

# CONTRAINTES D'ADOPTION DES TECHNOLOGIES DE GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS EN RIZICULTURE IRRIGUEE AU SUD TOGO

K. SANOU<sup>1\*</sup>, B. A. SOULE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut Togolais de Recherche Agronomique (ITRA), BP 1163, Lomé, Togo.

\*Auteur correspondant, Email: [klsanou@gmail.com](mailto:klsanou@gmail.com), Téléphone : +228 90374501

## RESUME

La baisse de fertilité des sols, l'une des principales contraintes du secteur agricole au Togo, sévit encore plus dans la riziculture irriguée où les terres sont exploitées chaque année sans jachère. Face à cette situation, diverses solutions comme les technologies de gestion de la fertilité des sols ont été proposées. Afin d'évaluer le taux d'adoption des technologies et les contraintes d'adoption, une étude a été réalisée dans les périmètres irrigués de la région Maritime auprès de 250 riziculteurs dans quatre villages. Les résultats de l'étude ont montré que les technologies comme l'apport d'engrais, (quatre sacs NPK 15-15-15 et deux sacs d'Urée 46 %) et l'apport fractionné de l'urée en deux temps sont adoptées à plus de 60 % en raison du niveau de fertilité des sols et de leur pratique peu coûteuse. Par contre, le placement profond d'urée et l'enfouissement de la paille du riz ont été moins adoptés avec un taux d'adoption inférieur à 15 %. Les raisons évoquées sont entre autres le coût élevé des technologies, le manque d'équipements, la pénibilité des activités et le manque d'informations.

Il ressort donc que les paquets de technologies vulgarisées sont parfois incomplètes et répondent peu aux conditions socioéconomiques des riziculteurs.

**Mots clés :** Niveau d'adoption, technologiques, fertilité des sols, riziculture irriguée, Sud Togo.

## ABSTRACT

### CONSTRAINTS TO THE ADOPTION OF SOIL FERTILITY MANAGEMENT TECHNOLOGIES IN IRRIGATED RICE FARMING IN THE SOUTH TOGO

*The decline in soil fertility, one of the main constraints of the agricultural sector in Togo, is even more prevalent in irrigated rice farming where land is harvested every year without fallow.*

*These falling in soil fertility, the main constraints of the agricultural sector, are even more prevalent in irrigated rice farming where land is harvested each year without fallow. Faced with this situation, various solutions have been proposed, including technologies for the management of soil fertility. In order to determine the rate of adoption of technologies and constraints of adoption, a study was carried out in the irrigated perimeters of the Maritime region with 250 rice farmers in four villages. The results of the study showed that technologies such as fertilizer supply four bags NPK 15-15-15 and two bags urea 46 % and fractional intake of urea in two stages are adopted to more than 60 % in because of the level of soil fertility and their inexpensive practice. On the other hand, technologies such as the deep placement of urea and the burial of rice straw have been very little adopted, with an adoption rate of less than 15%. Reasons evoke are high technology costs, lack of equipment, hardship and lack of information.*

*It thus appears that the packages of popularized technologies are sometimes incomplete and answer little to the socio-economic conditions of rice farmers.*

**Keywords :** Adoption level, technologies, soil fertility, irrigated rice farming, south Togo.

## INTRODUCTION

L'agriculture demeure encore au Togo le secteur qui offre plus de possibilités pour accélérer la croissance économique, assure la sécurité alimentaire, crée des emplois, accroître le revenu des producteurs, contribue à la balance commerciale et au développement de l'agro-industrie. Sur les dix dernières années, en moyenne 38 % du produit intérieur brut provient de l'activité agricole avec une contribution de 26 % pour les produits vivriers (BAD/FAD, 2011).

Tributaire de la fertilité des sols, l'agriculture est de plus en plus confrontée à la dégradation progressive des ressources de la terre. Les terres agricoles s'épuisent à un rythme accéléré et les rendements des principales cultures baissent continuellement. En effet, le système traditionnel de jachère de longue durée a été progressivement remplacé par la jachère courte et la restauration de la fertilité des terres devient difficile par ce système. Dans ce contexte, l'agriculture est une source de dégradation des terres (Floquet et Mongbo, 1998). Ceci entraîne l'épuisement des terres et compromet la reproductibilité et la durabilité des systèmes de production. Il en résulte une diminution des rendements, une baisse des revenus agricoles et une aggravation de l'insécurité alimentaire.

