
Actes de la troisième Conférence internationale sur la Francophonie économique

VERS UNE ÉCONOMIE RÉSILIENTE, VERTE ET INCLUSIVE

Université Cheikh Anta Diop de Dakar – Sénégal, 16 – 18 mars 2022

**CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SECURITE ALIMENTAIRE
DES MENAGES DES PAYS DE LA CEDEAO**

Louis Kouessi TCHONKLOE

Doctorant en économie, Université d'Abomey-Calavi du Bénin ;
tchonkloe@yahoo.fr

Albert N'édji HONLONKOU

Agrégé des Sciences Economiques ; Université d'Abomey-Calavi du Bénin ;
meintoh@yahoo.fr

RESUME : L'objectif de cet article est d'analyser l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire des ménages des pays de la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO) sur la période 2000 à 2018. La méthodologie adoptée est celle basée sur un système de deux équations par la méthode des triples moindres carrés. Les estimations économétriques indiquent trois résultats principaux : (i) les précipitations et les températures ont un impact à la fois positif puis négatif à partir d'un seuil donné sur la production agricole et la sécurité alimentaire des ménages des pays de la CEDEAO ; (ii) le changement climatique de façon globale affecte négativement la production céréalière et la sécurité alimentaire des ménages des pays de la CEDEAO ; (iii) l'effet négatif sur la production agricole dû au changement climatique est la cause fondamentale de la baisse de l'indice de sécurité alimentaire des ménages des pays de la CEDEAO. Il faut donc pour chaque gouvernant, installer dans des zones, des réservoirs d'eau et des réseaux de distribution pour l'irrigation pour alimenter les cultures de contre saisons. Pour les producteurs, intensifier et développer plus de techniques d'adaptation au changement climatique en modifiant les productions alimentaires.

Mots-clés : Changement climatique, sécurité alimentaire, équations simultanées, triples moindres carrés

Les idées et opinions exprimées dans ce texte n'engagent que leur(s) auteur(s) et ne représentent pas nécessairement celles de l'OFE ou de ses partenaires. Aussi, les erreurs et lacunes subsistantes de même que les omissions relèvent de la seule responsabilité de ou des auteurs.

1. Introduction

Depuis plus de cinquante années de recherche, la problématique de la sécurité alimentaire en Afrique au sud du Sahara reste au centre des préoccupations de la communauté internationale en générale et celle de l'Afrique en particulier (Wilfried et Mabondzo, 2017). Pour la FAO (1996), la sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont à tout moment, un accès physique, économique ou social à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active ».

L'adoption de la sécurité alimentaire comme objectif de développement durable (ODD2) par 193 Etats membres de l'ONU en septembre 2015 engage la communauté internationale à mettre fin à la faim, à assurer la sécurité alimentaire, à améliorer la nutrition et promouvoir une agriculture durable dans les dimensions sociale, économique et environnementale. Malgré l'importance et l'adoption des ODD, le problème d'insécurité alimentaire dans le monde devient de plus en plus inquiétant. Ainsi, la FAO (2019) montre que plus de 2 milliards de personnes (soit 26,4%) de la population mondiale sont en insécurité alimentaire. En Afrique, 53% de la population totale sont en insécurité alimentaire dont 57,7%¹ en Afrique Sub-Saharienne. Pour Jérôme & Valor (2003), parmi les régions en développement, l'Afrique reste avec l'Asie du Sud les deux foyers historiques de la pauvreté de masse et d'insécurité alimentaire chronique. Les statistiques globales sur l'insécurité alimentaire grave avancent des chiffres selon lesquels chaque année, environ 15 millions de personnes souffrent d'insécurité alimentaire grave dans les pays dits « développés », dont plus de 3 millions aux États-Unis, 2,7 millions au Royaume Uni, 0,9 million en France, 0,8 million en Allemagne et 0,6 million en Italie (FAO/PAM, 2018).

Pour Zaouaq (2020), l'Afrique de l'Ouest représente à côté de la Corne d'Afrique, la région la plus durement affectée par la famine, étant donné que la majorité des pays qui la représente connaissent soit un niveau alarmant (Sierra-Leone), grave (Bénin, Burkina-Faso, Cap-Vert, Côte d'Ivoire, Gambie, Guinée, Guinée-Bissau Libéria, Mali, Mauritanie, Niger, Togo) et modéré (Ghana et le Sénégal) d'insécurité alimentaire.

Et pourtant, l'Afrique entière est scindée en des organisations de producteurs (PAFO, 2010) pour la lutte contre l'insécurité alimentaire.

¹ FAO, 2019

Plusieurs études montrent que la productivité agricole diminue au fur et à mesure que les températures augmentent au-delà de la moyenne dans la plupart des pays (Burke et al., 2015 ; GIEC, 2014). Pour le GIEC (2014), les effets du changement climatique sont devenus un sujet de préoccupation de tous les organismes nationaux qu'internationaux à cause de leurs répercussions sur l'économie, l'agriculture, l'environnement. Selon Global Adaptation Index, l'Afrique est le continent le plus vulnérable au changement climatique et dont les niveaux de préparation pour l'adaptation aux effets du changement climatique sont les plus faibles. Comme on peut le constater sur le document ci-dessous, les températures et les précipitations au sein de la CEDEAO ont une tendance croissante au même titre que l'indice de sécurité alimentaire construit sur la base des données de la FAO (2019).

Document : Tendances des variables climatiques et de l'indice de sécurité alimentaire dans la CEDEAO

