 51 - 62.

### **ABSTRACT**

#### **CHARACTERIZATION OF CONSTRAINTS AND YIELD GAP IN UPLAND RICE (*ORYZA SP.*)-BASED CROPPING SYSTEMS IN THE SEMI-MOUNTAINOUS REGION OF WESTERN CÔTE D'IVOIRE**

*The yield gap is a major problem in rice production in the humid tropical zone. The present study was carried out on rice-growing sites of Man region, to characterize the constraints that threaten the production of upland rice, in order to contribute to the revitalization of rice production in Côte d'Ivoire. Twenty-five rice fields were selected at random for survey and prospection. Soils were described and analyzed for particle size fractions and pH. The plot management mode, before the study and during the study, was collected, as well as the rice grain yield. No significant difference was observed between yields, regardless of soil type and topographic segments, while soil pH was critical to achieving higher yields. The long cycle time of the rice and the poor grain filling characterized the lowest yields (<1 tha<sup>-1</sup>). The rationalization of associated crops and soil acidity have been identified as constraints for improving the production of upland rice in the study area.*

*Key words:* Yield gap, upland rice, Man, Côte d'Ivoire

**Citation :** Konan K. U., Konan K. E., Ouattara A., Koné B., Bahan ML F., Yao-Kouamé A., 2024, Characterization of constraints and yield gap in upland rice (*Oryza sp.*)-based cropping systems in the semi-mountainous region of western Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 2024, 36 (1), pp 51 - 62.

Soumis : 19/12/2023 | Accepté : 05/04/2024 | Online : 30/04/2024

## INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, la riziculture pluviale est le système de production le plus pratiqué. Il représente 90 % des superficies rizicoles et assure 80 % de la production de paddy (ONDR, 2017). Ce type de riziculture est à dominance traditionnelle, avec un caractère extensif et itinérant. Dans les régions Ouest, Centre - Ouest et Nord - Ouest du pays, réputées pour leur forte production de riz avec 75 % des surfaces cultivées portent des cultures associées (Ndabalishye, 1995). Le riz est cultivé dans des associations simples ou complexes avec d'autres cultures vivrières telles que le manioc, le maïs, les cultures maraîchères et légumières et/ou pérennes telles que le cacaoyer, le caféier, le bananier plantain et l'hévéa (Bahan, 2012). Selon Bahan *et al.* (2012), ce système de culture est, en général, peu productif ( $\leq 1,5 \text{ t ha}^{-1}$ ), comparé à la riziculture irriguée ( $\leq 3 \text{ t ha}^{-1}$ ). La Côte d'Ivoire n'est pas autosuffisante en riz. La satisfaction de ses besoins en riz passe par le recours aux importations massives, à l'instar de la plupart des pays d'Afrique (Konan, 2017). Pour augmenter de manière significative la production nationale de riz, il faudra donc améliorer les rendements en riziculture pluviale. Cet objectif exige la connaissance des contraintes agronomiques majeures qui compromettent une bonne productivité de l'agrosystème rizicole. Pour la culture pure de riz de plateau, l'acidité et la déficience du sol en phosphore ont été identifiées comme des facteurs limitant en zone forestière humide de la Côte d'Ivoire (Sahrawat *et al.*, 1995 ; Sahrawat *et al.*, 1998 ; Koné *et al.*, 2010a). De même, l'impact de l'enherbement (Gbakatchéché *et al.*, 2010 ; Kouakou *et al.*, 2015), les agressions pathologiques (Ndjiondjop *et al.*, 2001 ; Séré *et al.*, 2005 ; Bouet, 2008) et entomologiques (Nwilene, 1999 ; Konaté *et al.*, 2001) ont été évalués un peu partout.

En dépit des nombreuses solutions proposées, la riziculture de plateau est caractérisée par une variabilité des rendements essentiellement

faibles par rapport aux potentiels de production des nouvelles variétés (FAO, 2007; Doumbia *et al.*, 2009). Ces écarts de rendements en riziculture constituent une importante préoccupation dont les causes seraient également variables selon les agro-écosystèmes rizicoles, les conditions socioculturelles et économiques (Koné, 2014a).

Cette contrainte (écart de rendement), définie comme le déficit de rendement obtenu dans un système de culture par rapport au potentiel escompté (Fairhurst et Witt, 2002), comprend le déclin des rendements en monoculture intensive, qui a pourtant bénéficié de plusieurs investigations à travers le monde (Evenson *et al.*, 1995). En zone forestière humide de la Côte d'Ivoire, des aspects concernant la fertilité du sol et la nutrition des plantes notamment, la matière organique (MO) du sol, l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K), ainsi que des relations d'antagonisme et/ou de synergisme impliquant quelque fois le zinc (Zn) ont été révélées par plusieurs auteurs Melendez *et al.*, 2003 ; Koné *et al.*, 2010b).

Cependant, très peu d'études ont été consacrées sur les écarts de rendements dans les systèmes à base de riz pluvial. Ce qui rend difficile toute interprétation concernant les écarts de rendements obtenus. La présente étude se propose d'analyser les caractéristiques des différents niveaux de rendement du riz de plateau en milieu paysan, pour différents systèmes de culture.

## MATERIEL ET METHODES

L'étude a été conduite dans le département de Man dans l'Ouest semi-montagneux de la Côte d'Ivoire. Le département de Man est situé en région forestière et, s'étend de 7°25' à 7°45' de longitude Ouest et de 7°20' à 7°35' de latitude Nord, avec une superficie est de 39 311 km<sup>2</sup>.

Le régime pluviométrique à Man est monomodal. Les pluies commencent en mars et se terminent

en octobre, suivies d'une saison sèche qui s'étend de novembre à février. Les populations cibles sont les riziculteurs du département, à l'exception de celles qui cultivent le riz de bas-fond. Sur la base des statistiques des services de développement rural (ANADER) et en adéquation avec les données du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA, 2013), un tirage aléatoire a permis de sélectionner 25 riziculteurs, soit 5 riziculteurs par village... Les parcelles choisies sont rattachées aux villages (Dompleu, Zonlé 1, Gotongouiné 2, Goba et Dioulé) qui sont situés dans un rayon de 30 km autour de la ville de Man. .