Le Togo est confronté aujourd'hui à un défi majeur : lutter contre la pauvreté et accroître les revenus des ménages ruraux. Dans ce contexte, la sécurité alimentaire est devenue depuis quelques années déjà l'une des priorités du Gouvernement. Les productions nationales en cultures vivrières sont loin d'être satisfaisantes; des sommes considérables sont dépensées annuellement pour l'importation des céréales, surtout le riz. Compte tenu de la forte progression démographique, la préservation de l'écosystème conduirait à un gain économique collectif significatif (Bateman *et al.*, 2013). Les pays concernées ont déjà et auront encore besoin de toute la diversité de l'agriculture vivrière pour assurer leur sécurité alimentaire (Dumont et Vernier, 1997). Face à cette situation, le défi de la recherche agricole est énorme. Elle doit accroître la productivité et la compétitivité de l'agriculture en améliorant les rendements des cultures, la qualité des produits tout en conservant l'environnement. Toutefois, accroître la productivité agricole n'est pas chose évidente et dépend de plus en plus de l'adoption de technologies agricoles à haut rendement (Zeller

*et al.*, 1998). Ainsi, dans la riziculture irriguée où les terres agricoles sont exploitées tous les ans sans jachère, diverses solutions ont été proposées par la recherche, notamment l'utilisation des engrais chimiques. L'application de ces engrais était donc devenue une nécessité sans laquelle le riziculteur n'obtiendrait de rendement appréciable. D'autres solutions ont été proposées toujours dans l'optique de renforcement de la fertilité des sols. Il s'agit de l'apport fractionné de l'urée pour une utilisation rationnelle par la plante, des engrais chimiques sous forme de brique ou placement profond d'urée et l'enfouissement de la paille du riz. Ces technologies introduites devaient non seulement résoudre le problème de fertilité des sols mais aussi favoriser une amélioration de la production. Plusieurs études montrent que l'adoption de technologies améliorées permet d'accroître la productivité agricole, de surmonter la pauvreté et d'améliorer la sécurité alimentaire (Diagne *et al.*, 2012 ; Mwangi et Kariuki, 2015 ; Rousey *et al.*, 2015). Pour Baffoe-Asare *et al.* (2004), ces technologies permettent d'améliorer le bien-être social des ménages pauvres et d'accroître leur revenu. Cependant, les observations directes faites sur le terrain montrent que ces technologies ne sont qu'en partie ou presque pas adoptées et il importe de connaître les raisons ou les causes de cet état de fait.

Cette étude se penche spécifiquement sur les technologies de gestion de la fertilité des sols en riziculture irriguée. Elle vise à déterminer le taux d'adoption des technologies introduites et identifier les principales contraintes liées à l'adoption des technologies proposées aux riziculteurs.

## METHODOLOGIE

### ZONE D'ETUDE

L'étude s'est déroulée dans la région Maritime située entre les méridiens 0°40' et 1°50' de longitude Est et le parallèle 6° et 6°50' de latitude Nord (Adewi *et al.*, 2010). Elle couvre une superficie de 6397 km<sup>2</sup>, soit environ 11 % de la superficie du territoire national (DGSCN, 2011). La région Maritime représente près de 42 % de la population nationale. Son climat est de type équato-guinéen avec une alternance de saisons pluvieuses et de saisons sèches (DSID, 2012). Les précipitations s'y caractérisent par leur mauvaise répartition au cours de l'année. La

pluviométrie annuelle varie entre 600 et 1 300 mm (Adewi *et al.*, 2010). L'étude a été réalisée sur les pôles de développement rizicole de Mission-Tové et d'Agome-Glozou situés respectivement dans les vallées du Zio et du Mono à environ respectivement 35 et 90 km de Lomé. Les périmètres rizicoles de Mission-Tové et d'Agome-Glozou représentent les deux plus grandes localités de production du riz irrigué au Togo (MAEP, 2010). Sur ces périmètres, le système d'irrigation est de type gravitaire et les superficies irriguées sont actuellement de 360 ha pour Mission-Tové et de 20 ha pour Agome-Glozou. Les surfaces irrigables sont cependant de 660 ha à Mission-Tové et de 60 ha à Agome-Glozou. Ces deux périmètres bénéficient actuellement d'actions de réaménagement et d'extension à travers le Projet d'aménagement et de réhabilitation des terres agricoles de Mission Tové (PARTAM) et le Projet Basse Vallée du Mono (PBVM).

