

MODERNISATION ET PRODUCTIVITE DU SECTEUR AGRICOLE EN AFRIQUE DE L'OUEST

ADEGOUTE Serge*, **ALINSATO Alastaire**** et **IGUE Charlemagne Babatoundé*****

* Chaire OMC-CIDI/FASEG, Université d'Abomey-Calavi/ E-mail : aadlyserge@yahoo.fr

** Secrétaire Scientifique de la Chaire OMC-CIDI/Enseignant-Chercheur à la FASEG, Université d'Abomey-Calvi/E-mail : alastaires@yahoo.fr

*** Titulaire de la Chaire OMC-CIDI/Enseignant-Chercheur à la FASEG, Université d'Abomey-Calvi/E-mail : charlyigue@yahoo.fr

Résumé

Cet article étudie l'effet de la modernisation sur la productivité du secteur agricole en Afrique de l'Ouest. L'étude porte sur huit (8) pays de l'Afrique de l'Ouest et couvre la période 1990 à 2015. La modernisation agricole a été captée par les machines agricoles et la superficie totale de terre dotée d'équipements d'irrigation. À partir d'un modèle empirique sur les données de panel, cette étude montre que ces deux variables (les machines agricoles et la superficie totale de terre dotée d'équipements d'irrigation) ont un effet positif sur le niveau de la productivité agricole par actif de ces pays de l'Afrique de l'Ouest. Outre ces variables affectant la productivité agricole par actif, l'étude révèle que la disponibilité suffisante du crédit agricole, d'engrais, le capital humain sera d'une importance particulière à l'épanouissement du secteur agricole. Ces résultats autorisent la mise en évidence des politiques de promotion de la modernisation du secteur agricole en Afrique de l'Ouest, qui entraînerait une amélioration du bien-être de ces pays via une amélioration de la productivité agricole.

Mots clés : la modernisation, le capital humain, crédit agricole et Productivité agricole par actif.

Abstract

This article examines the effect of modernization on the productivity of the agricultural sector in West Africa. The study covers eight (8) West African countries and covers the period from 1990 to 2015. The agricultural modernization was captured by agricultural machinery and the total area of land equipped with irrigation equipment. Based on an empirical model of panel data, this study shows that these two variables (farm machinery and total land area with irrigation equipment) have a positive effect on the level of agricultural productivity per year, active in these West African countries. In addition to these variables affecting agricultural productivity by asset, the study reveals that the availability of sufficient agricultural credit, fertilizer, human capital will be of particular importance to the development of the agricultural sector. These results make it possible to highlight policies to promote the modernization of the agricultural sector in West Africa, which would lead to an improvement in the welfare of these countries through an improvement in agricultural productivity.

Key words: modernization, human capital, agricultural credit and agricultural productivity by asset.

* Chaire OMC-CIDI/FASEG, Université d'Abomey-Calavi/ E-mail : aadlyserge@yahoo.fr

** Secrétaire Scientifique de la Chaire OMC-CIDI/Enseignant-Chercheur à la FASEG, Université d'Abomey-Calvi/ E-mail : alastaires@yahoo.fr

*** Titulaire de la Chaire OMC-CIDI/Enseignant-Chercheur à la FASEG, Université d'Abomey-Calvi/E-mail : charlyigue@yahoo.fr

1- Introduction

La population d'Afrique Subsaharienne qui devrait atteindre 1 998 millions d'habitants en 2050, selon les Nations Unies (ONU, 2007) subit actuellement une transition démographique. Même si la croissance de la population (3% de taux annuel moyen) sur la période de 1960 à 2001 s'est accompagnée également d'un accroissement de la population agricole au taux moyen annuel de 1,9 %, la production agricole alimentaire agrégée n'a cru que de 2,6 %. Sur cette même période, la population agricole a dû nourrir une proportion sans cesse croissante de personnes ne travaillant pas dans l'agriculture selon un ratio passé de 2,6 à 3,7 (Benoit-Cattin et Dorin, 2012). L'amélioration de la productivité du travail de l'ensemble des agriculteurs en Afrique Subsaharienne constituera donc un facteur clé de la satisfaction des besoins alimentaires des populations dans un environnement international marqué par une instabilité des prix des produits alimentaires sur le marché international rendant le recours aux importations de plus en plus onéreux et incertain. Pourtant, la productivité du travail agricole, certes en hausse, demeure faible par rapport à celle de la terre dans les principales régions d'Afrique Subsaharienne à l'exception de l'Afrique australe (SIDE C. 2013).

En outre, la productivité du travail en Afrique Subsaharienne reste très en deçà de celle des autres régions du monde notamment l'Amérique du nord où un actif agricole produit 1,8 million de kcal végétales par jour contre 12 200 kcal pour un actif agricole subsaharien (Douillet et Girard, 2013).

La productivité du travail étant liée à la quantité moyenne de production par hectare cultivée et à la surface cultivée par actif agricole. Le niveau de mécanisation de l'agriculture en Afrique Subsaharienne est et sera un déterminant majeur de l'évolution de la productivité du travail agricole à moyen et long terme dans cette partie du monde. En effet, cette productivité est expliquée par un faible niveau d'irrigation, d'utilisation de semences et plants améliorés, d'engrais, de races améliorées et des produits phytosanitaires et zoo sanitaire, d'investissement dans la mécanisation, etc. Elle est également le résultat d'une inadaptation des intrants disponibles et accessibles. Par exemple, Pour ce qui est des intrants et du capital, il est frappant de constater le peu de progrès réalisés alors que pendant les années 2000, l'agriculture africaine semblait bénéficier relativement d'une plus grande attention de la part des organisations internationales. A titre d'exemple, la consommation moyenne d'engrais en Afrique a à peine dépassé les 18 kg d'unités fertilisantes (N, P₂O₅ et K₂O, toutes confondues) par hectare en 2012. Ce niveau reste très en dessous de la consommation nécessaire pour conserver la fertilité des sols et très loin du niveau de consommation permettant d'assurer une croissance de la production. A titre de comparaison, dans le reste du monde et à la même année, cette consommation a été en moyenne sept fois plus élevée, soit près de 130 Kg/ha. Cette situation ne semble pas s'améliorer puisqu'entre 2000 et 2012, le taux annuel de croissance de la consommation d'engrais en Afrique n'a été que de 0,44% en moyenne alors que dans le reste du monde, ce taux a été en moyenne de 2,18%.

Par ailleurs, les différents programmes de mécanisation de l'agriculture mis en œuvre par les gouvernements des pays d'ASS avec la collaboration des partenaires au développement entre 1960 et la fin des années 1990 à travers le soutien au développement de la mécanisation attelée et de la mécanisation motorisée ont obtenu des résultats en dessous des attentes (Clarke et Bishop, 2002). Les niveaux de mécanisation et d'équipement des superficies pour l'irrigation, deux facteurs essentiels à l'atténuation des risques et l'amélioration de la productivité agricole sont vraiment mitigés en Afrique de l'Ouest.

