

Changement climatique et performance du secteur agricole en République Démocratique du Congo.

Par :

Isaac KALONDA KANYAMA*

R

ésumé

Cet article évalue l'impact du changement climatique sur la performance du secteur agricole en République démocratique du Congo (RDC) durant la période allant de 1960 à 2024. L'indice de la production agricole et la valeur ajoutée agricole sont utilisés pour mesurer la performance agricole. Le changement climatique est mesuré par quatre variables, à savoir : les émissions du dioxyde de carbone, les émissions du gaz méthane, la variabilité des températures et la variation des précipitations. L'estimation du modèle vectoriel à correction d'erreur a révélé un mécanisme significatif d'ajustement et a montré que le changement climatique entraîne une diminution de la production agricole de l'ordre de 6% dans le long terme. Cependant, cet impact est plus important, soit une diminution d'environ 22% de la production agricole, lorsque les émissions mondiales sont prises en compte. Par ailleurs, le test de causalité de Granger a révélé que les variables climatiques et environnementales n'améliorent pas la prévision de la production agricole d'une part et, d'autre part, que seules les émissions du gaz méthane causent la valeur ajoutée agricole au sens de Granger. Enfin, il ressort de nos résultats que la production agricole cause les émissions du dioxyde de carbone au sens de Granger, mettant en exergue l'importance de l'agriculture itinérante sur brûlis comme l'un de principaux moteurs du changement climatique en RDC.

Mots clés : Changement climatique ; Performance agricole ; Gaz à effet de serre ; Modèle VEC.

Codes JEL : C32, Q51, Q54, Q56

Abstract

This article assesses the impact of climate change on agricultural performance in the Democratic Republic of Congo (DRC) during the period from 1960 to 2024. The agricultural production index and agricultural value added are used as alternative measures of agricultural performance. Climate change is measured by four variables, namely: carbon dioxide emissions, methane emissions, temperature variability, and precipitation variation. The vector error correction model estimation revealed a significant adjustment mechanism and showed that climate change leads to a 6 percent in the long term. However, this impact is greater, representing a decrease of approximately 22 percent in agricultural production, when global emissions are taken into account. Furthermore, Granger's causality test revealed that climate and environmental variables do not improve the prediction of agricultural production and that only methane emissions cause agricultural value added in Granger's sense. Finally, the results indicate that agricultural production causes carbon dioxide emissions in Granger's sense, highlighting the importance of slash-and-burn agriculture as one of the main drivers of climate change in the DRC.

* *Ph.D. email : isaackkanyama@gmail.com*

Keywords: Climate Change; Agricultural Performance; Greenhouse Gas; VEC model

JEL Codes : C32, Q51, Q54, Q56

JEL Code: C22 ; G32 ; G01 ; C58 ; H82

1. Introduction

Le changement climatique impacte le secteur agricole de diverses manières, selon plusieurs rapports du Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC). En effet, selon le GIEC (2007, 2014, 2022), le changement climatique affecte négativement les systèmes agricoles, mettant en évidence la baisse des rendements, des pertes accrues de récoltes, la dégradation des ressources naturelles et l'accroissement de la vulnérabilité des populations rurales. Les canaux de transmission de ces impacts néfastes sont généralement les vagues de chaleur, la sécheresse, les précipitations intenses, les inondations, ainsi que le stress hydrique accru. Tous ces effets négatifs culminent en la diminution des rendements et de la contribution du secteur agricole au produit national brut (PIB), menaçant ainsi la sécurité alimentaire mondiale.

Les modèles climatiques prévoient le réchauffement des températures et l'augmentation de la fréquence et de la durée des sécheresses au cours de ce siècle, avec un impact négatif sur la productivité agricole (Carlos et Dias, 2015). L'Afrique reste le continent le plus vulnérable et plusieurs études empiriques ont démontré l'impact négatif des variations climatiques sur la production agricole et la sécurité alimentaire dans bon nombre de pays d'Afrique subsaharienne (Samuel et al, 2024 ; Mlage et al, 2024 ; Liu et al., 2023 ; Ochou et Quirion, 2022 ; Schlenker et Lobell, 2010 ; Battisti et Naylor, 2009).

En République Démocratique du Congo (RDC), les effets du changement climatique sont évidents et perceptibles, se manifestant sous forme d'intensification des pluies, d'érosion côtière, des inondations, des crises caniculaires, des sécheresses saisonnières et de la vulnérabilité induite pour les populations. Les pertes dues au changement climatique sont projetées jusqu'à

13 % de réduction du PIB d'ici 2050 sous le scénario business as usual, avec le risque d'annihiler les progrès réalisés par le pays dans le domaine d'accumulation du capital humain et un impact disproportionné sur les personnes défavorisées, notamment les femmes et les populations marginalisées. Par ailleurs, les chocs liés au climat, notamment les inondations et les sécheresses, devraient augmenter en fréquence et en intensité au fil du temps, les pauvres devant en subir les conséquences les plus graves (Banque Mondiale, 2023).

L'agriculture en RDC représente environ 20% du PIB et 64 % des emplois totaux, mais figure parmi les secteurs économiques les plus vulnérables aux effets du changement climatique, ensemble avec les ressources en eau, la santé et la zone côtière. Le changement climatique affecte la performance du secteur agricole de diverses manières et une riche littérature empirique existe, permettant de cerner cet impact sur les ménages agricoles.

Par exemple, Cirimwami et al. (2019) ont analysé l'impact du changement climatique pour les populations des zones urbaines et rurales dans la partie Centre-Est de la RDC. Pour ces auteurs, le changement climatique se manifeste sous forme des signes tels que le retour tardif et parfois soudain des pluies, les températures élevées, une sécheresse inhabituelle et un dérèglement du calendrier agricole. Ils ont analysé les données météorologiques réparties sur une période allant de 1980 à 2016 aux environs de la ville Bukavu, ainsi que l'évolution des niveaux d'eau du lac Kivu, le rendement des cultures du manioc, du haricot, du maïs et de la pomme de terre durant la période allant de 1992 à 2015 pour déterminer les perturbations climatiques et leurs conséquences sur l'agriculture.

Partant des analyses factorielles des composantes de l'évolution du rendement agricole

faites sur de quatre cultures précitées, Cirimwami et al. (2019) ont conclu que les changements climatiques avaient un impact partiel sur les rendements avec comme conséquences l'apparition des maladies mal contrôlées de certaines cultures, la baisse de la production agricole et la persistance de la malnutrition au sein des ménages.

S'intéressant aux stratégies d'adaptation, Lufu-luabo et al. (2024) ont mené une enquête sur la perception des changements climatiques auprès de 1276 exploitants agricoles à Maluku, dans l'hinterland de Kinshasa. Leurs résultats ont révélé que la majorité d'exploitants, soit 84 %, ont perçu les changements climatiques comme étant caractérisés par des perturbations de la pluviométrie, des températures élevées et des vents violents. Cette étude a révélé également que les effets des changements climatiques ont été ressentis par les agriculteur et qu'ils ont accentué la vulnérabilité des ménages agricoles.

Osinkia et al. (2024) ont identifié les différentes stratégies d'adaptation des maraîchers de la ville de Kisangani face aux changements climatiques, en se basant sur l'analyse des perceptions des effets des changements climatiques. Leurs analyses révèlent que les maraîchers de Kisangani ont perçu les effets du changement climatique au cours de ces cinq dernières années dans les proportions suivantes : forte intensité de pluie (88,3%) ; un léger prolongement de la saison de pluie (8,3%) et autres effets (3,3%).

D'autre part, Mwenze et Kalama (2021) ont analysé la vulnérabilité et l'impact des changements climatiques sur la santé humaine en RDC en général et dans la province du Haut-Katanga en particulier, en faisant recours à une étude épidémiologique et à l'étude des corrélations entre quelques maladies et certains paramètres climatiques, notamment la température et les précipitations. Il ressort de cette étude que les change-

ments climatiques influencent la prévalence de maladies telles que le paludisme, les infections respiratoires, et les maladies cardiovasculaires. Le résultat de Mwenze et Kalama (2021) est intéressante pour la production agricole vu le lien qui existe entre la santé humaine et l'exercice des activités productives, notamment dans l'agriculture. En plus, il permet de déduire que les changements climatiques n'ont pas seulement un impact direct sur la performance des fermiers, mais également un impact indirect à travers d'autres facteurs tels que la santé des agriculteurs.