#### COLLECTE ET ANALYSE DES DONNEES

Pour évaluer le niveau d'adoption des technologies de production du riz, une enquête a été menée en novembre 2016 auprès de 250 producteurs de riz choisis de façon aléatoire dans quatre (4) villages situés dans la région Maritime: Mission Tové, Kovié, Ziowonu et Agome-Glozou. Cet échantillon représente 46 % des riziculteurs de la zone. L'unité d'enquête a été le chef de ménage rizicole. Le choix des riziculteurs a été fait par tirage randomisé sur la base d'une liste de producteurs de riz pratiquant leur activité dans la zone. L'outil de collecte utilisé a été un guide d'entretien structuré. Les informations contenues dans ce guide sont relatives aux caractéristiques socioéconomiques des exploitations (l'âge, le sexe, le niveau d'instruction, etc.), de même que les informations relatives à l'adoption des technologies et les contraintes liées à leurs utilisations.

Les technologies de gestion de la fertilité des sols comportent :

- l'apport d'engrais chimique à la dose de quatre (4) sacs de 50 kg de NPK 15-15-15 à l'hectare ;
- l'apport fractionné de l'Urée 46 % en deux temps ;
- l'enfouissement de la paille de riz et ;
- le placement profond d'urée briquette (PPU).

La statistique descriptive a été utilisée pour

caractériser les riziculteurs enquêtés et leurs systèmes de production. Les raisons ou causes de la non adoption des technologies et les défis rencontrés dans leur intégration dans le système de production ont été ressorties. L'index de détermination des taux d'adoption est calculé par le rapport du nombre de paysans utilisant les technologies sur le nombre total des paysans.

Les données recueillies auprès de riziculteurs ont été saisies et traitées à l'aide du logiciel SPSS version 20.

## RESULTATS

### CARACTERISTIQUES SOCIODEMOGRAPHIQUES

La riziculture dans la région Maritime est essentiellement tenue par les hommes (68,3 %). Les femmes représentent 31,7 % de l'échantillon. L'âge moyen de l'échantillon est de 43 ans avec une déviation standard de 9,9. Les hommes (45 ans) apparaissent plus âgés que les femmes (38 ans). Quant à la taille des ménages, la moyenne observée est de 8 personnes avec un écart-type de 3,4 personnes.

Les résultats de l'étude montrent que la plupart des enquêtés vivent en union (77 %), contre 11 % de célibataires et 8 % ayant perdu leur conjoint.

Le niveau global d'instruction dans la zone est de 84 %. On enregistre 15 % de riziculteurs n'ayant reçu aucune éducation. Environ 22 % des enquêtés sont instruits au moyen de l'éducation informelle (alphabétisation), 36 % ont fait le cours primaire, 25 % le collège. Du point de vue genre, les femmes sont moins instruites que les hommes. En effet, 11 % des femmes n'ont aucun niveau d'instruction contre 4 % des hommes. De même, seuls 7 % ont atteint le primaire et presque aucune le niveau secondaire ou le Lycée.

La vie associative est très développée au sein des producteurs de riz dans la zone d'étude. 87 % des riziculteurs appartiennent à des organisations paysannes. Le rôle essentiel de ces organisations paysannes se résume à la facilitation de l'accès aux membres, aux formations diverses, l'appui technique et l'accès aux crédits agricoles. Ces formations et appuis techniques proviennent des instituts de vulgarisation et de recherche, de même que

certaines organisations non gouvernementales (ONG) qui travaillent en collaboration avec les producteurs. L'accès aux crédits agricoles est assuré par les commerçants (26 %) et les structures financières décentralisées (65 %). En ce qui concerne l'expérience des enquêtés dans la pratique de la riziculture, la durée moyenne globale est de 14 ans avec une durée moyenne de 16 ans pour les hommes et 9 ans pour les femmes.