Figure 1 : Températures moyennes annuelles

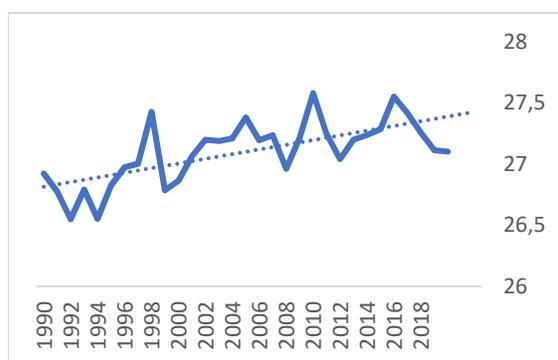


Figure 2 : Précipitations moyennes annuelles

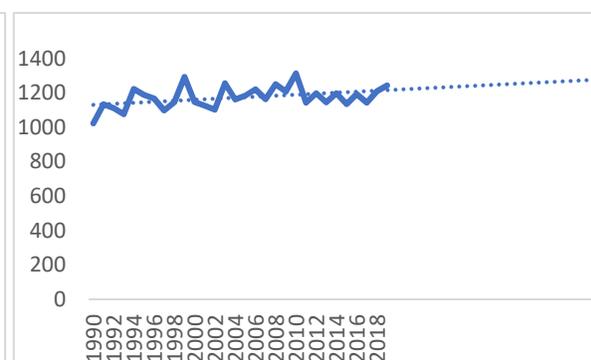
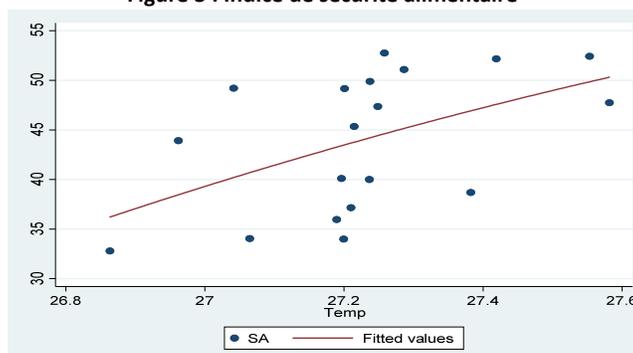


Figure 3 : Indice de sécurité alimentaire



Source : Calcul des auteurs à partir des données de FAOSTAT et CRU, 2019

Pour Yobom (2020), malgré l'attention particulière qu'accordent les organismes nationaux qu'internationaux à la sécurité alimentaire, le changement climatique est l'une des menaces sérieuses reconnues pour entraver la sécurité alimentaire des ménages dans le monde en général et en Afrique Subsaharienne en particulier. Parmi ces études, certaines montrent des liens négatifs entre ces deux phénomènes (Cattaneo et Peri, 2016 ; Ouédraogo, 2012; Illa, 2020). Cependant, d'autres trouvent des corrélations positives entre climat et sécurité alimentaire (Belloumi, 2014 ; ET-Touile et Arib, 2021). Ces différentes études sont pour la plupart au niveau micro et utilisent une dimension ou variable d'une dimension de la sécurité alimentaire. Cet article va au-delà en

considérant un indicateur multidimensionnelle construit qui prend en compte les quatre dimensions de la sécurité alimentaire telles proposées par la FAO (2019), contrairement à (Kéré et Kinda, 2016 ; Belloumi, 2014) qui ont utilisé directement des approximations pour évaluer la sécurité alimentaire. A notre connaissance, aucune étude n'a évalué empiriquement la sécurité alimentaire en adoptant une analyse multidimensionnelle dans les pays de la CEDEAO. Un autre apport à la littérature est l'utilisation de la méthode des triples moindres carrés qui permet de contrôler l'hétérogénéité non observée tandis que l'utilisation des variables climatiques décalées atténue le problème de simultanéité sur des équations simultanées.

Le reste de ce papier est organisé en quatre sections. La première section, présente la revue sélective de l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire. La deuxième section, présente la méthodologie adoptée, les données utilisées ainsi que leurs sources. Troisièmement, nous analysons et discutons les résultats des estimations économétriques. Enfin, la quatrième section conclut et présente les implications de politiques économiques.

2. Revue de littérature de l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire

Les débats théoriques de l'influence du climat sur la sécurité alimentaire se focalisent plus sur les dimensions de la sécurité alimentaire notamment les dimensions disponibilité et accès de la sécurité alimentaire. Les premiers auteurs ayant abordé le sujet se sont beaucoup penchés sur la production agricole comme mesure de la sécurité alimentaire. Ainsi, pour Adams et al., (1998), le climat est le premier déterminant de la productivité agricole. Pour Bosello & Zhang (2011), malgré que l'agriculture soit affectée par les changements climatiques, cela ne mettrait pas en péril l'alimentation mondiale. Les autres, qui se sont plutôt concentrés sur une région ou un pays spécifique, ont conclu, dans la majorité des cas, que l'agriculture des pays occidentaux, particulièrement celle des Etats-Unis et du Canada, ne serait que très légèrement affectée par les changements climatiques (Deschênes & Greenstone, 2012).

Les analyses empiriques de l'impact du climat sur la sécurité alimentaire se basent sur les relations entre le changement climatique et la production agricole. Toutefois, les études se distinguent de la construction de l'indicateur de sécurité alimentaire et par des modèles de régressions pour la plupart linéaires avec les moindres carrés ordinaires ou les variables instrumentales (Asfaw, 2015 ; Ervin et Gayoso, 2019 cités par Yobom, 2020). En outre, la plupart des études portent sur des pays les plus pauvres où les vulnérabilités à l'insécurité alimentaire sont un problème crucial pour les populations. En effet, pour le cas des pays en développement, Kere et Kinda (2016) analysent le rôle des retombées spatiales dans la relation entre changement climatique et sécurité alimentaire sur la période 1971 à 2010. En utilisant un modèle spatial d'équilibre des prix de Samuelson (théoriquement) et un modèle spatial de Durbin (empiriquement) sur lesdits pays, les auteurs trouvent une substituabilité stratégique entre les niveaux de disponibilité alimentaire dans les pays ayant un niveau de disponibilité alimentaire élevé et les niveaux de disponibilité alimentaire faibles des pays voisins. Pour eux, les variables du changement climatique telles que les sécheresses, les inondations et les températures extrêmes réduisent la disponibilité alimentaire à la fois dans les pays touchés et ses principaux partenaires commerciaux.

Dans le même sens des pays pauvres d'Afrique, Masipa (2017) évalue l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire des ménages en Afrique du Sud. En adoptant une approche théorique, il montre que le changement climatique présente un risque élevé pour la sécurité alimentaire, la production agricole, la distribution et la consommation alimentaire dans les pays

Subsahariens. Il estime que le changement climatique affecte la sécurité alimentaire à travers la disponibilité, l'accessibilité, l'utilisation et l'abordabilité des aliments.

Belloumi (2014) analyse l'effet des variables climatiques (précipitations et température) sur les indicateurs de sécurité alimentaire dans 10 pays de Sud-Est de l'Afrique pendant la période 1961 à 2011 par l'estimation des modèles à effets fixes. En approximant la sécurité alimentaire par trois indicateurs à savoir, l'indice de production alimentaire, le taux de mortalité des enfants de moins de cinq ans et l'espérance de vie à la naissance, il trouve que le PIB par tête, l'inflation, le taux de croissance de la population et la terre utilisée pour la production des céréales expliquent significativement les trois indicateurs de la sécurité alimentaire. Pour ces auteurs, les précipitations ont un effet positif et significatif sur la sécurité alimentaire des ménages pendant que la température a un effet négatif sur la sécurité alimentaire dans les pays du Sud-Est de l'Afrique.

