

7ème Conférence Africaine sur la Population

JOHANNESBURG–AFRIQUE DU SUD, 30 NOV– 4 DEC. 2015

Changements climatiques, sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne : quels effets et quelles réponses ?

FIKEU LINDA Yolène Mimose

Institut National de la Statistique (INS), Yaoundé, Cameroun, yolenefikeu@yahoo.fr

RESUME :

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire dans 43 pays d'Afrique Subsaharienne. Nous utilisons à cet effet les données issues des bases BADC, FAOstat et WDI pour l'estimation d'un modèle VAR sur données de panels. L'échantillon est reparti suivant 3 zones agro-climatiques, plus explicitement la zone équatoriale, la zone sahélienne et la zone semi-aride. Ce qui permet de mettre en exergue le différentiel des chocs subis par les pays et les réponses appropriées à chaque groupe de pays. Les résultats montrent que les fortes variations du volume des précipitations affectent négativement la sécurité alimentaire des pays de la zone équatoriale, à fortes précipitations mais aussi ceux de la zone sahélienne à températures élevées. Toutefois, les pays à faibles températures et faibles précipitations sont les moins affectés. Les politiques de couverture contre les risques du changement climatique doivent donc être plus actives dans ces deux premiers groupes de pays.

Mots clés : Changement climatique, sécurité alimentaire, VAR sur données de panels, Afrique Subsaharienne.

INTRODUCTION GENERALE

Les changements climatiques sont l'un des principaux défis mondiaux du 21^{ème} siècle, les communautés scientifique et internationale en sont unanimes. Ces dernières mettent désormais l'accent sur l'impérieuse nécessité de lutter contre ce phénomène tant au niveau global que local. Bien que l'Afrique en général et les pays d'Afrique subsaharienne en particulier soient de façon marginale, responsables des changements climatiques (4% des émissions de GES selon le GIEC, 2007), une évidence se dégage : les effets du phénomène se font ressentir dans ces pays à la fois, sur l'agriculture et par ricochet sur la sécurité alimentaire, le développement durable et la réalisation des Objectifs du Millénaire pour le Développement.

En effet, les principales manifestations du phénomène résultent conjointement d'une baisse constante du volume annuel des précipitations combinée à une hausse graduelle des prélèvements d'eau annuels par habitant. Une baisse des débits de la majorité des cours d'eau couplée à une réduction significative des surfaces des lacs (de 25000 km² à 2000 km² pour la période 1960-2012 concernant le Lac Tchad). Egalement, de nombreuses recherches mondiales font état d'une élévation des températures moyennes annuelles¹ (GIEC, 2007 et 2010), les activités anthropiques en sont largement indexées.

Contexte et justification

De fait, l'agriculture est le moteur de la plupart des économies africaines et en particulier celles d'Afrique subsaharienne. En dépit de quelques faiblesses structurelles², ce secteur emploie un peu plus de 56% de la population active, participe à 90% du revenu des ménages ruraux et procure en moyenne 21% du PIB avec des disparités très marquées entre les Etats (CEEAC, 2011). Une agriculture pluviale qui, elle-même est fortement dépendante des précipitations pour un approvisionnement en eau des cultures.

L'Afrique a connu plusieurs épisodes du changement climatique qui se sont soldées par des crises alimentaires de grande ampleur notamment dans la bande sahélienne et la corne de l'Afrique. Les scientifiques et politiques sont formels sur cette question, ces crises sont majoritairement dues aux limitations des ressources en eau et à une inefficience des stratégies d'adaptation (KISTEMAAN et al, 2002).

Bien que le continent dispose d'importantes ressources naturelles et humaines pour produire à l'échelle continentale les besoins alimentaires de ses 1,2 milliards d'habitants, l'Afrique importe près de 50 milliards de dollars de denrées alimentaires chaque année pour satisfaire sa population (FAO, 2013). La récente flambée des prix des denrées alimentaires de 2008 a

¹La tendance linéaire au réchauffement entre 1906 et 2005 est estimée à 0,74° C avec un degré de confiance élevé (95%).

²Seuls 2 à 12 % des superficies en terres arables sont exploités et encore de façon rudimentaire et parmi les 14,2 millions d'hectares irrigables, seuls 601.000 hectares sont sous irrigation dans la zone, soit 4,20% de la superficie cultivée. La vulnérabilité relative de l'Afrique s'explique notamment par (i) le faible accès aux ressources, (ii) à l'information et à la technologie, (iii) par la manque de stabilité et d'efficacité des institutions et enfin par (iv) la pauvreté généralisée.

provoqué de vives inquiétudes par rapport à la sécurité alimentaire déjà précaire³. Selon cette même source, la proportion des personnes mal nourries en Afrique est sans cesse croissante⁴, cette malnutrition affecte particulièrement les enfants et les femmes.

Le choix porté sur les pays de l'Afrique subsaharienne n'est pas fortuit, cela se justifie notamment par le fait que cette dernière est à l'échelle mondiale, l'entité la plus vulnérable et la moins résiliente face aux événements climatiques extrêmes. Certes, beaucoup de travaux empiriques ont abordé la relation entre les changements climatiques, l'agriculture et par ricochet la sécurité alimentaire. Mais très peu d'entre eux se sont intéressés à l'Afrique subsaharienne qui pourtant, mérite une attention particulière. Les rares travaux consacrés à l'Afrique sont toutefois spécifiques aux entités économiques (CEEAC, CEDEAO, SADEC, ...) et aux zones climatiques (zone tropicale, zone sahélienne, etc.). Aussi, ces études n'ont cependant pas pu aborder ces différents aspects de façon conjointe.

Cette étude vise à partir d'un modèle VAR sur données de panels à estimer les effets du changement climatique sur, la sécurité alimentaire (dimension disponibilité et accessibilité) pour un échantillon de 43 pays d'Afrique subsaharienne répartis en trois zones agro-climatiques. L'hypothèse de base que nous cherchons à vérifier est la suivante: la modification des paramètres climatiques à long terme exerce une influence sur la sécurité alimentaire dans les pays étudiés.

Ainsi, ce papier sera organisé de la manière suivante : une brève synthèse de la littérature théorique et empirique des changements climatiques en relation avec l'agriculture et la sécurité alimentaire (I). La spécification méthodologique à travers la définition des variables, la procédure d'estimation et de validation des modèles (II). Une évaluation différentielle de l'impact des variabilités climatiques sur la sécurité alimentaire dans les trois zones agro-climatiques préalablement circonscrites(III). Sur la base des résultats obtenus, un éventail des solutions à l'endroit des décideurs et des populations locales dans l'optique d'anticiper sur ces éventuels effets (IV).

I. REVUE DE LA LITTÉRATURE DES EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'AGRICULTURE ET LA SECURITE ALIMENTAIRE

Le concept de sécurité alimentaire comporte quatre dimensions, à savoir, la dimension accessibilité, disponibilité, qualité et stabilité. La disponibilité fait référence aux quantités suffisantes d'aliments, qu'ils proviennent de la production agricole intérieure, de stocks, d'importations ou d'aides. Dans le cadre théorique l'emphase sera mise sur l'effet du

³Les principales raisons de la hausse et la volatilité des prix sont à la fois endogènes et exogènes. Il s'agit de (i) la baisse de la production due aux anomalies climatiques, (ii) la dépendance à l'égard des nouvelles zones d'exportations, (iii) les restrictions commerciales, (iv) la baisse des stocks, (v) la demande plus élevée de biocarburants, (vi) la dépréciation du dollar américain et l'augmentation des prix du carburant.

⁴ La proportion de la population mal nourrie est passée de 30 à 57% durant la période 1969/1971 à 2003/2005 ; alors que 12% à 31% des enfants de moins de cinq ans souffraient d'une insuffisance pondérale avec de fortes variations entre les pays.

changement climatique sur l'agriculture qui est l'un des éléments majeur qui entre dans la définition du concept de sécurité alimentaire. Le spectre des théories sur la corrélation entre changements climatiques et production agricole d'une part et la sécurité agricole d'autre part a ressurgi récemment après une décennie de léthargie. Les effets des changements climatiques apparaissent comme une menace réelle pour le développement économique et social en Afrique. Aussi, en l'absence des études régionales de ces effets, il est donc pertinent d'en approfondir la compréhension notamment en Afrique.