Par ailleurs, dans le reste du monde, l'un des facteurs clés de la croissance du secteur de l'agriculture a été la mécanisation. En 2012, le nombre de machines agricoles utilisées en Afrique a été de 1,8 par mille hectares alors que dans le reste du monde ce nombre a été 18

fois plus important, soit 31,9 par mille hectares. En termes de taux de croissance, ce nombre de machines a connu même une légère régression entre 2000 et 2012, alors que dans le reste du monde, et pendant la même période, ce nombre a connu une progression de 24%, soit une croissance annuelle de 1,9%.

La mécanisation agricole selon Pingali et al. (1987) et Holtkamp (1991) recouvre l'emploi des outils et des machines pour la mise en valeur des terres, la production et les techniques post-récolte. A ce titre elle inclut les trois principales sources d'énergie : humaine, animale et mécanique et s'étend aux services liés à la mécanisation tels que le financement, la fabrication, la distribution, la réparation et l'entretien des matériels agricoles, ainsi que la formation, le conseil et la recherche agricoles. Et par conséquent, elle s'intéresse également aux politiques économiques et institutionnelles ayant des effets directs ou indirects sur l'équipement agricole (Side c. Havard M. 2014). Depuis 1990, selon Faostat, les effectifs de tracteurs sont stables en Afrique (530 000 à 550 000 unités), mais aussi en Afrique de l'Ouest (45 000 unités), du Centre (16 000 unités) et de l'Est (74 000 unités). En 2003, la majorité des tracteurs sont dans les pays suivants d'AO : Nigéria (30 000), Côte d'Ivoire (3 800), Ghana (3 600), Mali (2 600), Burkina Faso (2 000), et du Centre : Angola (10 000), République Démocratique du Congo (2 500). Dans les autres pays, les effectifs sont inférieurs à 2 000 tracteurs. Moins de 5 %, et le plus souvent moins de 1 % des exploitations agricoles d'ASS possèdent des tracteurs : 0,4% au Burkina Faso en 2006 par exemple.

L'Afrique de l'Ouest est l'une des régions du monde où le recours à l'énergie humaine dans le cadre des activités agricoles est le plus répandu avec deux tiers des terres cultivées manuellement avec des disparités régionales importantes (Clarke et Bishop, 2002). En effet, l'énergie agricole humaine y est à 65 %, animale 25 % et mécanique seulement pour 10 %. Plus particulièrement, l'Afrique centrale est la sous-région où l'énergie humaine est dominante 85% en agriculture tandis que l'utilisation de l'énergie animale est relativement répandue en Afrique de l'Ouest et qu'en Afrique australe, on assiste à un relatif développement de l'utilisation des tracteurs.

Face à ce constat et au regard de l'importance de l'agriculture en Afrique de l'Ouest, le défi de l'accroissement de la productivité de l'agriculture en AO à travers l'amélioration durable du niveau de mécanisation des agricultures familiales s'avère une problématique capitale. D'où notre question de recherche : quel est l'effet de la modernisation (mécanisation agricole et la superficie totale dotée d'équipements d'irrigation) sur la productivité agricole en l'AO ?

La suite de cet article, sera subdivisée en quatre sections. La première section sera consacrée à la revue de littérature. La deuxième section présentera la méthodologie de recherche adoptée et les données. La troisième section expose les résultats, l'analyse et la discussion tandis que la dernière section conclut l'action.

2. L'impact de la mécanisation sur la productivité agricole: des approches théoriques aux travaux empiriques

Plusieurs études ont été menées sur l'impact de la mécanisation agricole sur la production, la productivité, l'intensité culturale, l'emploi humain et la génération de revenus. Différents chercheurs ont conclu que la mécanisation agricole améliore la production et la productivité des différentes cultures en raison de la rapidité des opérations, de la qualité des opérations et de la précision dans l'application des intrants.

Gongalez V. (2009) a conclu dans le même sens que la technologie améliore la productivité agricole des producteurs en République Dominicaine. En particulier, il a analysé l'impact direct du programme pour le soutien technologique dans le secteur agricole (PATCA).

L'analyse s'appuie sur un ensemble de données unique rassemblé par l'unité d'exécution de PATCA et l'enquête a porté sur 1 572 agriculteurs qui pratiquent la culture, l'élevage ou la production du lait. En utilisant une technique d'appariement par score de propension, ils ont trouvé que les technologies financées par PATCA ont effectivement amélioré la productivité des producteurs et éleveurs de riz. Selon l'enquête NCAER (1980) portant sur 815 ménages agricoles dans 85 villages, l'augmentation était de 72% dans le cas du sorgho et de 7% dans le cas du coton par rapport aux fermes traditionnelles de bouvillons. Pour Madras I. (1975) l'augmentation de la productivité dans les fermes possédant des tracteurs variait entre 4,1 et 54,8%. La hausse en pourcentage était relativement faible dans les fermes d'embauche sur mesure par rapport aux fermes propriétaires de tracteurs en raison du niveau plus élevé des intrants et d'un meilleur contrôle de la rapidité des opérations. Ces augmentations de productivité ont donc été attribuées à des doses plus élevées d'engrais, d'irrigation et de mécanisation. De plus, le pourcentage de surface cultivée brute irriguée était positivement lié à l'intensité culturale. De même, Chopra (1974) a comparé la situation avant et après l'introduction des tracteurs des propriétaires de fermes. Il arrive à la conclusion selon laquelle l'intensité culturale aurait été plus élevée après l'introduction des tracteurs.

Balasanakari et Salokhe (1999) ont mené une enquête auprès de 88 agriculteurs utilisant un tracteur à Coimbatore. De tous les répondants, 67% des répondants ont indiqué que l'utilisation du tracteur aide à surmonter les pénuries de main-d'œuvre pendant la haute saison le temps d'utiliser le tracteur au lieu du travail manuel et cela a permis une augmentation de la productivité agricole du travail.

Balisher, Gupta et Singh (1991) ont mené une étude dans le district de Mathura de l'Uttar Pradesh sur la base de trois niveaux de mécanisation: (i) fermes non mécanisées n'ayant ni puits tubulaire ni tracteur; (ii) les exploitations partiellement mécanisées et (iii) les exploitations mécanisées possédant à la fois un puits tubulaire et un tracteur. Le rendement était plus élevé d'environ 10 à 27 pour cent dans les exploitations mécanisées et d'environ 2 à 26 pour cent dans les exploitations partiellement mécanisées par rapport aux exploitations non mécanisées pour toutes les principales cultures des exploitations échantillonnées. Dans la plupart des études, des rendements plus élevés dans les fermes tractées étaient associés à des niveaux plus élevés d'utilisation d'engrais et d'irrigation, mais sans tests statistiques. Azhar (1991) a utilisé des données transversales tirées d'une enquête menée au Pakistan par l'Office de développement de l'eau et de l'énergie (WAPDA) pour l'année 1976-1977 pour évaluer l'impact des variétés à haut rendement combinées aux antécédents scolaires des agriculteurs sur la productivité agricole. Il a utilisé une fonction de production modifiée de Cobb-Douglas pour évaluer l'impact de différents facteurs sur la productivité de diverses cultures. Les déterminants de la productivité agricole inclus dans la fonction de production Cobb-Douglas par Azhar étaient, outre les facteurs traditionnels tels que la superficie cultivée et la main-d'œuvre, l'irrigation, l'engrais azoté, l'engrais phosphoreux, le fumier et les années de scolarité. Il a par erreur exclu l'apport essentiel du capital. Il a estimé l'équation linéarisée de la fonction de production de Cobb-Douglas comme certains auteurs (Tripathi et al. (2008), Velasco (2001), Wanjiru M. et Ruigu G. (2017)) à l'aide de la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO). Pour d'autres, des installations d'irrigation par puits tubulaires et d'énergie mécanique, l'utilisation de tracteurs et de machines agricoles aident les agriculteurs à augmenter l'intensité culturale de leurs fermes (Patil & Sirohi, 1987 ; Singh, 2001).

