

ANALYSE DES EFFETS DE LA PLUVIOMETRIE SUR LE PIB AGRICOLE AU SENEGAL

S. SOW¹, B. FAYE¹, P. MENDY²

¹Université Alioune Diop de Bambey, Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale, Sénégal

²Université Cheikh ANTA DIOP, Faculté des sciences économique et Juridiques, Sénégal

*Correspondance, émail : sadibou.sow@uadb.edu.sn

BP 54 ISFAR, Bambey, Sénégal

RESUME

Le secteur agricole au Sénégal est dominé par les cultures pluviales dont l'arachide et le mil qui occupent la majeure partie des terres cultivables en hivernage. Sa contribution au PIB reste faible par rapport aux secteurs tertiaire et secondaire. Une des principales raisons de cette situation est sa forte dépendance aux conditions climatiques et notamment à la pluviométrie. Dans cette recherche nous nous proposons d'étudier l'analyse des effets de la pluviométrie sur le PIB du sous- secteur agricole au Sénégal. L'étude couvre une période de 35 ans allant de 1980 à 2015 et concerne tout le territoire national. Les résultats des tests économétriques par la technique des Moindres Carrés Ordinaires (MCO) montrent que la variation pluviométrique influence les résultats économiques du secteur agricole. L'étude montre qu'à chaque fois que la pluviométrie baisse, les productions et les valeurs économiques du mil et de l'arachide suivent la même tendance. Ainsi une bonne pluviométrie a un effet positif sur la production agricole qui à son tour influence positivement le PIB agricole.

Mots clés : PIB ; pluviométrie ; MCO ; agriculture ; Sénégal.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECTS OF RAINFALL ON AGRICULTURAL GDP IN SENEGAL

The agricultural sector in Senegal is dominated by rainfed crops, with groundnuts and millet occupying most of the land. Its contribution to GDP remains low compared to the tertiary and secondary sectors. One of the main reasons for this situation is its strong dependence on climatic conditions and in particular on rainfall. In this research we propose to study the analysis of the effects of rainfall on the GDP of the agricultural sub-sector in Senegal. The study covers a 35-year period from 1980 to 2015 and concerns the entire national territory. The results of econometric tests using the Ordinary Least Squares (OLS) technique show that rainfall variation influences the economic performance of the agricultural sector. The study shows that each time the rainfall drops, the production and economic values of millet and peanuts follow the same trend. Thus, good rainfall has a positive effect on agricultural production which in turn positively influences agricultural GDP.

Keywords: GDP; rainfall; MCO; agriculture; Senegal.

INTRODUCTION

Le caractère erratique de la pluviométrie fragilise les systèmes agricoles et la croissance économique des pays du sahel dans la mesure où le secteur agricole constitue un des piliers importants pour leur développement. La variabilité interannuelle de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest a fait l'objet d'études réalisées par de nombreux auteurs (Hubert *et al.*, 1989 ; Nicholson et Palao, 1983 ; Le Barbé et Lebel, 1997 ; Paturel *et al.*, 1997, Le Barbé *et al.*, 2002). Les différentes études ont montré que le déficit pluviométrique a des conséquences agricoles, humaines et économiques importantes.

Dans la plupart des pays africains, la production nationale ne suffit pas à couvrir les besoins alimentaires. Les pays sahéliens se trouvent tributaires d'importations de denrées alimentaires et deviennent du coup dépendant des caprices du marché mondial.

L'agriculture sénégalaise, à l'instar de celle de nombreux pays sahéliens, connaît des difficultés quasi permanentes essentiellement dues aux aléas climatiques et à la dégradation de son environnement physique. Au Sénégal de fréquents déficits de la pluviométrie sont observés. La production agricole constitue la source de revenu de la plupart des ménages ruraux. Cependant, elle a été principalement caractérisée, entre autres, par une pluviométrie moyenne due au démarrage tardif dans certaines zones, ce qui a entraîné une baisse de production de certaines spéculations.