#### REALISATION DE L'ENQUETE ET DE L'ETUDE PROSPECTIVE

L'étude a été réalisée par une enquête auprès des 25 riziculteurs, en plusieurs visites (délimitation des rizières, pose des carrés de rendement et collecte de données) avant et pendant la saison culturale, de mai à novembre. Le guide d'enquête est un protocole comportant les différentes questions à poser aux producteurs et les paramètres à mesurer sur le terrain (durée de la jachère, précédent cultural, contraintes de production, variété, superficie... etc). Sur le terrain, une parcelle utile de 200 m<sup>2</sup> a été délimitée dans chaque rizière visitée. En outre, trois placettes de 12 m<sup>2</sup> (4 m x 3 m) ont été disposées en diagonale au sein de chaque parcelle utile, pour la collecte des données. Des prélèvements d'échantillons de sol ont été réalisés à l'aide d'un tube cylindrique, à la profondeur de 0 - 20 cm, sur chaque rizière. A la récolte, les quantités de paddy obtenues ont été déterminées (poids sec grain de la parcelle utile à 14 % d'humidité sur la superficie de la parcelle utile. Ainsi, des données sociodémographiques (âge du riziculteur, origine, genre, objectif de production, ressources, pratiques culturelles, ...), des données agronomiques (rendements en grains

de riz) et des données pédologiques (pH et granulométrie du sol) ont été collectées

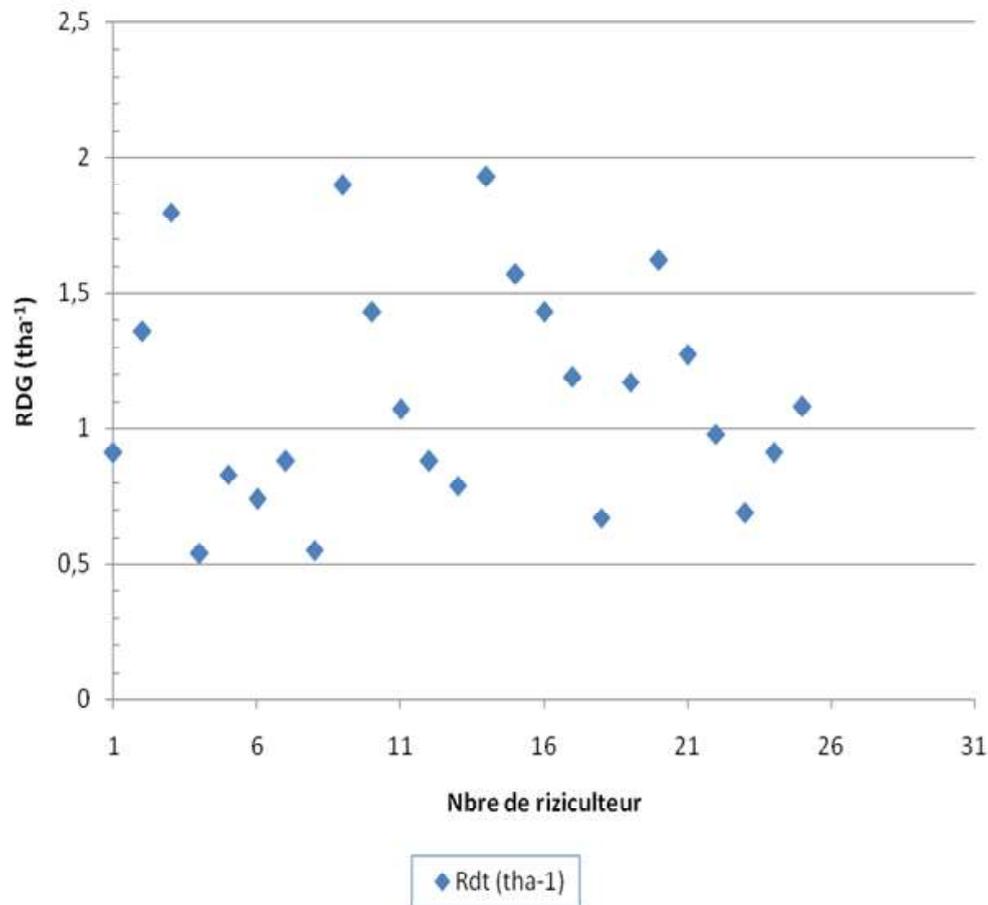
#### ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES

Les informations collectées ont été saisies sur EXCEL, avec une codification binaire des données qualitatives (1 = oui ou présent ; 0 = non ou absent). Par des analyses de variance (ANOVA), les rendements obtenus par site ont été comparés suivant les segments topographiques (Sommet, Haut de versant, Mi-versant, Bas de versant). Par des analyses multivariées (SPSS), les composantes principales (ACP) ont permis de déterminer chaque classe de rendement, en considérant l'ensemble des variables étudiées. Enfin, des analyses de corrélation de Pearson ont permis de mettre en relation, le pH, texture du sol et les rendements en du riz obtenus. Les analyses statistiques ont été appréciées à un seuil de probabilité de 5 %.

## RESULTATS

#### VARIATION DES RENDEMENTS EN GRAIN DE RIZ SELON LES RIZICULTEURS

La figure 1 présente les rendements en grain de riz (RDG) obtenus chez les 25 riziculteurs . La figure montre qu'environ deux tiers (2/3) des riziculteurs ont un rendement compris entre 0,5 et 1 tha<sup>-1</sup>. Cependant, au moins deux (2) des rendements avoisinent 2 tha<sup>-1</sup> et quatre (4) sont au-dessus de 1,5 tha<sup>-1</sup>. Les villages de Goba et de Gotongouiné ont enregistré à la fois les plus faibles et les plus hauts rendements, respectivement 0,54 et 1,9 tha<sup>-1</sup> à Goba ; 0,55 et 1,93 tha<sup>-1</sup> à Gotongouiné. Zonlé1 a enregistré également un bon rendement en grains de riz (1,93 tha<sup>-1</sup>). Cependant, le village de Dompleu est caractérisé par le plus faible rendement (0,98 tha<sup>-1</sup>).