En outre, Ervin et Gayaso de Ervin (2019) évaluant l'effet du changement climatique sur la productivité agricole, la consommation calorique et la vulnérabilité à l'insécurité alimentaire des producteurs agricoles familiaux au Paraguay montre que le changement climatique peut avoir des effets dévastateurs sur la productivité agricole et la sécurité alimentaire, ce qui affecte considérablement les ménages les plus pauvres. Pour eux, l'augmentation des températures et la réduction des précipitations réduit la productivité agricole et la consommation calorique, puis augmente la vulnérabilité à l'insécurité alimentaire.

Pour leur part, Shankar et Shikha (2018) évaluant l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire, montrent que la dégradation de l'environnement due au changement climatique mondial réduit les terres arables appropriées à la production agricole. Ceci entraîne des sols moins fertiles, l'épuisement des ressources hydriques, la rareté des pluies, ce qui affecte négativement la main d'œuvre du pays et la sécurité alimentaire. Pour Dawson et al., (2016), la source d'alimentation de la population demeure l'agriculture de subsistance. Pour ces auteurs, lorsque les rendements des récoltes ne répondent pas à la demande et que la nourriture doit être achetée sur les marchés, les populations se trouvent confrontées à une saison de faim. Ils concluent que le changement climatique ayant affecté les rendements agricoles, impact beaucoup plus la dimension accès de la sécurité alimentaire.

Pour Tripathi et al. (2016), le changement climatique a un impact négatif sur la dimension stabilité de la sécurité alimentaire. Pour eux, les événements extrêmes, tels que les sécheresses, les inondations et les températures élevées excessives à des périodes cruciales de croissance agricole, exercent une pression sur la stabilité de l'accès et de l'utilisation des aliments. Pour ces auteurs, une augmentation de la température ambiante (allant de 1 à 3°C) favorise le rendement des cultures dans les zones tempérées mais a des effets négatifs dans les régions tropicales et saisonnièrement sèches, en particulier dans le cas des cultures céréalières. Pour Stocker et GIEC (2013), des déplacements de bergers et de leurs animaux vers de nouveaux endroits pour la recherche de nourriture et d'aliments pour animaux, en raison des effets du changement climatique donnent souvent lieu à des conflits. Ces conflits liés au changement climatique exercent des pressions croissantes sur la sécurité alimentaire des populations humaines.

Pour sa part, Ouédraogo (2012) dans son étude d'évaluation de l'impact du changement climatique sur les revenus agricoles au Burkina Faso, utilise l'approche ricardienne. Les résultats de ses études montrent que la relation entre le revenu et le climat est non linéaire et que l'impact marginal de la température sur le revenu agricole des agriculteurs burkinabais est de -19,9 dollars US par hectare tandis que celui de la précipitation est de +2,7 dollars US par hectare. En revanche, Et-Touile et

Arib (2021), sur un modèle de cointégration sur une approche ARDL au Maroc sur la période 1971-2017, montrent qu'une augmentation de la température de 1% a un effet négatif sur le PIB agricole avec une diminution de 3,14% à court terme et de 5% à long terme. Par ailleurs, les résultats de leurs estimations montrent que les terres arables du pays n'influent directement pas sur la sécurité alimentaire des ménages.

Dans l'évaluation des effets macroéconomiques de la croissance de la productivité agricole de semi-subsistance au Bénin et dans les autres pays de l'UEMOA, Amoussouga et Egbendewe (2020) montrent qu'une hausse de température a un effet négatif sur la productivité agricole.

Récemment, sur les pays du Sahel, Yobom (2020), en établissant le lien entre climat, agriculture et sécurité alimentaire, utilise un modèle à effets fixes sur la période 2000 à 2016. Les résultats de ses estimations économétriques montrent que les chocs climatiques représentés par les inondations et les sécheresses ont une influence négative et significative sur la sécurité alimentaire des ménages. C'est dans ce même contexte que Loum et Fogarassy (2015) confirment qu'une augmentation ou une diminution marginale des précipitations, des températures ou des terres arables peut avoir un effet négatif sur la productivité des céréales alors que le dioxyde de carbone a une influence positive sur le rendement des cultures en Gambie entre 1960 et 2013.

Par ailleurs, Lokonon et al., (2019), sur un panel de pays de la CEDEAO et à partir d'une approche de modélisation intégrée, montrent que le changement d'utilisation des terres dû aux effets du changement climatique peut dépendre des types de cultures qui prévalent. C'est ainsi que le riz paddy, les oléagineux, la canne à sucre, le cacao, le café et le sésame pourraient connaître une baisse dans les conditions climatiques défavorables. Pour eux, doubler les rendements de ces cultures d'ici 2050 pourrait globalement atténuer l'impact négatif du changement climatique et donc contribuer à réduire l'insécurité alimentaire.

De l'ensemble de ces études, peu de travaux s'accordent sur le lien positif entre climat et sécurité alimentaire alors qu'une majorité de travaux prône l'impact négatif du climat sur la sécurité alimentaire. Par ailleurs d'autres auteurs trouvent des résultats controversés qui les amènent à ne pas se prononcer sur les liens de corrélations entre les deux phénomènes étudiés. La difficulté d'établissement des liens réside dans l'identification du canal de l'influence du climat sur la sécurité alimentaire pour la plupart des études. L'autre difficulté aussi provient des erreurs de mesure de la variable sécurité alimentaire, des variables omises dans les modèles et de causalité inverse qui conduisent pour la plupart du temps à des problèmes d'endogénéité (Yai et al., 2021). De même dans la littérature empirique, pour juger de l'état de sécurité alimentaire d'une nation ou d'une région, les auteurs développent différents indicateurs de mesure comme proxy de la sécurité alimentaire [production agricole (Belloumi, 2014) ; revenu net des cultures (Asfaw, 2015) ; Valeur des aliments consommés (Eric et Kinda, 2016) ; productivité agricole, consommation alimentaire (Ervin et Gayoso de Ervin, 2019)]. Mais aborder l'évaluation de la sécurité alimentaire sous un seul angle, une seule dimension ou une seule variable d'une dimension sous-estime la complexité des piliers de la sécurité alimentaire. Dans ces conditions nous construisons un indice composite de la sécurité alimentaire (Ahmad Munir et Iqbal, 2015) qui prends en compte les quatre dimensions de la sécurité alimentaire définies par la FAO (2019). Par ailleurs, la littérature macroéconomique du lien entre ces deux phénomènes est très faible comparativement à la littérature microéconomique. C'est pourquoi dans cette étude, nous nous penchons beaucoup plus sur l'aspect macroéconomique.