Changements climatiques et agriculture : un tour d'horizon de la littérature théorique

Fondamentalement, il existe trois grandes approches pour évaluer l'effet des changements climatiques sur l'agriculture. Elles diffèrent l'une de l'autre par leur méthodologie qui se focalise d'un côté vers l'agronomie et de l'autre vers l'économie.

L'approche par la fonction de production : Fondée sur l'existence d'une fonction de production pour toute culture qui met directement en relation le rendement de la culture à son environnement biophysique. Développée dans certains travaux analogues à l'instar de ceux de Reilly et al. (1994) ; Rosenzweig et Parry (1994) pour estimer l'impact des changements climatiques sur les rendements agricoles en faisant varier les niveaux de stimuli climatiques. Cependant, elle présente un désavantage qu'il est important de souligner : l'approche par la fonction de production présente un biais car elle a tendance à surestimer les dommages du changement climatique sur la production agricole en omettant les diverses possibilités d'adaptation des paysans aux conditions environnementales et socio-économiques.

La seconde approche qualifiée de « *spatiale analogique* » recourt aux données transversales pour faire une estimation économétrique de la manière dont les changements climatiques affectent la production agricole dans diverses zones climatiques. Trois principaux modèles visant à quantifier les effets des mutations du climat sur les rendements agricoles et les capacités d'adaptation des agriculteurs sous-tendent cette approche à savoir :

Le modèle des ressources agricoles futures proposé par Darwin et al. (1994,1995), ce modèle recourt aux Systèmes d'Information Géographique (SIG) pour lier les classes de terres dérivées du climat avec d'autres valeurs agricoles (intrants et produits agricoles) dans l'équilibre général calculable. Une des insuffisances de cette méthode est qu'elle ne permet pas de capter certaines variations des variables climatiques spécifiques telles que la température et les précipitations.

Le modèle ricardien ou hédonique : Les précurseurs de ce modèle ; Mendelssohn, Nordhaus et Shaw (1994) ont fourni une réponse à la grande lacune de l'approche par la fonction de production en introduisant l'approche ricardienne. Dinar et al. (1998), Gbetibouo et al. (2005), Ouédraogo et al. (2006) l'ont appliqué pour estimer l'effet des changements climatiques sur l'agriculture respectivement en Inde, en Afrique du Sud et au Burkina Faso. Cette approche tente de mesurer directement l'effet du climat sur la valeur des terres et le rendement agricole en tenant compte des adaptations potentielles des agriculteurs.

Le principe est traduit par l'équation suivante :

$$(1) v = \int P_{LE} e^{-\delta t} dt = \int \left[\sum P_i Q_i(X, F, Z, G) - \sum RX \right] e^{-\delta t} dt$$

Où : V = revenu net agricole, P_{LE} = revenu net par hectare, P_i = Prix sur le marché du produit agricole i , Q_i = quantité produite de la culture i , F = vecteur des variables climatiques, Z = vecteur des variables édaphiques, G = ensembles des variables socio-économiques telles que l'accès au marché et au capital, X = vecteur des facteurs de production et t = temps.

Cependant, le modèle ricardien sous-estime les contraintes liées aux stratégies d'adaptation en omettant de contrôler avec certaines variables qui sont fortement corrélées avec le climat telles que des caractéristiques de la composition des sols pouvant limiter la disponibilité en eau d'irrigation dans certaines régions et les micro climats (Cline, 1996 ; Reinsborough, 2003). Il postule également que l'agriculteur réagit directement aux stimuli climatiques tandis que plusieurs études ont démontré que les agriculteurs sont lents à utiliser des stratégies d'adaptation en réponse à l'environnement climatique notamment en raison de l'inertie causée par les programmes gouvernementaux et les assurances agricoles (Smit et McLeman, 2006 ; Smit, McNabb et Smithers, 1996). En outre, contrairement à l'approche fonction de production, l'approche ricardienne a tendance à sous-estimer les dommages causés par le climat.

Le modèle à effets fixes de Deschênes et Greenstone (2007) quant à lui cherche à estimer l'effet des années plus chaudes et plus humides sur le profit des agriculteurs. En se basant sur l'hypothèse que les variations annuelles de températures et de précipitations sont aléatoires. Par-là, elle cherche à corriger les failles des deux approches, en modélisant d'une part l'agriculteur rationnel et d'autre part une réponse biophysique des plantes au climat.

La troisième approche qualifiée de « *structurelle ou agro-économique* » concilie les deux précédentes. Elle mesure les effets directs de la variabilité climatique sur diverses cultures et sur leurs besoins en intrants à travers des simulations agro-économiques. Dans cette approche, les pratiques telles que le choix des cultures, l'irrigation et le calendrier agricole sont incluses dans les modèles structurels. Les impacts économiques sont donc estimés en incorporant les résultats des estimations des rendements issus des modèles de simulations aux modèles économiques. Deux modèles économiques sous-tendent cette approche à savoir : *le modèle d'équilibre général* calculable qui simule l'impact économique global (Yates et Strzepek, 1996 et 1998 ; Darwin et al. 1994 ; Rosenzweig and Parry, 1994 ; Parry et al., 1999), *le modèle d'équilibre partiel* (Chang, 2002, Kumar et Parikh, 2001). La principale limite de cette approche est que dans l'ensemble des études les conclusions faites sur de vastes zones et sur les systèmes de production divers sont fondées sur les résultats des expérimentations. De plus les modèles structurels sont généralement associés aux coûts extrêmement élevés ce qui rend difficile leur implémentation dans les pays pauvres et en développement.

Revue empirique de la relation entre changements climatiques et sécurité alimentaire.

Nombreux sont les travaux empiriques qui ont abordé la relation entre les changements climatiques, agriculture et sécurité alimentaire. Cependant, ceux qui nous semblent les plus pertinents pour la conduite de cet exercice seront tour à tour développés dans cette section :

A partir du modèle à effets fixes de Deschênes et Greenstone, L. Da Silva en 2009 parvient à estimer l'impact des changements climatiques sur l'agriculture canadienne. Les résultats de l'estimation du modèle présentent un impact fortement négatif entre 51,2% et 29,5%. Ouédraogo M. en 2008 évalue l'impact des changements climatiques sur les revenus agricoles

des agriculteurs au Burkina Faso, en utilisant l'approche ricardienne et en tenant compte des mesures adaptatives des paysans aux stimuli climatiques. Les résultats de son étude indiquent que la relation entre le revenu et le climat est non linéaire. L'impact marginal de la température sur le revenu agricole est de -19,9 dollars US par hectare tandis que celui de la précipitation est de +2,7 dollars US par hectare. Plus loin, l'analyse des élasticités a montré que l'agriculture Burkinabé est très sensible aux précipitations. L'augmentation des précipitations de 1% entraîne une hausse des revenus agricoles de 14,7%. Cependant, une augmentation des températures de 1% entraîne une baisse des revenus agricoles de 3,6%.

Zouabi O., dans un article⁵ rédigé en 2012, évalue à l'aide d'un modèle VAR l'impact des changements climatiques sur la croissance économique via l'agriculture en Tunisie. L'approche par la fonction de production a servi de base à cette étude. L'analyse de la stationnarité des variables endogène a conduit cet auteur à recourir à un Modèle à Correction d'Erreur pour ses estimations. Il ressort de ses analyses qu'il existe une relation de long terme entre les températures et la pluviométrie. L'analyse des élasticités révèle qu'une augmentation de précipitations de 1% engendre un accroissement du PIB de 0,09% tandis qu'une hausse des températures entraîne une baisse du PIB de 0,4%.

Dans une étude qui mesure l'impact des changements climatiques sur la sécurité alimentaire⁶ réalisée dans 146 pays en développement par Duplantier et *al.*, pour la période 1960-2000. La méthode de régression simple sur les deux dimensions de la sécurité alimentaire, l'une quantitative (la production vivrière) et l'autre qualitative (la mortalité infantile) a permis aux auteurs d'obtenir les résultats ci-après : Le changement climatique à long terme Influence positivement et significativement l'indice de production vivrière ; ce dernier augmente de 0,04 unités lorsque les précipitations de augmentent de 1%. Aussi, une hausse du taux de croissance des précipitations de 1% entraîne une augmentation de la mortalité infantile de 0,094%.