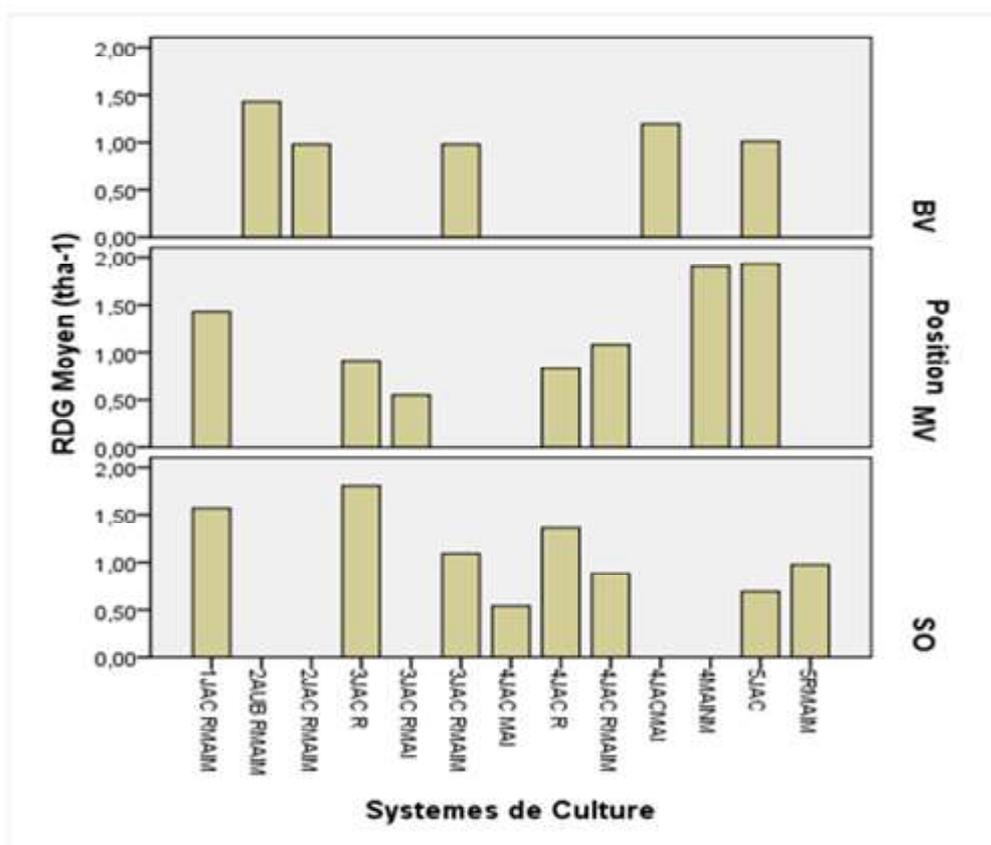
**Figure 1** : Dispersion des rendements obtenus pour l'ensemble des rizières enquêtées, à Man.

*Rice yields dispersion for all rice fields surveyed in Man.*

#### VARIATION DES RENDEMENTS EN GRAIN DE RIZ SELON LE SEGMENT TOPOGRAPHIQUE ET LE MODE CULTURAL

Douze (12) successions de cultures ont été observées dans le système à base de riz pluvial de la zone d'étude. Huit (8) sont rencontrées au sommet du paysage, sept (7) sur le moyen versant et, cinq (5) au bas de versant (Figure 2). En outre, Selon le segment topographique, il est noté une variabilité des types de précédents culturaux caractéristiques de hauts rendements (2 tha<sup>-1</sup>) : un faible rendement d'environ 0,5 tha<sup>-1</sup> est obtenu sur le sommet (SOM) pour 5 années de jachère (5JAC) continue qui, pourtant, caractérise un haut rendement d'environ 2 tha<sup>-1</sup> sur le mi- versant du paysage de façon similaire à 3 années de jachère suivi de 2 années de riz

sur le sommet. Par ailleurs, Les successions comportant l'association du maïs semble exiger au moins 4 années de jachère (4JACRMAI et 4JACRMAIMAN) pour réduire la fréquence des faibles rendements (< 1 tha<sup>-1</sup>) alors que cette fréquence est élevée pour 3 années de jachère, suivie de riz et maïs (3JACRMAI). Il est aussi noté une forte fréquence de faibles rendements, même pour 4JACRMAI dans certaines mesures (Figure 2). Une variance des étendues de rendements a été mise en évidence dans le tableau 1. Tenant compte du segment topographique, il est noté sur le mi- versant le RDG élevé (1,22 tha<sup>-1</sup>) et plus faible (0,55 tha<sup>-1</sup>) comparativement au bas de versant (0,67 tha<sup>-1</sup>). Toutefois, l'écart entre le maximum et le minimum est plus grand sur le bas de versant, de l'ordre de 1 tha<sup>-1</sup>.



**Figure 2 :** Rendements des systèmes de culture de riz de plateau le long de la toposéquence à Man.  
*Yields of upland rice cropping systems along the toposequence at Man.*

**Tableau 1 :** Etendue des rendements des rizières suivant le segment ou (la position) topographiques à Man.  
*Range of rice field yields according to the topographic segment or (position) at Man.*

Section topographique	RDG moyen (tha <sup>-1</sup> )	RDG max (tha <sup>-1</sup> )	RDG mini (tha <sup>-1</sup> )
Sommet	1,03	1,8	0,54
Haut de versant	ns	ns	ns
Mi- versant	1,22	1,93	0,55
Bas de versant	1,00	1,62	0,67

----- : Données manquantes (aucune parcelle n'est située à cette position).

**EFFET DE LA GESTION DES TERRES ET DES PRATIQUES CULTURALES SUR LE RENDEMENT EN GRAIN DU RIZ**

Les corrélations entre le rendement paddy et certaines données de culture ont été analysées (Tableau 2). Le coefficient de corrélation de Pearson a augmenté de -0,788 à 0,671 le long de la toposéquence (Sommet, HV, MV et BV). Cependant, la probabilité de rendement a diminué (0,978 à 0,354) dans cet ordre pour la durée de production. Pour le cycle du riz, le coefficient de corrélation a augmenté du sommet au bas-

versant (-0,331 à 0,671) alors que la probabilité de rendement a diminué (0,350 à 0,069). Le coefficient de corrélation (R) et la probabilité (P) ont augmenté du sommet au bas-versant, pour la verse, l'égrenage, et le remplissage des grains. Enfin, pour les rongeurs, le coefficient obtenu est plus élevé au bas-versant qu'au sommet et au mi- versant. En revanche, la probabilité (P) a augmenté du bas-versant au sommet (0,247 à 0,774). Le coefficient de corrélation (R) est plus élevé au bas-versant (0,088) et P a augmenté du sommet au bas-versant (0,403 à 0,835).