Bien que les articles susmentionnés permettent de comprendre les impacts des changements climatiques sur les ménages agricoles, des lacunes persistent encore dans la compréhension des impacts spécifiques des changements climatiques au niveau macroéconomique en RDC, la littérature existante ne se limitant qu'à des entités géographiques bien circonscrites (MEDD, 2022). Quelques études nationales existent néanmoins au niveau du continent Africain. Par exemple, Kabubo-Marriana et Kabara (2015) ont trouvé que la variabilité et le changement climatiques vont accroître l'insécurité alimentaire au Kenya et que la sécurité alimentaire réagit positivement aux zones agroécologiques favorables, au drainage et à la profondeur des sols, ainsi qu'à une forte densité de population.

La question importante, dans le contexte de la RDC, est de savoir si les causes et les manifestations des changements climatiques ont un impact significatif sur la performance du secteur agricole au niveau agrégé de l'économie. De prime abord, il sied de noter que les études micro-économiques sus-évoquées ne peuvent fournir une réponse satisfaisante à ce questionnement dans la mesure où leur portée géographique est limitée. Il sied de noter qu'aucune analyse systématique n'a été consacrée à l'étude des impacts des changements climatiques sur le secteur agricole au niveau macroéconomique, au mieux de notre

connaissance, dans le contexte de la RDC.

Le présent article se veut de combler cette lacune dans la littérature empirique sur la RDC, en ayant comme objectif principale la mise en exergue de la relation entre la performance du secteur agricole et les variables qui mesurent les changements climatiques, en utilisant un modèle économétrique. Spécifiquement, il s'agit de : (i) vérifier l'existence d'une relation d'équilibre entre les variables ; (ii) estimer l'impact des changements climatiques sur la performance du secteur agricole ; (iii) examiner le sens de la causalité entre la performance du secteur agricole et le changement.

Pour atteindre ces objectifs, un modèle vectoriel à correction d'erreur a été estimé. Les résultats de l'estimation ont montré qu'une augmentation des émissions du gaz méthane et de la variabilité climatique conduisent respectivement à une diminution d'environ 6% de la production agricole lorsque les émissions nationales sont prises en compte et de 22% lorsque les émissions mondiales sont prises en compte. Par ailleurs, le test de causalité de Granger indique que le changement climatique n'améliore pas la prévision de la production agricole. Toutefois, la production agricole cause les émissions du dioxyde de carbone au sens de Granger, suggérant le rôle de l'agriculture itinéraire sur brûlis comme l'une de causes principales du changement climatique en République Démocratique du Congo.

D'autre part, le changement climatique sous forme des variabilités climatiques conduit à une diminution de 2,19% dans la valeur ajoutée agricole, tandis que le gaz méthane et le dioxyde de carbone n'affectent pas significativement cette variable à long terme au seuil de signification de 5%. Il sied de noter que toutes les variables climatiques et environnementales (émissions du méthane, émissions du dioxyde de carbone et les variabilités climatiques) n'affectent pas la

performance agricole à court terme.

Le reste de l'article est organisé de la manière suivante : la section 2 présente le cadre conceptuel et la méthodologie utilisée ; la section 3 est consacrée à la spécification et à l'estimation du modèle vectoriel à correction d'erreur ; la section 4 est consacrée à la discussion des résultats de l'estimation du modèle ; la section 5 est consacrée à l'analyse de la robustesse des résultats obtenus ; la section 6, évalue l'effet de l'agriculture sur le changement climatique ; et la section 7 donne la conclusion des analyses.

2. Cadre conceptuel et Méthodologie

2.1. Cadre conceptuel

Le fondement scientifique de la relation entre agriculture et changement climatique est fournie par le GIEC (2007). Cette relation est bidirectionnelle, l'agriculture étant à la fois une cause majeure des émissions de gaz à effet de serre et une victime directe des aléas climatiques (sécheresses, inondations, parasites) qui menacent la sécurité alimentaire. En effet, selon le rapport du GIEC (2007), l'augmentation mondiale de la concentration en dioxyde de carbone est essentiellement due à l'utilisation des combustibles fossiles et aux changements d'affectation des terres, tandis que la concentration accrue de méthane et d'oxyde nitreux est essentiellement due à l'agriculture. Ainsi, la relation entre l'agriculture et le changement climatique se mesure à travers des indicateurs agro-climatiques tels que la température et la pluviométrie.

Le cadre conceptuel adopté met en lumière le concept de «changement climatique» comme phénomène global alors que l'utilisation de l'expression «changements climatiques» se réfère à la multiplicité des composantes de ce phénomène global. La vérification empirique de l'impact du changement climatique sur la performance du secteur agricole procèdera par l'estimation d'un

modèle économétrique sélectionnée selon les caractéristiques stochastiques des variables, notamment le modèle vectoriel à correction d'erreur, et le signe des impacts estimés seront comparés aux signes attendus de l'effet des variables indépendantes.

Une analyse de robustesse des résultats obtenus sera réalisée en modifiant l'ensemble des variables indépendantes et en utilisant une spécification alternative du modèle. Pour ce faire, les émissions mondiales du dioxyde de carbone et du gaz méthane seront utilisées en lieu et place des émissions nationales. En plus, un modèle quadratique sera estimé pour tester l'effet seuil des variabilités climatiques sur la performance du secteur agricole.

Nous postulons qu'il existe une relation d'équilibre entre la performance du secteur agricole et les variables qui mesurent les changements climatiques en présence des variables de contrôle ; que les changements climatiques ont des impacts négatifs significatifs sur la performance du secteur agricole aussi bien à court terme qu'à long terme ; et qu'il existe une relation en boucle entre la performance agricole et les variables qui mesurent les changements climatiques.

2.2. Variables

Les variables retenues pour cet article sont décrites dans le tableau 1 ci-dessous, qui donne la description de chaque variable ainsi que la source et le signe attendu pour chaque variable indépendante. Ci-dessous la description détaillée de chaque variable utilisée dans l'étude.

2.2.1. Performance agricole (*PERFAGR*)

La performance agricole est mesurée à l'aide de deux indicateurs : l'indice de production agricole (IPA) et la valeur ajoutée agricole (VAA). L'IPA, produit par la FAO, indique le niveau relatif du volume total annuel de la production agricole par rapport à une période de base. Il est

considéré comme la meilleure mesure de l'évolution du secteur agricole. Dans ce travail, nous utilisons la variation de l'IPA comme la mesure de la permanence du secteur agricole d'une période à une autre. La VAA est utilisée comme une mesure alternative de la performance du secteur agricole, dans la perspective de la contribution du secteur agricole au PIB.

2.2.2. Gaz à effet de serre

Naturellement dans l'atmosphère, les gaz à effet de serre (GES) sont généralement générés par les activités humaines. Les plus importants, mais aussi couverts par le Protocole de Kyoto, sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O), l'hexafluorure de soufre (SF₆), le trifluorure d'azote (NF₃) et les gaz fluorés. Bien que le GES le plus connu soit le dioxyde de carbone, de par sa grande concentration dans l'atmosphère, les autres gaz, quoique présents en quantités relativement faibles, ont un potentiel de réchauffement global élevé, souvent plusieurs milliers de fois plus important que celui du CO₂. Etant donné l'indisponibilité de données sur la plupart de ces gaz pour la RDC, seul le dioxyde de carbone et le gaz méthane seront utilisés pour saisir l'impact des causes du changement climatique sur le secteur agricole. L'effet attendu de ces deux gaz à effet de serre est la diminution de production agricole et éventuellement celle de la valeur ajoutée agricole.

Notons que la relation entre les gaz à effet de serre et l'agriculture n'est pas forcément unidirectionnelle. En effet, une croissance rapide et extensive de la production agricole peut être une source importante d'émission des gaz à effet de serre (Hong et al., 2021), principalement via le gaz méthane de l'élevage et le protoxyde d'azote des sols.

2.2.3. Variabilité climatique

En plus des causes susmentionnées, nous considérons deux variables de manifestation du changement climatique : la température (TEMP) et les précipitations (PRECIP). La mesure utilisée

dans cette recherche est la valeur médiane annuelle de la température. Elle nous a permis de saisir l'effet de la manifestation du réchauffement climatique sur la performance du secteur agricole. L'effet attendu des hautes températures est la diminution de la production agricole.