Le secteur agricole constitue l'un des principaux pourvoeureurs d'emplois à travers sa chaîne de valeur, mais c'est aussi l'une des activités les plus soumises aux risques et particulièrement aux aléas climatiques (Sall, 2015). Plus de 95 % des ménages en milieu rural s'activent dans ce secteur qui leur procure la première source de revenus (Sall, 2015).

Le sous-secteur agricole emploie 30,6 % en moyenne de la population active et sa part dans le PIB national reste faible avec 8,96 % sur une période de quatorze ans (14 ans) allant entre 1997 et 2011 (Fall *et al.*, 2013). Il est caractérisé en 2016 par une contreperformance de certaines spéculations telles que le mil, l'arachide et le maïs en liaison avec déficit pluviométrique. Cela est dû à l'arrêt précoce des pluies mais aussi au démarrage tardif de l'hivernage (fin juin) (ANSD, 2017). La croissance du secteur agricole

s'est établie à 1,9 % en 2014 et à 23 % en 2015 (ANSD, 2018).

Une des principales raisons étant la forte dépendance de l'agriculture sénégalaise aux conditions climatiques et notamment à la pluviométrie. Nonobstant cette situation, l'agriculture continue de fournir une importante source de revenu aux 5,3 millions de personnes vivant dans les zones rurales (57 % de la population totale).

Malgré les nombreuses initiatives, l'investissement dans le secteur agricole manque de dynamisme et de vigueur. Depuis quelques années, l'on constate une baisse de la valeur ajoutée du secteur agricole et, de ce fait, le recul de l'agriculture dans la formation du Produit Intérieur Brut (PIB). Il est clair d'après les plus récents résultats des comptes nationaux que la part de l'agriculture dans le PIB est en baisse progressive. L'agriculture étant reliée aux autres secteurs de l'économie, ainsi les aléas de l'activité agricole sont ressentis dans le reste de l'économie à travers les relations inter-branches (Cabral, 2012).

Cependant le sous-secteur des productions végétales dispose d'un important potentiel pour contribuer significativement à la croissance du PIB et jouer un rôle de premier plan dans l'amélioration de l'alimentation des populations et la consolidation de la sécurité alimentaire du pays.

L'objet de cet article est d'étudier le lien entre la pluviométrie et la croissance du secteur agricole à l'aide d'une technique économétrique en tenant compte d'autres variables tels que le taux brut de scolarisation, le PIB, le prix des cultures et l'investissement.

Il s'agit de vérifier l'influence des précipitations sur le PIB du sous-secteur agricole notamment les productions du mil et de l'arachide qui occupent une place importante dans la production des cultures sous-pluie.

MATERIELS ET METHODES

L'étude concerne tout le territoire sénégalais. Cependant, l'accent est mis dans les zones agro-écologiques où les cultures pluviales sont importantes. Au Sénégal les cultures sous-pluies les plus importantes sont : le mil, le sorgho, le maïs, le fonio, le niébé, le coton et l'arachide.

La répartition pluviométrique et des cultures pratiquées sont liées aux zones agro-écologiques. Selon les facteurs climatiques, en passant du gradient nord-sud six (6) grandes zones agro-climatiques sont spécifiées. Chacune est spécifiée par le volume pluviométrique annuel et le type de sol.

La pluviométrie moyenne annuelle suit un gradient décroissant du Sud au Nord du pays. Elle passe de 1200 mm au Sud à 300 mm au Nord, avec des variations d'une année à l'autre. Les cultures du mil et de l'arachide sont les deux pratiquées dans tout le territoire national et occupent environ 86 % des terres cultivées durant la saison des pluies (Diagne, Cabral et Dansokho, 2007).