**Tableau 2 :** Coefficient de corrélation de Pearson et probabilité du rendement en grain de riz et des pratiques culturales en riziculture pluviale de plateau à Man suivant le segment topographique.

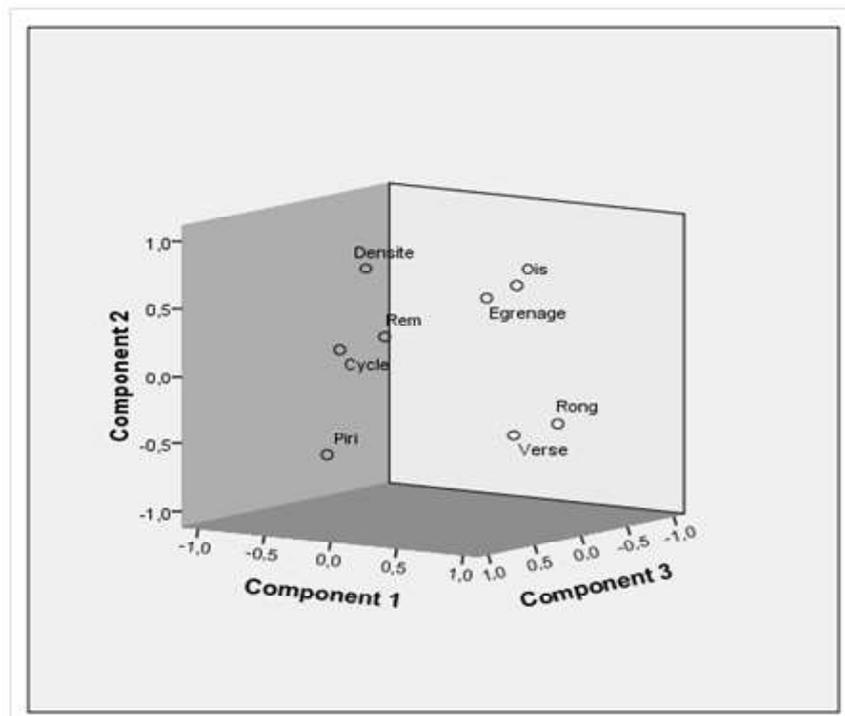
*Pearson correlation coefficient and probability between rice grain yield and cultural practices in rainfed rice cropping at Man according to the segment topographic.*

SOM : Sommet; HV : Haut-versant ; MV : Mi- versant ; BV : Bas-versant., ns : no sample

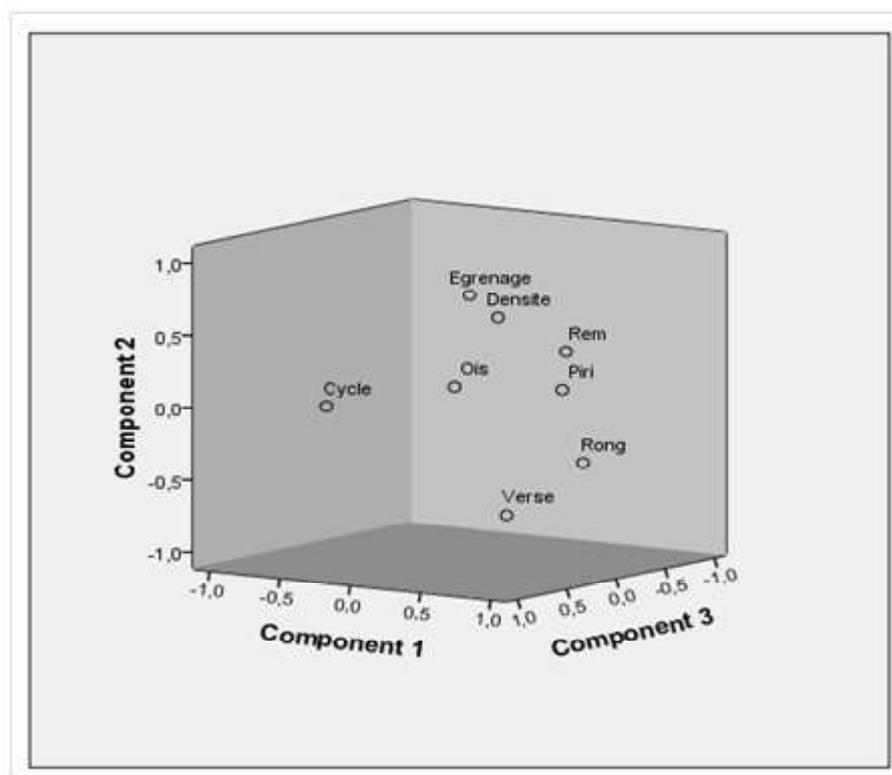
	Corrélation du rendement en grain de riz							
	SOM		HV		MV		BV	
	R	P> r	R	P> r	R	P> r	R	P> r
Durée de production	-0,010	0,978	ns		-0,226	0,626	0,379	0,354
Cycle du riz	-0,331	0,350	ns		0,603	0,151	0,671	0,069
Verse	-0,191	0,596	ns		-0,239	0,606	0,184	0,663
Egrenage	-0,788	0,007	ns		-0,039	0,935	-0,504	0,203
Remplissage Grain	-0,303	0,396	ns		0,152	0,745	0,332	0,422
Rongeur	0,104	0,774	ns		-0,504	0,249	0,463	0,247
Oiseau	-0,298	0,403	ns		-0,060	0,898	0,088	0,835