3. Méthodologie de recherche

L'atteinte de l'objectif poursuivi dans le présent article nécessite une bonne approche méthodologique. Ainsi, un examen critique des méthodes précédemment utilisées dans la littérature, nous permet la sélection d'un modèle cohérent de même que les sources de données et des techniques d'estimation appropriées

3.1– Spécification du modèle

Les porteurs d'une vision orthodoxe établissent un lien causal entre la production agricole et la sécurité alimentaire des ménages agricoles (Sandrine et al., 2017; Diallo, 2021). A cet effet, il existe donc des liens étroits entre, changement climatique, production agricole et sécurité alimentaire. Nous exploitons le modèle théorique de sécurité alimentaire utilisé par Yobom (2020) défini par :

$SA_{k,i,t} = \alpha_i + \beta_1 Choc_{i,t-1} + \beta X'_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$ (1) où $SA_{k,i,t}$ représente l'indicateur de sécurité alimentaire k du pays i à la date t ; α_i est la constante spécifique au pays si le modèle est estimé par un modèle à effets fixes et fait partie du terme d'erreur s'il est estimé par les effets aléatoires ; $Choc_{i,t-1}$, représente les chocs climatiques en l'occurrence les températures et les précipitations du pays ; $X'_{i,t}$ est l'ensemble des variables de contrôle susceptibles d'influer sur la sécurité alimentaire et $\varepsilon_{i,t}$ est le terme d'erreur. A partir de ce modèle, nous introduisons la variable de l'agriculture. Le modèle théorique de base de la fonction de production agricole est tiré du modèle de Mendelsohn et al., (1994). Cette approche se présente comme suit :

$PAG_{i,t} = f(F_{i,t}, F^2_{i,t}, W_{i,t}, G_{i,t})$ (2) où $PA_{i,t}$ représente les rendements des exploitations agricoles, $F_{i,t}$ et $F^2_{i,t}$ sont les vecteurs des variables climatiques qui captent les termes linéaires et quadratiques des variables du climat ; $W_{i,t}$ est le vecteur des variables des intrants et $G_{i,t}$, celui des variables socio-économiques ; i et t représente la dimension individuelle et temporelle. En effet, la combinaison de ces deux modèles nous donne :

$$SA_{k,i,t} = \alpha_i + \beta_1 Choc_{i,t-1} + \beta_2 PAG_{i,t} + \beta_{i'} X'_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

Pour Strauss (1986) cité par Koudjom et Egbendewe (2019), pour tenir compte des problèmes d'endogénéité dus aux erreurs de mesure, aux variables omises et de causalité inverse, les modèles récents entre changement climatique et sécurité alimentaire utilisés sont beaucoup plus des modèles intégrés et emploient deux types de modélisations : les modèles à équations simultanées et les modèles à équations structurelles.

Les équations simultanées sont utilisées lorsque la cause d'endogénéité a pour origine la simultanéité entre variables endogènes ou nombre d'équations du modèle. Par contre, le modèle à équations structurelles est utilisé lorsque les deux variables sont liées par le terme d'erreur (Yai et al., 2021). Dans le cadre de cette recherche, à la différence de Yobom (2020), nous estimons les équations (2) et (3) qui se présentent comme ci-dessous :

$$\begin{cases} SA_{k,i,t} = \alpha_i + \beta_1 Choc_{i,t-1} + \beta_2 PAG_{i,t} + \beta_{i'} X'_{i,t} + \varepsilon_{i,t} & (3) \\ PAG_{k,i,t} = f(F_{i,t}, F^2_{i,t}, W_{i,t}, G_{i,t}) & (2) \end{cases}$$

A partir de ce système, l'indicateur de sécurité alimentaire ici est soit une dimension, soit un indice composite des quatre dimensions de la sécurité alimentaire tel décrites par la FAO (2019). Il est construite suivant la méthodologie d'indice composite () suivant la formule : $SA_t = \sum_{i=1}^k b_i \cdot I_j^t$ où b_i représentent les poids des dimensions de l'indice et obtenu à partir de l'ACP ; I_j^t ($j=D, E$) représente les indices dimensionnels ou d'alerte défini par

$$I_D^t = \frac{\text{Valeur}_{\max} - \text{Valeur}_{\text{pays}}}{\text{Valeur}_{\max} - \text{Valeur}_{\min}} \text{ et/ou les indices économiques défini par } I_E^t = \frac{\text{Valeur}_{\text{pays}} - \text{Valeur}_{\min}}{\text{Valeur}_{\max} - \text{Valeur}_{\min}}$$

Plusieurs variables peuvent influencer sur l'indice de sécurité alimentaire des pays de la CEDEAO :

PAG : la production agricole est une variable, canal principal par lequel le changement climatique affecte la sécurité alimentaire, l'incidence de pauvreté, les inégalités et les conflits (Diallo, 2021)

Climat : est l'ensemble des variables du changement climatique composées des températures et des précipitations défini par $\text{Climat}_{i,t} = \sum_{i=1}^k a_i \cdot z_i$ avec a_i , le coefficient de pondération lié à chacune des variables z_i

G : L'ensemble des variables socio-économiques (inflation, dépenses de consommation, la démographie, indice de développement humain, conflits et violences)

L'ensemble de ces variables et leurs sources se présentent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1: Facteurs explicatifs du modèle d'équations simultanées

Variables explicatives	Désignations		Sources
	Variables endogènes : SA et PAG		
Production agricole	pag	Positif	(BM,2019)
Précipitation annuelle	prec	Positif	(FAOSTAT,2019)
Température annuelle	tp	Négatif	(FAOSTAT,2019)
Climat	clim	Positif	(FAOSTAT,2019)
Dépenses de consommation	dcfm	Positif	(BM,2019)
Croissance démographique	demog	Ambigu	(BM,2019)
Produit intérieur brut par tête	pihb	Positif	(BM,2019)
Conflits et violences	cv	Négatif	(IDMC, 2020)
Importation produits alimentaires	M	Négatif	(FAOSTAT,2019)
Terres agricoles	Terag	Positif	(FAOSTAT,2019)
Inflation	infl	Négatif	(BM,2019)

Source : Auteur, à partir de la revue de littérature

3.2– Statistiques descriptives et méthodes d'estimation

3.2.1. Statistique descriptive

Le tableau ci-dessous présentant la statistique des variables utilisées, montre une forte variabilité entre les variables PIB par tête, les précipitations annuelles moyennes, le rendement agricole et l'inflation. Cette variabilité due à l'évolution rapide de ces valeurs révèle une hétérogénéité des pays de la CEDEAO en ce qui concerne l'évolution de ces variables. Pour ce qui de la variable dépendante, le tableau indique qu'en moyenne, 44 personnes sur 100 sont en sécurité alimentaire dans l'espace CEDEAO. Le plus grand indice de sécurité alimentaire atteint par les populations de la CEDEAO est de 0,6807 correspondant au niveau de sécurité alimentaire atteint par le Ghana en

2017. Par contre le plus petit niveau de sécurité alimentaire qui est atteint dans l'espace est de 18, 65% et correspond à celui de la Sierra Léone en 2000.