#### CARACTERISTIQUES DES EXPLOITATIONS AGRICOLES

Il ressort de l'étude que la superficie moyenne de l'échantillon est de 1,21 ha avec 1,42 ha pour les hommes et 1,15 ha pour les femmes. La plus petite superficie rencontrée a été de 0,18 ha et la plus grande de 4 ha. La production moyenne de riz blanc pour tout l'échantillon est de 2,13 tonnes soit 3,6 tonne de paddy. Cette production observée donne un rendement moyen de 2,5 tonnes/ha de riz paddy avec une répartition de 1,5 tonnes/ha pour les femmes et 2,2 tonnes/ha pour les hommes.

#### NIVEAU ET CONTRAINTES D'ADOPTION DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES

#### RIZICOLES

Le niveau d'adoption des innovations technologiques sur les pratiques agricoles issues du système de recherche national est présenté dans le Tableau 1. Les résultats montrent que l'apport d'engrais quatre sacs de NPK et deux sacs d'urée est adopté par 69 % des producteurs. En revanche, l'apport fractionné d'urée en deux temps est adopté par 95 % des riziculteurs.

Le placement profond d'urée (PPU) ou l'urée briquette est la technologie la moins adoptée de toutes (1,2 %). Plusieurs raisons ont été évoquées pour expliquer le faible taux d'adoption. Les riziculteurs évoquent le manque d'équipement (98 %). En effet, cette technologie nécessite beaucoup d'investissement (92 %). De plus, 63 % des enquêtés évoquent la non-disponibilité des engrais briquettes et 6 % des enquêtés évoquent le manque d'appui technique. L'enfouissement des résidus de récolte est adopté par 13 % des enquêtés. Cependant, 73 % trouvent que cette technologie n'est pas adaptée aux équipements (motoculteurs) utilisés pour le labour ; 42 % affirment qu'avec cette technologie, le coût du labour augmente.

**Tableau 1** : Adoption des technologies en fonction du sexe (%).

*Technologies adoption by sex (%)*

Technologies	Adoption	Femme	Homme	Total
Apport quatre sacs NPK et deux sacs Urée	Non	6,1	24,4	30,5
	Oui	25,6	43,9	69,5
Placement profond d'Urée (PPU)	Non	30,9	67,9	98,8
	Oui	1,2	0	1,2
Apport fractionné d'urée en deux temps	Non	0	4,9	4,9
	Oui	31,7	63,4	95,1
Enfouissement des résidus de récolte	Non	27,2	59,3	86,4
	Oui	4,9	8,6	13,6

## DISCUSSION

Les résultats ont montré que les technologies comme l'apport fractionné d'urée et l'apport d'engrais quatre sacs de NPK 15-15-15 et deux sacs d'urée ont été adoptés à plus de 60 %. Ceci en raison de la baisse de la fertilité des sols due à la surexploitation. L'utilisation des engrais chimiques est devenue une nécessité sans laquelle le producteur n'obtiendrait de bon

rendement. En effet, dans la production végétale la gestion de la fertilité est capitale dans la mesure où au plan agronomique, la fertilité est l'aptitude d'un sol à assurer la production (Traoré et Toé, 2008). Selon Cadellon (2014) elle est une mesure quantitative liée à la richesse du sol en éléments minéraux et sa gestion de la fertilité des sols est particulièrement importante car son maintien est nécessaire pour la durabilité des systèmes biologiques. D'autres études ont

également montré qu'en réponse à la baisse de la fertilité du sol, les riziculteurs ont recours aux fertilisants minéraux (Roose *et al.*, 2008 ; Ravelomanarivo, 2015). Ces technologies ont reçu l'adhésion de la plupart des riziculteurs. Cependant, les observations directes sur le terrain ont révélé que les engrais ne sont toujours disponibles au moment opportun pour les riziculteurs.