Les effets combinés des facteurs (gestion de la terre et des pratiques culturales) permettent de distinguer 3 groupes de facteurs dont celui des effets d'attaque d'oiseau et d'égrenage, ceux des rongeurs et de la verse, ainsi que ceux des autres facteurs, dans une moindre mesure (Figure 3). Il ressort que les RDG < 1 tha<sup>-1</sup> (classe 1) sont fortement liés à la durée du cycle de la variété (-0,84), à l'importance de la verse (0,81) et aux effets dévastateurs des rongeurs (0,83). Secondairement, viennent les effets de la densité de culture (0,77), de la pyriculariose (-0,61) et

des oiseaux (0,61). Enfin, le remplissage des grains intervient en troisième position, avec un coefficient positif de 0,85. Par ailleurs, il ressort que les RDG de classe 2 (> 1tha<sup>-1</sup>) sont significativement liés à la pyriculariose (0,76), au remplissage des grains (0,66) et aux effets dévastateurs des rongeurs (0,79). Secondairement, viennent l'importance de la verse (-0,76) et l'égrenage des grains (0,77). Enfin, les effets de la durée du cycle de la variété (0,63), de la densité de culture (-0,72) et des oiseaux (0,64) interviennent en troisième position.



Composantes principales de la classe 1 (< 1 tha<sup>-1</sup>) de rendement.



Composantes principales de la classe 2 (> 1 tha<sup>-1</sup>) de rendement.

**Figure 3 :** Caractérisation des classes de rendements de riz en fonction des facteurs de gestion de la terre et des pratiques culturales.

*Characterization of rice yield classes based on the management factors of the earth and cultural practices.*

Les différentes associations des cultures n'ont pas été significativement liées aux classes de rendement du riz. Cependant, il y a une velléité de régularité de fréquence élevée de la classe 1 dans le système de monoculture du riz (R), excepté dans les parcelles sur sommet (SOM) du paysage. La classe 2 est plus observée dans les associations de cultures riz/Manioc (RM), Riz/Mais/Manioc/Épinard (RMAIMANE) ainsi que riz/gombo/épinard (RGE).

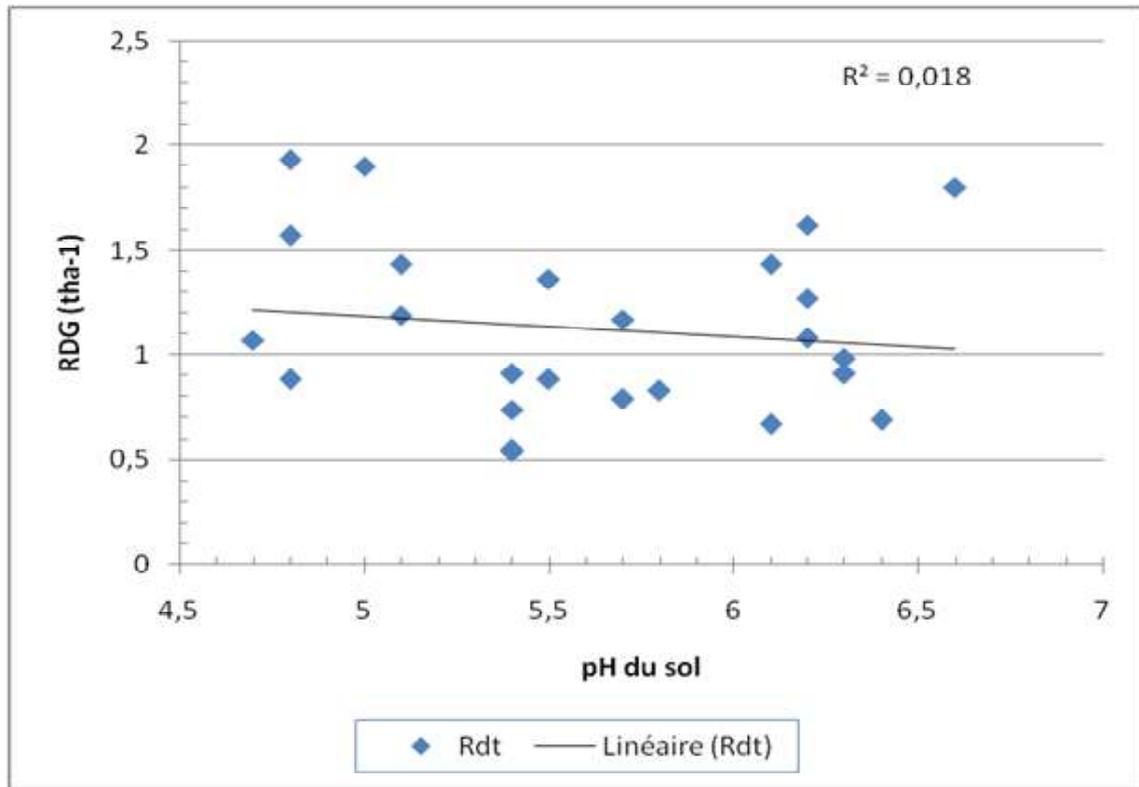
#### EFFETS DES FACTEURS EDAPHIQUES SUR LE RENDEMENT EN GRAIN DU RIZ

Globalement, il y a une tendance linéaire à la réduction du rendement en grains du riz (RDG) avec l'augmentation du pH du sol (Figure 4). Cependant, cette tendance concerne une faible proportion des RDG observés ( $R^2 = 0,018$ ).

En effet, parmi les paramètres du sol étudiés,

seul le pH affiche une corrélation significative ( $r = 0,10$ ) et négative ( $R = -0,70$ ) uniquement sur le mi-versant du paysage (Tableau 3). Les corrélations observées entre le RDG et les autres paramètres sont faibles ( $R < 0,30$ ) en plus d'une probabilité non significative. Néanmoins, il existe des valeurs de corrélations négatives, notamment, pour la teneur du sol en éléments grossiers (E.G.) laissant entrevoir un effet dépressif sur RDG.

Par ailleurs, la durée de jachère n'a pas affecté significativement la valeur du pH du sol, avec un pH tantôt faible ( $pH < 5,7$ ) tantôt élevé ( $pH > 5,7$ ), pour 5 années de jachère. On note que la valeur de 5,7 est obtenue pour les 3 et 4 ans de jachère, en alternance avec une année de culture du riz, maïs, manioc et aubergine. Les valeurs les plus élevées du pH sont pourtant observées dans les systèmes à 3 années de jachère, en alternance avec les cultures de riz et maïs.