Table 1. Variables de l'étude, signes attendus et sources des données

Variable	Description	Source	Signe attendu
Indice de la Production agricole (IPA)	Cet indice mesure l'évolution de la production agricole à travers le temps. Il est fondé sur la somme des quantités pondérées par les prix des différents produits agricoles après déduction des quantités utilisées comme semences ou aliments pour animaux	Banque Mondiale (2025a) : Indicateurs mondiaux de développement (WDI)	
Température moyenne (TEMP)	Valeur médiane de la température annuelle, indiquant que la moitié des températures sont supérieures ou égales à la médiane et que l'autre moitié sont inférieures ou égales à la médiane.	World Bank(2025b). Climate Change Knowledge Portal	(-)
Précipitations moyennes (PRECIP)	Hauteur moyenne des précipitation annuelles tombant à un endroit déterminé, établie sur une période relativement longue	World Bank(2025b), Climate Change Knowledge Portal.	(-)
Gaz à effet de serre (CO2 et CH4)	Emission, en tonne, du dioxyde de carbone et de gaz méthane	World Bank (2005b), Climate Change Knowledge Portal	(-)
Prix agricoles sur le marché international (PRIXMOND)	Mesure des prix internationaux d'un panier de produits agricoles couramment échangés ou exportés.	World Bank (2025c). World Bank Commodity Data (The Pink Sheet)	(+/-)
PIB réel	Mesure de l'activité économique, utilisé comme proxy des interactions intersectorielles	World bank (2025a). World Development Indicators.	(+)
Prix domestiques (PRIXDOM)	Déflateur des prix du secteur agricoles, reflétant les coûts de production des biens agricole	World bank (2025a). World Development Indicators.	(-)
Importations (IM-PORT)	Quantité de marchandises importées	World Bank (2025a): World Development Indicators	(+)

Source : Auteur

Les précipitations annuelles moyennes sont utilisées pour saisir l'effet de toutes les formes d'eau à l'état liquide ou solide provenant de l'atmosphère sur la performance du secteur agricole. Il est important de noter que le changement dans les régimes des pluies peut avoir des conséquences substantielles sur la performance du secteur agricole. Ainsi, il est postulé que toute averse au-delà de la juste quantité d'eau suffisante pour la croissance normale des cultures peut être néfaste. De même, toute quantité insuffisante d'eau conduit à des récoltes médiocres.

En RDC, l'agriculture figure parmi les principaux secteurs économiques sur lesquels l'augmentation des températures devrait avoir un impact considérable en raison des maladies des cultures et des sécheresses, avec comme corollaire l'intensification de l'insécurité alimentaire et de la pauvreté. Par ailleurs l'intensification des fortes pluies va entraîner des destructions par inondations, glissements de terrain et érosion des sols (MEDD, 2022).

Nous postulons que les agriculteurs ne discriminent pas entre l'effet de la température et l'effet des précipitations sur l'agriculture. Par conséquent, une variable mesurant l'effet combiné des températures et des précipitations a été utilisée dans notre analyse en veillant que cette dernière ne crée le problème de multicollinéarité dans l'estimation du modèle. Il est postulé que l'effet combiné des températures et des précipitations réduit la performance du secteur agricole.

2.2.5. Variables de contrôle

Nous utilisons quatre variables pour contrôler l'effet des variables climatiques et environnementales sur la performance agricole. Il s'agit notamment du produit intérieur brut (PIB) aux prix constants, des prix agricoles domestiques (PRIXDOM), des prix agricoles internationaux (PRIXMOND) et des importations des produits (IMPORTS).

Le produit intérieur brut (PIB) est utilisé comme proxy des interactions entre les différents secteurs d'activités dans l'économie. L'inclusion de cette variable dans l'analyse de la performance agricole est motivée par le fait que la dynamique de la production nationale totale peut non seulement influencer significativement la demande des produits agricoles par d'autres secteurs d'activités, mais également la production d'intrants nécessaires à la production agricole. Ceci étant, le signe attendu du coefficient associé avec la PIB dans le modèle de la production est positif.

D'autre part, l'ajustement des prix domestiques des produits agricoles constituent une motivation importante pour les producteurs agricoles dans la mesure où ils traduisent les prix des biens et services nécessaires à la production agricole pendant une période déterminée. En effet, les prix domestiques des produits agricoles sont déterminés par des ajustements des facteurs qui affectent l'équilibre sur les marchés agricoles domestiques, notamment les préférences des consommateurs, les aléas climatiques, les coûts des intrants, les politiques gouvernementales, les prix des biens complémentaires et substituables aux produits agricoles, les facteurs affectant le stockage et le transport, etc. Pour ce faire, nous utilisons le déflateur des prix agricoles pour capter l'évolution du prix de la production finale du secteur agricole, c'est-à-dire le prix de la valeur ajoutée agricole. Par conséquent, le signe attendu du coefficient de cette variable est négatif.

Par ailleurs, la performance du secteur agricole domestique dépend également de l'ouverture du marché domestique à la compétition internationale et du degré d'engagement du pays dans les échanges internationaux. La variable utilisée pour capter l'impact des marchés agricoles internationaux est l'indice mondial des prix des produits agricoles. Elle permet de capter les motivations économiques des agriculteurs suite à la variation des forces du marché agri-

cole international. Nous postulons que l'effet des prix mondiaux peut être positif ou négatif, selon l'évolution favorable ou non favorable de la conjoncture économique internationale et son impact sur la production agricole. Par exemple, une hausse des prix internationaux causée par des événements tels que la guerre en Ukraine, peut avoir un impact néfaste sur la production agricole et entraîner l'insécurité alimentaire et la pauvreté (Arndt et al, 2023 ; Bezner-Ker et al., 2022).

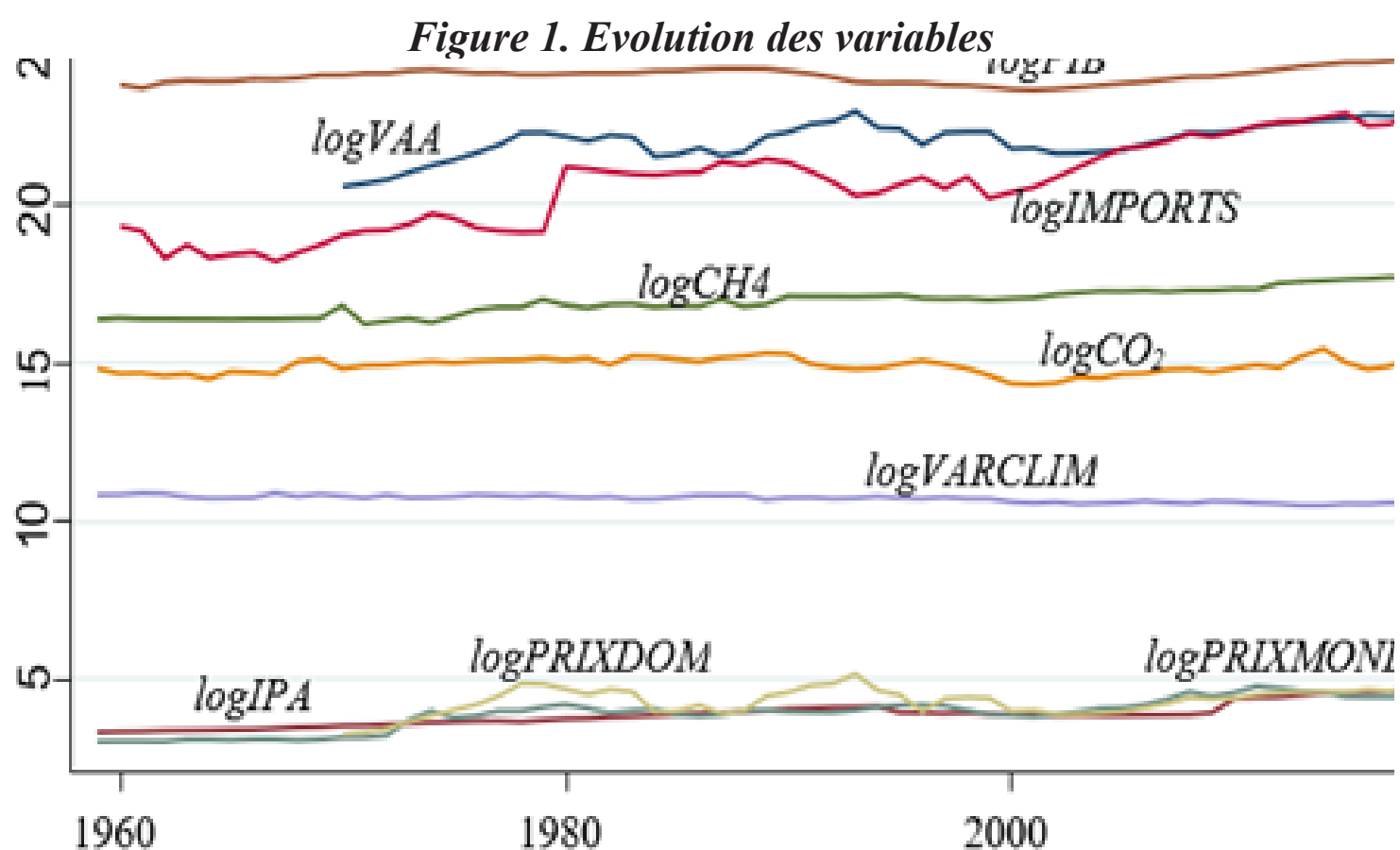
Enfin, les importations des marchandises sont utilisées comme proxy de la production agricole du reste du monde. L'intégration de cette variable dans le modèle permet de contrôler l'effet du changement climatique sur le secteur productif du reste du monde, notamment des partenaires commerciaux de la RDC. Il est important de noter qu'une étude de l'impact du changement climatique sur l'agriculture ne peut se faire en isolation du reste du monde car ceci ignorerait les changements qui surviennent simultanément à travers le monde (Reilly et Hohmann, 1993).