Le faible taux d'adoption de la technologie PPU s'explique par le fait que cette technologie exige une main d'œuvre abondante qui requiert sa mise en pratique. Aussi se pose-t-il le problème de disponibilité de ces briquettes. À ce jour, l'urée briquette est produite avec des machines de compactage importées du Bangladesh et avec l'appui financier de l'IFDC. Sur le plan technique l'exigence de perfection qui accompagne la diffusion de l'innovation auprès des producteurs concourt à sa désapprobation (Moser et Barrett, 2003). La vulgarisation de cette technologie exigera le développement de capacités pour fabriquer localement ces briquetteuses d'urée et assurer une plus grande disponibilité des briquettes pour les riziculteurs qui auraient adoptés cette nouvelle technologie. En effet, elle nécessite dans un premier temps, de disposer des briquettes. Or sur le marché local, ces briquettes n'existent pas, ce qui rend difficile sa mise en application. Toutefois, l'urée briquette présente un grand avantage qui est d'offrir à la plante une utilisation efficiente de l'urée et de ce fait réduire les coûts liés à l'achat d'engrais. La fertilisation organique et minérale surtout azotée est un facteur important de la productivité du riz, l'azote étant le facteur limitant (Saidou *et al.*, 2014). La pratique de fertilisation actuelle repose essentiellement sur les engrais minéraux et surtout l'utilisation de l'urée simple apportée à la volée, ce qui entraîne de nombreuses pertes. En effet, de nombreux auteurs ont montré que l'absorption de l'azote par le riz dans ces conditions est généralement de l'ordre de 30 % avec une grande partie de l'azote perdue (70 %) par volatilisation, dénitrification et même emportée par les eaux d'irrigation (IFDC, 2003). Segda (2006) a montré dans la plaine rizicole de Bagré au Burkina Faso que seulement 31 % de l'azote apporté sont utilisés par le riz. La nécessité d'améliorer l'efficacité de l'engrais azoté a conduit à la diffusion de l'urée briquette. Plusieurs auteurs ont montré que, placé en profondeur, les performances de l'azote sont accrues et il serait disponible pour la plante tout au long du cycle de la culture (Krishnan *et al.*,

2011 ; Nurudeen *et al.*, 2011 ; Yameago *et al.*, 2013). Selon IFDC (2009), l'urée placée en profondeur permettrait d'améliorer l'efficacité de l'azote de 50 %.

Malgré la pauvreté des sols dans la zone d'étude et de la nécessité de leur restauration, les riziculteurs enfouissent rarement la paille dans le sol. Ceci s'explique par le fait, qu'au cours du labour, les pailles s'enroulent dans les roues des motoculteurs du fait qu'elles ne sont pas broyées et entraînant parfois des pannes graves. Ainsi, les tractoristes n'aiment plus faire de labour dans les parcelles où les pailles sont éparpillées favorisant un coût supplémentaire du labour. Cette technologie présente aussi un inconvénient intrinsèque. En effet, en période de pluie, lorsque les pailles sont enfouies, leur décomposition conduit à une acidification du sol entraînant des réactions chimiques qui conduisent à la production du méthane, un gaz à effet de serre qui contribue au réchauffement climatique. On estime à 0,46 Gg la quantité de méthane produite annuellement par la riziculture au Togo (MERF, 2010). Toutefois, diverses études ont montré l'importance de la paille du riz pour la restauration des sols (Blank *et al.*, 1993 ; Jamin *et al.*, 2003 ; Monier *et al.*, 2009). Dans la pratique paysanne, la paille de riz considérée comme un sous-produit encombrant est majoritairement brûlée. Aujourd'hui, cette pratique peu compatible avec les bonnes pratiques agricoles et environnementales est remise en cause. Au champ, son enfouissement sous certaines conditions contribue à l'amélioration de la fertilité des sols de rizière (INRA, 2012). Des études ont montré qu'il existe un fort taux de matière organique dans la paille du riz (Blank *et al.*, 1993). C'est pour faire retourner cette quantité importante de matière organique dans le sol, que la recherche a préconisé son enfouissement dans le sol. La matière organique du sol est considérée, à raison, comme indicateur du potentiel de durabilité des écosystèmes de culture des savanes d'Afrique de l'Ouest (Feller, 1994). Sa très faible teneur dans ces sols rizicoles surexploités ne permet pas de soutenir des niveaux de production convenables. Pour corriger cela, il est nécessaire d'avoir recours à des fumures organiques accessibles aux producteurs, comme la paille du riz, afin d'assurer une bonne alimentation des plantes et de gérer de manière durable ces écosystèmes. Une étude conduite par Bekayo (1998) sur deux périmètres irrigués au Nord de

N'Djamena au Tchad a montré que l'incorporation au sol de 7,5 t/ha de paille de riz avec du fumier comme activateur, avait le même effet sur le rendement en riz paddy que 200 kg/ha d'engrais minéral NPK 15 15 15.