Tableau 2: Statistique descriptive

Variables	Obs	Moyenne	Ecart-type	V-Min	V-Max
Indice de sécurité alimentaire	285	0,4388	0,089	0,186	0,6807
Rendement agricole	285	1177,975	437,019	34,3	2278
Précipitation annuelle	285	1131,2	683,926	151	2526
Température annuelle	285	30,0305	13,256	6,039	79,183
Dépenses de consommation	285	81,741	22,525	40,716	228,364
Croissance démographique	270	59,410	11,167	34,739	83,814
Produit intérieur brut par tête	285	2202,49	1358,61	754,9	6662
Conflits et violences	285	0,733	0,443	0	1
Importation alimentaires	266	35,750	13,843	1,666	82,468
Terres agricoles	285	48,463	16,752	17,618	80,9205
Inflation	284	7,219	13,844	-24,406	100,607

3.2.2- Techniques d'estimation

L'estimation des modèles à équations simultanées nécessite deux méthodes d'estimation : les méthodes à informations limitées et les méthodes à informations complètes. Les premières estiment le modèle équation par équation sous l'hypothèse qu'il n'existe pas de corrélations entre les termes d'erreur des différentes équations. Les méthodes les plus couramment utilisées sont, les doubles moindres carrées (DMC) et la méthode des moments généralisés (GMM)). Les secondes considèrent le modèle dans sa globalité en prenant en considération la corrélation entre les différentes équations. On utilise pour la plupart les triples moindres carrées et la méthode Seemingly Unrelated Regression. Dans le cadre de cette recherche, nous utilisons la méthode des triples moindres carrées « 3SLS » qui tient compte globalement de l'ensemble des équations du système et qui améliore les résultats des estimations (Tchoukloe et al., 2020)

4. Analyses des résultats et discussions

Cette partie présente dans un premier temps l'effet du changement climatique sur chaque dimension de la sécurité alimentaire puis dans un second temps, l'effet du changement climatique sur l'indicateur composite de la sécurité alimentaire.

4.1 - Présentation et analyse des résultats de l'impact du changement climatique sur chaque dimension de la sécurité alimentaire

Le tableau 2 ci-dessous présente les résultats de l'impact du changement climatique sur les dimensions de la sécurité alimentaire. En effet, les résultats d'estimation montrent que le rendement agricole a tendance à affecter négativement la disponibilité, la stabilité et l'utilisation des aliments dans la CEDEAO. Par contre, il affecte positivement la dimension accès de la sécurité alimentaire. Cette tendance négative est due à des chocs climatiques de l'année antérieure sur ces dimensions de la sécurité alimentaire. Autrement dit, même si nous observons des effets positifs et significatifs des précipitations et températures sur chaque dimension de la sécurité alimentaire pendant un temps donné, ces effets positifs sont provisoires. Les précipitations et les températures deviennent

nuisibles à la production agricole au-delà d'un seuil. Cette nuisance au rendement agricole affecte la disponibilité, la stabilité et l'utilisation des aliments par les ménages. Ainsi les deux événements climatiques ont des effets négatifs et significatifs sur l'approvisionnement et la durabilité de la nourriture dans l'espace CEDEAO. De manière institutive, la disponibilité et la durabilité de nourriture sont perturbées par la survenue des précipitations et des températures. Les résultats positifs des coefficients des variables du changement climatique observés jusqu'à un seuil à partir duquel celle-ci deviennent nuisibles à la production agricole et la sécurité alimentaire expliquent le fait que les populations des pays de la CEDEAO ne disposent pas généralement de stocks de biens de consommation qui couvrent leur consommation alimentaire pendant une période de soudure. Dans l'équation 1, l'effet négatif du changement climatique sur la disponibilité alimentaire s'explique par la fermeture des frontières intra-pays et inter-régions qui décourage les producteurs à produire des biens de consommation. De même, le manque d'encadrement et de formation des agriculteurs pour s'adapter aux effets du changement climatique augmente les pertes en récoltes agricoles ce qui réduit la sécurité alimentaire des ménages (Drimie, 2003). Par ailleurs, les résultats positifs du PIB par tête, des dépenses de consommation des ménages et de l'absence de conflits et violences sur chaque dimension de la sécurité supposent que les agents économiques qui produisent plus de richesses ou qui disposent d'une capacité financière suffisante ne sont pas affectés à court et moyen termes par l'insécurité alimentaire qui prévaut dans l'espace CEDEAO. Ce résultat a été trouvé par Masipa (2017) pour qui le changement climatique affecte négativement chaque dimension de la sécurité alimentaire. Par contre, ce résultat est contraire à ceux trouvés par Sandrine et al., (2017) et Yobom (2020).

Dans la deuxième colonne du tableau, les résultats de l'impact positif de la production agricole sur la dimension accès de la sécurité alimentaire rend compte de l'importance de la production alimentaire dans l'accessibilité des aliments. Le résultat positif vient du fait que dans l'équation 2, les précipitations et températures ont des effets positifs sur le rendement céréalier. En effet, plus les rendements agricoles sont importants, plus il y aura une possibilité pour les ménages d'y accéder même en présence d'un choc climatique. Les résultats à la fois positifs et négatifs de l'effet des précipitations et des températures sur l'accès aux aliments par les ménages de la région, montrent que ces phénomènes créent des inondations et des sécheresses qui empêchent l'accès des populations aux marchés dans le but d'acquérir les subsistances.