II. SPECIFICATION METHODOLOGIQUE

Modèle économétrique

La présente étude fait recourt au modèle VAR traditionnel qui traite toutes les variables du système comme endogènes avec une approche en données de panels. Le recours à ce type de modèle permet de prendre en compte l'hétérogénéité individuelle des pays membres de l'échantillon, et d'identifier les effets qui ne peuvent pas être pris en compte par une simple série de données temporelles ou en coupe transversale. Elle revêt deux principaux avantages, car non seulement elle permet de palier au problème d'endogénéité des regressseurs, mais aussi, la combinaison des dimensions spatiale (les pays) et temporelle permet de contourner le problème de la faible taille des séries et rend les résultats asymptotiques plus robustes.

Le modèle réduit qui prend en compte toutes les spécificités (individuelles et temporelles) a la forme réduite suivante :

$$Y_{it} = \beta_{it} + \Gamma_{it}(L)Y_{it} + \varepsilon_{it}$$

⁵ « Changements climatiques, agriculture et croissance économique : y a-t-il un lien ? »

lebaneseconomy.files.wordpress.com

⁶ « Sécurité alimentaire et changements climatiques : la relation est-elle vérifiable ? », JEDI, Volume I, n°1, 2012. pp7-12

Où Y_{it} est le vecteur de variables stationnaires, $\Gamma_{it}(L)$ est une matrice polynomiale définie sur l'opérateur retard L et ayant la forme fonctionnelle suivante :

$$\Gamma_{it}(L) = \Gamma_{it}^1 L^1 + \Gamma_{it}^2 L^2 + \dots + \Gamma_{it}^P L^P ;$$

β_{it} et $\Gamma_{it}^j, j=1 \dots P$ sont des matrices de coefficients spécifiques aux individus et aux périodes et ε_{it} est le terme d'erreur idiosyncratique (de moyenne nulle, à variance constante, non auto corrélé et non corrélé d'un individu à un autre). Cette spécification du modèle VAR sur données de panels est la plus générale qui soit.

Dans le cadre de ce travail, l'hétérogénéité des individus est prise en compte à travers des effets individuels inobservables u_i , qui affectent la dynamique de l'évolution de la sécurité alimentaire des pays de la région, tandis que les effets temporels sont introduits par des variables dummies temporelles d_t , destinées à mesurer des chocs qui ont affecté uniformément tous les pays d'Afrique subsaharienne.

Ainsi, le modèle prend la forme suivante :

$$Y_{it} = \beta_{it} + \Gamma(L)Y_{it} + u_i + d_t + \varepsilon_{it}$$

Toutefois, tel que spécifié, l'estimation de ce modèle pose un problème fondamental d'endogénéité, car il existe une corrélation entre l'un des régresseurs (la variable endogène retardée) et la perturbation, que le modèle soit écrit en niveau, en différence première ou en écart aux moyennes individuelles (Sevestre, 2002). En outre, Sevestre et Trognon (1983) montrent que dans ce cas de figure, les estimateurs usuels : des MCO, des MCG, intra-individuel (within) et inter-individuel (between) ne sont pas convergents à distance finie. Une estimation convergente de ce modèle est obtenue par les méthodes des variables instrumentales et des moments généralisés. Dans le cadre de ce travail, cette dernière sera mise en pratique.

Suivant Arellano et Bover (1995), la procédure de différenciation par la moyenne des observations futures de Helmert est appliquée pour éliminer les effets individuels inobservables. Ainsi, dans ce modèle final, chaque observation est pondérée de manière à uniformiser la variance (Coulibaly et Kempf, 2010). Si les erreurs du modèle originel sont non auto-corrélées et caractérisées par une variance constante, les erreurs transformées devraient présenter des propriétés similaires. Au préalable, les variables auront été centrées par leurs moyennes annuelles (sur tous les pays) pour éliminer les effets temporels. Pour finir, les valeurs retardées des variables du système représentent de bons instruments pour le modèle (Arellano et Bover, 1995). Par souci de préserver un nombre suffisant d'années pour l'estimation du modèle, seuls les retards d'ordre 1 des variables sont considérés comme explicatives.

Étant donné que la modélisation VAR est quelque peu athéorique, le choix des différentes variables est mû par les objectifs visés par ce travail. Pour mesurer le changement climatique certains auteurs utilisent la moyenne des températures annuelles et la somme du volume des précipitations. Pour cette étude, seules les précipitations (*tprecip*) seront considérées car elles sont très corrélées aux températures (*Temp*) et captent le même effet. Ce choix semble être pertinent au regard des pays de l'Afrique subsaharienne où l'agriculture est fortement dépendante de la pluie.

Pour atteindre les objectifs visés par ce travail, deux modèles seront estimés :

- Le premier permettra d'estimer l'impact du changement climatique sur la dimension disponibilité de la sécurité alimentaire mesuré ici par la production alimentaire moyenne (*Avgf*), il prendra en compte les variables suivantes : *tprecip* ; le logarithme du revenu par tête (*PIBt*) comme proxy du niveau de développement et enfin, la variable d'Inflation (*Infl*) comme proxy de la variation des prix des produits agricoles sur la sécurité alimentaire. En effet, l'inflation s'explique principalement par la hausse des prix des produits alimentaires et du pétrole.
- Le second est utilisé pour estimer l'impact du changement climatique sur la dimension accessibilité de la sécurité alimentaire. Dans ce modèle la variable *Avgf* sera remplacée par la variable (*Nours*) qui est la proportion des personnes sous alimentées cette dernière sera utilisée comme proxy de la dimension accessibilité de la notion de sécurité alimentaire. Les variables *tprecip*, *Infl* et *PIBt* seront maintenues.

Tableau 1 : Lexique des variables

Variables	Intitulé	Source de données
Taux de croissance des précipitations annuelles (%)	<i>Tprecip</i>	BADC
Températures Moyennes annuelles(mm)	<i>Temp</i>	
Production Alimentaire Moyenne(tonnes)	<i>Avgf</i>	FAOstat 2013
Proportion de sous alimentés (%)	<i>Nours</i>	
PIB par habitant(\$ US)	<i>PIBt</i>	WDI 2013
Taux Inflation (Prix à la consommation)	<i>INFL</i>	

Source : Auteurs sur bases BADC FAOstat et WDI.

Ces variables sont introduites dans le modèle soit en niveau soit après stationnarisation (par différence ou par filtrage) en fonction des résultats des tests de stationnarité. Pour ce qui est de la stationnarité des variables, celle-ci est testée pour une série donnée en fonction de l'existence ou non des dépendances inter-individuelles.

Une fois tous les coefficients du modèle estimés, les fonctions de réponse impulsionnelles (IRF) sont calculées. Ces IRF décrivent le comportement d'une variable suite à des chocs dans une autre variable du système, les chocs sur les autres variables restant nuls. Ce calcul est fait à travers la décomposition de Cholesky. L'hypothèse qui sous-tend la décomposition de Cholesky est celle selon laquelle les variables listées en premier dans le modèle VAR affectent celles qui viennent par la suite aussi bien de manière contemporaine que de manière différée, tandis que celles qui sont listées en dernier affectent les précédentes seulement en différé. En d'autres mots, les variables qui apparaissent en premier dans le système sont plus exogènes, tandis que celles qui apparaissent par la suite sont plus endogènes (Love et Zicchino, 2006). Selon cette démarche, l'ordre qui est adopté dans les différents modèles est respectivement le suivant :

Modèle 1 :

$$\begin{cases} Y_{it} = (tprecip, Avgf, infl, PIBt) \\ Y_{it} = (tprecip, Nours, infl, PIBt) \end{cases}$$

Modèle 2 :

A l'issue de l'implémentation des IRF, l'ultime étape est la décomposition de la variance, qui montre le pourcentage de variation dans une variable, expliqué par un choc dans une autre variable, accumulé à travers le temps. Cette étape est cruciale pour l'exercice présent, tant il est vrai qu'elle permettra de déterminer jusqu'à quel degré les variations climatiques influencent les deux dimensions sécurité alimentaire.