2.3. Méthodologie

Dans le cadre de la présente étude, nous adoptons la méthodologie économétrique pour analyser le lien entretenu par la performance du secteur agricole et le changement climatique dans le long terme, ainsi que les dynamiques de court terme, en contrôlant pour des variables économiques, notamment l'output national, les prix domestiques et mondiaux des biens agricoles ainsi que les importations.

2.3.1. Trajectoire temporelle des variables et analyse de corrélation

La figure 1 montre la trajectoire temporelle des variables incluses dans l'analyse, toutes transformées en logarithme. Comme on peut le remarquer, toutes les variables semblent évoluer le long d'une tendance commune, suggérant une relation d'équilibre à long terme. Spécifiquement, l'indice de la production agricole est fortement corrélé avec l'évolution des prix domestiques et internationaux des produits agricoles. De même, la valeur ajoutée agricole est fortement corrélée avec les importations des marchandises.



L'analyse de corrélation indique que l'indice de la production agricole est très significativement et très fortement corrélé avec les émissions de gaz méthane (coef. = +0,932 ; valeur-p = 0,000) et fortement corrélée avec l'effet combiné de la variabilité des températures et des précipitations (coef. = -0,764 ; valeur-p = 0,000), mais modérément corrélé avec les émissions du dioxyde de carbone (coef. = +0,525 ; valeur-p = 0,000). D'autre part, la valeur ajoutée agricole est significativement et fortement corrélée avec les émissions du méthane (coef. = +0,830 ; valeur-p = 0,000), modérément corrélée avec l'effet combiné des variations de températures et des précipitations (coef. = -0,545 ; valeur-p = 0,000). Par ailleurs, le coefficient de corrélation entre l'indice de la production agricole et la valeur ajoutée agricole est de +0,846 avec une valeur-p de 0,000. Les deux variables de mesure de la performance du secteur agricole sont également significativement corrélées avec le PIB : fortement pour l'indice de la productivité agricole (coef. = 0,703 ; valeur-p = 0,000) et faiblement pour la valeur ajoutée agricole (coef. = 0,475 ; valeur-p = 0,000).

Finalement, l'indice de la production agricole est significativement et fortement corrélé avec les variables de contrôle, notamment les prix agricoles internationaux (coef. = +0,86 ; valeur-p = 0,000) et les importations des marchandises (coef. = +0,907 ; valeur-p = 0,000), mais modérément corrélée avec les prix agricoles intérieurs (coef. = 0,687 ; valeur-p = 0,000). De même, la valeur ajoutée agricole est significativement corrélée avec les variables de contrôle avec les coefficients respectifs de +0,821 (valeur-p = 0,000), +0,728 (valeur-p = 0,000) et +0,417 (valeur-p = 0,002).

2.4. Tests de stationnarité

Le test de stationnarité d'une série temporelle multivariée permet de choisir le modèle approprié pour modéliser les interactions entre ses composantes. Pour les variables considérées dans cette étude, les résultats du test de stationnarité de Dickey-Fuller sont présentées dans le tableau 2. Il en résulte que toutes les variables sont intégrées d'ordre 1. Par conséquent, il est important de vérifier l'existence d'une relation d'équilibre de long terme entre elles, de manière à motiver le choix du modèle.

Tableau 2. Test de stationnarité sur les variables

Variables	Variable en niveau		Diff. Premières		Obs.
	Stat	Valeur-p	Stat.	Valeur-p	
Indice de productivité Agricole (logIPA)	-2,829	0,0542	-4,543	0,000	I(1)
Valeur ajoutée agricole (logVAA)	-2,061	0,2605	-6,894	0,000	I(1)
Dioxyde de carbone (logCO2)	-1,326	0,6170	-4,563	0,000	I(1)
Gaz méthane (logCH4)	-0,125	0,9469	-4,139	0,000	I(1)
Importation (LogIM-PORTS)	-0,058	0,9534	-8,000	0,000	I(1)
Température (log-TEMP)	-1,038	0,7393	-10,01	0,000	I(1)
Précipitation (logPRE-CIP)	-0,753	0,8325	-5,885	0,000	I(1)
Prix agr. intérieurs (logPRIXDOM)	-2,609	0,0912	-3,018	0,033	I(1)
Prix agr. internationaux (logPRIXINT)	-1,405	0,5800,	-6,333	0,000	I(1)

Source : Auteur, à partir des variables décrites dans le Tableau 1

2.5. Test de cointégration de Johansen

Le tableau 2 et la figure 1 suggèrent que des variables non stationnaires intégrées d'ordre 1 peuvent évoluer autour d'une tendance commune et que leur combinaison linéaire peut être une série stationnaire (Hendry et Juselius, 2000, 2001). Etant donné que la performance du secteur agricole est saisie par deux variable, en l'occurrence l'indice de production agricole (IPA) et la valeur ajoutée agricole (VAA), nous allons tester la cointégration, en utilisant le test de Johansen, pour deux variantes du modèle : le modèle de l'IPA et le modèle de la VAA.

Les résultats du tableau 4 indiquent qu'il existe une seule relation de cointégration entre les variables considérées dans chacune de variantes du modèle. En effet, la statistique λ de la Trace ne permet pas de rejeter l'hypothèse qu'il existe tout au plus une relation de cointégration, au seuil de 5%, aussi bien pour le modèle de l'in-

dice de production agricole que pour le modèle de la valeur ajoutée agricole.

Etant donné l'existence d'une relation de cointégration entre les variables, un modèle vectoriel à correction d'erreur peut être spécifié pour estimer la relation d'équilibre de long terme ainsi que la dynamique de court terme entre les variables. L'idée de la cointégration entre les variables économiques provient de la suggestion, par la théorie économique, que certains sous-ensembles de ces variables devraient être liées par une relation d'équilibre de long terme. En plus, bien que les variables sous considération puissent dévier de l'équilibre pour un moment, les forces économiques ou les actions du gouvernement peuvent restaurer cet équilibre. Par conséquent, l'existence d'une relation de cointégration entre les variables sous considération suggère qu'une politique agricole et des actions publiques bien pensées peuvent significativement influencer la

performance du secteur agricole en RDC.

Tableau 3. Test de cointegration de Johansen

Rang	Modèle de l'IPA		Modèle de la VAA	
	Stat de la Trace	Valeur critique (5%)	Stat de la Trace	Valeur critique (5%)
0	128,4	124,24	143,55	124,24
1	82,39*	94,15	92,53*	94,15
2	0,420	48,60	55,83	68,52
3	28,64	47,21	31,67	47,21
4	14,08	29,68	16,39	29,68
5	4,38	15,41	5,70	15,41
6	0,86	3,76	2,19	3,76

* rang sélectionné

3. Spécification et estimation du modèle VEC 3.1. Spécification du modèle

Cette section est consacrée à l'analyse empirique de la relation entre la performance du secteur agricole de la RDC et les variables qui captent le changement climatique, en contrôlant pour le PIB, les prix (domestiques et internationaux) des produits agricoles et les importations des marchandises. Ceci permet d'aller au-delà de la simple analyse des corrélations pour considérer les possibles liens de causalité entre la performance du secteur agricole et les facteurs climatiques et environnementaux.