KEDE G. (2015) a étudié l'effet des politiques commerciales stratégiques sur la productivité agricole des pays de l'UEMOA. L'étude porte sur les huit (8) pays de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) et couvre la période 1994 à 2014. La politique commerciale stratégique a été captée par la subvention des états à l'agriculture et le taux de protection. À partir d'un modèle empirique sur les données de panel, cette étude montre que

ces deux variables (la subvention des états à l'agriculture et le taux de protection) ont un effet positif sur le niveau de la productivité agricole des pays de l'UEMOA. Outre ces variables affectant la productivité agricole, l'étude révèle que la disponibilité suffisante, adapté en machine agricole et en terre fertile sera d'une importance particulière à l'épanouissement du secteur agricole. Par ailleurs Wanjiru M. et Ruigu G. (2017) indiquent qu'une augmentation de 1% des dépenses publiques, des précipitations annuelles, de la force de travail a entraîné une augmentation de la productivité agricole de 0,06% ; 0,09% ; 0,19% respectivement.

En estimant la relation à long terme entre la production agricole à des variables comme les terres cultivées, la main-d'œuvre et le capital (coût des intrants achetés), Abugamea (2008) a utilisé les procédures de co-intégration de Johansen-Granger. L'étude a révélé une relation négative significative entre le capital et la production agricole. Sur une longue période, le coût des intrants a eu un impact négatif sur la production agricole.

Par ailleurs un certain nombre d'auteurs ont montré les effets négatifs de la modernisation sur la productivité agricole. C'est le cas par exemples de Aggarwal (1983) qui a analysé les données d'un échantillon de 240 fermes situées dans les principales régions productrices de blé du Punjab pour la campagne 1971-72. Son étude a révélé que l'utilisation de tracteurs au lieu de bouvillons pour labourer et semer n'a pas augmenté le rendement des variétés de blé à haut rendement. Il semble que l'avantage de la rapidité de fonctionnement d'un tracteur est négligeable, lorsque la récolte précédant le blé peut être récoltée et battue suffisamment tôt et que la terre peut être labourée et semée à temps, même dans les fermes à taurillons. Contrairement à l'effet neutre de l'utilisation du tracteur sur le rendement en blé, l'utilisation de puits tubulaires par rapport aux canaux s'est avérée avoir un effet positif significatif sur la productivité. Aussi, Singh (2000) a suggéré une approche analytique pour étudier la dynamique de croissance des intrants agricoles et leur effet sur la productivité dans le Madhya Pradesh. Il a constaté que l'impact de la puissance agricole jusqu'à 1 kW / ha n'était pas significatif.

Les coefficients de régression normalisés valeurs estimées à partir des données de séries chronologiques, exposées que les engrais (42%) sont la contribution la plus importante, suivie par l'irrigation (38%) et la puissance (18%), mais à partir des données spatiales pour l'année 1996-1997, il est apparu que l'irrigation (0,52) a joué le rôle le plus vital suivi par l'engrais (0,38) et la puissance (0,05) dans l'augmentation de la productivité des cultures. La relation entre le rendement des grains et les intrants, calculée à partir des équations des séries chronologiques et des données spatiales, a également révélé des tendances identiques et, par conséquent, l'équation de régression pourrait être utilisée pour planifier les facteurs de rendement Zepeda (2001) a examiné l'investissement agricole et la productivité dans le contexte des pays en développement. L'étude a utilisé plusieurs modèles de croissance de la production (indices ou techniques de comptabilité de croissance, estimation économétrique des relations de production non due à l'augmentation des intrants. Les résultats montrent une relation relativement faible entre le capital physique et la croissance, par rapport à l'investissement dans la technologie et le capital humain. D'autres facteurs ont été trouvés comme stimulants de la croissance: l'environnement politique, la stabilité politique et la dégradation des ressources naturelles (Production et approches non paramétriques) pour mesurer la variation de la production, identifier la contribution relative des différents intrants à la croissance ou la croissance de la productivité.

Fulginiti et al. (1998) ont examiné les changements de la productivité agricole dans dix-huit pays en développement au cours de la période 1961-1985. L'étude a utilisé un indice malmquist non paramétrique basé sur la production et un coefficient variable paramétrique de la fonction de production de Cobb-Douglas pour examiner si la baisse de la productivité agricole dans les pays moins développés était due à l'utilisation d'intrants. L'analyse

économétrique a indiqué que la plus grande partie de la croissance de la production était imputée aux intrants commerciaux comme les machines et les engrais.

Chavas (2001) a analysé la productivité agricole internationale en utilisant des méthodes non paramétriques pour estimer les indices de productivité. L'analyse a utilisé les données annuelles de la FAO sur les intrants et les produits agricoles de douze pays en développement entre 1960 et 1994. Les indices d'efficacité technique pour les résultats d'analyse des séries temporelles suggèrent qu'en général la technologie du début des années 90 était similaire à celle du début des années soixante. Cela a montré que l'amélioration de la production agricole n'était pas due à la technologie mais à d'autres intrants tels que les engrais et les pesticides. Les résultats empiriques généraux n'ont indiqué que de faibles preuves du changement technique agricole et de la croissance de la productivité, à la fois dans le temps et entre les pays. Il y avait beaucoup de preuves d'une forte croissance de la productivité dans l'agriculture au cours des dernières décennies correspondant à des changements dans les intrants pour parvenir à une sécurité alimentaire durable.

3. Aspects méthodologiques

Cette section de l'article sera subdivisée en deux parties. La première sera consacrée à la spécification du modèle et la seconde, présentera les techniques d'analyse, les sources de données et l'échantillon.