Tableau 3: Présentation des résultats du modèle de l'impact du CC sur chaque dimension de la sécurité alimentaire

	Equation de la sécurité alimentaire (4)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
	Disponibilité	Accès	Stabilité	Utilisation
Production agricole	-0,0838 (0,291)	0,1972** (0,018)	-0,8784*** (0,000)	-0,0473 (0,380)
Choc climatique (t-1)	-0,0099** (0,042)	-0,0017 (0,753)	0,0132 (0,189)	-0,0085 (0,042)
Précipitation	0,8580*** (0,005)	-1,0687*** (0,001)	0,5333 (0,472)	0,1084 (0,603)
Précipitation au carré	-0,0001 (0,991)	0,0290 (0,003)	0,0229 (0,296)	-0,0097 (0,150)
Température	5,1840**	-7,4692***	23,6393***	-0,9236

	(0,029)	(0,003)	(0,000)	(0,566)
Température au carré	-0,06001**	0,9018***	-3,0558***	0,1185
	(0,041)	(0,003)	(0,000)	(0,551)
Précipitation*température	-0,2485***	0,2491***	-0,1806	-0,0168
	(0,006)	(0,008)	(0,409)	(0,784)
Emissions de CO ₂	0,1014***	-0,0761	0,0672	0,2630***
	(0,0007)	(0,014)	(0,297)	(0,000)
Emissions de CO ₂ ²	-0,0077***	-0,0040	-0,0029	-0,0167
	(0,000)	(0,029)	(0,451)	(0,000)
Démographie	0,0132***	0,0071***	0,0098***	-0,0061***
	(0,000)	(0,000)	(0,008)	(0,000)
IDH	1,8823***	1,0014***	0,2981	0,6141***
	(0,000)	(0,000)	(0,295)	(0,000)
PIB par tête	0,1819***	0,2317***	0,0166	0,2614***
	(0,000)	(0,000)	(0,829)	(0,000)
Conflits et violences	0,0097	0,0303**	0,0277	-0,0618***
	(0,475)	(0,043)	(0,319)	(0,000)
Dépenses consommation	0,0653**	0,1188***	0,0891	0,1070***
	(0,033)	(0,000)	(0,156)	(0,000)
Importations	0,0006	-0,0015***	0,0000	0,0001
	(0,209)	(0,005)	(0,985)	(0,765)
Constant	-13,2056***	10,7267**	-38,6139***	-0,7047***
	(0,002)	(0,017)	(0,000)	(0,809)
Observations	221	221	221	221
R-squares	0,614	0,770	0,576	0,772
Variables endogènes :	ut	ra		
Variables exogènes :	L.lclim lpl lpl2 ltp ltp2 lclim lco2 lco22 demog idh lplibh cv ldcm m terag rna			

Equation de la production agricole (5)

	(1)	(2)	(3)	(4)
Précipitation	3,9654***	3,9599***	3,9538***	3,9616***
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)
Précipitation au carré	-0,0229	-0,0305	-0,0390	-0,0282
	(0,045)	(0,208)	(0,105)	(0,247)
Température	26,6040***	27,3125***	28,1056***	27,0962***
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)
Température au carré	-3,0678***	-3,1853***	-3,3168***	-3,1494***
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)
Précipitation*température	-1,1106***	-1,0905***	--1,0681***	-1,0967***
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)
Emissions de CO ₂	-0,0086	-0,0237	-0,0407***	-0,0191
	(0,913)	(0,763)	(0,604)	(0,808)
Emissions de CO ₂ ²	0,0012	0,00213	0,0032	0,0019
	(0,811)	(0,674)	(0,532)	(0,716)

Terres agricoles	0,0111*** (0,000)	0,0095*** (0,000)	0,0077*** (0,000)	0,0099*** (0,000)
Ressources naturelles	-0,01163*** (0,000)	-0,0070*** (0,011)	-0,0018 (0,460)	-0,0084*** (0,007)
Importations	0,0013 (0,431)	0,0010 (0,515)	0,0008 (0,619)	0,0011 (0,489)
Constant	-48,6383*** (0,000)	-49,71*** (0,000)	-50,9096*** (0,000)	- 49,3828*** (0,000)
Observations	221	221	221	221
R-squares	0,614	0,770	0,576	0,772

Les probabilités sont entre parenthèses *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

Source : Auteur, 2021

Dans la troisième et la quatrième colonne du tableau, les résultats montrent que l'effet de l'utilisation et de la régularité des aliments est négatif et significatif pour le rendement agricole. En effet, pour que les ménages aient un bien-être physique, social ou économique satisfaisant, les aliments utilisés pour la satisfaction de leurs besoins alimentaires quotidiens doivent être disponibles, accessibles et réguliers. L'effet des chocs climatiques étant négatif sur l'utilisation des aliments, les maladies liées à l'hygiène et la consommation de certains aliments sont le paludisme, la fièvre typhoïde et les ulcères récurrents dans la plupart des ménages de la région. Ainsi le nombre de personnes qui sont touchées par l'utilisation des aliments est considérable en ce qui concerne les dommages physiques (malformations) sociaux (accroissement des conflits et violences) et économiques (baisse des revenus) causés par les déficits et excès de précipitations et de températures. Ces résultats correspondent à ceux déjà trouvés par Tripathi et al., (2016) pour qui les événements extrêmes tels les sécheresses et les inondations exercent une pression sur la stabilité et l'utilisation des aliments.

4.2 - Présentation et analyse des résultats de l'impact du changement climatique sur l'indice de sécurité alimentaire

Le tableau ci-dessous présente les résultats d'estimation de l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire des ménages de la CEDEAO. Les résultats des estimations des modèles de sécurité alimentaire (Modèle 1) et de production agricole (Modèle 2) montrent que les précipitations et les températures ont des impacts positifs et significatifs sur le rendement agricole et la sécurité alimentaire jusqu'à un seuil à partir duquel, elles deviennent nuisibles à la production et à la sécurité alimentaire des ménages. En effet, dans le modèle de production agricole, l'on note un effet négatif global du changement climatique sur la production agricole ($\theta_7 = -1,105$ dans scénario 1 et $\theta_7 = -1,083$ scénario 2). Même si les effets des précipitations et des températures sont négatifs sur la production dans chaque modèle, ils étaient néanmoins positifs à un moment donné. Ce résultat positif explique la bonne gestion des moments de précipitation et de températures par les exploitants agricoles et les ménages des pays de la CEDEAO. Ceci est conforme à la thèse de Mendelsohn et Dinar (2003). Ce résultat, à la fois positif et négatif des précipitations et des températures moyennes annuelles sur la production agricole et la sécurité alimentaire suppose que le lien entre climat, production agricole et sécurité alimentaire est non linéaire et complexe (Koudjom et Egbendewe, 2019).