**Figure 4 :** Evaluation linéaire du rendement en grains de riz par rapport au pH du sol.

*Linear evaluation of rice grain yield in relation to soil pH-*

**Tableau 3 :** Coefficient de corrélation Pearson, probabilité du rendement en grains de riz et des fractions granulométriques ainsi que le pH du sol selon le segment topographique.

*Pearson correlation coefficient, probability of rice grain yield and particle size fractons as well as the soil pH- accordnt to the topographic segment.*

	Corrélation du rendement en grain de riz							
	SOM		HV		MV		BV	
	R	P> r	R	P> r	R	P> r	R	P> r
Sf	0,02	0,938	....	....	0,17	0,704	0,03	0,99
Sg	0,08	0,813	....	....	-0,26	0,562	0,47	0,239
E.G.	-0,10	0,766	....	....	-0,25	0,577	-0,07	0,857
L	0,21	0,549	....	....	0,02	0,965	-0,33	0,422
A	-0,03	0,929	....	....	0,59	0,236	-0,08	0,844
pH	0,19	0,592	....	....	-0,70	0,074	0,39	0,332

Sf : sable fin ; Sg : sable grossier ; EG : Eléments grossiers ; L : limon ; A : argile ; SOM : Sommet; HV ; Haut-versant; MV: Mi- versant; BV: Bas-versant ; .... Absent

## DISCUSSION

### DIAGNOSTIC DES PRATIQUES AGRICOLES SUR LE RENDEMENT EN GRAINS DU RIZ

L'enquête a révélé que la moitié des riziculteurs n'a atteint la moyenne nationale de rendement

en riz de 1 t ha<sup>-1</sup> (Bahan *et al.*, 2012) indépendamment de la variabilité pluviométrique qui n'a pas été relevée durant cette étude. Les variétés de riz, majoritairement de type traditionnel, avec un cycle moyen à long de 120 à 180 jours, pourraient facilement subir les velléités de perturbation pluviométrique, désormais récurrentes en zone humide de

l'Afrique de l'Ouest. Il y aurait des impacts directs sur le rendement et des effets induits telle que la manifestation de la pyriculariose (Bouet *et al.*, 2006), qui peut, à elle seule, réduire le rendement d'environ 50 %. De ce fait, la vulgarisation de variétés améliorées à cycle court (90-105 jours) serait souhaitable pour l'amélioration de la production du riz pluvial dans la région étudiée.

La pratique de la jachère existe encore dans la région étudiée, avec une durée pouvant atteindre 3 à 5 ans. Toutefois, la courte durée de la jachère n'a pas influencé de façon significative les meilleurs rendements obtenus. Cela dénote un temps de repos des terres insignifiant pour retrouver sa fertilité suffisante, qui exige une dizaine années de jachère (Osseni et Diomandé, 1988 ; Bahuchet et Betsch, 2012).

Or, l'état actuel de l'occupation des parcelles de la région, fortement marqué par les cultures pérennes de rente (caféier, cacaoyer, hévéas etc) font obstacle à l'agriculture itinérante (Seudieu, 1996). A cet effet, l'introduction de légumineuses dans le système de culture est fortement conseillée et recommandée, notamment, pour la riziculture pluviale (Autfray, 1997 ; Pené *et al.*, 1998 ; Somado *et al.*, 2003) alors que de telles pratiques manquent dans l'inventaire des précédents culturels et des cultures associées. Cependant, l'occupation des terres comprenant une alternance avec le maïs semble caractériser les parcelles à plus fort rendement, contrastant avec la monoculture continue du riz, et, dans une certaine mesure, avec des parcelles de 3 à 4 années de jachère.

En effet, à la différence des plantes à racines (manioc) et maraichères (aubergine, gombo), le maïs est pourvoyeur de grandes quantités de biomasses aérienne et souterraine. Après la récolte, la chaume se décompose sur le sol avant la préparation de terrain (défriche et brûlis) de la saison culturale suivante ; cela constitue une valeur ajoutée à la fertilité du sol, notamment en carbone organique du sol (C, K et N). En outre, avec un système racinaire plus robuste le maïs pourrait apporter environ 1 à 3 t C ha<sup>-1</sup>/an par ses exsudats (Konan, 2016). Cet effet positif du maïs a été observé dans les précédents culturels et dans l'association avec le riz, excepté sur les sols du bas de versant des paysages où les systèmes racinaires du riz et du maïs pourraient être limités par l'hydromorphie temporaire de la saison pluvieuse.

Pour donner suite à cette analyse, il ressort qu'à défaut de l'adoption des légumineuses dans l'occupation des terres rizicoles, la culture séquentielle, comprenant le maïs en association avec le riz, en système intensif, pourrait améliorer les rendements du riz. Toutefois, il convient d'explorer les limites de cette recommandation au cours d'une autre étude, en identifiant l'ordre du maïs dans la séquence, ainsi que sa densité optimale dans l'association.

Enfin, les systèmes de culture riz, maïs et manioc, avec 1,9 t ha<sup>-1</sup>, et riz, manioc, avec 1,5 t ha<sup>-1</sup>, ont été révélés comme les systèmes de culture à base du riz pluvial les moins susceptibles aux écarts de rendement sur la base de leur rendement élevé en milieu paysan.

#### SOL ET VARIABILITE DU RENDEMENT EN GRAINS DU RIZ

Plusieurs types de sols ont été identifiés sur les sites étudiés. Nous notons, les sols ferrallitiques remaniés (Plinthic Ferralsols) et/ou rajeunis allant aux sols hydromorphes peu évolués d'apport colluvial au bas versant. Aucune différence significative n'a été observée entre les rendements moyens par site, même en considérant les différents segments topographiques. Il n'y a donc pas un effet de la morphologie des sols sur la variation des rendements du riz, quoique la variation toposéquentielle des sols soit souvent pointée par la recherche comme une des causes des différences de production (Moormann *et al.*, 1977).