3.1 Spécification du modèle

Se référant au modèle Issiyaka et al (2010), Kede G. (2015) a cherché à analyser l'incidence des politiques commerciales stratégiques sur la productivité agricole des pays de l'UEMOA à travers des régressions qui utilisent des procédures des données de panel. Le modèle de base se présente comme suit :

$$\ln(P)_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(M)_{it} + \alpha_2 \ln(S)_{it} + \alpha_3 \ln(T)_{it} + \alpha_4 \ln(K)_{it} + \alpha_5 \ln(Q)_{it} + \alpha_6 \ln(F)_{it} + \mu_{it}$$

avec : $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ et α_6 les paramètres de l'équation ;

Pit la valeur ajoutée de la production agricole de l'année t ; Kit le capital humain de l'année t ; Sit la subvention de l'état à la production de l'année t ; Tit sont les prélèvements rassemblés sur les marchandises qui écrivent le pays ou les services fournis par des non-résidents aux résidents. Elles incluent des prélèvements imposés pour le revenu ou la protection et déterminés sur une base spécifique ou ad valorem de l'année t ; Mit une variable de mécanisation agricole qui mesure quantité de machine utilisée dans la production en année t. Qit une autre variable de mécanisation agricole qui mesure quantité de fertilisant utilisée dans la production en année t (kilogrammes par hectare de terres arables). Tit les terre arable disponible en hectare ; Mit désigne le terme d'erreur.

3.1.1. Spécifications du modèle d'analyse

S'inspirant du modèle ci-dessus auquel nous apportons des modifications compte tenu d'une part, de certaine spécificité propre aux politiques agricoles de la CEDEAO et d'autre part, compte tenu de nos objectifs de recherche, le model suivant est spécifié.

3.1.2. Présentation du modèle

A la lumière de ce développement le modèle en donnée de panel suivant est retenu :

$$\ln(\text{PA}/w)_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(\text{Créd-agri})_{it} + \alpha_2 \ln(\text{Sup_Cul})_{it} + \alpha_3 \ln(\text{Trac})_{it} + \alpha_4 \ln(\text{Capital_Hu})_{it} + \alpha_5 \ln(\text{Engrais})_{it} + \alpha_6 \ln(\text{Irrigat})_{it} + \mu_{it}.$$

$(\text{PA}/W)_{it}$: la valeur ajoutée par travailleur de la production agricole de l'année t ;

$(\text{Crédit})_{it}$: le crédit agricole de l'année t ;

$(\text{Sup_Cul})_{it}$: la superficie cultivée en hectare de l'année t ;

$(\text{Trac})_{it}$: le nombre de tracteurs de l'année t

$(\text{Capital-Hu})_{it}$: le capital humain de l'année t ;

$(\text{Irrigat})_{it}$: Superficie totale dotée d'équipements d'irrigation ;

$(\text{Engrais})_{it}$: la valeur du fertilisant de l'année t

$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ et α_6 les paramètres de l'équation ;

μ_{it} désigne le terme d'erreur.

3.2. Techniques d'analyse

3.2.1 Test de racine unitaire

Il est important de déterminer l'ordre d'intégration des séries avant d'appliquer les Techniques de cointégration. L'utilisation de racine unitaire dans l'analyse de données de panel présente d'énormes avantages que par rapport à l'approche des séries chronologiques déjà établi. Le premier avantage est que la puissance de test d'un échantillon limité est considérablement améliorée par la mise en commun des sections transversales et des séries chronologiques. En revanche, les tests de racine unitaire classique (par exemple, l'ADF et PP) ont été trouvés de puissance inférieure, en particulier lorsque la taille de l'échantillon est petit. Un certain nombre de chercheurs, y compris Levin, Lin, et Chu (2002), Im, Pesaran, et Shin (1997 ; 2002 et 2003) et Hadri (2000) montrent qu'il y a une amélioration considérable de la puissance des tests de racine unitaire lors de l'utilisation de données de panel autre que les procédures de testes uni variés. Nous utilisons ici le test de Hadri.

Se démarquant des tests Levin, Lin, et Chu (2002) et d'IPS de racine unitaire qui reposent sur l'hypothèse nulle de non stationnarité, le test de Hadri (2000) est basé sur l'hypothèse nulle de stationnarité. Ce test consiste en une extension du test de stationnarité proposé par Kwiatkowski et al. (1992) dans le cadre de l'économétrie des séries temporelles. Il s'agit d'un test du multiplicateur de Lagrange visant à tester l'hypothèse nulle de stationnarité des séries y_i, t (pour $i = 1, \dots, N$) contre l'hypothèse alternative de racine unitaire.

3.2.2 Test de cointégration

Pour la seconde étape, nous allons procéder aux tests de cointégration. Pour cela, nous présentons le test de cointégration de Pedroni(1999,2004). Pedroni (1999,2004) propose un test de cointégration d'hypothèse nulle d'absence de relation de cointégration qui est l'extension du test qu'il a proposé en 1995, 1997 en cas de relations de cointégration entre plus de deux variables. Ce test est basé sur l'approche de cointégration en deux étapes d'Engle et Granger (1987). Ce test est donc basé sur l'étude de la stationnarité des résidus de

l'équation de long terme. Pedroni propose sept tests dont quatre sont basés sur la dimension within (intra) et trois sur la dimension between (inter). Les tests basés sur la dimension within reposent sur l'hypothèse alternative d'homogénéité du terme AR tandis que ceux basés sur la dimension between autorisent la présence d'hétérogénéité entre les individus sous l'hypothèse alternative. Les tests basés sur la dimension within sont : le test non paramétrique de type rapport de variance (panel v-statistic), celui non paramétrique du type de la statistique rho de Phillips-Perron (panel rho-statistic), le test non paramétrique du type de la statistique de Phillips-Perron (panel pp-statistic) et le test paramétrique du type de la statistique de Dickey-Fuller Augmenté (panel ADF-statistic). Ceux basés sur la dimension between sont les tests non paramétriques du type de la statistique rho de Phillips-Perron (group rho-statistic), du type de la statistique de Phillips-Perron (group ppstatistic) et le test paramétrique du type de la statistique de Dickey-Fuller Augmenté (group ADF- statistic).

3.2.3. Méthode d'estimation

Notre objectif est d'analyser l'effet de la mécanisation sur la productivité agricole dans les pays de l'Afrique de l'Ouest à travers une modélisation sur données de panel. Cependant, lorsque l'on considère les données de panel, la toute première chose qu'il convient de vérifier, est la spécification homogène ou hétérogène du processus générateur des données. Sur le plan économétrique, cela revient à tester l'égalité des coefficients du modèle étudié dans la dimension individuelle. Sur le plan économique, les tests de spécification reviennent à déterminer si l'on est en droit de supposer que le modèle théorique étudié est parfaitement identique pour tous les pays ou au contraire s'il existe des spécificités à chaque individu ou pays (Doucoure, 2008). Pour rappel, le modèle sans effet est celui pour lequel la constante et les différents paramètres des variables explicatives sont identiques pour toutes les variables. Dans ce cas, l'usage du panel est inopportun. Une régression pays par pays est souhaitable. Le modèle à effets fixes est celui pour lequel les paramètres sont identiques pour l'ensemble des variables dépendantes, mais les constantes varient selon les variables indépendantes. L'estimateur défini sur ce modèle est appelé « Within ». Pour le modèle à effets aléatoires, les paramètres sont identiques pour les variables explicatives, par contre, le terme d'erreur du modèle se décompose en effet spécifique (fixe) et en effet résiduel (qui varie) ; d'où le nom de modèle à « erreurs composées ». L'estimateur défini sur ce modèle est le MCG (Moindre carrés généralisés).