METHODOLOGIE

Spécification du modèle et choix des variables

La technique d'estimation utilisée est celle des moindres Carrés Ordinaires (MCO) appliquée sur le modèle de Nerlov (1956) qui sert de base théorique à notre analyse. Dans sa spécialisation générale le modèle combine l'hypothèse d'ajustement partiel avec l'hypothèse d'anticipation adaptative. Nerlove s'inspire du concept hicksien d'élasticité d'anticipation défini comme le rapport entre le taux de variation du prix anticipé et celui du prix effectif.

Après les travaux de Nerlove (Nerlove, 1958, 1967) peu de changement sont apparus dans la façon de traiter les anticipations dans les modèles agricoles. La plupart des modèles (Askari et Cumming, 1977) supposent l'existence d'anticipations adaptatives. Le prix normal anticipé est le prix anticipé que les producteurs jugent normal à la période précédente auquel on ajoute un coefficient d'ajustement. Ce coefficient selon Nerlove est une proportion de l'écart entre le prix effectif de la période précédente et le prix anticipé à la période précédente. Nerlove (2002), prend en compte un coût d'ajustement en supposant que toute modification de l'environnement économique a des effets sur l'output qui se

diffuse sur plusieurs périodes.

Prenons l'exemple d'une superficie, le concept d'ajustement partiel de Nerlove signifie que la variation effective de la superficie est une proportion de l'écart entre le niveau d'équilibre de la superficie et la superficie effectivement cultivée l'année précédente.

$S_{pt} = S_{pt-1} + \sigma(S_{pe} - S_{pt-1})$ avec S_{pt} = superficie effectivement cultivée à la période t ;

S_{pe} = niveau d'équilibre de long terme de la surface désirée par les producteurs

σ = Coefficient d'ajustement supposé constant de la surface réelle à la surface désirée

Nerlove suppose que la variable « surface désirée » est déterminée linéairement par le prix anticipé soit :

$$S_{pe} = a_0 + a_1 p_{e_t} + \mu_t$$

En tenant compte de la spécification du modèle nous essayons d'élaborer un modèle adapté qui tient compte de l'effet de la pluviométrie sur le PIB. Dans sa forme agrégée le modèle nerlovien ne permet pas de saisir le rôle des facteurs fixes mais pourrait considérer le PIB agricole dans le comportement de la pluviométrie. Nerlove (1979) doutait de la capacité du modèle à permettre la compréhension de l'ensemble des dynamiques de l'offre agricole dans les pays en développement.

La spécification du modèle et le choix des variables s'inscrivent dans un cadre théorique de type nerlovien. L'équation est présentée comme une fonction logarithmique aussi bien pour la pluie, les productions et les prix. Afin d'analyser l'influence de la pluviométrie sur le PIB agricole nous avons pris comme variables en plus de la pluviométrie, le PIB retardé, le taux brut de scolarisation, la pluviométrie, l'investissement, le prix des productions. La présence du prix vient du fait qu'à priori il représente la somme dégagée dans la vente des cultures.

L'hypothèse est représentée par l'équation :

$$PIB_{agri} = f(PIB_{t-1}, TbS_{t-1}, Pluvio_{t-1}, VP_{t-1}, Invest)$$

Que nous déroulons comme suit

$$PIB_{tagri} = \alpha_1 PIB_{t-1} + \nabla TbS_{t-1} + \alpha_2 pluvio_{t-1} + \alpha_3 VP_{t-1} + \alpha_4 invest_t + C + \varepsilon_t$$

La spécification comme une fonction linéaire logarithmique donne :

$$\log PIB_{tagri} = \alpha_1 \log PIB_{t-1} + \nabla TbS_{t-1} + \alpha_2 \log pluvio_{t-1} + \alpha_3 \log VP_{t-1} + \alpha_4 \log invest_t + C + \varepsilon_t$$

Avec :

PBI_{tagri} : PIB agricole

$VTbS_{t-1}$: taux brut de scolarisation

$pluvia_{t-1}$: pluviométrie

VP_{t-1} : Prix des cultures

$invest_t$: investissement

C : constante et ϵ_t le terme d'erreurs

Pour l'analyse agricole, les résultats de l'année t sont analysés avec les données de l'année t-1 ; tandis que le PIB retardée d'une année est censé capturer les effets de toutes les variables corrélées avec le temps et ayant un effet sur la variable à expliquer. Le taux brut de scolarisation permet de vérifier l'apport du capital humain, représentent les coefficients d'élasticité des variables explicatives.