Données utilisées

La base de données qui servira dans l'estimation est constituée de l'ensemble des pays d'Afrique subsaharienne soit quarante-trois (43) pays au total, les autres étant exclus faute de données (Confère annexe A). Pour ces pays, nous avons des observations sur la période 1990-2012, soit 22 années. Ceci donne un total de $43 \times 22 = 946$ observations. Des statistiques descriptives sommaires des variables qui seront utilisées dans l'estimation de nos modèles sont présentées en annexe B. Dans la suite, sont présentés les résultats de la mise en œuvre des méthodes économétriques antérieurement énoncées. De plus le logarithme a été appliqué à certaines variables pour pallier au problème d'échelle.

III. PRESENTATION DES RESULTATS

Traitements préalables à l'estimation

Analyse de stationnarité

L'analyse de la stationnarité se fera en deux étapes pour chaque variable. La première consiste à tester pour chacune d'elles l'existence de dépendances entre les individus du panel, pour cela on utilise le test de dépendances individuelles de Pesaran (2004). Les hypothèses de ce test sont les suivantes :

$$\begin{cases} H_0 : \text{indépendance individuelle} \\ H_1 : \text{dépendance individuelle} \end{cases}$$

Ainsi, une p-value supérieure à 0,05 entraîne le non rejet de l'hypothèse nulle. Les résultats de la mise en œuvre de ce test sont renseignés dans le tableau2 ci-après :

Tableau 2 : Résultats des tests de dépendance de Pesaran (2004)

Variable	CD-test	p-value	corr	Abs (corr)
h_c_tprecip	-0,14	0,886	-0,002	0,375
h_c_Avgf	-1,84	0,066	-0,019	0,461
h_c_Nours	-1,82	0,068	-0,019	0,419
h_c_PIBt	-0,61	0,542	-0,006	0,469
h_c_Infl	0,29	0,774	0,003	0,395

Source : Auteurs sur bases BADCF AOstat WDI à partir du logiciel STATA 11

Ces tests sont effectués sur les variables Helmert transformées et centrées par les moyennes temporelles préfixées par (*h_c_*). Pour les variables dont on ne pourra pas rejeter l'hypothèse nulle d'indépendance individuelle, le test de stationnarité adéquat qui sera appliqué est celui de Maddala et Wu (1999) dans le cas contraire, c'est celui de Pesaran (2003) qui sera appliqué. Les tableaux suivants présentent les résultats des tests de stationnarité sur les variables du système.

Tableau 3 : Résultats du test de stationnarité de Maddala et Wu (1999)

Variables	Chi2 (18)	Prob.>chi2
<i>h_c_tprecip</i>	956,5555	0,0000
<i>h_c_Nours</i>	118,1410	0,0123
<i>h_c_PIBt</i>	158,6077	0,0000
<i>h_c_Infl</i>	279,5517	0,0000
<i>h_c_Vagri</i>	144,6197	0,0001

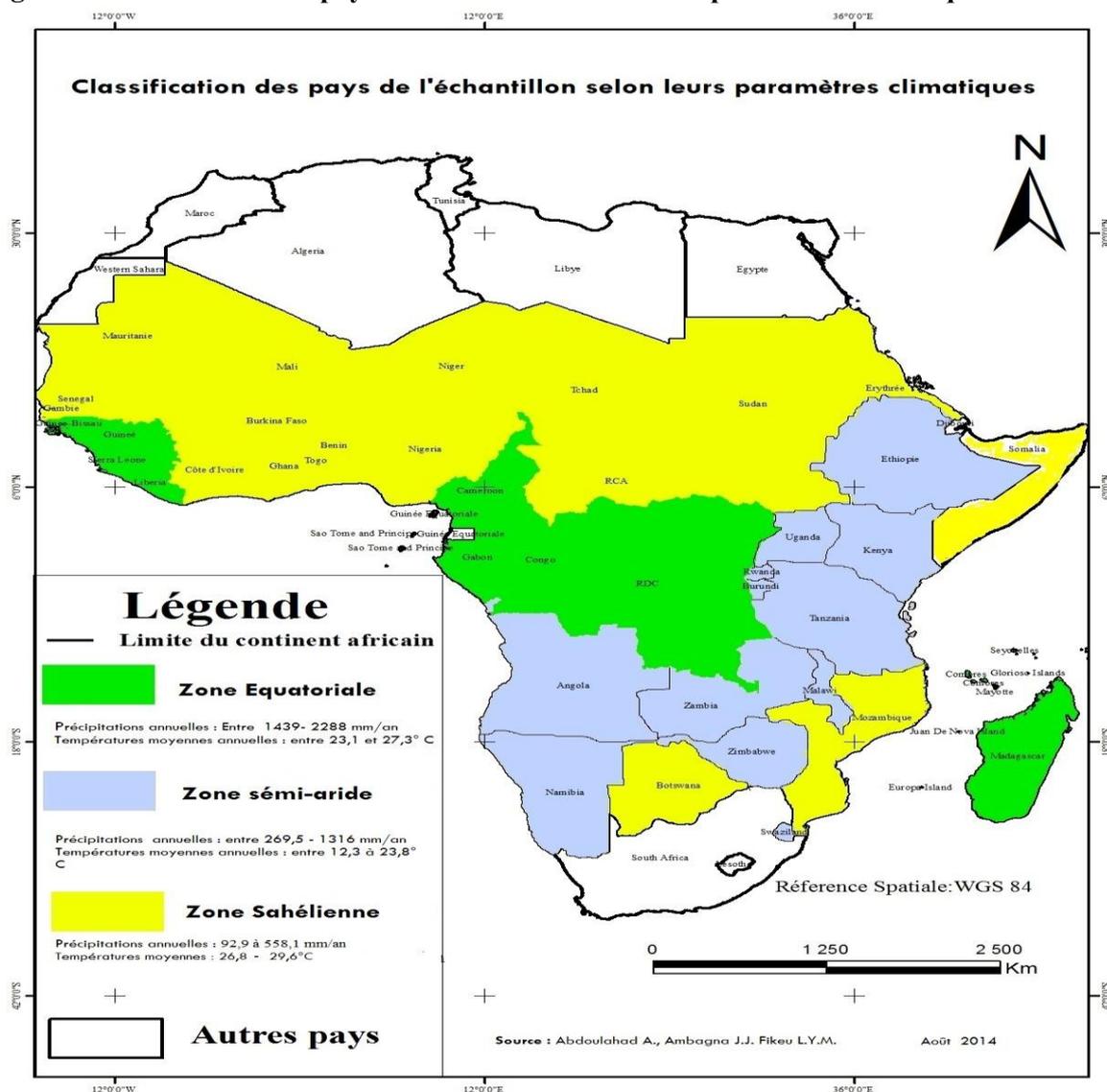
Source : Auteurs sur bases BADCF AOstat WDI à partir du logiciel STATA 11

Au regard de ces tableaux, l'hypothèse nulle d'existence d'une racine unitaire (commune aux deux tests) est rejetée au seuil de 5% pour les variables des deux modèles à l'exception de la variable *h_c_Avgf* qui est stationnaire en différence première.

La description des spécificités des pays membres de l'échantillon

Le tableau de l'annexe C présente les résultats de l'analyse descriptive des trois zones climatiques. Il est important de préciser que la méthode d'Analyse en Composantes Principales (ACP) a servi de base à la classification des 43 pays retenus en trois groupes comme l'indique la carte ci-après :

Figure1 : Classification des pays de l'échantillon selon leurs paramètres climatiques



On observe une différence de précipitations entre les trois groupes de pays. Les pays du groupe 1 (zone équatoriale), à fortes précipitations sont aussi ceux qui ont le taux de prévalence de la sous-alimentation le plus bas, bien que l'indice de production alimentaire dans ces pays reste plus faible que dans les pays des deux autres groupes. Cependant, on observe une forte hétérogénéité intra-groupe au cours du temps. Les pays du groupe 3 (zone semi-aride) bien qu'ayant de faibles précipitations (1044 mm par an en moyenne) ont l'indice de production alimentaire le plus élevé, mais aussi le taux de prévalence de la sous-alimentation le plus élevé des 3 groupes.