Le caractère édaphique majeur influant le rendement du riz serait donc le pH, qui a varié de 4,5 à 6 le long de la toposéquence. En effet, au cours de cette étude, les meilleurs rendements ont été obtenus sur les sols à pH > 5,7, alors que les sols plus acides (4,8 à 5) caractérisent les rendements moyens, les plus faibles étant liés à la valeur 5,7 du pH. Cela corrobore les résultats obtenus à la station expérimentale du CNRA à Man, indiquant de fortes contraintes édaphiques pour des sols à pH compris entre 3,5 et 4,5, du fait de la solubilisation des oxydes d'aluminium qui entraînerait la libération des ions Al<sup>3+</sup> (Koné *et al.*, 2004b) La présence de ces ions Al<sup>3+</sup> impose une très rigoureuse compétition pour les sites d'échange (Abobi *et al.*, 2020) En d'autres termes, La perte progressive des cations basiques du complexe adsorbant s'accompagne

d'une baisse du pH et d'un accroissement progressif de l'aluminium échangeable. Or, notre prospection en milieu paysan révèle un pH seuil à faible rendement en grains. Cette analyse rappelle les conditions isostatiques (point zéro) récurrentes dans les sols sableux tropicaux (Liang et Morgan, 1990), notamment, pour la disponibilité du phosphore, qui est liée à un degré de saturation du sol. Les résultats de nos investigations pointent la valeur de pH 5,7 comme une valeur caractéristique des sols de la région étudiée. Il convient d'aborder cette propriété du sol sous plusieurs angles (géologique, pluviométrique et pratiques culturales), car elle est d'un intérêt certain pour la maîtrise de la production du riz dans l'écosystème étudié.

Selon (Kemmit *et al.*, 2006), à des valeurs de pH faibles, une bonne partie de la matière organique reste inactive, car l'activité microbienne se trouve fortement limitée. La diminution de la matière organique du sol comme facteur de la dépréciation des rendements en culture continue (Juo et Wilding, 1996 ; Mokwunye *et al.*, 1996) semble être fonction de la fertilité du sol, selon l'équilibre des nutriments.

Nos résultats ont permis d'identifier certaines occupations (précédents) des sols caractéristiques des pH supérieurs à 5,7. Ces résultats pourraient constituer une perspective pour les études ultérieures, visant à comprendre l'effet de l'acidité du sol, en particulier, pour les pH inférieurs à 5,7, pourtant associés à des rendements considérés moyens au cours de cette étude.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude a permis d'identifier les occupations de terre les plus courantes, comprenant les jachères de courte 3 à 5 ans, sans permettre la résilience de la productivité des écosystèmes rizicoles. En absence d'un temps de repos des terres long (> 10 ans) et des associations ou rotation avec des légumineuses, l'introduction du maïs dans la séquence des cultures au fil des années et son association avec le riz ont été soulignées comme des pratiques de durabilité de la riziculture pluviale de plateau.

Les écarts moyens de rendement ont été d'environ 1 t ha<sup>-1</sup>, alors que les associations riz, maïs et manioc ont enregistré un meilleur rendement, notamment, pour les sols à pH supérieur à 5,7, qui a été révélé par cette étude

comme un seuil critique pour la gestion de la productivité rizicole des sols de plateau de la région. Par ailleurs, de faibles impacts de la recherche et des services d'encadrement ont été soulignés comme facteurs de baisse des rendements en plus des pratiques agricoles non adéquates tels que les brûlis, le mode de semis, le désherbage et la fertilisation.

## REFERENCES

- Abobi H. D., Kouassi Y. F., Konan K. F., Zro Bi F. et Angui K. P., 2020. Essai de régulation de la perte des éléments chimiques dans les dystric Ferralsols de la zone d'Oumé, à l'aide d'un amendement à base des coques de cabosses de cacao. *Afrique SCIENCE* 17(3) (2020) 40 - 53. ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.net>.
- Autfray P., 1997. Fixation de l'agriculture à base de vivriers en zone forestière de Côte d'Ivoire, les dispositifs d'Oumé de 1994-1997. convention IDESSA / SODEFOR, IDESSA / CIRAD Bouaké, Côte d'Ivoire, 57p + an.
- Bahan F., Yao-Kouamé ; Kéli J., Gbakatchéché Henri ; Mahyao A., Bouet A. et Camara M., 2012. Caractérisation des associations culturales à base du riz : cas du Centre Ouest de la Côte d'Ivoire. *JABs* 56 : 4118-4132.
- Bahuchet S. et Betsch J.M., 2012. L'agriculture itinérante sur brûlis, une menace sur la forêt tropicale humide. *Revue d'ethnoécologie* (1), numero inaugural. p 7.
- Bouet A., 2008. Contribution à la lutte contre la pyriculariose, maladie fongique du riz (*Oryza sativa* L.) en Côte d'Ivoire : Caractéristique de la population de l'agent pathogène (*Magnaporthe grisea*) et méthodes d'évaluation variétale pour la résistance à la pyriculariose foliaire et à la pyriculariose du cou. Thèse de Doctorat. Université de Cocody, Côte d'Ivoire. 114 p.
- Bouet A., Vales M. et Keli J. K., 2006. Evaluation de la résistance de variétés de riz (*oryza* sp.) à la pyriculariose du cou au champ. *Agronomie Africaine* 18 (2) : 165-173.
- CNRA (Centre National de Recherche Agronomique), 2013. Rapport annuel d'activités, 32 p
- Doumbia S., Depieu E.M. et Keli J.Z., 2009. Dynamique des nouvelles technologies rizicoles en agriculture de subsistance : cas de la riziculture bété en zone forestière de Côte d'Ivoire. 2009. *Agronomie Africaine*, 21 (1): 93-102.