L'analyse économétrique des séries temporelles suppose que celles-ci soient stationnaires non porteuse de racine unitaire et intégrées d'ordre zéro ($I(0)$). Nous avons testé leur stationnarité des séries prises en logarithme avant d'appliquer les moindres carrés ordinaires (MCO) et interpréter les résultats obtenus. Le test de Dickey-Fuller nous a permis de conclure à leur stationnarité en niveau et par conséquent d'appliquer les MCO.

Avant de mener les tests économétriques, nous avons vérifiés d'abord statistiquement la relation entre la valeur ajoutée des cultures considérées et la pluviométrie.

Collecte des données

Les données climatiques sont collectées auprès de l'Agence Nationale de l'Avion Civile et de la météorologique (ANACIM), et concernent la pluviométrie. Les données agronomiques sont collectées auprès de l'Institut Sénégalais de

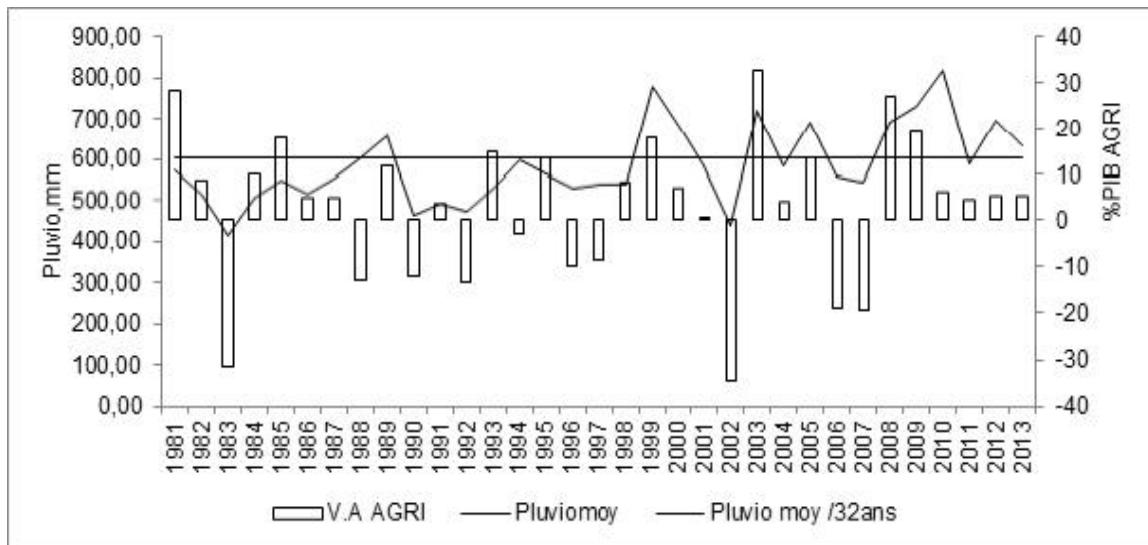
Recherches Agronomiques (ISRA) et de la Direction de l'Analyse de la prévision et des statistiques agricoles (DAPSA) du Ministère chargée de l'Agriculture, et concernent les productions et les surfaces. Les données économiques sont collectées au niveau de l'Agence Nationale des Statistiques et de la Démographie (ANSO), et concernent les PIB du sous-secteur agricole et les valeurs des productions. Compte tenu de leur importance tant du point de vue de leur superficie que de leur production, les cultures de mil et de l'arachide ont été choisies pour cette étude. L'étude couvre une période allant de 1980 à 2015, soit une durée de 35 ans. Après la collecte des données un important travail de réorganisation est effectué pour développer les analyses nécessaires.