Le résultat négatif du climat (Clim) sur la production agricole (équation 5) induit une baisse de la sécurité alimentaire des ménages des pays de la CEDEAO. Ainsi, dans l'espace CEDEAO, l'effet négatif du climat sur la production agricole se traduit par une baisse de l'indice de sécurité alimentaire des ménages. Dans le scénario 1, les coefficients associés à la variable climatique globale (interaction entre précipitation et température) qui ont induit une baisse de l'indice de sécurité alimentaire sont respectivement de -1,105 (modèle 2) et de -0,200 (modèle 1). Ces coefficients négatifs de l'interaction entre précipitation et température conduit à la conclusion selon laquelle le climat affecte négativement la sécurité alimentaire des ménages des pays de la CEDEAO. Ce résultat est conforme ceux trouvés par Ervin et Gayaso de Ervin (2019) qui trouvent que le changement climatique (la pluviométrie) a un effet négatif sur la production alimentaire, et suit la théorie économique selon laquelle une baisse de la production agricole induite par le changement climatique entraîne une baisse de la sécurité alimentaire.

Tableau 4: Résultats du lien entre climat et sécurité alimentaire

Equations simultanées	Scénario 1		Scénario 2	
	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 1	Modèle 2
	SA	PAG	SA	PAG
Production agricole	-0,154** (0,0743)		-0,179** (0,0799)	
Choc climatique (t-1)	-0,00746* (0,00417)		-0,00759* (0,00420)	
Précipitation	0,629** (0,287)	3,964*** (0,956)	0,641** (0,296)	3,835*** (0,957)
Précipitation au carré	-0,00953 (0,00859)	-0,0251 (0,0241)	-0,0119 (0,00912)	-0,0147 (0,0253)
Température	6,206*** (2,225)	2,681*** (3,014)	6,695*** (2,323)	2,680*** (3,005)
Température au carré	-0,753*** (0,275)	-3,102*** (0,342)	-0,811*** (0,287)	-3,092*** (0,341)
Précipitation*température	-0,200** (0,0846)	-1,105*** (0,269)	-0,207** (0,0872)	-1,083*** (0,268)
Emissions de CO ₂	0,115*** (0,0257)	-0,0130 (0,0785)	0,126*** (0,0294)	-0,0294 (0,0790)
Emissions de CO ₂	-0,00786*** (0,00153)	0,00148 (0,00508)	- (0,00172)	0,00246 (0,00510)
Croissance démographique	0,00852*** (0,00148)		0,00844*** (0,00152)	
IDH	1,510*** (0,117)		1,519*** (0,119)	
PIB par tête	0,140*** (0,0315)		0,147*** (0,0330)	

Conflits et violences	0,0160 (0,0116)		0,0172 (0,0117)	
Dépenses consommation	0,0760*** (0,0262)		0,0396 (0,0374)	-0,176 (0,129)
Importations	0,000272 (0,000467)	0,00119 (0,00159)	0,000335 (0,000485)	0,00141 (0,00159)
Terres agricoles		0,0106*** (0,00187)		0,0100*** (0,00189)
Ressources naturelles		-0,0103*** (0,00249)		-0,0106*** (0,00249)
Inflation			0,000389 (0,000309)	
Constant	-13,69*** (3,998)	-48,95*** (6150)	-14,43*** (4,171)	-48,12*** (6,171)
Observations	221	221	221	221
R-squared	0,387	0,771	0,315	0,773
Variables endogènes :	SA	PAG		
Variables exogènes :	L.lclim lpl lpl2 ltp ltp2 lclim lco2 lco22 demog idh lpihb cv ldcm m terag rna infl			

Les écarts types sont entre parenthèses *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Source : Auteur, 2021

Un autre résultat non moins important est celui de la détermination du seuil optimal à partir duquel le changement climatique change de signe sur la production agricole et la sécurité alimentaire. Ainsi, nous partons de l'approche de modèle quadratique et en posant

$Y_{i,t} = \beta_i * clim_{i,t} + \beta_j (clim_{i,t})^2 + X'_{i,t} \gamma + \mu_i + \mu_t$ à partir de l'équation (3), nous déterminons le point d'inflexion à travers les équations ci-dessous :

$$\frac{\partial Y_{i,t}}{\partial clim_{i,t}} = \beta_i + 2 * \beta_j$$

A l'optimum $\frac{\partial Y_{i,t}}{\partial clim_{i,t}} = 0$, ce qui implique que le seuil optimal de l'effet du changement climatique est égal $clim_{i,t}^* = \frac{-\beta_i}{2\beta_j}$

A partir du modèle 1, lorsque les températures moyennes annuelles dans les pays de la CEDEAO augmentent d'un degré Celsius, l'indice de sécurité alimentaire des ménages augmente de 0,027. Ainsi, un passage de la température moyenne annuelle de 1°C accroît l'indice de sécurité alimentaire qui passe de 0,4388846 à 0,466. Mais à une température donnée, l'effet des températures annuelles sur l'indice de sécurité alimentaire devient négatif. Par cette méthodologie indiquée ci-haut, le seuil optimal des températures est $tp_{i,t}^* = 4^\circ C$. Ainsi, un choc de température annuelle de moins de 4°C dans les pays de l'espace CEDEAO contribue à améliorer l'état de sécurité alimentaire des ménages. Un tel résultat a été trouvé par Hatfield et al., (2011) où l'augmentation des températures et des précipitations a été bénéfique pour la production alimentaire. De même, pour le cas des pays à revenus intermédiaires, Kumar et al., (2021) trouvent des résultats positifs de pluviométrie et d'émission du CO2 sur la production céréalière et des implications positives sur la sécurité alimentaire de ces pays.

Par contre, un choc de température supérieur à 4°C dans la CEDEAO est nuisible à l'état de sécurité alimentaire des ménages. Par ailleurs, un choc de pluviométrie de 33 mm au-dessus de la moyenne dans la CEDEAO réduit la sécurité alimentaire des ménages de la CEDEAO. En outre, une augmentation des températures de moins de 4°C favorise la production agricole dans l'ensemble des pays de la CEDEAO. C'est au même résultat que sont parvenus certains travaux dont ceux de Tripathi et al., (2016) pour qui, une augmentation de la température ambiante de moins de 3°C favorise le rendement des cultures dans les zones tempérées. Le résultat négatif de l'interaction entre les variables du changement climatique observé concorde avec les conclusions de Stocker et GIEC (2013) pour qui toutes les régions du monde devraient être confrontées à des effets négatifs dus à un réchauffement du climat supérieur à 3°C.