Si les producteurs n'adoptent pas suffisamment les technologies, c'est en partie dû au manque d'informations. En effet, le manque d'informations disponibles sur les performances des systèmes de culture innovants amène les agriculteurs à évaluer ces systèmes en fonction de leur expérience et de leurs connaissances (Roosy *et al.*, 2015). Ils effectuent leurs choix en fonction de leur perception de l'innovation et de leurs contraintes propres. Une innovation perçue comme plus risquée par les agriculteurs a donc une probabilité plus faible d'être adoptée. De plus, en fonction de leur contexte de production, les riziculteurs développent des préférences pour certaines caractéristiques de l'innovation. C'est le cas lorsque les producteurs mettent en pratique la technologie avec une certaine modification de leur part. L'adoption d'une innovation engendre des incertitudes supplémentaires pour les riziculteurs qui s'ajoutent aux nombreux risques encourus dans le contexte de production actuel. Il s'agit de la volatilité des prix, des contraintes réglementaires, etc. Les préférences face au risque, plus précisément l'aversion au risque des agriculteurs, ont été mises en évidence comme un frein significatif à l'adoption d'innovations dans l'exploitation agricole (Marra *et al.*, 2003 ; Couture *et al.*, 2010). Sur les périmètres irrigués de la région Maritime, surtout de la vallée de Zio, il existe cet égo des producteurs estimant être dans la riziculture depuis des années et maîtrisant tout de cette culture. Ce qui constitue aussi un point d'achoppement à l'adoption des technologies dans la vallée de Zio.

En somme, il faut retenir que les technologies de gestion de la fertilité des sols sont très peu appréciées par les riziculteurs. Plusieurs études ont mis en exergue le faible niveau d'adoption de ces technologies malgré leurs performances techniques (Yegbemey *et al.*, 2014 ; Yabi *et al.*, 2016). Ces technologies ne seront adoptées que si elles sont acceptables, répondant aux besoins et sont compatibles avec les conditions socioéconomiques des exploitants agricoles (Adegbola et Sodjinou, 2003). Les travaux de Bandaogo (2010) ont montré que les technologies d'intensification agricoles ont souvent échoué au niveau de l'application en raison de l'inadaptation de certaines techniques

aux sols considérés et/ou par absence de prise en compte de facteurs socio-économiques, naturels ou humains limitatifs. Abondant dans le même sens, Suri (2011) observe que l'adoption des technologies nouvelles comporte également des coûts, de sorte que les fermiers ayant des rendements faibles n'adoptent pas les technologies.

## CONCLUSION

L'étude a permis d'analyse des contraintes liés à l'adoption de quelques technologies de gestion et de conservations des sols et des eaux. La baisse de la fertilité des terres rizicoles conduit les riziculteurs à une mauvaise pratique de certaines technologies comme l'apport d'engrais qui ne nécessite pas de mobiliser une main d'œuvre importante. Par contre, les technologies comme le PPU nécessitent non seulement une main d'œuvre importante mais aussi et surtout la disponibilité des briquettes. Ces deux éléments n'étant pas suffisants, cette technologie reste la moins adoptée de toutes celles évaluées au cours de notre enquête. L'enfouissement de la paille du riz comporte en son sein un frein car il est source d'émission de gaz à effet de serre lorsqu'il n'est pas utilisé dans de bonnes conditions. Aussi, le fait que la paille n'est pas broyée avant l'enfouissement, elle freine le labour mécanique conduisant parfois à une augmentation du coût. Il a également été signalé le manque d'informations sur les technologies diffusées.

## REFERENCES

- Adegbolo P., E. Sodjinou. 2003. Typologie des exploitations agricoles au Sud du Bénin. Contribution à l'atelier scientifique Sud du Bénin, 4<sup>ème</sup> Edition, 12 - 14 p.
- Adewi E., K. M. Badameli et V. Dubreuil. 2010. Evolution des saisons des pluies potentiellement utiles au Togo de 19500 à 2000. *Climatologie*, 7 : 89 - 107.
- BAD/FAD. 2011. Document de stratégie pays 2011-2015. Département des opérations pays-Région Afrique de l'Ouest, 37 p.
- Baffoe-Asare R., J. A. Danquah, F. Annor-Frempong. 2013. Socioeconomic Factors Influencing Adoption of Codapec and Cocoa High-tech Technologies among Small Holder Farmers in Central Region of Ghana, 16p. *American Journal of Experimental Agri-*