RESULTATS

RELATION ENTRE LA PLUVIOMETRIE ET LA VALEUR AJOUTEE DES CULTURES

L'analyse est menée sur une période de 32 ans et les résultats montrent qu'une année de baisse de la pluviométrie se traduit par une baisse de la valeur ajoutée agricole. La moyenne de la pluviométrie se situe à 617 mm et est globalement erratique (rf graphique 1).

Le taux d'évolution de la contribution du secteur agricole à la croissance économique la plus faible a été enregistré en 2002 avec -34,5 %, année particulièrement sèche (le volume annuel pluviométrique a été le plus faible sur les dix dernières années avec 439,29 mm). Par contre en 1999 et en 2003, années favorables du point de vue climatique, la contribution du secteur agricole à la croissance économique a été importante avec respectivement 2,10 % et de 2,20 % (rf graphique 1).



Graphique 1 : Variation comparée de la pluviométrie et la V.A agricole (1981-2013).

Variation of rainfall and agricultural added value (1981-2013).

Calcul : Auteur avec les données collectées à l'ANSO et l'ANACIM.

RESULTATS DE L'ANALYSE PAR LA TECHNIQUE DES MOINDRES CARRÉS ORDINAIRE (MCO)

Il ressort des résultats qu'à long terme seul les variables taux brut de scolarisation, pluviométrie, valeur des prix, investissement sont significativement contributives à l'explication des variations du PIB. Le R^2 est égale à 66 %. C'est-à-dire 66 % des fluctuations du PIB agricole sont expliqués par les variables utilisées (tableau 1 et 2).

Les autres résultats des tests sont en annexe (corrélation, stationnarité, multi-colinéarité, normalité des résidus, homoscédasticité de Breush-pagan). Dans le tableau 1, la première

colonne du tableau reprend les variables explicatives du modèle et quelques statistiques et la troisième colonne représente les valeurs de la statistique de Student correspondant à chaque variable. Le t-student permet de tester si chacune de ces variables est significativement contributive à l'explication de la variable endogène. Cela revient à tester si chacun des coefficients est significativement différent de zéro pour un seuil d'erreur choisi.

$H_0 : \alpha_i = 0$ paramètre non significatif

$H_1 : \alpha_i \neq 0$ paramètre significatif

Comme règle de décision $t_{\alpha/2} > \text{table}$ rejet de l'hypothèse nulle de non significativité. Les tableaux 1 et 2 présentent les résultats des tests.

Tableau 1 : Estimation du PIB agricole.

Agricultural GDP estimate.

Variable	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95 % Conf.	Interval]
logPIB-1	0,058	0,178	0,330	0,747	-0,306	0,422
delta TBS	-0,042	0,011	-3,760	0,001	-0,065	-0,019
logpluvio	0,507	0,170	2,970	0,006	0,159	0,855
logVP	-0,155	0,064	-2,420	0,022	-0,286	-0,024
logINVEST	0,903	0,280	3,220	0,003	0,330	1,475
Constante	3,550	2,098	1,690	0,101	-0,734	7,835
R ²	0,668					

Source : auteur

Tableau 2 : Résultats de l'estimation du PIB agricole.*Results of the agricultural GDP estimate.*

Variables	Coefficients
InPIB-1	0,058
	0,178
deltaTBS	-0,042***
	0,011
Inpluvio	0,507***
	0,17
Ivp	-0,155**
	0,064
linvest	0,903***
	0,28
Constante	3,55
	2,098
R ²	66%

(***) : significativité à 1 % , (**) : significativité à 5%,(*) : significativité à 5 %

(.) : à l'intérieur des parenthèses nous avons les Std. Err

DISCUSSION

EVOLUTION DU PIB AGRICOLE PAR RAPPORT À LA PLUVIOMETRIE

Comme est montré dans le graphique 1, les performances du secteur agricole restent dépendantes des conditions pluviométriques. La valeur ajoutée agricole est erratique concomitamment avec l'évolution de la pluviométrie. Cette situation montre la prédominance des cultures pluviales dans le secteur agricole.