En Afrique, la sécurité alimentaire serait donc tout à fait liée au volume des précipitations, mais ne se limite pas à la seule dimension des disponibilités alimentaires. L'accès des populations aux aliments joue aussi un rôle prépondérant. Toutefois, les températures semblent ne pas déterminer crucialement l'état de la sécurité alimentaire, bien que les pays du groupe 2 (zone sahélienne) enregistrent des températures modérées et l'indice de production alimentaire le plus élevé. La prévalence de la sous-alimentation est tout aussi plus faible que celle du groupe 1 avec une variabilité intra-groupe assez forte (Confère annexe C).

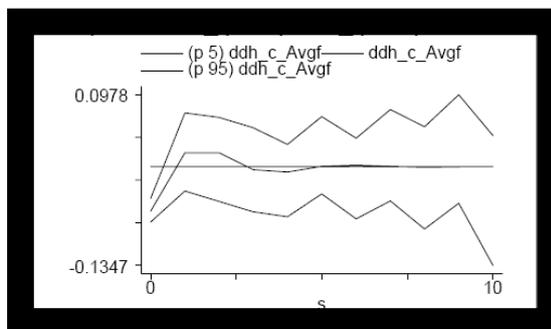
Résultats des estimations et interprétations

Les différentes transformations qui ont été faites sur les variables aliènent quelque peu les possibles interprétations des régressions effectuées sur ces modèles et présentées en annexe D. Nous nous garderons donc d'interpréter ces résultats qui ont une faible interprétation économique. Pour une meilleure interprétation et dans le but d'apporter des éléments de réponse aux objectifs posés dans ce travail, l'attention sera plutôt portée sur l'analyse des fonctions de réponse impulsionnelle et la décomposition de la variance.

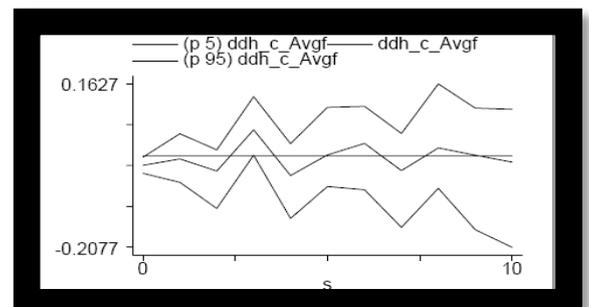
Après l'estimation des coefficients des modèles, les IRF sont calculées dans le but de retracer la dynamique d'une variable endogène, suite à une impulsion (choc) sur une autre variable du système. La dynamique de cette dernière permettant de simuler cette réponse sur une période plus ou moins longue. L'analyse de ces fonctions permet d'entrevoir l'effet des chocs climatiques plus précisément du volume des précipitations, sur la production alimentaire moyenne (modèle1) et sur la proportion des sous-alimentés (modèle2). Les intervalles de confiance des IRF ont été calculés par des simulations de Monte Carlo après 500 répétitions, ceux-ci ne changeant pas significativement pour des nombres de répétitions plus grands. Ensuite la décomposition de la variance est effectuée afin de mesurer sur une période donnée, la contribution de la variation d'une variable du système, expliquée par une autre variable de celui-ci. Sur ces graphiques les courbes extrêmes représentent les intervalles de confiance au seuil de 5%.

Figure 2 : Fonctions de réponse impulsionnelle (IRF)

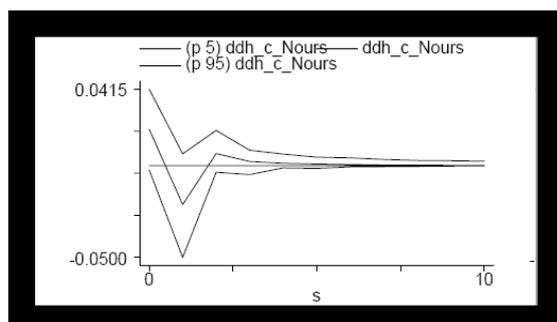
Réponse de la production alimentaire moyenne à un choc sur le volume des



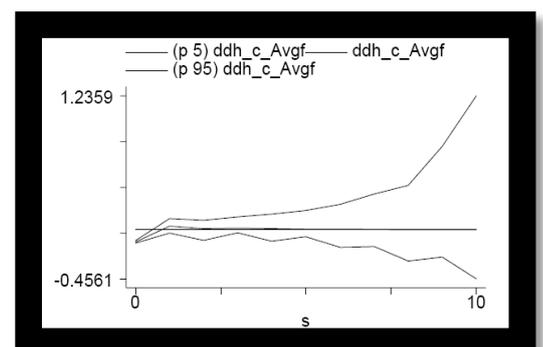
Réponse de la production alimentaire moyenne à un choc sur le volume des



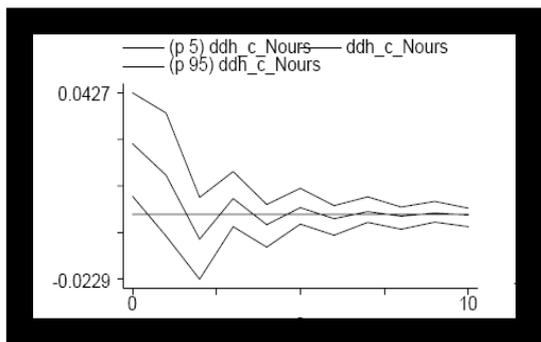
Réponse de la prévalence de la sous-alimentation à un choc sur le volume des



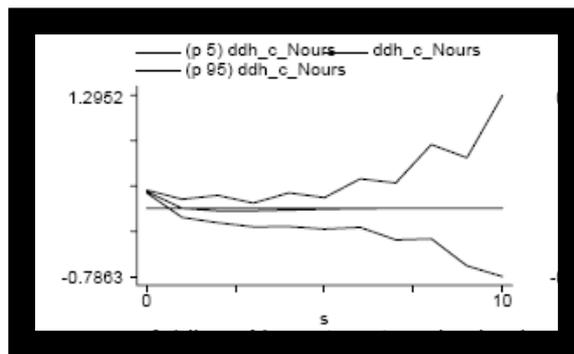
Réponse de la production alimentaire moyenne à un choc sur le volume des précipitations dans le groupe3 (zone



Réponse de la prévalence de la sous-alimentation à un choc sur le volume des



Réponse de la prévalence de la sous-alimentation à un choc sur le volume des



Source : Auteurs sur bases WDI BADCF AOstat à partir du logiciel STATA 11

Les résultats de l'analyse des IRF et la décomposition de la variance montrent que le changement climatique a un impact sur la production alimentaire moyenne et par ricochet sur la sécurité alimentaire des pays africains. Cependant, cet impact diffère suivant les conditions climatiques des pays.

Dans l'ensemble, des chocs sur le volume des précipitations n'ont pas d'effets significatifs directs sur la prévalence de la sous-alimentation en Afrique subsaharienne. Moins de 1% de la variabilité de la sous-alimentation peut être attribué aux variabilités climatiques. Cela confirme en réalité les idées selon lesquelles en moyenne, l'impact des changements climatiques sur la sécurité alimentaire seront perceptibles dans le très long terme. Toutefois, cet impact limité est très hétérogène suivant les groupes de pays.

En effet, les pays de la zone équatoriale caractérisés par des fortes précipitations tels que le Cameroun ou la Sierra-Leone, subissent les effets des chocs sur le volume des précipitations. Un choc positif sur le volume des précipitations diminue significativement la prévalence de la sous-alimentation ; tandis qu'un choc négatif l'augmente. L'on attribue en moyenne 62,53% de la variabilité de la sous-alimentation à la variabilité des précipitations dans ces pays (Annexe D).