La spécification du modèle vectoriel à correction d'erreur (VEC) contient des relations de cointegration et suppose que le système dynamique sous étude converge vers des relations de long terme. Elle permet également de capter la dynamique d'ajustement du système à court terme. Conformément à un modèle VAR(2) sous-jacent et au test de cointegration de Johansen de la section 2.4, nous spécifions le model VEC(1) suivant avec une seule relation de cointégration :

$$\begin{aligned}\Delta \mathbf{y}_t &= \Pi \mathbf{y}_{t-1} + \Gamma \Delta \mathbf{y}_{t-1} + \mathbf{u}_t \\ &= \beta' \mathbf{y}_{t-1} + \Gamma \Delta \mathbf{y}_{t-1} + \mu_t\end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta \log \text{PERFSAGR}_t \\ \Delta \log \text{CH4}_t \\ \Delta \log \text{CO2}_t \\ \Delta \log \text{VARCLIM}_t \\ \Delta \log \text{PIB}_t \\ \Delta \log \text{PRIXDOM}_t \\ \Delta \log \text{PRIXMOND}_t \\ \Delta \log \text{IMPORTS}_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \\ \alpha_6 \\ \alpha_7 \\ \alpha_8 \end{bmatrix} [\beta_1 \ \beta_2 \ \beta_3 \ \beta_4 \ \beta_5 \ \beta_6 \ \beta_7 \ \beta_8] \begin{bmatrix} \log \text{PERFSAGR}_{t-1} \\ \log \text{CH4}_{t-1} \\ \log \text{CO2}_{t-1} \\ \log \text{VARCLIM}_{t-1} \\ \log \text{PIB}_{t-1} \\ \log \text{PRIXDOM}_{t-1} \\ \log \text{PRIXMOND}_{t-1} \\ \log \text{IMPORTS}_{t-1} \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \gamma_{13} & \gamma_{14} & \gamma_{15} & \gamma_{16} & \gamma_{17} & \gamma_{18} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \gamma_{23} & \gamma_{24} & \gamma_{25} & \gamma_{26} & \gamma_{27} & \gamma_{28} \\ \gamma_{31} & \gamma_{32} & \gamma_{33} & \gamma_{34} & \gamma_{35} & \gamma_{36} & \gamma_{37} & \gamma_{38} \\ \gamma_{41} & \gamma_{42} & \gamma_{43} & \gamma_{44} & \gamma_{45} & \gamma_{46} & \gamma_{47} & \gamma_{48} \\ \gamma_{51} & \gamma_{52} & \gamma_{53} & \gamma_{54} & \gamma_{55} & \gamma_{56} & \gamma_{57} & \gamma_{58} \\ \gamma_{61} & \gamma_{62} & \gamma_{63} & \gamma_{64} & \gamma_{65} & \gamma_{66} & \gamma_{67} & \gamma_{68} \\ \gamma_{71} & \gamma_{72} & \gamma_{73} & \gamma_{74} & \gamma_{75} & \gamma_{76} & \gamma_{77} & \gamma_{78} \\ \gamma_{81} & \gamma_{82} & \gamma_{83} & \gamma_{84} & \gamma_{85} & \gamma_{86} & \gamma_{87} & \gamma_{88} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \log \text{PERFAGR}_{t-1} \\ \Delta \log \text{CH4}_{t-1} \\ \Delta \log \text{CO2}_{t-1} \\ \Delta \log \text{VARCLIM}_{t-1} \\ \Delta \log \text{PIB}_{t-1} \\ \Delta \log \text{PRIXDOM}_{t-1} \\ \Delta \log \text{PRIXMOND}_{t-1} \\ \Delta \log \text{IMPORTS}_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \\ u_{3t} \\ u_{4t} \\ u_{5t} \\ u_{6t} \\ u_{7t} \\ u_{8t} \end{bmatrix}$$

où PERFSAGR est la variable qui mesure la performance du secteur agricole. Les résultats de l'estimation du modèle sont présentés dans la section suivante.

3.2. Estimation de la relation de long terme et de la dynamique de court terme

Le modèle vectoriel à correction d'erreurs est estimé sous l'hypothèse que l'équations de cointégration est stationnaire autour d'une moyenne constante sans tendance linéaire dans les données. Toutefois, il faut noter que le principal résultat concernant l'impact total du changement climatique sur la performance du secteur ag où PERFSAGR est la variable qui mesure la performance du secteur agricole. Les résultats de l'estimation du modèle sont présentés dans la section suivante.

3.2. Estimation de la relation de long terme et de la dynamique de court terme

Le modèle vectoriel à correction d'erreurs est estimé sous l'hypothèse que l'équations de cointégration est stationnaire autour d'une moyenne constante sans tendance linéaire dans les données. Toutefois, il faut noter que le principal résultat concernant l'impact total du changement climatique sur la performance du secteur agricole est robuste sous les différentes hypothèses d'estimation. En effet, l'impact total du changement climatique sur la production agricole (diminution d'environ 6%) tient également sous d'autres hypothèses d'estimation du modèle VEC, sauf sous le cas 1. Le tableau 4 présente les résultats de l'estimation pour les deux versions du modèle.

ricole est robuste sous les différentes hypothèses

d'estimation. En effet, l'impact total du changement climatique sur la production agricole (diminution d'environ 6%) tient également sous d'autres hypothèses d'estimation du modèle VEC, sauf sous le cas 1. Le tableau 4 présente les résultats de l'estimation pour les deux versions du modèle.

Variables	Modèle	
	IPA	VAA
Coefficient d'ajustement	-0,071*** (0,000)	-0,468*** (0,000)
Gaz méthane (logCH4t)	1,739*** (0,000)	-0,037 (0,882)
Dioxyde de carbone (CO2t)	0,289 (0,447)	-0,426* (0,079)
Variabilité climatique	3,791*** (0,001)	2,188*** (0,003)
Produit Intérieur Brut (logPIB)	-1,176*** (0,000)	-0,183 (0,391)
Prix domestiques (logPRIX-DOM)	0,758*** (0,003)	0,013 (0,392)
Prix internationaux (logPRIX-MOND)	-2,429*** (0,000)	-1,257*** (0,000)
Importations (logIMPORTS)	-0,224*** (0,000)	0,013 (0,858)
Constant	-38.82** (0,017)	-28.46*** (0,007)
$\Delta \log IPA_{t-1}$	0,101 (0,451)	
$\Delta \log VAA_{t-1}$		-0,480 (0,546)
$\Delta \log CH_{4t-1}$	-0,00004 (1,000)	-0,173 (0,481)
$\Delta \log CO_{2,t-1}$	-0,008 (0,906)	-0,110 (0,626)
$\Delta \log VCC_{t-1}$	0,163 (0,407)	0,941 (0,123)
$\Delta \log PIB_{t-1}$	-0,429 (0,156)	-2,184** (0,034)
$\Delta \log IMPORTS_{t-1}$	-0,0008 (0,760)	-0,001 (0,989)
$\Delta \log PRIXMOND_{t-1}$	-0,118 (0,154)	0,203 (0,440)
$\Delta \log PRIXDOM_{t-1}$	0,054 (0,22)	0,590 (0,475)

(.) Probabilités entre parenthèse. Niveau de signification ***<0,01 **<0,05 et *<0,10.

3.3. Diagnostic du modèle estimé

3.3.1. Test d'autocorrélation, d'hétéroscédasticité et de normalité

Le tableau 5 indique que les résidus de l'estimation du modèle VEC(1) estimé sont non corrélés jusqu'au décalage 4 pour les deux modèles. De manière spécifique, les probabilités du test du multiplicateur de Lagrange pour la présence d'autocorrélation dans les résidus du modèle

estimé sont supérieures ou égales à 0,05. De même, l'hypothèse d'homoscédasticité des résidus de l'estimation du modèle VEC ne peut être rejetée, le test joint d'hétéroscédasticité étant non significatif (valeur-p > 0,05) pour les deux variantes du modèle. Par ailleurs, point n'est besoin de se préoccuper de la normalité des erreurs dans la mesure où le nombre d'observations est suffisant pour atteindre une distribution normale asymptotiquement.