- culture*, 3 (2) : 277 - 292.
- Bandaogo A. 2010. Amélioration de la fertilité azotée en riziculture irriguée dans la vallée du Kou à travers la technologie du placement profond de l'urée super granulée, Mémoire de DEA Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, 47 p.
- Bateman I. J., A. R. Harwood, G. M. Mace, R. T. Watson, D. J. Abson, B. Andrews, A. Binner, A. Crowe, B. H. Day, S. Dugdale, C. Fezzi, J. Foden, D. R. Hadley, M. Haines-Young, M. Hulme, A. Kontoleon, A. A. Lovett, P. Munday, U. Pascual, J. Paterson, G. Perino, A. Sen, G. Siriwardena, D. van Soest, M. Termansen. 2013. Bringing Ecosystem Services into Economic Decision Making: Land Use in the United Kingdom. *Science*, 341 : 45 - 50.
- Bekayo N. D. 1998. Etude d'amélioration de la fertilité de sol sous culture de riz irrigué par le compost. Rapport d'étude, ITRAD, N'Djamena, Tchad.
- Blank S. C., K. Jetter. M. C. Wick. J. F. Williams. 1993. Incorporating rice straw into soil may become disposal option for growers. *California Agriculture*, 47 (4) : 8 - 12.
- Cadellon A. 2014. Fertilité des sols, la gérer maintenant pour mieux produire demain. AlterAgri novembre-décembre. 12 p.
- Couture S., A. Reynaud, J. Dury. 2010. Farmer's Risk Attitude : Reconciling Stated and Revealed Preference Approaches Fourth World Congress of Environmental and Resource Economists, 25 p.
- DGSCN. 2011. Recensement général de la population et de l'habitat, Résultats définitifs, Bureau central de recensement, UNFPA, PNUD, UNICEF, Lomé, Togo, 65 p.
- Diagne A., P. M. Dontsop-Nguezet, F. M. Kinkingninhoun-Medgabé, D. Alia, P. Y. Adégbola, M. Coulibaly, S. Diawara, L. Dibba, N. Mahamood, M. Mendy, V. T. Ojehomon et A. N. Wiredu. 2012. The impact of adoption of NERICA rice varieties in West Africa», SPIA Pre-conference workshop; 28th IAAE conference, Foz do Iguaçu, Brazil, August 18, 58 p.
- DSID. 2012. Recensement national agricole du Togo, 140 p.
- Dumont R., P. Vernier. 1997. L'igname en Afrique : des solutions transférables pour le développement. *Cahier de la recherche/développement*, 44 : 115 - 120.
- Feller C. 1994. La matière organique du sol, un indicateur potentiel de la durabilité des systèmes de culture dans les zones tropicales arides et subarides de l'Afrique de l'Ouest. *In* : Réseau Erosion. Bulletin 14, ORSTOM, pp 82 - 97.
- Floquet A., G. Nouatin, J. M. Menou. 1998. Jachère plantée à *Acacia auriculiformis*. Contribution à l'atelier sur les cultures en couloirs et l'agro foresterie organisé par l'INRAB les 2 et 3 février 1998 à Cotonou, Bénin, 11p.
- IFDC. 2003. More Rice with Reduced Loss of Urea. An IFDC Project to Improve Fertilizer Nitrogen Efficiency for Rice Production. Financed by the International Fund for Agricultural Development. July 2003, 11 p.
- IFDC. 2009. An uptake on the work and progress at IFDC. IFDC Report, 34 (3) : 1 - 12.
- INRA. 2012. La paille de riz : pratiques au champ et filières de valorisation pour un développement durable. Plaquette de vulgarisation. INRA – UMR Innovation – Montpellier, France, 36 p.
- Jamin J. Y., L. Seiny Boukar, C. Floret. 2003. L'utilisation du compost est-elle une solution pour une production agricole durable des savanes africaines ? Actes du colloque, Garoua, Cameroun. Prasac, N'Djamena, Tchad - CIRAD, Montpellier, France, 3 p.
- Krishnan P., B. Ramakrishnan, K. R. Reddy, V.R. Reddy. 2011. High-temperature effects on rice growth, yield, and grain quality. *Advances in Agronomy*, 111 : 87 - 206.
- MAEP. 2010. Stratégie nationale de développement de la riziculture. Document technique, 47 p.
- Marra M., D. J. Pannell, A. Abadi Ghadim. 2003. The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: where are we on the learning curve? *Agricultural Systems*, 75 (2 - 3) : 215 - 234.
- MERF. 2010. Deuxième communication nationale sur les changements climatiques. FEM, PNUD, UNFCC. 148 p.
- Monier C., J. C. Mouret, R. Hammond. 2009. La paille de riz : Pratiques au champ et filières de valorisation pour un développement durable. Riziculture Camarguaise, INRA, CFR, 39 p.
- Moser C. M., C. B. Barret. 2003. The disappointing adoption of a yield increasing, low external input technology: the case of SRI in Madagascar. *Agricultural Systems*, 76: 1085 - 1100.
- Mwangi M., S. Kariuki. 2015. Factors Determining Adoption of New Agricultural Technology by Smallholder Farmers in Developing Countries. *Journal of Economics and*