En ce qui concerne les pays de la zone sahélienne, les chocs sur le volume des précipitations ont aussi un effet significatif, bien que plus limité que celui du groupe 1. L'impact d'un choc positif du volume des précipitations diminue la prévalence de la sous-alimentation de 6,37%. De plus, les chocs se résorbent plus lentement pour ces pays. Les fortes températures et les faibles précipitations enregistrées dans ces pays affectent beaucoup la productivité agricole, ce qui pourrait expliquer ces résultats.

Contrairement aux deux précédents groupes de pays, les pays de la zone semi-aride à l'instar du Kenya, de l'Ouganda, caractérisés par des faibles températures et des faibles précipitations, sont quasiment insensibles aux chocs sur le volume des précipitations. La prévalence de la sous-alimentation ne réagit pas à la variabilité climatique. Les politiques de sécurité alimentaire reposeraient donc sur d'autres instruments.

Il ressort donc des résultats de nos analyses, que de fortes variabilités climatiques affectent négativement la sécurité alimentaire en Afrique sub-saharienne avec de fortes disparités suivant les zones agro-climatiques. Mais dans l'ensemble, la production alimentaire est presque insensible aux effets des variations climatiques. Elle s'accroît uniquement pour les pays des groupes 1 et 2 à la suite d'un accroissement du volume des précipitations avec un effet plus marqué pour ceux des pays du groupe 1 à fortes précipitations. Nos résultats indiquent que 37% de la variabilité de la production alimentaire est due aux chocs climatiques dans les pays à fortes précipitations (Cameroun, Sierra-Leone, etc.). Dans le groupe des pays à fortes températures (groupe 2), notamment les pays sahéliens comme le Sénégal, le Tchad ou le Burkina-Faso, cette proportion est de 32,81% contre 0,3% (annexe D) dans les pays à précipitations et températures faibles comme le Kenya ou l'Éthiopie. Les changements climatiques impactent donc négativement les disponibilités alimentaires en Afrique-subsaaharienne qui sont une dimension essentielle de la sécurité alimentaire.

CONCLUSION

L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets des variabilités climatiques sur la sécurité alimentaire dans les pays d'Afrique subsaharienne. L'opérationnalisation du modèle VAR sur données de panels est appliquée sur l'ensemble des pays d'Afrique subsaharienne. Les fortes variabilités climatiques affectent négativement la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne avec de fortes disparités suivant les zones agro-climatiques. Environ 37% de la variabilité de la production alimentaire est due aux chocs climatiques dans les pays de la zone Equatoriale contre 32,81% dans les pays sahéliens et 0,3% dans la zone semi-aride. Pour ce qui est de la seconde dimension de la sécurité alimentaire, les résultats indiquent une influence marginale et hétérogène des variabilités climatiques sur la prévalence de la sous-alimentation suivant les groupes de pays. En outre compte tenu des deux dimensions de la sécurité alimentaire sus cités, force est de constater que les pays de la bande sahélienne semblent être les plus affectés par les variabilités climatiques.

Recommandations

Les politiques publiques visant à réduire les effets des changements climatiques sur la sécurité alimentaire doivent donc être ciblées suivant les conditions agro-climatiques des pays. En ce qui concerne les pays caractérisés par de fortes précipitations (Sierra-Leone, Libéria, Ile-Maurice, Gabon, Seychelles, Guinée-Bissau, Guinée, Comores Congo, RDC, Madagascar, et Cameroun), les variations du volume des précipitations ont un impact plus important sur la sécurité alimentaire et l'agriculture. Les politiques agricoles doivent donc être orientées de plus en plus vers une agriculture moins pluviale, par le développement de la recherche. L'expérience des pays comme le Ghana pourrait servir de base de réflexion pour les différents acteurs. De plus, étant donné que le développement agricole joue un rôle très important pour la sécurité alimentaire, les implications des politiques sont multiples. En effet, une agriculture moins dépendante du volume des précipitations permettrait de diminuer les risques d'insécurité alimentaire.

Pour les pays du groupe 2 à fortes températures (Sénégal, Burkina-Faso, Gambie, Bénin, Togo, Nigéria, Ghana, Cote d'Ivoire, Mozambique, Botswana, RCA, mali ; Mauritanie, Niger

soudan, Tchad, Erythrée), de nombreux efforts ont déjà été entrepris par les décideurs en vue d'inciter à l'innovation agricole face aux changements climatiques. De tels efforts doivent être poursuivis à moyen et long terme.

Nous proposons de façon générale une intégration des politiques agricoles entre pays pour amenuiser les effets des variabilités climatiques sur la production agricole et par ricochet sur la sécurité alimentaire. Il faudrait donc encourager une plus grande collaboration régionale et internationale sur le développement et la diffusion de variétés améliorées, l'intensification écologique, et la gestion des stress biotiques et abiotiques face à ces variabilités climatiques pour augmenter durablement la production alimentaire. Les petits agriculteurs doivent également être formés sur les techniques de couverture des risques agricoles liés aux variations du climat ; cela nécessite un accroissement des budgets des Etats alloués à l'agriculture.

BIBLIOGRAPHIE INDICATIVE

- CEEAC (2013), « La politique agricole régionale pour la mise en œuvre des orientations du PDDAA en Afrique Centrale : PAC-CEEAC/PDDAA. Faire de l'agriculture le levier de l'intégration régionale », FAO, HUB RURAL.14p.
- Da silva, L., (2009), « L'impact économique des changements climatiques sur l'agriculture Canadienne, mémoire de MSc. en économie appliquée, HEC –Montréal (Canada). 84p
- Duplantier A., Gracia C., Woldemichael M., (2012) « Sécurité alimentaire et changements climatiques : la relation est-elle vérifiable ? », JEDI, Volume I, n°1, 2012. pp7-12
- Heinrigs P., (2010), « Incidences sécuritaires du changement climatique au Sahel : perspectives politiques », CSAO/CDE. 32p
- Hurlin C., MIGNON V., (2005), « une synthèse des tests de cointégration sur panel » Université d'Orléans, Université de Paris X.
- Hurlin C., MIGNON V., (2006), « une synthèse des tests de racine unitaire sur données de panels » Université d'Orléans, Laboratoire d'Economie d'Orléans.
- IFPRI (2009), « Changements climatiques : impact sur l'agriculture et les coûts de l'adaptation », rapport annuel. 30p
- Im K.S., Pesaran H.M., Shin Y., (2002), « Testing for unit roots in heterogeneous panels», Revised version of the DEA, working paper 9526, University of Cambridge.
- Im K.S., Pesaran H.M., Shin Y., (2003), « On the panel unit roots test using nonlinear instrumental variables », Manuscript, University of Southern California.
- Mendelsohn R., Nordhaus W., and Shaw D., (1994), « The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis», American Economic Review 84(4). Pp753-71
- Ouédraogo M., (2008), Impacts des changements climatiques sur les revenus agricoles au Burkina Faso, Communication à l'atelier CTA sur « Implications des changements climatiques sur les systèmes de production agricoles », CTA, Ouagadougou. 24p

Parry, M.L., C. Rosenzweig, A. Iglesias, M. Livermore, and G. Fischer (2004). «Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socioeconomic scenarios». *Global Environmental Change*, 14, 53–67.

PNUE (2008), « Afrique, Atlas de l'eau : résumé pour les décideurs ». 36p

Rosenzweig C. and Parry M.L., (1994), « Potential impacts of climate change on world food supply», *Nature* 367. Pp133-138

Zouabi O., (2012), «Changements climatiques, agriculture et croissance économique : y a-t-il un lien ? » *Lebaneseconomy/WordPress*. 39p

Annexes

Annexe A : Pays membres de l'échantillon

Angola, Benin, Botswana, Burkina Faso, Burundi, Cap-Vert, Cameroun, Comores, Congo, Côte d'Ivoire, Éthiopie, Gabon, Gambie, Ghana, Guinée, Guinée Bissau, Kenya, Lesotho, Libéria, Madagascar, Malawi, Mali, Maurice, Mauritanie, Mozambique, Namibie, Niger, Nigéria, Ouganda, République centrafricaine, République démocratique du Congo, Tanzanie, Rwanda, Sénégal, Seychelles, Sierra Leone, Soudan, Somalie, Swaziland, Tchad, Togo, Zambie, Zimbabwe.