Tableau 5. Tests de spécification pour le modèle VEC

		Modèle de l'IPA	Modèle de la VAA
Test d'autocorrélation (Test LM)	Lag 1	65.05 (0,440)	68,89 (0,050)
	Lag 2	68.10 (0,339)	55,45 (0,245)
	Lag 3	45,68 (0,872)	43,54 (0,693)
	Lag 4	35,35 (0,771)	35,81 (0,920)
Hétéroscédasticité (Test joint)		439,48 (0,604)	1256,30 (0,31)

3.3.2. Stabilité du modèle

Le modèle VEC est dit stable si les racines du polynôme caractéristique du modèle vectoriel autoregressif correspondant sont à l'intérieur du cercle unitaire. Pour un modèle avec K variables et r relations de cointégration, la matrice compagnon aura K – r valeurs propres unitaires et,

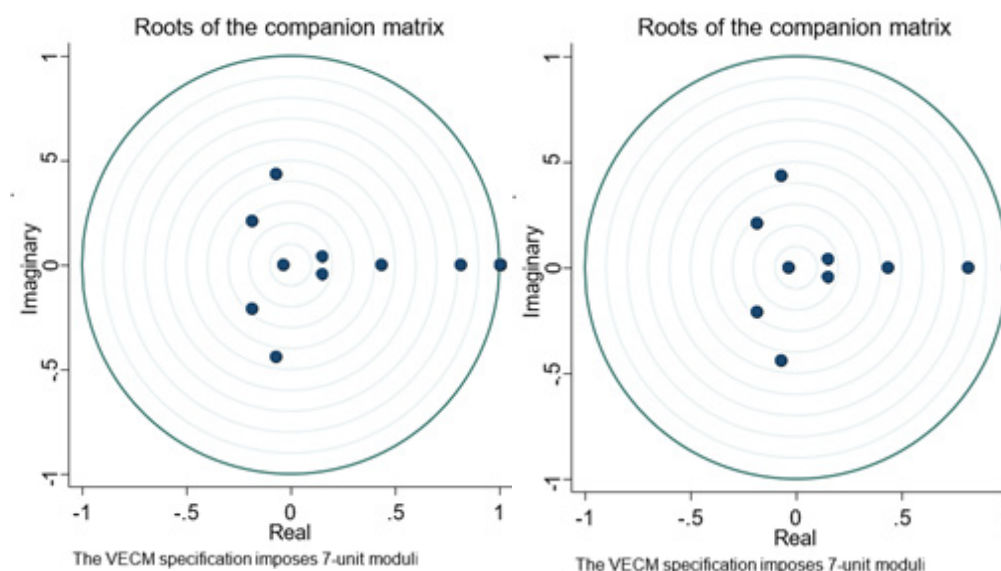
pour la stabilité du modèle, le reste de valeurs propres doivent avoir des modules strictement inférieurs à l'unité. Dans la présente étude, le modèle estimé comprenant 8 variables et la spécification VEC impose 7 valeurs propres de module unitaire. Le tableau 6 et la figure 2 montrent que cette condition est satisfaite.

Tableau 6. Condition de stabilité du polynome caractéristique

Modèle de l'IPA		Modèle de la VAA	
Valeur propre	Module	Valeur propre	Module
7 de valeur 1	1	1	1
0,836208	0,836208	0,8127946	0,812795
0,5030096	0,503010	-0,0728298 + 0,4372621i	0,443286
0,00052669 + 0,4979383i	0,497939	-0,0728298 - 0,4372621i	0,443286
0,00052669 - 0,4979383i	0,497939	0,43255370	0,432554
-0,1930492 + 0,1905937i	0,271282	-0,1872819 + 0,210254i	0,281569
-0,1930492 - 0,1905937i	0,271282	-0,1872819 - 0,210254i	0,281569
-0,05692149 + 0,120364i	0,133145	0,1498736 + 0,04175899i	0,155582
-0,05692149 - 0,120364i	0,133145	0,1498736 - 0,04175899i	0,155582
0,09712055	0,097121	0,03648935	0,036489

La spécification VECM impose 7 modules unitaires.

Figure 3. Représentation graphique de la condition de stabilité



3.3.3. Analyse de causalité

Pour tester l'importance de variables climatiques et environnementales ainsi que des variables de contrôle dans la prévision de la performance du secteur agricole, les colonnes (2) et (4) du tableau 7 donnent les statistique χ^2 avec deux degrés de liberté, ainsi que les valeurs-p correspondantes. Le résultat du test indique l'absence de causalité entre toutes les variables du modèle et la performance agricole tel que mesurée par l'indice de la production agricole. Ceci signifie que les variables climatiques et environnementales ainsi que les variables de contrôle consi-

dérées dans cette analyse ne sont pas significatives dans la prévision de la production agricole. D'autre part, les résultats dans la colonne (4) du tableau 7 indiquent que les émissions de gaz méthane et le PIB contribuent significativement à la prévision de la valeur ajoutée agricole. Les autres variables ne causent pas la valeur ajoutée agricole au sens de Granger.

Par ailleurs, les colonnes (3) et (5) du tableau 7 reprennent les statistiques du test pour la causalité allant de la performance agricole vers les variables climatiques et environnementales. Il s'ensuit que la valeur ajoutée agricole ne cause

aucune de ces variables au sens de Granger, alors que la production agricole cause les émissions du dioxyde de carbone et les prix agricole domestiques.

Le résultat sur la causalité au sens de Granger, allant de la production agricole vers les émissions du dioxyde de carbone révèle l'importance de l'agriculture itinérante sur brûlis comme facteur du changement climatique en RDC. En effet, l'agriculture itinérante sur brûlis est actuellement la première cause de la dégradation des forêts en RDC, perturbant ainsi la capacité des forêts à fournir les différents services écosystémiques. En effet, bien que présentant des

avantages immédiats pour l'agriculteur, cette technique contribue de manière significative à la déforestation et à des conséquences néfastes sur l'environnement à long terme. Il faut noter que ce résultat est à comprendre dans le sens que l'agriculture améliore la prévision des impacts des changements climatiques et non dans le sens d'une relation de cause à effet. Toutefois, les résultats de Hong et al. (2021) suggèrent une relation de cause à effet, indiquant que la croissance mondiale des émissions entre 1961 et 2017 était due à la croissance rapide et importante de la production agricole et des changements d'affectation des terres qui en découlaient.

Tableau 7. Test de causalité de Granger

	logIPA		logVAA	
	est causé par	cause	est causé par	cause
logCH4	0,650 (0,722)	1,953 (0,377)	12,39*** (0,002)	1,131 (0,568)
logCO2	0,517 (0,772)	8,435** (0,015)	2,177 (0,337)	0,014 (0,993)
logCOMB	0,105 (0,943)	0,701 (0,704)	0,763 (0,683)	4,765 (0,092)
logPIB	3,233 (0,199)	1,303 (0,521)	26,92*** (0,000)	2,554 (0,279)
logPRIXDOM	0,121 (0,941)	6,954** (0,031)	1,767 (0,413)	2,445 (0,295)
logPRIMOND	1,920 (0,383)	0,506 (0,776)	2,812 (0,245)	3,400 (0,183)
logIMPORTS	0,734 (0,693)	0,259 (0,879)	1,911 (0,385)	0,560 (0,756)

valeur-p entre parenthèse: ** <0,05; ***<0,01

Source: Auteur

L'absence de causalité entre le secteur agricole et les émissions de gaz méthane indique que le secteur agricole en RDC, loin d'être la conséquence d'une politique visant la maîtrise des émissions de ce gaz à effet de serre, reflète bien au contraire un état de faible développement des activités agricole et d'élevage dans le pays, en-dessous du seuil critique à partir duquel les activités du secteur agricole peuvent commencer à avoir un effet significatif sur les émissions de gaz méthane. Il faut cependant noter que ce constat ne se limite qu'à la causalité au sens de Granger entre le secteur agricole et les émissions de gaz méthane, d'autres sources telles que les zones humides de la cuvette centrale de la RDC pouvant avoir un effet significatif sur ce gaz à effet de serre.