- Evenson C.I., Diefolf T.S. and Yost R.S., 1995. Decreasing rice and cowpea yields in alley cropping on a highly weathered Oxisol in West Sumatra, Indonesia. *Agroforest Syst* 31:1-19.
- Fairhurst T. and Witt C., 2002. A practical guide to nutrient management. Singapore: PPI/PPIC/IRRI. 5-7.
- FAO, 2007. FAO rice marker monitor. Vol. X. N°1. FAO, Rome, Italy. p 12.
- Gbakatche H., Sanogo S., Kéli Z. J., Camara M. et Bouët A., 2010. Effets des résidus du pois d'angole (*Cajanus cajan* L.) sur le rendement de riz pluvial en zone forestière de Côte d'Ivoire. *Agronomie africaine* 22 (2), pp. 131-137.
- Juo A.S.R. and Wilding L.P., 1996. Soils of the lowland forest of West and Central Africa: Essays on the Ecology of the Guinea-Congo Rain Forest, Proceedings. Vol. 104B, Edinburgh, Scotland: Royal Society of Edinburgh, 15 - 26.
- Kemmitt S.J., Wright D., Goulding K.W.T. and Jones D.L., 2006. pH regulation of carbon and nitrogen dynamics in woody agricultural soils. *Soil Biol. Biochem.*, 38: 898-911.
- Konan K. F., 2017. Essai de compréhension de la variabilité des rendements en riziculture 0 partir des pratiques paysannes dans les bas-fonds secondaires du M'bé et de Lokakpli en région centre de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat en pédologie. Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody. Abidjan (Côte d'Ivoire). 319 p.
- Konan K.U., 2016. Caractérisation des contraintes et écart de rendement en différents systèmes de culture à base du riz de plateau. Thèse de Master de pédologie. Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody. Abidjan (Côte d'Ivoire). 79 p.
- Koné B., Ettien J.B., Amadji G. L., Diatta S. et Camara M., 2010a. Effets d'engrais phosphates de différentes origines sur la production rizicole pluviale des sols acides en zone de forêt semi-montagneuse sous climats tropicaux: Cas des hyperdystric ferralsols sous jachères en Côte d'Ivoire. *Etude et Gestion des Sols*, 17 (1) : 7-17.
- Koné B., Yao-Kouame A., Sorho F., Diatta S., Sié M. and Ogunbayo A., 2010b. Long-term effect of Mali phosphate rock on the grain yield of interspecifics and sativa rice cultivars on acid soil in a humid forest zone of Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(3): 563-570.
- Koné B., 2014a. Sustaining rice production in Tropical Africa: Coping with rice yield gap and declining yield. Lap Lambert Publishing. 224 p.
- Koné B., Fofana M., Sorho F., Diatta S., Ogunbayo A and Sié M., 2014b. Nutrient constraint of rainfed rice production in foot slope soil of Guinea Forest in Côte d'Ivoire. *Arch. Agron. Soil Sci.* 60 (6): 735 - 746.
- Kouakou C. K., Akanvou L., Zoro Bi I. A., Akanvou R. and N'da H. A., 2015. Striga species distribution and infestation in cereal food crops of northern Côte d'Ivoire. *Cah. Agric.* 24 (1) : 37 - 46.
- Liang L. and Morgan J.J., 1990. Chemical aspects of iron oxide coagulation in water: laboratory studies and implications for natural systems. *Aquat. Sci.* 52:32-55.
- Melendez J. M. and Johnson D., 2003. Maintaining the yield of upland rice under intensified land use in slash and burn system of West Africa. *Deutscher. Tropentag.* Available from: <http://www.tropentag.de/2003/abstracts/links/MelendeznK6ix4b3.pdf>. Consulté le 20/06/2008.
- Mokwunye A.U., De Jager A. and Smailing E.M.A., 1996. Restoring and maintaining the productivity of West Africa Soils: Key to sustainable development. International Fertilizer Development Center (IFDC), Muscle Shoals, Alabama, 92 -94.
- Moormann F.R., Veldkamp W. J. and Ballaux J. C., 1977. The growth of rice on a toposéquence- A methodology. *Plant soil*, 48: 565-580.
- Ndabalishye I., 1995. Agriculture vivrière en Afrique de l'Ouest à travers le cas de la Côte d'Ivoire. Abidjan: IDSA. p 8
- Ndjondjop M.N., Brugidou C., Shipping Z., Fargette D., Ghesquière A. and Fauquet C. M., 2001. High resistance to rice yellow mottle virus in two cultivated rice cultivars is correlated with the failure to cell-to-cell movement *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 59: 309-316.
- Nwilene E., 1999. Current Status and Management of insect vectors of rice yellow mottle virus in Africa. *Insect Sci. Applic.* Vol 19, N° 2/3, 179-185.
- ONDR, 2017. Office national de Développement de la riziculture, Côte d'Ivoire. Statistiques. [www.ondr./statistique\\_production.php](http://www.ondr./statistique_production.php). Consulté le 15 octobre 2018
- Osseni B. et Diomandé M. 1988. Importance de la jachère dans les systèmes traditionnels

- de culture en Côte d'Ivoire. Actes de 2ème l'atelier Ofric organisé au C.I.R.E.S, le 23,24 et 25 juin 1988 (Abidjan).
- Papon A., 1979. Géologie et minéralisation du Sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Synthèse des travaux de l'opération SASCA 1962-1968. Ministère de l'économie et des finances, Abidjan, Côte d'Ivoire, 285 p. + annexes.
- Pené B.C., Koné B. et Assa A., 1998. Interaction de l'azote et de l'irrigation sur le rendement du riz de plateau. 16ème conférence mondiale des sciences du sol à Montpellier. Poster N°1404.
- Sahrawat K. L., Jones M. P. and Diatta S., 1995. Response to upland rice to phosphorus in an Ultisol in the humid forest zone of West Africa. Fert. Res. 41: 11 - 17.
- Sahrawat K., Jones M. and Diatta S., 1998, Plant Phosphorus and Rice Yield in Ultisol of Humid Forest Zone in West Africa. Commun Soil Sci Plant. 29 : 997-1005.
- Seudieu O. D., 1996. Impacts de la production du café sur l'environnement en Côte d'Ivoire. 43 p.
- Séré Y., Onasanya, A., Verdier V., Akator K., Ouédraogo L.S., Segda Z., Coulibaly M.M., Sido A.Y. and
- Somado E. A., Becker M., Kuehne R. F., Sahrawat K. L. and Vlek. P. L. G., 2003. Combined effects of legumes with rock phosphorus on rice in West Africa. Agron. J 95: 1172-1178.