De nombreuses études s'appuyant sur une variété d'instrument analytique ont été menés afin d'évaluer les effets de choc climatique. Barrios *et al* (2010) ont étudié les effets de la pluviométrie dans les mauvaises performances de la croissance économique. Les résultats montrent que la pluviométrie est un facteur déterminant de la croissance économique des pays africains.

INTERPRETATION DES RESULTATS DE L'ANALYSE PAR LA TECHNIQUE DES MOINDRES CARRES ORDINAIRES (MCO)

L'objectif de cette étude est de vérifier l'effet de la pluviométrie sur le PIB. La validité des variables est analysée à partir de leur significativité statistique. Dans notre analyse les variables taux brut de scolarisation, pluviométrie, valeur des prix, investissement sont statistiquement significatives. La pluviométrie présente une significativité de 1 %, et une corrélation positive

par rapport au PIB. En effet une hausse de 1 % de la pluviométrie entraîne une augmentation de 66 % du PIB. Plusieurs auteurs dans leurs études par rapport au lien entre la pluviométrie et la croissance agricole ont prouvé une dépendance. Ouédraogo (2012) a démontré une relation positive pour des proportions modérées des précipitations sur le revenu net agricole (augmentation de 2,70 \$ US/ha pour une variation des pluies moyennes annuelles de 1mm), Zouabi (2012) par un modèle VAR a mis en évidence les impacts de la pluviométrie sur la croissance économique dans l'économie tunisienne et Cabral (2012) postule qu'une forte baisse de la pluviométrie au Sénégal induit de fortes baisses de la valeur ajoutée dans les branches du maïs, des autres types d'agriculture, de l'arachide et du mil/sorgho.

Le taux brut de scolarité présente une significativité de 1 % avec une corrélation négative. Cela est dû au fait que le niveau d'éducation des jeunes se traduit par un non intérêt à l'activité agricole. Ce résultat corrobore celui de Schultz, (1972) qui stipule que les effets de l'éducation sont plus importants dans un environnement de changement et de modernisation que dans un environnement traditionnel. Billigil et Gaël (2017) montrent qu'au Cameroun lorsque le niveau d'éducation augmente, cela se traduit par un recul de l'activité agricole.

Concernant l'investissement qui est statistiquement significative à 1 % nos résultats corroborent ceux de Billigil et Gaël(2017) qui à

travers une étude réalisée au Cameroun, ou il est démontré que l'augmentation des dépenses publiques dans le secteur entraîne une augmentation de la production agricole.

L'Etat du Sénégal est conscient qu'il doit consentir beaucoup d'efforts financiers pour le développement du secteur agricole. Cela se traduira par une augmentation des allocations du budget d'investissement public du secteur.

Le prix est fixé par le gouvernement au début de la campagne de commercialisation, à priori il n'a pas d'influence sur la décision de paysans. Cependant sa corrélation négative est expliquée par la diminution globale du PIB du sous – secteur agricole liée à d'autres variables comme par exemple la baisse de la production. Quoiqu'il en arrive, les cultures de l'arachide et du mil sont reconduites. Cette situation s'explique par la place de rente que l'arachide occupe et concernant le mil c'est une culture vivrière, seul le surplus de production est vendu par les paysans.

CONCLUSION

L'objectif de cet article est de vérifier la relation entre la pluviométrie et le PIB agricole à travers les grandes cultures pluviales que sont le mil et l'arachide qui occupent environ 86 % des terres cultivées durant la saison des pluies. La méthode utilisée est la technique économétrique des moindres carrés ordinaires. Les résultats ont montré que le PIB agricole est influencé par la pluviométrie. Il est aussi influencé par l'investissement, par contre, le Taux brut de scolarisation à un effet négatif, ce qui montre que les jeunes scolarisés se désintéressent de l'agriculture pluviale.