Annexe B : Répartition par groupe des pays de l'échantillon selon leurs paramètres climatiques.

Pays		Description
Groupe 1 : zone équatoriale	Cameroun, Comores, Congo, Gabon, Guinée, Guinée-Bissau, Ile-Maurice, Libéria, Madagascar, RDC, Seychelles Sierra-Leone.	Précipitations abondantes comprises entre 1439- 2288 mm/an Températures moyennes annuelles oscillent entre 23,1 et 27,3° Celsius 5 et 11° de Latitude Nord
Groupe 2 : zone sahélienne	Benin, Botswana, Burkina-Faso, Cote d'ivoire, Erythrée, Gambie, Ghana, Mali, Mauritanie, Mozambique, Niger, Nigéria, RCA, Sénégal, Somalie, Soudan, Tchad, Togo.	Températures élevées entre 26,8 et 29,6°C Faibles précipitations de 92,9 à 558,1 mm/an en moyenne 16 et 20° de Latitude Nord
Groupe 3 : zone semi-aride	Angola, Burundi, Cap vert, Ethiopie, Kenya, Malawi, Namibie, Ouganda, Rwanda, Swaziland, Tanzanie, Zambie, Zimbabwe.	Faibles précipitations 269,5 à 1316 mm/an /Faibles températures 12,3 à 23,8°C

Source : l'auteur

Annexe C : Résultats de l'analyse descriptive des variables opérationnelles dans les trois sous-groupes.

			Groupe 1	
	Précipitations (mm)	Températures (degrés celsius)	Production alimentaire (indice)	Prévalence de la sous-alimentation (%)
Moyenne	1167,825134	24,94865591	137,6206886	27,72857639
Ecart-type	625,5156691	3,287694253	56,62675328	16,6365162
Coefficient de variation	0,535624428	0,131778412	0,411469771	0,599977293
			Groupe 2	
Moyenne	1054,527859	25,01018711	143,8901572	28,93235777
Ecart-type	608,3233045	3,222499057	55,70385234	16,38363697
Coefficient de variation	0,576867931	0,128847459	0,387127608	0,566273827
			Groupe 3	
Moyenne	1044,601326	24,84621212	140,1750958	29,77457837
Ecart-type	584,5307348	3,200033332	54,86549607	16,20752707
Coefficient de variation	0,559573036	0,128793609	0,391406874	0,544341111

Source : l'auteur à partir du logiciel STATA 11

Annexe D : Les écarts-types des coefficients sont entre parenthèses et les statistiques de student ajustées d'hétéroscédasticité sont entre crochet

Tableau 1 : Production agricole dans le groupe 1

	h_c_tprecip (t)	L.h_c_Avgf(t)	h_c_PIBt (t)	h_c_Infl (t)
h_c_tprecip (t-1)	-0,37186643	0,12177243	-0,69181211	-1,8382698
	0,2503398	1,029552	0,53114724	4,1729246
	-1,4854467	0,11827711	-1,3024865	-0,44052313
L.h_c_Avgf (t-1)	-0,01992729	-0,34186014	0,14497107	-0,83455855
	0,05198147	0,18181412	0,15005098	0,64849042
	-0,38335372	-1,8802728	0,96614542	-1,286925
h_c_PIBt (t-1)	0,00289038	0,0091999	-0,04714681	0,26816551
	0,00934817	0,02886543	0,01954285	0,20677254
	0,30919231	0,31871679	-2,4124833	1,2969107
h_c_Infl (t-1)	0,26843683	-0,72355874	0,71910474	-0,05780267
	0,27523576	0,93968972	0,42967797	3,7960423
	0,97529779	-0,76999751	1,67359	-0,01522709
h_c_tprecip (t-2)	-0,09474911	-0,21004572	-0,0022886	-3,8044705
	0,24320215	0,91530824	0,41899006	2,1920387
	-0,38958993	-0,22948086	-0,00546218	-1,7355855
L.h_c_Avgf (t-2)	-0,03819202	-0,2657439	-1,2602864	-1,2602864
	0,04095483	0,1702047	0,11862452	0,97721765
	-0,93254009	-1,5613194	1,0719956	-1,2896681
h_c_PIBt (t-2)	-0,00030083	0,0068299	0,01605628	0,21233676

	0,00493472	0,0140409	0,00897974	0,07778688
	-0,0609623	0,48642929	1,7880566	2,7297244
h_c_Infl (t-2)	-0,12713161	0,22034684	-0,11993961	-0,23233672
	0,11588724	0,39368317	0,1760812	1,5698139
	-1,0970285	0,55970603	-0,68116079	-0,14800272

Source : l'auteur à partir du logiciel STATA 11

Tableau 2 : Production agricole du groupe 2

	h_c_tprecip (t)	L.h_c_Avgf(t)	h_c_PIBt (t)	h_c_Infl (t)
h_c_tprecip (t-1)	-0,98207033	-0,56505762	-0,20110912	-0,36096244
	0,38147609	0,53519134	0,30707922	1,4083106
	-2,5743955	-1,0558049	-0,65490955	-0,25630882
L.h_c_Avgf (t-1)	0,02160066	-0,43645935	-0,06319858	-0,15813688
	0,05667936	0,15086576	0,04643936	0,34685059
	0,38110268	-2,8930313	-1,3608839	-0,45592218
h_c_PIBt (t-1)	-0,06868636	0,17727574	-0,01423233	-0,17530914
	0,06251775	0,10995249	0,03573808	0,22396154
	-1,0986697	1,612294	-0,39823997	-0,78276449
h_c_Infl (t-1)	-0,62535396	0,25542127	1,0638872	-1,4956693
	0,49906082	0,55678527	0,34034518	1,4351045
	-1,2530616	0,45874286	3,1259065	-1,0422023
h_c_tprecip (t-2)	-0,48406931	-1,4101509	-0,08836616	-2,3479605
	0,38190167	0,59013498	0,32818054	1,5311598
	-1,2675234	-2,3895395	-0,26926083	-1,5334523
L.h_c_Avgf (t-2)	-0,01786338	-0,3353467	-0,02535661	-0,00636944
	0,06314793	0,18907608	0,05620142	0,33125162
	-0,28288144	-1,7736072	-0,11333241	-0,07654787
h_c_PIBt (t-2)	-0,03116268	0,06845977	-0,00659784	-0,0712887
	0,03358404	0,06773734	0,0280117	0,13612961
	-0,92790131	1,0106651	-0,2355389	-0,52368251
h_c_Infl (t-2)	0,24982005	-0,12378046	-0,23303049	0,59825646
	0,27906371	0,26505003	0,19018901	0,62130806
	0,89520796	-0,46700792	-1,2252574	0,96289827

Source : l'auteur à partir du logiciel STATA 11

Tableau 3: Production agricole du groupe 3

	h_c_tprecip (t)	L.h_c_Avgf(t)	h_c_PIBt (t)	h_c_Infl (t)
h_c_tprecip (t-1)	-	-0,28224261	4,4243088	0,02391493

	0,47839305			
	0,17935773	0,15890252	1,5157299	0,32070457
	-2,6672563	-1,7761997	2,9189295	0,07456997
L.h_c_Avgf (t-1)	-			
	0,00367661	0,99025112	-0,76980578	0,40784532
	0,13407872	0,24070714	1,9812408	0,32757962
	-			
	0,02742126	4,1139249	-0,38854731	1,2450265
h_c_PIBt (t-1)	0,01147081	-0,00548882	0,57351858	-0,0088359
	0,01438936	0,02008703	0,30705401	0,02944217
	0,79717283	-0,27325189	1,8678101	-0,30011033
h_c_Infl (t-1)	-			
	0,15387517	0,20101292	-1,2761072	0,62253614
	0,22874085	0,37052079	3,437478	0,40336552
	-			
	0,67270523	0,54251455	-0,37123355	1,5433549
h_c_tprecip (t-2)	-			
	0,13631391	-0,19790988	-3,6680482	0,24423941
	0,16638206	0,1590276	3,3599946	0,25448959
	-			
	0,81928246	-1,2445002	-1,0916828	0,95972259
L.h_c_Avgf (t-2)	0,00982208	-0,18929774	1,0018926	-0,20728104
	0,06513344	0,10453563	0,94108682	0,15757915
	0,15079935	-1,8108441	1,0646123	-1,315409
h_c_PIBt (t-2)	-			
	0,00108868	-0,00667368	0,37069358	0,00582289
	0,00604707	0,00995078	0,15162717	0,01400927
	-			
	0,18003477	-0,67066913	2,4447701	0,41564536
h_c_Infl (t-2)	0,06256825	-0,18683371	1,0783744	-0,03738959
	0,08154667	0,10575098	1,576239	0,12613847
	0,76726925	-1,7667326	0,68414396	-0,29641705