5- Conclusion et implications de politiques économiques

Dans cet article, il était question d'évaluer l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire des ménages des pays de la CEDEAO. Pour atteindre cet objectif, nous avons développé un modèle économétrique basé sur un système de deux équations sur données de panel des 15 pays de la CEDEAO sur la période 2000 à 2018. La technique de régression utilisée est l'approche des triples moindres carrés (TMC). Les estimations économétriques montrent trois résultats principaux : (i) les précipitations et les températures ont un impact positif sur la production agricole et la sécurité alimentaire jusqu'à un seuil à partir duquel, elles deviennent nuisibles à la production et la sécurité alimentaire dans les pays de la CEDEAO ;

(ii) le changement climatique de façon globale affecte négativement la production céréalière et la sécurité alimentaire des ménages des pays de la CEDEAO ($\beta_7 = -0,200$ et $\theta_7 = -1,105$) ; (iii) l'effet négatif sur la production agricole dû au changement climatique est la cause fondamentale de la baisse de l'indice de sécurité alimentaire des ménages dans la CEDEAO.

Pour prévenir la faim qui sévit dans les pays en développement notamment ceux de la CEDEAO, il faut une limitation des effets du changement climatique par le développement de stratégies d'adaptation qui consistent pour les gouvernants à installer des systèmes nationaux de gestion de risques pour aller au secours des populations qui seront touchées par des crises de sécheresse. L'atténuation des risques liés aux effets du changement climatique passerait par une approche politique intégrée pour protéger les terres arables contre le réchauffement climatique. Pour faire face aux impacts négatifs du changement climatique sur la sécurité alimentaire l'on pourrait passer par la modification ou le changement des cultures ou de leurs variétés, l'adaptation des pratiques de travail du sol et des calendriers de plantation des racines et tubercules. Par ailleurs, avec les tendances climatiques actuelles dans le monde entier, les décideurs de nos pays africains devront prioriser et adapter les interventions d'adaptation et d'atténuation aux besoins des différentes zones géographiques de chaque pays d'Afrique.

Bibliographie

- Amoussouga, A., & Egbendewe, A. Y. G. 2020. « Macroeconomic effects of semi-subsistence agricultural productivity growth : Evidence from Benin and extension to the WAEMU countries », *Scientific African*, 7, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00222>
- Belloumi, M. 2014. « Investigating the Linkage Between Climate Variables and Food Security in ESA Countries », In *AGRODEP* (Issue April), AGRODEP Working Paper 0004
- Bosello, F., & Zhang, J. 2011. « Assessing Climate Change Impacts: Agriculture », In *SSRN Electronic Journal* (Vol. 5, Issue 94). <https://doi.org/10.2139/ssrn.771245>

- Deschênes, O., & Greenstone, M. 2012. « The economic impacts of climate change: Evidence from agricultural output and random fluctuations in weather: Reply », *American Economic Review*, 102(7), 3761–3773. <https://doi.org/10.1257/aer.102.7.3761>
- Diallo, Y. 2021. « *Socio-economic impacts of climate change in developing countries* », Université Clermont Auvergne, CNRS, IRD, CERDI, 1-189
- Ervin, P. A., & Gayaso de Ervin, L. 2019. « *Household vulnerability to food insecurity in the face of climate change in Paraguay* » (No. 19; 04, Issue February).
- ET-TOUILE, H., & ARIB, F. 2021. « Etude économétrique des impacts du changement climatique sur la sécurité alimentaire au Maroc ». *African Scientific Journal*, 3(5), 525–545.
- Guntukula, R., & Goyari, P. 2020. « Climate Change Effects on the Crop Yield and Its Variability in Telangana, India ». *Studies in Microeconomics*. <https://doi.org/10.1177/2321022220923197>
- Jérôme, D., & Valor, C. 2003. « *Les causes structurelles de l'insécurité alimentaire chronique en Afrique. Etudes de cas : Ethiopie, Burkina Faso et Zambie* », 1-18
- Kere, E. N., & Kinda, S. R. 2016. « Climate Change and Food Security : Do Spatial Spillovers Matter ? » *HAL Open Science*, 4, 1–34.
- Koudjom, E., & Egbendewe, A. Y. G. 2019. « Effet de la prévalence du paludisme sur la productivité agricole dans les pays de la CEDEAO », *6th African Conference of Agricultural Economists*, 1–16.
- Masipa, T. 2017. « Impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire en Afrique du Sud: réalités actuelle et défis à venir », *Journal of Disaster Risk Studies* 9(1), 1-7
- Ouédraogo, M. 2012. « Impact des changements climatiques sur les revenus agricoles au Burkina Faso », *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 106(1), 3–21. <https://www.researchgate.net/publication/261004312>
- Sandrine, D., Éric, V., & Jacques, I. 2017. « Production agricole et sécurité alimentaire en Afrique de l' Ouest », *Cahiers Agricultures*, 26, 1–4. <https://doi.org/10.1051/cagri/2017047>
- Shankar, S., & Shikha. 2018. « Impacts of Climate Change on Agriculture and Food Security », In *Biotechnology for Sustainable Agriculture*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812160-3.00007-6>
- Sossou, S., Babatounde Igue, C., & Diallo, M. 2020. « Impact of Climate Change on Cereal Yield and Production in the Sahel: Case of Burkina Faso », *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 4(37), 1–11. <https://doi.org/10.9734/ajaees/2019/v37i430288>
- Susanto, J., Zheng, X., Liu, Y., & Wang, C. 2020. « The impacts of climate variables and climate-related extreme events on island country's tourism: Evidence from Indonesia », *Journal of Cleaner Production*, 276, 124204. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124204>
- Tchoukloe, K. L., Gbaguidi, A. T., & Guidime, D. C. 2020. « Transferts extérieurs et croissance économique dans les pays de la CEDEAO », *Annales de l'Université de Parakou Série "Sciences Economiques et de Gestion"*, 5(1), 38–61.
- Tripathi, A., Kumar, D., Chauhan, D. K., Kumar, N., & Singh, G. S. 2016. « Agriculture , Ecosystems and Environment Paradigms of climate change impacts on some major food sources of the world : A review on current knowledge and future prospects », *"Agriculture, Ecosystems and Environment"*, 216, 356–373. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.09.034>
- Wilfried, P., & Mabondzo, A. J. 2017. « *Sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne . Une analyse socio-anthropologique du rôle des banques de céréales au Guéra (Tchad)* : Université de Montréal.
- Yai, E. D., Yabi, J. A., Floque, A., Biaou, G., Degla, P., 2021. « Productivité agricole et sécurité

- alimentaire : un cadre théorique et analytique », *Les Cahiers Du Cread*, 37(03), 151–186.
- Yobom, O. 2020. « Climate Change , Agriculture and Food Security in Sahel », In *HAL Open Science*.
- Zaouaq, K. 2020. « L'adaptation aux changements climatiques et la lutte contre l ' insécurité alimentaire en Afrique de l ' ouest », *HAL Open Science*, 68–83.