Pour accroître le PIB agricole, il est recommandé de mettre l'accent sur l'investissement dans le sens de la modernisation de l'agriculture et aussi utiliser des variétés plus adaptées au stress hydrique.

BIBLIOGRAPHIE

Ambert M et Chapelle K. 2003. Education et développement économique : Le cas de 14 États indiens (1970-1993). Région et Développement, l'Harmattan, Revue Région et Développement, pp.145 - 160 ;

ANSD sur la situation économique 2017,

ANSD sur la situation économique 2018,

Askari H. and J.T. Cumming (1977). « Estimating agricultural supply response with the Nerlove model ; a survey », *International Economy Review*, 18 (2) : 257-292.

Bazzaz F. et Sombroek W. 1997 Changements du climat et production agricole : Effets direct et indirect physiologiques des végétaux, Polytechnica, FAO, Rome, 406p

Biligil G. et Gaël D., 2017, Dépenses publiques et croissance agricole au Cameroun Rapport

Bruce F. Johnston et Mellor John W., 1961 , The Role of Agriculture in Economic Development, American Economic Review, volume 51, pages 566-593.

Blein R., Soulé B G., Dupaigne B.F., Yérima B. , 2008, Les potentialités agricoles de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), FARM, p.116,

Banque Mondiale 2008, L'agriculture au service du développement in rapport sur le développement dans le monde, Editions De Boeck, Distribution Nouveaux horizons ARS, Paris,

Cabral F. J., 2012, « L'impact des aléas pluviométriques sur les disparités régionales de pauvreté au Sénégal », *Revue d'économie du développement* (Vol. 20), p. 69 - 95.

Dinar A., Mendelsohn R., Evenson R., Parikh J., Sanghi A., Kumar K., McKinsey J., Lonergan S. 1998. Measuring the Impact of Climate Change on Indian Agriculture, Bank Technical Paper No. 402, Washington, D.C.

Diagne,Cabral et Dansokho, 2007. Réforme commerciales, réponse de l'offre agricole et sécurité alimentaire,CRES,LAPP, UCAD ;

Fall A., Mbaye B.B., Sy H., 2013, Politique Agricole, Productivité et Croissance à Long Terme au Sénégal, Document d'Etude N°25, Rapport Direction de la Prévision et des Etudes Economiques,

Flichman G. et Jacquet F.. 2003, cahiers d'économie Cahiers d'économie et sociologie rurales, n° 67, Le couplage des modèles agronomiques et économiques, intérêt pour l'analyse des politiques ;

Hubert, P.,Carbonnel, J. & Chaouche, A. 1989. Segmentation des séries hydrométéorologiques-application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *J. Hydrol.* 110, 349 - 367.

Lazar Augustin A. AGuiar, 2009, « Impact de la variabilité climatique récente sur les écosystèmes des Niayes du Sénégal entre 1950 et 2004 », Thèse, Université du Qué-