- Sustainable Development*, 6 (5) :1 - 10.
- Nurudeen A. R. 2011. Decision support system for agro-technology transfer (DSSAT) model simulation of maize growth and yield response to NPK fertilizer application on a benchmark soil of Sudan savanna agro-ecological zone of Ghana. Master of Science thesis. Department of Crop and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Kwame Nkrumah University of Science and Technology Kumasi, Ghana, 120 p.
- Ravelomanarivo E., D. du Portal, F. Bourgois. 2015. La fertilisation en riziculture irriguée : Valorisation d'essais comparatifs de fertilisation minérale et/ou organique pratiqués en milieu paysan dans le sud-est de Madagascar, 10 p.
- Roose E., J. Albergel, G. De Noni, M. Sabir, A. Laouina. 2008. Efficacité de la GCES en milieu semiaride, AUF, EAC et IRD éditeurs, Paris. 425 p.
- Roussy C., A. Ridier, K. Chaib. 2015. Adoption d'innovations par les agriculteurs : rôle des perceptions et des préférences. Working Paper SMART – LERECO N°15 - 03, INRA, Agro Campus Ouest, 37 p.
- Saidou A., K. D. Gnakenou, I. Balogoun, S. R. Hounnahi, M. V. Kindomihou. 2014. Effet de l'urée et du NPK 15-15-15 perlés et super granulés sur la productivité des variétés de riz IR841 et NERICA-L14 en zone de bas-fond au Sud-Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 77 : 6575 - 6589.
- Segda Z. 2006. Gestion de la fertilité du sol pour une production améliorée et durable du riz (*Oriza sativa* L.) au Burkina Faso. Cas de la plaine irriguée de Bagré. Thèse présentée à l'UFR/ SVT. Thèse Doctorat Université de Ouaga, Burkina Faso, 202 p.
- Suri T. 2011. Selection and Comparative Advantage in Technology Adoption. *Econometrica*, 79 (1) : 159 - 209.
- Traoré K., A. M. Toé. 2008. Capitalisation des initiatives sur les bonnes pratiques agricoles au Burkina Faso. Rapport de consultation, MAHRH/DVRD, Ouagadougou, Burkina Faso, 99 p.
- Yabi J. A., F. X. Bachabi, I. A. Labiyi, C. A. Ode, R. L. Ayena. 2016. Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols utilisées dans la commune de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin. *Int. J. Bio. Chem. Sci* 10 (2) : 779 - 792.
- Yameogo P. L., Z. Segda, D. Dakouo, M. P. Sedogo. 2013. Placement profond de l'urée et amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'azote en riziculture de Karfiguela au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 70 : 5523 - 5530.
- Yegbemey R. N., J. A. Yabi, G. B. Aihounon, A. Paraiso. 2014. Modélisation simultanée de la perception et de l'adaptation au changement climatique : cas des producteurs de maïs du Nord Bénin (Afrique de l'Ouest). *Cahier d'Agriculture*, 23 (3) : 177 - 187.
- Zeller M., B. Minten, C. Lapenu, E. Ralison, C. Randrianarisoa. 1998. Les liens entre croissance économique, réduction de la pauvreté, et durabilité de l'environnement en milieu rural à Madagascar. Synthèse du Cahier de la Recherche sur les Politiques Alimentaires, No. 19, Juillet 1998, IFPRI/ FOFIFA, Antananarivo, Madagascar, 12 p.