Source : l'auteur à partir du logiciel STATA 11

Tableau 4: Sous-alimentation (h_c_Nours) dans le Groupe 1

	h_c_tprecip (t)	h_c_Nours (t)	h_c_PIBt (t)	h_c_Infl (t)
h_c_tprecip (t-	-			
	0,13116683	-0,81591085	-0,47319043	1,4695341

1)	0,18475366	0,76037161	0,438304	4,0760257
	-			
	0,70995523	-1,0730422	-1,0795941	0,36053111
h_c_Nours (t-1)	-			
	0,04716792	0,93301012	0,01235342	-0,91403337
	0,07677064	0,31650511	0,21017148	2,0078684
	-			
	0,61440046	2,9478517	0,05877779	-0,45522573
h_c_PIBt (t-1)	0,02480803	0,02346335	0,85956996	-0,48117137
	0,02770026	0,20359837	0,11041002	1,5026274
	0,89558845	0,1152433	7,7852531	-0,32022002
h_c_Infl (t-1)	0,0006128	-0,00642335	-0,00926298	0,28186046
	0,00262578	0,01544428	0,01315176	0,1549711
	0,2333783	-0,41590457	-0,70431468	1,8187937
h_c_tprecip (t-2)	-			
	0,14306874	-0,58982411	-0,34817476	-3,5776736
	0,15461221	0,54392049	0,42648389	2,2649128
	-			
	0,92533922	-1,084394	-0,81638432	-1,5796076
h_c_Nours (t-2)	-			
	0,01498915	-0,32359022	0,09729343	-0,07439096
	0,02044017	0,10645437	0,08555166	0,44376337
	-			
	0,73331825	-3,0397081	1,1372477	-0,16763655
h_c_PIBt (t-2)	-			
	0,01909511	-0,11789323	-0,18478256	-0,1158019
	0,01729936	0,11267628	0,09613233	0,53414936
	-1,1038044	-1,0463003	-1,9221687	-0,21679685
h_c_Infl (t-2)	-			
	0,00201768	-0,00031124	0,00742166	0,1980429
	0,00397878	0,02053013	0,0135611	0,09151916
	-			
	0,50711059	-0,01516017	0,54727598	2,1639501

Source : l'auteur à partir du logiciel STATA 11

Tableau 5 : Sous-alimentation (h_c_Nours) du groupe 2

	h_c_tprecip (t)	h_c_Nours (t)	h_c_PIBt (t)	h_c_Infl (t)
h_c_tprecip (t-	-0,1736845	-2,0928494	-0,17249754	3,0375042
	0,12146955	1,1462108	0,49072826	3,1031652

1)	-1,4298604	-1,8258853	-0,35151337	0,97884065
h_c_Nours (t-1)	0,00620747	-0,02727991	-0,13683436	0,53232586
	0,01426517	0,15237849	0,07023358	0,36000183
	0,43514888	-0,17902731	-1,9482754	1,4786754
h_c_PIBt (t-1)	-	-0,04304157	-0,01230724	0,51371058
	0,00043139	0,02888304	0,01317081	0,16288439
	0,12835071	-1,4902022	-0,93443354	3,1538355
h_c_Infl (t-1)	0,02813151	0,35269459	0,68212656	-1,1512762
	0,04121375	0,33800761	0,14144754	1,047225
	0,68257584	1,0434516	4,8224704	-1,099359

Source : l'auteur à partir du logiciel STATA 11

Tableau 6 : Sous-alimentation (h_c_Nours) du groupe 3

	h_c_tprecip (t)	h_c_Nours (t)	h_c_PIBt (t)	h_c_Infl (t)
h_c_tprecip (t-1)	-			
	0,42010508	-0,1948145	-0,28027205	7,0109903
	0,13337296	0,43548999	0,78609632	4,7058452
	-3,1498521	-0,44734553	-0,35653652	1,4898472
h_c_Nours (t-1)	-			
	0,02839105	-0,11069997	-0,00495689	-0,26495299
	0,01934888	0,09358703	0,12347056	0,55391202
	-1,4673224	-1,1828559	-0,04014636	-0,47833047
h_c_PIBt (t-1)	-			
	0,01549819	0,08000739	0,33545442	-2,7241595
	0,091178	0,38997226	0,52113974	3,4246424
	0,16997731	0,20516174	0,6436938	-0,79545811
h_c_Infl (t-1)	0,00868099	-0,01369092	0,02975119	0,87943424
	0,01515789	0,07121354	0,06005145	0,54048357
	0,57270429	-0,19225163	0,49542831	1,6271248

Source : l'auteur à partir du logiciel STATA 11

Annexe E : Décomposition de la variance dans les différents modèles

Tableau 1 : Décomposition de la variance dans le modèle 1 (production alimentaire moyenne)

tableau
de la variance
expliquée par la
colonne

Groupe1					
	Horizon	c_tprecip	ddh_c_Avgf	c_infl	c_PIBt
c_tprecip	10	0,7208	0,0205	0,0202	0,2385
ddh_c_Avgf	10	0,3700	0,4494	0,0188	0,1618
c_infl	10	0,0249	0,0601	0,9117	0,0034
c_PIBt	10	0,1094	0,0572	0,0683	0,7652
Groupe2					
	Horizon	c_tprecip	ddh_c_Avgf	c_infl	c_PIBt
c_tprecip	10	0,8428	0,0064	0,0275	0,1233
ddh_c_Avgf	10	0,3282	0,5717	0,0516	0,0485
c_infl	10	0,4943	0,0121	0,3975	0,0961
c_PIBt	10	0,0378	0,0309	0,0511	0,8802
Groupe3					
	Horizon	c_tprecip	c_Avgf	c_infl	c_PIBt
c_tprecip	10	0,8881	0,0062	0,0586	0,0472
c_Avgf	10	0,0322	0,6329	0,3043	0,0306
c_infl	10	0,0345	0,0038	0,9512	0,0105
c_PIBt	10	0,1041	0,2338	0,1031	0,5590

Les données du
indiquent la part
de la
variable en ligne
variable en

Tableau 2 : Décomposition de la variance dans le modèle 2 (proportion des sous-alimentés)

Groupe1					
	Horizon	c_tprecip	ddh_c_Nours	c_infl	c_PIBt
c_tprecip	10	0,9673	0,0072	0,0003	0,0252
ddh_c_Nours	10	0,0549	0,8702	0,0205	0,0544
c_infl	10	0,0956	0,0179	0,8237	0,0628
c_PIBt	10	0,0076	0,0393	0,0051	0,9481
Groupe2					
	Horizon	c_tprecip	ddh_c_Nours	c_infl	c_PIBt
c_tprecip	10	0,877	0,0073	0,0421	0,0735
ddh_c_Nours	10	0,0638	0,9141	0,0021	0,02
c_infl	10	0,0353	0,0212	0,9257	0,0179
c_PIBt	10	0,0051	0,0174	0,0668	0,9107
Groupe3					
	Horizon	c_tprecip	ddh_c_Nours	c_PIBt	c_infl
c_tprecip	10	0,9	0,023	0,0123	0,0647
ddh_c_Nours	10	0,0198	0,9301	0,0049	0,0452
c_PIBt	10	0,0815	0,1901	0,5457	0,1827
c_infl	10	0,0344	0,0792	0,1509	0,7355

Les données du tableau indiquent la part de la variance de la variable en ligne expliquée par la variable en colonne

Source : l'auteur à partir du logiciel STATA 11