Au total, il convient donc dans un premier temps de vérifier si l'on peut considérer les données de panel comme étant une spécification homogène ou hétérogène du processus générateur des données. Autrement dit, il revient à déterminer si l'on est en droit de supposer que le modèle étudié est parfaitement identique pour tous les pays de l'union ou au contraire s'il existe des spécificités propres à chaque pays. Plusieurs tests de spécifications sont disponibles dans la littérature. Il sera présenté trois tests pour cette étude.

Dans cet ordre d'idée, nous allons successivement effectuer le test de Fisher pour valider le modèle à effet fixe, le test de Breusch-Pagan (LM-test) pour le modèle aléatoire et enfin, nous allons utiliser le test de Hausman pour discriminer entre le modèle à effet fixe et modèle à effet aléatoire.

- **Test de Fisher**

On utilise le test de Fisher pour discriminer le modèle à effet fixe et le modèle sans effet fixe. Concrètement, on cherche à déterminer si l'on est en droit de supposer que le modèle théorique étudié est parfaitement identique pour tous les pays, ou au contraire s'il existe des

spécificités propres à chaque pays. Le test est effectué automatiquement après estimation du modèle à effets fixes sur STATA 13.

Les hypothèses du test sont :

H0: Absence d'effets individuels

H1 : Présence d'effets fixes

La règle de décision se présente comme suit : on rejette l'hypothèse nulle si la probabilité de réalisation de Fischer (F) est inférieure au seuil de 10 %. Dans ce cas, l'on dira que nous sommes en présence d'effet fixe individuel (par pays). L'estimateur « Within » (intra-individuel) est plus performant que l'estimateur des MCO.

Le logiciel STATA calcule deux statistiques de Fisher. Le premier teste la significativité conjointe des variables explicatives tandis que la seconde teste la significativité conjointe des effets fixes introduits.

- **Test de Breusch and Pagan (LM- test)**

On utilise le test de Breusch-Pagan (LM-test) pour discriminer le modèle à effet aléatoire et le modèle sans effet aléatoire.

Les hypothèses sont :

H0 : Absence d'effets

H1 : Présence d'effets aléatoires

Si l'on rejette hypothèse H0 d'absence d'effets aléatoire, c'est-à-dire lorsque la probabilité de la statistique du test (chi deux) est inférieure au seuil de 5 %, alors le test suggère que l'estimateur des MCG (effet aléatoire) est plus performant que l'estimateur des MCO et l'on rejette logiquement l'estimation par les MCO dans sa dimension totale.

- **Test de Hausman**

Il permet de discriminer entre le modèle à effet fixe et le modèle à effet aléatoire. Il repose sur les hypothèses suivantes :

H0 : Présence d'effets aléatoires

H1 : Présence d'effets fixes

La règle de décision est qu'on rejette l'hypothèse de présence d'effets aléatoires lors que la probabilité de la statistique du test est inférieure au seuil de 10 %. Lorsque la probabilité du test est supérieure au seuil de 10 %, alors le test de Hausman ne permet pas de différencier le modèle à effets fixes du modèle à effets aléatoires. Dans ce cas le choix de l'un ou de l'autre suppose une comparaison des variations inter individuel et intra individuelle. Pour une variation inter individuel plus forte, le modèle à effet fixe est préférable et vice-versa.

3.3. Données et source

- **Productivité agricole (PA)**

La productivité agricole mesure l'efficacité de l'utilisation des facteurs de production (terre, capital, travail) dans un milieu agro-écologique et un contexte politique et socio-économique donnés. Il existe plusieurs indicateurs de productivité tel que la productivité totale des facteurs qui reflète l'efficacité de l'utilisation de l'ensemble des facteurs de production, considérés globalement, la productivité de la terre et du travail agricole qui sont les deux indicateurs de

productivité partielle les plus utilisés, même si l'on peut aussi calculer la productivité des consommations intermédiaires ou du capital investi en agriculture (FARM, 2013)

Depuis les années 1990, en effet, la hausse de la production agricole s'explique davantage par la progression de la productivité totale des facteurs (PTF) que par l'augmentation de la quantité de facteurs de production (*Fuglie, Wang et Ball, 2012*). La productivité de la terre peut être évaluée en exprimant la production agricole en valeur monétaire. Cela n'est pas sans poser problème, surtout si l'on veut faire des comparaisons internationales et pluriannuelles. Cependant selon *Fuglie et al. (2012)*, La PTF telle que définie ne prend en compte que la valeur de la production agricole, sans intégrer les coûts de production, sauf au dénominateur. Pour avoir une idée plus juste de l'efficacité économique de la production, il serait plus approprié de raisonner en termes de valeur ajoutée, égale à la différence entre la valeur de la production et celle des coûts de production (charges variables pour la valeur ajoutée brute, charges variables et consommation de capital fixe pour la valeur ajoutée nette). Ainsi donc dans le cas de notre étude nous utiliseront la productivité agricole (PA) en termes de valeur ajoutée de la production agricole par travailleur.

- **Crédit agricole**

La majorité des agriculteurs des pays de l'AO est pauvre et presque incapable d'acheter des intrants essentiels, tels que des engrais, les pesticides, l'eau d'irrigation et les machines agricoles, etc., à partir de leurs propres fonds. Ils doivent emprunter des fonds pour l'achat de ces intrants. La disponibilité d'un crédit facile et bon marché permet aux agriculteurs de faire une demande en temps opportun meilleurs intrants et obtenir une superficie plus élevée conduisant à une PTF plus élevée. Preuve empirique par Parikh et Shah (1994) ont constaté que la disponibilité du crédit affectait significativement et positivement la productivité agricole de l'agriculture dans les PED.

- **Capital humain**

D'une part, le niveau d'éducation de l'agriculteur joue un rôle important dans l'amélioration de la PA. Les agriculteurs plus instruits devraient être plus efficaces que les agriculteurs non éduqués ou moins éduqués. Les agriculteurs plus éduqués sont plus capables d'adopter et de mettre en œuvre efficacement des techniques de production plus productives. Des études d'Azhar (1991), Parikh et Shah (1994) et Sabir et Ahmed (2008) ont indiqué que le capital humain affectait de manière significative la productivité agricole au Pakistan et les études réalisées par Losch (2002), souligne que la population active est un déterminant important de l'agriculture en raison du fait que près de 60% de la population active du continent africain est encore agricole, soit 195 millions de personnes. Pour cette étude, le KH serait appréhendé à travers la population rurale active. Cette mesure reflète le niveau initial du capital humain.

- **Superficie cultivée (exprimée en 1000 ha de terres arabes)**

La terre est un intrant essentiel et inévitable pour la production agricole. Aucune production agricole ne peut être pensée sans zone. Une plus grande surface cultivée aide à utiliser efficacement d'autres intrants. Si la superficie cultivée est suffisamment petite, divers intrants, tels que les machines agricoles, les puits tubulaires, les tracteurs et les intrants de travail, restent sous-utilisés. La disponibilité appropriée de la zone de culture garantit une utilisation efficace des intrants essentiels et, partant, une augmentation de la PA. Azhar (1991) a découvert qu'il y avait un effet positif entre la superficie cultivée et la croissance de la PA dans le secteur agricole dans les PFNL du Pakistan. Nous avons inclus la superficie cultivée comme facteur déterminant de la PA.