4. Discussions des résultats

4.1. Résultats de l'estimation du modèle de l'indice de production agricole

Le coefficient d'ajustement du modèle est négatif et significatif au seuil de 1%, soit une valeur de -0,071 avec une valeur-p de 0,001. Ce résultat indique qu'il existe un mécanisme de correction d'erreur et, par conséquent, l'existence d'une relation de long terme entre les variables. Ce résultat confirme notre première hypothèse sur l'existence d'une relation de long terme entre la performance du secteur agricole et les variables indépendantes, y compris les variables environnementales et climatiques. La valeur de -0,071 pour le coefficient d'ajustement suggère que les écarts de production agricole de la période antérieure ne sont corrigés qu'à la hauteur de 7,1% au cours de la période courante, en présence des changements climatiques. Ce résultat révèle des contre-performances du secteur agricole en RDC, notamment en termes de la faible capacité productive, couplée à la dégradation des infrastructures d'évacuation et à la sous-mécanisation. Par ailleurs, la faiblesse du mécanisme

de correction est vraisemblablement due à l'absence d'une politique agricole axée sur l'action climatique.

La deuxième colonne du tableau 4 reprend les résultats de l'estimation de la relation de long terme et de la dynamique de court terme pour le modèle de la production agricole. Il sied premièrement de noter que deux variables sur les trois qui saisissent l'impact des changements climatiques sur le secteur agricole sont fortement significatifs. Il s'agit notamment des émissions des gaz méthane et la variabilité climatique, avec des coefficients significatifs au seuil de 0,1% et de l'ordre de 1,739 et 3,791 alors que les émissions du dioxyde de carbone n'ont pas un effet significatif sur la production agricole. Sous le principe que les coefficients estimés de la relation de cointégration doivent être interprétés en considérant le signe opposé à celui avec lequel ils apparaissent dans l'équation estimée, les résultats indiquent qu'une augmentation des émissions de gaz méthane de l'ordre de 1 % entraîne une diminution de 1,74% du le niveau de la production agricole d'une part, et que l'augmentation d'un pourcent dans la variabilité climatique, telle que mesurée par l'effet combinée des températures et des précipitations, entraîne une diminution 3,79 % de la production agricole. L'effet total des augmentations des émissions de méthane et des facteurs de variabilité climatique s'accumule en une diminution de 5,53% de la production agricole dans le long terme. Ce résultat confirme notre deuxième hypothèse qui postulait un effet négatifs significatif des changements climatiques sur la performance du secteur agricole. Toutefois, il faut noter que cette hypothèse n'est confirmée que pour le gaz méthane et la variabilité climatique. Par contre, l'hypothèse n'est pas confirmée pour le dioxyde de carbone dans la mesure où le coefficient associé à cette variable n'est pas statistiquement significatif.

Ces résultats, corroborant les conclusions de

Cirimwami et al. (2019) au niveau microéconomique, appellent à des actions d'adaptation dont l'objectif devra être la réduction des vulnérabilités et de la pauvreté des communautés qui dépendent fortement de l'agriculture pluviale. En effet, une bonne politique d'adaptation exige de mieux comprendre la vulnérabilité des agriculteurs aux risques agricoles et au changement climatique, dans la mesure où environ 70% de la population congolaise vit en milieu rural, essentiellement de l'agriculture. L'objectif de la réduction des vulnérabilités et de la pauvreté des agriculteurs est motivé par le fait que le changement climatique a un grand potentiel d'affecter les petits exploitants de manière disproportionnée, rendant leurs moyens de subsistance de plus en plus précaires. En effet, trop peu d'agriculteurs sont en mesure d'adapter leurs stratégies agricoles en réponse au changement climatique, en raison de ressources et de capacités limitées (Harvey et al., 2014) et il est documenté que la croissance du secteur agricole a 2,2 fois plus de potentiel de réduction de la pauvreté que la croissance du secteur non agricole (de Janvry et Sadoulet, 2010 ; Christiansen et al., 2006 ; Radhakrishna, 2002). Ceci est d'autant plus important que l'agriculture est le principal moyen par lequel les effets du changement climatique se répercutent sur la sécurité alimentaire et le bien-être des populations pauvres (Kabubo-Mariara et al., 2016 ; Hertel et Rosch 2010).

Les résultats renseignent également que des fortes températures associées aux précipitations ont un impact plus important sur la production agricole dans le long terme que les émissions de gaz à effets de serre retenues dans cette analyse (le méthane et le dioxyde de carbone), représentant ainsi 65% de l'impact total. Notons que l'impact néfaste des fortes températures et des précipitations s'aligne avec les conclusions obtenues pour le Brésil de (Assunção et Chein, 2016 ; Timmins, 2026 ; Hang et al., 2011).

Outre l'effet des changements climatiques sur la production, la relation de long terme indique que la croissance économique, l'inflation des prix des produits agricoles sur le marché international et la croissance des importations des marchandises contribuent positivement à la performance du secteur agricole. Par exemple, une inflation des prix des produits agricoles sur le marché mondial de l'ordre de 1 % conduirait à une augmentation de 2,4% de la production agricole, considérant des exportations conséquentes des produits agricole vers le marché mondial.

Par ailleurs, une croissance économique d'environ 8,5% conduirait à une croissance de la production agricole de l'ordre de 10%. Finalement, il faut noter que les prix domestiques, mesurés par le déflateur des prix agricoles, impactent négativement la production agricole, confirmant ainsi notre hypothèse de départ. En effet, une augmentation de 1% des prix agricoles domestiques induit une diminution d'environ 0,76% de la production agricole. Ce résultats traduit l'impact moins que proportionnel des contraintes liées aux coûts de production et d'autres facteurs du marché sur la performance du secteur agricole.

Par contre, les mesures du changement climatiques n'ont aucun effet de court terme sur la production agricole. Tous les coefficients associés à ces variables sont statistiquement non significatifs. Il en est de même pour la sensibilité de la production agricole aux variations des variables de contrôle. Il est toutefois important de noter que l'insensibilité de la production agricole aux variations des variabilités climatiques au niveau agrégé peut masquer des différences au niveau des cultures individuelles. En effet, les variations combinées des températures et des précipitations peuvent influencer les cultures individuelles de façon différenciée et selon l'horizon temporel. Par exemple, Siddiqui et al. (2012) ont trouvé qu'une hausse de températures af-

fecte négativement la productivité du blé dans le court terme, mais positivement dans le long terme. De manière similaire, l'augmentation des précipitations a un effet négatif aussi bien dans le court terme que dans le long terme. Par ailleurs, la hausse de températures est bénéfique à la production du riz jusqu'à un certain seuil au-delà duquel l'effet devient négatif. Ces auteurs ont également trouvé que l'augmentation des précipitations n'est pas néfaste à la productivité du riz.

L'absence d'une dynamique significative de court terme entre la performance du secteur agricole et les variables explicatives retenues reflète l'absence d'une politique agricole proactive orientée vers la prise en charge des agriculteurs dans le contexte de changements climatiques. En effet, les actions visant à promouvoir des spéculations de court terme et le développement des chaînes de valeurs agricole porteuses, combinées à un système d'alerte précoce appropriée, peuvent considérablement contribuer à l'efficacité de la politique agricole.

4.2. Résultats de l'estimation du modèle de la valeur ajoutée agricole

Les résultats du tableau 4, colonne 3, suggèrent l'existence d'une relation de long terme entre la valeur ajoutée agricole et les variables indépendantes du modèle, notamment les variables climatiques et les variables de contrôle. Le coefficient d'ajustement pour ce modèle est négatif (-0,468) et fortement significatif (valeur-p = 0,001), révélant un mécanisme d'ajustement plus important que celui du modèle de l'indice de production agricole. En effet, environ 47% des écarts de la période antérieure dans la valeur ajoutée agricole sont corrigées au cours de la période courante.

Par ailleurs, il sied de noter que la valeur ajoutée agricole est insensible aux émissions de gaz méthane, marginalement sensible aux émissions du

dioxyde de carbone, mais très sensible à la variabilité des températures et des précipitations. En effet, les coefficients estimés associés aux variables CH₄ et CO₂ sont statistiquement non significatifs, avec des probabilités supérieures au seuil critique de 0,05. Toutefois, le coefficient associé aux variabilités climatiques est négatif dans la relation de cointégration et significatif au seuil de 1%. Le coefficient de 2,188 indique que la valeur ajoutée agricole diminue d'environ 2,2% lorsque les conditions climatiques se détériorent.