- bec à Montreal,
- Le Barbé, L., Lebel, T. & Tapsoba, D. 2002. Rainfall variability in West Africa during the years 1950-90. *J. Climate* 15(2), 187-202,
- Le Barbé, L. & Lebel, T. 1997. Rainfall climatology of the Hapex-Sahel region during the years 1950-1990. *J. Hydrol.* 188/189, 43-73.
- Mellor, .1999. «Pro-poor growth, the relation between growth in agriculture and poverty reduction », Prepared for USAID/G/EGAD,
- Mendelsohn R. and Dinar A., 1998. , The Impact of Climate Change on agriculture and developing countries: case studies of Indian and Brazil, marchMarch 3,
- Neil, H., Leduc C. et Oieulin C. , 2005,. « Caractérisation de la variabilité spatiale et temporelle des précipitations annuelles sur le bassin du Lac Tchad au cours du 20^{ème} siècle ». *Hydro.Sei.* J,50 : 223 - 243,
- Nicholson, S. & Palao, I. 1993. A re-evaluation of rainfall variability in the Sahel. Part 1. Characteristics of rainfall fluctuations. *Int. J. Climatol.* 13, 371-389 ;
- Nerlove M. (2002). «Essays in Panel Data Econometrics», New York Cambridge University Press.
- Nerlove M. (1979). «The Dynamics of Supply: Retrospect and Prospect», *American Journal of Agricultural Economics*, 61: 874-888.
- Nerlove M. (1967). «Distributed Lags and Unobserved Components in Economics Time Series in Ten Economic Studies in the Tradition of Irving Fisher», W. Fellner, ed., 127-169, New York John Wiley et Sons.
- Nerlove M. (1958). «The Dynamics of Supply: Estimation of farmers' responses to price», Johns Hopkins University Press, Baltimore, 268 pp
- Nerlove, M., 1956. «Estimates of the Elasticities of Supply of Selected Agricultural Commodities», *Journal of Farm Economics*, Vol. 38, n°2, pp. 496-509,
- Ouedraogo, M. 2012. Impact des changements climatiques sur les revenus, agricoles au Burkina Faso. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 3-21
- Paturel, J. E., Servat, E., Kouamé, B., Lubès, H., Ouedraogo, M. & Masson, J. 1997. Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea. Part 2: An integrated regional approach. *J. Hydrol.* 191, 1-15,
- Sall, M. 2015. Les exploitations agricoles, face aux risques agricoles et climatiques : stratégies développées et assurances agricoles, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, Rapport DPE sur la situation économique, 2013,
- Schultz T.W. 1972, Investment in Human Capital, *American Economic Review*, n°1, pp. 1-17,
- Tapsoba O., 1997. Caractérisation événementielle des régimes pluviométriques Ouest Africains et de leur récent changement. Thèse de doctorat, Paris (FRA), Université Paris XI, 145 p.;
- Zouabi O., 2012, Changement climatique, agriculture et croissance économique : Une modélisation VAR, <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/61072/MPRA>

ANNEXE

Tableau de corrélation

	lpirb	lvp	lpluvio	linv	tbs
lpirb	1.0000				
lvp	0.2165	1.0000			
	0.1917				
lpluvio	0.5280*	0.7563*	1.0000		
	0.0007	0.0000			
linv	0.5943*	0.5349*	0.5485*	1.0000	
	0.0001	0.0006	0.0004		
tbs	0.6432*	0.6012*	0.6944*	0.9207*	1.0000
	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	

Test de stationnarité

	Test Statistic	Critical Value 1 %	Critical Value 5 %	Critical Value 10 %	Alternative
lpirb	0.799	-2.641	-1.950	-1.605	ru, constante
lvp	-0.219	-2.641	-1.950	-1.605	ru
lpluvio	0.137	-2.641	-1.950	-1.605	ru, constante
linv	1.384	-2.641	-1.950	-1.605	ru, constante, tendance
tbs	3.136	-2.641	-1.950	-1.605	ru, constante, tendance
résudu	-6.871	-2.641	-1.950	-1.605	ru (cointégration)

Test de mulcolinéarité

Variable	VIF	1/VIF
D1.lvp	2.67	0.374077
L1.lpirb	2.62	0.381135
D1.lpluvio	2.06	0.486448
L1.linv	1.87	0.533739
D1.linv	1.17	0.855603
D1.tbs	1.15	0.873329
Mean VIF	1.92	

Test de normalité des résidus

Variable	Obs	Pr (Skewness)	Pr (Kurtosis)	adj	chi2 (2)	Prob>chi2
res	36	0.2482	0.7630		1.52	0.4684

Test d'homoscédasticité de Breush-pagan

chi2 (1)	0.79
Prob > chi2	0.3747