- **Engrais (en tonne)**

L'engrais améliore considérablement les nutriments naturels du sol et, par conséquent, la production par acre est augmentée.

Cependant, l'impact de l'engrais sur la PA est non linéaire. Il y aurait une utilisation optimale d'engrais par acre. Une application excessive d'engrais peut entraîner une réduction de la production en raison des dommages causés aux plantes. L'utilisation d'engrais ne doit pas dépasser la quantité optimale. L'utilisation appropriée d'engrais conduit à la production la plus élevée par acre. L'utilisation d'engrais a été considérée comme un déterminant important de la PA dans l'agriculture dans un certain nombre d'études menées dans le cas du Pakistan.

- **Irrigation (en 1000ha)**

L'**irrigation** est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux pour en augmenter la production et permettre leur développement normal, en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides. Ici cette variable désigne la superficie totale dotée d'équipement d'irrigation.

3.4. Sources des données

Dans cette étude, nous utilisons un panel cylindré de 8 pays de l'Afrique de l'Ouest sur la période allant de 1990 à 2015. Cette base de données provient de diverses sources notamment la FAO, BM WDI 2015. En effet, les variables productivité agricole par actif et le capital humain proviennent de la base de données de la BM et les variables engrais, superficie cultivée, crédit agricole, irrigation proviennent de la base de données de FAO, et la variable tracteurs provient de la banque de données WDI 2015. Le choix de la taille de l'échantillon s'impose à nous dans cette étude. Bien que l'Afrique de l'Ouest ait 16 pays, nous avons trouvé de données sur 8 pays.

4. Résultats

Cette section sera consacrée à la présentation des résultats des différents tests statistiques et de l'estimation du modèle.

4.1 Test de significativité d'effet fixe du modèle

Rappelons que ce test nous permet de vérifier la présence ou non d'effets fixe individuels. Ainsi si la probabilité de réalisation du test est inférieure au seuil de 10 % ; l'on en déduit la présence d'effet fixe individuel.

Tableau 1 : significativité d'effet fixe

Modèle	Modernisation et Productivité agricole
Statistique	F (6,162)=455,89 probabilité = 0,0000
R2 (Within)	0,9441
Observation	Présence d'effets fixes Individuels

Source : réalisé par l'auteur dans stata13

De ces résultats, nous sommes en mesure de soutenir l'idée la présence d'effet fixe individuel pour le modèle estimé. Ainsi, l'estimateur « Within » (intra-individuel) est plus performant que l'estimateur des MCO (moindre carrée ordinaire).

4.2 Test de significativité d'effet aléatoire du modèle

Il permet de tester la significativité des effets aléatoires. Ainsi lorsque la statistique du test est inférieure à 5 % alors nous soutenons l'idée selon laquelle les effets aléatoires sont globalement significatifs. Et dans ce cas, l'on retient le modèle à effet aléatoire.

Tableau 2 : significativité d'effet aléatoire

Modèle	Modernisation et Productivité agricole
Statistique	prob>chiba2 = 0,0000
R2 (Between)	0,9682
Observation	Observation Présence d'effet aléatoire

Source : réalisé par l'auteur dans stata13

Il ressort de ce tableau que la probabilité est inférieure à 5 %. Ceci étant, nous dirons que les effets aléatoires sont globalement significatifs par conséquent, le modèle estimé confirme la présence d'effet aléatoire.

Remarquons tout de même, les conclusions issues de ces deux tests de spécification sont de toutes évidences contradictoires. Ces résultats ne nous permettent pas de levé l'équivoque. Pour contourner une telle difficulté, nous recourons au test de Hausman dédié à ce genre d'impasse.

4.3 Test de hausman

Ce test permet de discriminer entre un modèle à effet fixe et un modèle à effet aléatoire. Si la probabilité du test de Hausman est inférieure à 5 %, l'on en conclut que le modèle à effets fixes est préférable au modèle à effets aléatoires.

Tableau 3 : Résultat du Test de Hausman de notre Modèle

Modèle	Modernisation et Productivité agricole
Statistique	prob>chi2= 0,0000
Observation	Présence d'Effet fixe.

Source : réalisé par l'auteur

De ce tableau, il ressort que pour le modèle étudié, les effets fixes sont préférables aux effets aléatoires. Ainsi donc le modèle retenu est celui à effet fixe.

4.4 Les résultats de l'estimation du modèle

Les résultats des estimations du modèle caractérisant la productivité agricole à travers les politiques commerciales stratégiques sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 : Résultats des estimations

Regression du modèle	
Lcapital_hu	0,3910 (4,63)
Lcred_agri	0,2807 (14,39)
Lengrais	0,0567 (5,41)
Lirrigat	0,1657 (12,17)
Lsup_cul	-0,4273 (-3,89)
Ltrac	0,1287 (5,19)
Nombre d'observations	194
R ²	94,41%
Type d'effet	Effet fixe

Source : Réalisé par l'auteur

- **Capital Humain**

Les résultats issues de notre estimation révèlent qu'une augmentation de 10% du capital humain, engendre une augmentation de la capacité à produire c'est à dire un surplus de valeur ajouté à hauteur de 3,9% toute chose égale par ailleurs, la réponse à un accroissement net de 20% du capital humain induit un accroissement de 7,8% du niveau de productivité agricole. Le signe attendu est vérifié ; ce qui pourrait être expliqué par le fait qu'une augmentation de la population agricole implique un accroissement de la capacité à produire qui influe à coût sûr, sur la productivité agricole.

- **Crédit agricole**

Pour ce qui est du crédit agricole (Cred_agri) il apparaît significatif avec un coefficient positif. L'on dira, dès lors qu'il s'accroît de 10%, l'on observe une amélioration de la production de 2,8%. Le signe attendu est vérifié. Ce qui pourrait être expliqué par le fait que la disponibilité de ces crédits permet aux producteurs de financer convenablement leur production, ce qui influencerait positivement la productivité agricole

- **Nombre de tracteurs utilisés**

Dans ce modèle, la quantité de machine agricole utilisée est significative et influence positivement la productivité agricole. Il apparaît donc que la quantité de machine agricole utilisée est d'une importance capitale dans l'amorce d'une croissance durable de la productivité agricole. En effet, une augmentation de 10% de la quantité de machine agricole utilisée entraînerait une augmentation du ratio de la productivité agricole de 1,2%. Ce résultat pourrait être justifié par le fait que plus l'utilisation de machine agricole est élevée plus est la quantité

de terre emblavée, ce qui induirait dans les conditions normales une augmentation de la productivité.

- **Superficie totale des terres dotées d'équipements d'irrigation**

En outre, la disponibilité des terres dotées d'équipements d'irrigation est aussi l'un des facteurs déterminant en matière de la stimulation de la productivité agricole. En effet d'après cette étude la productivité agricole augmenterait de 1,6% si la disponibilité des terres dotées d'équipements d'irrigation accroit de 10%.

L'étude révèle donc que, la disponibilité suffisante, adaptée en machine agricole et en terre fertile sera d'une importance particulière à l'épanouissement du secteur agricole. C'est aussi la conclusion du rapport du consortium CRONGD (2010) faite sur l'utilisation des tracteurs dans le Sud-Kivu en RDC. Ces résultats confirment que l'utilisation des machines agricoles a favorisé un accroissement de 85% la production du maïs, de 95% de celle du haricot et de 11% de la production de l'arachide. C'est bien aussi la conclusion des études de Roth et al (1986), Fusiller(1994) et Jabert (1985) qui montrent dans leur études menées, que le rendement agricole s'élève de façon significative avec le niveau de mécanisation.

4.5. Suggestions

Le but ultime d'une recherche en sciences économiques est d'apporter des solutions concrètes aux problèmes de politique économique rencontrée dans la gestion d'une nation. Les analyses précédentes nous ont permis d'avoir une meilleure visibilité sur les facteurs qui concourent à une meilleure productivité agricole, eu égard de l'importance considérable du soutien de l'agriculture à l'économie par l'assurance d'une sécurité alimentaire des pays de l'Afrique de l'Ouest. Nous allons dès à présent tenter de proposer les actions concrètes susceptibles d'être menées afin de rendre plus performant la productivité agricole dans tous les pays de l'Afrique de l'Ouest. Ainsi à la lumière des conclusions des interprétations des résultats de nos estimations, nous faisons des suggestions aux autorités de chaque pays de l'Afrique de l'Ouest.

- Les autorités de chaque pays doivent de façon générale renforcer l'infrastructure agricole afin d'améliorer la productivité agricole. Plus spécifiquement :
- Les autorités doivent mener une politique de promotion de la mécanisation agricole à divers niveaux. Ce qui permettra aux producteurs agricoles d'augmenter leur capacité à produire et de même favoriser la compétitivité de leurs produits sur les marchés régionaux voire internationaux.
- La mise à disposition aux producteurs, des machines agricoles à prix subventionné afin d'enrayer progressivement l'utilisation des outils archaïques en ce 21ème siècle, ce qui augmenterait l'extension des terres arables non cultivés et par ricochet rendrait plus productive la force de travail du cultivateur, puisque la force physique de l'homme est très limitée par rapport à l'utilisation des machines.
- Rendre possible l'utilisation du potentiel de terre arable de chaque pays par la valorisation de ces dernières.
- Enfin former les producteurs à s'adapter, aux nouvelles techniques agricoles, aux changements climatiques, et la maîtrise des techniques d'irrigations, de cultures à contre saison et autres.

5. Conclusion

L'objectif de ce mémoire est d'analyser l'effet de la modernisation (mécanisation agricole et la superficie totale dotée d'équipements d'irrigation) sur la productivité agricole en termes de valeur ajoutée par actif de la production agricole dans les pays de l'AO.

Pour cette étude nous avons eu recours au modèle empirique de KEDE G. (2016) à partir duquel nous nous sommes inspirés pour la spécification de la nôtre. L'étude porte sur huit (8) pays de l'Afrique de l'Ouest et couvre la période de 1990 à 2015. Six (06) variables à savoir les tracteurs, la superficie totale dotée d'équipements d'irrigation, le capital humain, les engrais, la distribution de crédits agricoles et les superficies cultivées ont été inclus dans le modèle.

Le test de spécification de Hausman adopté postule que le modèle à effet fixe est approprié dans une telle spécification au sein des pays de l'AO. Ainsi, au terme de cette démarche méthodologique sur les données de panel, trois grands résultats ont été mis en évidence dans cette étude.

Les résultats de notre régression montrent dans ces pays de l'AO :

- qu'une augmentation de 10% de la quantité de machine agricole utilisée entraînerait une augmentation du ratio de la productivité agricole de 1,2%. Ce résultat pourrait être justifié par le fait que plus l'utilisation de machine agricole est élevée plus est la quantité de terre emblavée, ce qui induirait dans les conditions normales une augmentation de la productivité ;
- que la productivité agricole augmenterait de 1,6% si la disponibilité des terres dotées d'équipements d'irrigation accroît de 10% ; l'étude révèle donc que, la disponibilité suffisante, adaptée en machine agricole et en terre fertile sera d'une importance particulière à l'épanouissement du secteur agricole.
- qu'une augmentation de 10% du capital humain, engendre une augmentation de la capacité à produire c'est à dire un surplus de valeur ajoutée à hauteur de 3,9% toute chose égale par ailleurs, la réponse à un accroissement net de 20% du capital humain induit un accroissement de 7,8% du niveau de productivité agricole ;
- dès que la distribution du crédit s'accroît de 10%, l'on observe une amélioration de la production de 2,8% de la productivité agricole. Ce qui pourrait être expliqué par le fait que la disponibilité de ces crédits permet aux producteurs de financer convenablement leur production, ce qui influencerait positivement la productivité agricole

À la lumière des preuves empiriques, cette étude recommande que, pour améliorer la productivité agricole et assurer la sécurité alimentaire, les gouvernements des pays de l'AO devraient assurer la disponibilité opportune et bon marché des tracteurs, des équipements d'irrigation des engrais. L'éducation de l'agriculteur pour des techniques efficaces de culture et la facilité d'accès au crédit agricole peuvent contribuer à la productivité de l'agriculture. L'augmentation de la superficie cultivée pourrait accroître la production totale du secteur agricole, mais pas la croissance de la productivité agricole.

Références bibliographiques

- Abugamea, H. (2008). A Dynamic Analysis for Agricultural production Determinants in Palestine: 1980 -2003. Conference on Applied Economics - ICOAE 2008. Agriculture: An International Perspective » Oxfordshire, UK: CAB International.
- Ahmad, K. (2012). Determinants of Agriculture Productivity Growth in Pakistan. International Research Journal of Finance and Economics, 164-172.
- Ali, S. (2005). Total factor productivity growth and agricultural research and extension
- Alpha, A., C. Castellonet, 2007. Défendre les agricultures familiales : lesquelles, pourquoi ?, Résultats des travaux et du séminaire organisé par la Commission Agriculture et Alimentation de Coordination Sud, 11 décembre, 2007. Coordination Sud, Études et analyses, Paris. 86 p.
- Anyanwu, S. (2013). Determinants of Aggregate Agricultural productivity among high external inputs technology farms in a harsh macroeconomic environment of IMO state, Nigeria. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, 13(5), 8238-8248.
- Azhar, R. A. (1991). Education and technical efficiency during the green revolution in Pakistan. Economic Development and Cultural Change 39:3 651-665.
- Balishter, Gupta, V.K. and Singh, R. 1991. Impact of Mechanization on Employment and Farm Productivity. Productivity, 32 (3): 484-489.
- Chavas, J. (2001). An International Analysis of Agricultural Productivity. FAO Corporate Document Repository, Economic and Social development Department, 2001.
- Chopra, K.1972. Tractorization and Its Impact on the Agrarian Economy of Punjab. A Report submitted to USAID, American Embassy, New Delhi.
- Clarke, L. and C. Bishop, 2002. Farm Power-Present and Future Availability in Developing Countries. Invited Overview Paper Presented at the Special Session on Agricultural Engineering and International Development in the Third Millennium. ASAE Annual International Meeting/CIGR World Congress, July 30, 2002. Chicago, IL. USA.
- Clarke, L. and C. Bishop, Farm Power-Present and Future Availability in Developing Countries. Invited Overview Paper Presented at the Special Session on Agricultural Engineering and International Development in the Third Millennium. ASAE Annual International Meeting/CIGR World Congress, July 30, 2002. Chicago, IL. USA. des motifs d'inquiétude Les concepts », Fondation FARM, juillet 2013 N°7.
- Douillet et Girard, (2013) Productivité agricole : des motifs d'inquiétude ? Fondation pour l'agriculture et la ruralité dans le monde (FARM) note n° 7 page 12.
- DUFUMIER M. (2004) « Les projets de développement agricole : manuel d'expertise », Editions CTA – Karthala.
- Ekborn, A. (1998). Some Determinants of Agricultural Productivity - an Application of Kenyan Highlands. empirical analysis for Pakistan's agriculture: 1960-96. Pakistan Development Review 44:4 Part II 729-746.
- Enu, P., & Attah-Obeng, P. (2013). Which Macro Factors Influence Agricultural Production in Ghana. Academic Research International, 4(5), 333-346.
- Enu, P., & Attah-Obeng, P. (2013). Which Macro Factors Influence Agricultural Production in Ghana. Academic Research International, 4(5), 333-346.
- FAO, Investment in agricultural mechanization in Africa, 2009. FAO, Rome. http://typo3.fao.org/fileadmin/user_upload/ags/publications/arusha_rt_web.pdf
- FARM (2013) « Mathilde Douillet et Pierre Girard (2013) « Productivité agricole :
- FUGLIE K., WANG S. andBALL V. E. (2012) « Productivity Growth in Fulginiti, L.E. and Perrin, R.K. (1998). Agricultural productivity in developing countries. Elsevier Science B.V. Agricultural Economics, 19 (1998), p 45-51.

- Holtkamp R, 1991. Les petits tracteurs à quatre roues pour régions tropicales et subtropicales : leur rôle dans le développement agricole et industriel. Weikersheim : CTA et GTZ, 256 p.
- Holtkamp R, 1991. Les petits tracteurs à quatre roues pour régions tropicales et subtropicales : leur rôle dans le développement agricole et industriel. Weikersheim : CTA et GTZ, 256 p.
- Khalequzzaman, K.M and M.A.Karim (2007). “Study of Agricultural Mechanization and its Impact on Rural Environment”, *Journal of Innovative Development strategy*, 1(1):37-40
- Kiani, A.K., Iqbal, M. and Javed, T. (2008). Total Factor Productivity and Agricultural Research Relationship: Evidence from Crops Sub-Sector of Pakistan’s Punjab. *European Journal of Science Research*, Vol. 23 No.1, 2008, pp. 87-97.
- Koutsoyiannis, A. (2006). *Theory of Econometrics: An introductory Exposition of Econometric Methods* (2nd ed.). India,: Barners & Noble Books.
- Lefèvre D., 1996. A l’ombre des machines, les CUMA, 50 ans de solidarités locales. Editions entr’aid’, 220 p.
- NCAER, 1980. Implication of Tractorisation for Farm Employment, Productivity and Income. National Council of Applied Economic Research, New Delhi.
- Odhiambo, W., Nyangito, H. O., & Nzuma, J. (2004). Sources and Determinants of Agricultural growth and productivity in Kenya. Nairobi, Kenya: Kenya Institute for Public Policy Research and Analysis(KIPPRA), Discussion paper No. 34.
- Palanisamy R .(1993). “An Econometric Evaluation of Mechanization of Farms” (Unpublished Ph.D Thesis, Department of Agricultural Economics, AC&RI, Madurai).
- Parikh, A. and Shah, K. (1994). Measurement of technical efficiency in the north-west frontier.
- Pingali P., Bigot Y., Binswanger Hans P., 1987. La mécanisation agricole et l’évolution des systèmes Agraires en Afrique Sub Saharienne. The John Hopkins University Press, Baltimore, MD, and London, for the World Bank. (Version française). Productivity Growth in Pakistan: An Empirical Analysis. *Business Review* 3:1 53-68. Province of Pakistan. *Journal of Agricultural Economics* 45:1 132-138.
- Rahman, M.S (2011) “Impact of Farm Mechanization on Labour Use for Wheat Cultivation in Northern Bangladesh”, *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 21(3):589-594.
- SIDE C. (2013) strategie de mecanisation de l’agriculture familiale en afrique subsaharienne.
- SIDE C., HAVARD M.(2014) Mécanisation en Afrique de l’Ouest et du Centre. Bilan des tentatives passées, état actuel et contraintes.
- Singh, Gajendra. 2001 Relation Between Mechanization and Agricultural Productivity in Various Parts of India. *AMA*. 32(2): 68-76
- Singh, Gajendra. 2001 Relation Between Mechanization and Agricultural Productivity in Various Parts of India. *AMA*. 32(2): 68-76
- Tamilnadu State Planning Commission (1984), “The Perspective Plans for Tamilnadu towards Green Revolution”. *Report of the Task Force of Agriculture, 1972-84* (Madras: State Planning Commission, 1971) P86.
- Tessema U. (2015) The Determinants of Agricultural Productivity and Rural Household income in Ethiopia , page 123
- Tripathi, A and Prasad, A.R. (2008). Agricultural Productivity Growth in India. *Journal of Global Economy An International journal*, ISSN: 0975-3931, 2008.

- Velazco, J. (2001). Agricultural Production in Peru (1950-1995): Sources of Growth. FAO Corporate Document Repository, Economic and Social Development Department, 2001.
- Verma S.R (2008), "Impact of Agricultural Mechanization on Production, Productivity, Cropping Intensity and Income Generation and Employment of Labour: Status of Farm Mechanization in India", *Punjab Agricultural University, Ludiana*, 18(2):133-153.
- Veronica González & Pablo Ibararán & Alessandro Maffioli & Sandra Roza, 2009. "The Impact of Technology Adoption on Agricultural Productivity: The Case of the Dominican Republic," OVE Working Papers 0509, Inter-American Development Bank, Office of Evaluation and Oversight (OVE).
- Wanjiru M. et Ruigu G. determinants of agricultural productivity in kenya, *International Journal of Economics, Commerce and Management*, Vol. V, Issue 4, April 2017.
- Zepeda, L. (2001). Agricultural Investment, Production Capacity and Productivity. FAO Corporate Document Repository, originated by: Economic and Social Development department, 2001.