D'autre part, la valeur ajoutée agricole n'est sensible qu'à une seule variable de contrôle dans le court terme, notamment le PIB. En effet, le coefficient associé au PIB dans l'équation de la valeur ajoutée est significatif au seuil de 5%, avec une valeur de -2,184 indiquant qu'une augmentation de 1% du PIB augmente la valeur ajoutée agricole d'environ 2,18%.

De ce qui précède, on retient que les variables climatiques et environnementales ne permettent pas de prédire la performance agricole au sens de Granger. Par contre, la production agricole cause les émissions du dioxyde de carbone au sens de Granger, dans le sens permet d'améliorer la prédictibilité de ce gaz à effet de serre. Cependant, la valeur ajoutée agricole ne contribue nullement à la prévision des variables climatiques et environnementales.

4.3. Evolution de relations de Co intégration

La figure 2 retrace l'évolution des relations de cointégration pour les deux variantes du modèle. Comme on peut le remarquer, les deux relations de cointégration évoluent de manière similaire, confirmant que les deux indicateurs utilisés pour capter la performance agricole mesure la réalité d'un même secteur, mais sous deux angles alternatifs.

L'évolution de la relation de cointégration est

caractérisée par deux sous périodes importantes. La première période, qui va de 1970 à 2002 est caractérisée par d'importantes fluctuations de la production agricole par rapport à son niveau d'équilibre de long terme, avec des périodes d'écarts positifs et d'écarts négatifs. Toutefois, il sied de remarquer que les écarts de la production agricole sont plus prononcés que ceux de la valeur ajoutée agricole. Pendant la deuxième sous-période (2002 – 2023), la production agricole est substantiellement tombée en dessous de son d'équilibre, contrôlant l'effet des variables du modèle. Cette tendance commence à partir de 2003 pour la valeur ajoutée agricole.

Figure 2. Graphique des relations de cointégration



Source : Auteur, à partir du modèle estimé

Cette situation serait due au dysfonctionnement et à la disparité entre l'évolution des facteurs affectant positivement et ceux affectant négativement la performance du secteur agricole. Elle reflèterait également l'absence de mécanisme efficace d'identification et de redressement des évolutions néfastes à la production agricole, notamment l'absence de capacité de reprise de la production agricole après des chocs politico-économiques que le pays a connus tels que la zaïrianisation, les pillages et la guerre dans certaines parties du pays, mais également l'inefficacité de certaines actions isolées dans le secteur agricole ainsi que l'absence d'un système efficace d'alerte précoce.

5. Analyse de robustesse

Cette section est consacrée à l'estimation d'un modèle VEC(1) alternatif pour vérifier la robustesse des résultats de la section précédente. Il s'agit essentiellement de vérifier si le signe et la magnitude des coefficients estimés restent consistants en présence d'un choix alternatif de variables indépendantes. Premièrement, nous considérons les émissions globales de carbone et de méthane en lieu et place des émissions nationales. Ceci est justifié par le fait que le changement climatique est un phénomène global et que les émissions domestiques des gaz à effet de serre (GES) au niveau local pourraient avoir un impact limité sur le climat local par rapport aux tendances globales. Par conséquent, la prise en compte des émissions locales pourrait masquer le vrai impact du changement climatique sur la performance du secteur agricole.

Deuxièmement, nous considérons les émissions nationales de dioxyde de carbone et de méthane qui excluent le secteur de l'utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF). La Convention Cadre des Nations Unies pour le Changement Climatique (CCNUCC) définit le secteur UTCATF comme un secteur de l'inventaire des gaz à effet de serre qui couvre les émissions et les absorptions de gaz à effet de serre résultant de l'utilisation directe des terres, du changement d'affectation des terres et des activités forestières induites par l'homme et pouvant ajouter ou éliminer le gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Pour le Fonds pour l'Environnement Mondial, le secteur UTCATF joue un rôle important dans l'atténuation des changements climatiques, car il offre la possibilité de réduire les émissions de GES et de séquestrer le carbone. En effet, l'utilisation des terres et la foresterie sont étroitement liées au mode et au lieu de vie des populations et à leur subsistance et les mesures prises dans le cadre de ce secteur peuvent avoir des effets bénéfiques

sur l'environnement à l'échelle mondiale tout en apportant des avantages aux communautés (FEM, 2012). Le secteur UTCATF est ainsi à la fois émetteur et un puits de carbone.

Les résultats de cette analyse sont consignés dans le tableau 8. La deuxième colonne de ce tableau renseigne sur les résultats de l'estimation prenant en compte les émissions globales de dioxyde de carbone et de gaz méthane alors que la troisième colonne renseigne sur les résultats qui prennent en compte des émissions de dioxyde de carbone et de gaz méthane qui excluent le secteur UTCATF. La comparaison des résultats du tableau 8(a) et ceux du tableau 4 révèle que la performance du secteur agricole en RDC et les variables climatiques retenues dans l'analyse entretiennent une relation de long terme significative et évoluent en tandem, en utilisant les émissions locales (Tableau 4) et les émissions globales (Tableau 8a) de dioxyde de carbone et de gaz méthane, en contrôlant pour l'effet des variables macroéconomiques. Toutefois, le mécanisme de correction d'erreur est environ 1,8 fois plus important dans le modèle qui utilise les émissions locales que dans le modèle qui utilise les émissions globales de CO₂ et de CH₄.

Variables
Coefficient d'ajustement
Gaz méthane (logCH₄t)
Dioxyde de carbone (CO₂t)
Variabilité climatique
Produit Intérieur Brut (logPIB)
Prix domestiques (logPRIXDOM)
Prix internationaux (logPRIXMOND)
Importations (logIMPORTS)
Constant

Source : Auteur, à partir du modèle estimé

La comparaison des résultats révèle que les coefficients associés aux variables climatiques ont le même effet (impact négatif) sur la performance

du secteur agricole à long terme pour le gaz méthane et pour la variabilité climatique. Pour ce qui est de l'effet du dioxyde de carbone, la prise en compte des émissions globales a conduit à un impact positif significatif, contrairement aux résultats obtenus en tenant compte des émissions locales où cette variable n'a pas un effet significatif (voir Tableau 4). Il faut cependant noter que ce résultat ne contredit pas les prévisions du GIEC selon lesquelles le changement climatique aura probablement des effets à la fois positifs et négatifs sur l'agriculture, selon la région et le type d'agriculture (Antle, 2008).

On peut ainsi affirmer que les résultats obtenus dans le Tableau 4 sont robustes à l'utilisation des émissions globales, du moins en ce qui concerne le signe positif des coefficients associés avec au gaz méthane et aux variabilités climatiques. Dans les deux cas, le changement climatique diminue la performance du secteur agricole de la RDC.

Toutefois, il sied de noter que cet impact est plus amplifié lorsque les émissions globales sont prises en compte. En effet, l'effet combiné des changements climatiques culmine en une diminution de 21,8% de la performance du secteur agricole à long terme, avec une contribution très importante du gaz méthane lorsque les émissions globales sont prises en compte. Pour les variables de contrôle, la comparaison des résultats du tableau 4 et ceux du tableau 8(a) indique la cohérence en ce qui concerne le signe attendu, mais avec des magnitudes amplifiées lorsque les émissions globales sont prises en compte.

Par ailleurs, les signes des coefficients estimés des variables de contrôle restent également les mêmes que ceux de tableau 4 et 8(a) lorsque les émissions locales sont considérées en excluant le secteur UTCATF, indiquant que les variables de contrôle ont un même impact qualitatif dans

les trois cas. Toutefois, le signe du coefficient associé au gaz méthane est contraire à celui de tableau 4 et 8(a), alors que celui associé aux émissions du dioxyde de carbone n'est pas significatifs comme dans le tableau 4. Il faut noter que le mécanisme de correction d'erreur est plus important lorsque le secteur UTCATF est pris en compte et plus important que dans les deux cas précédents (coefficient de -0,191). Dans ce dernier cas, l'ampleur de l'impact du changement climatique est très faible.

Nous également avons testé l'hypothèse d'un effet seuil en estimant un model VEC(1) quadratique et avons trouvé que l'effet non linéaire des variabilités climatiques sur la performance du secteur agricole n'existe pas (résultats non montrés). Ce résultat est consistant avec celui de Kabubo-Mariara et al. (2016) qui suggère, sur base des données de cohorte sur les ménages Kenyans, l'absence des effets non linéaires des variables climatiques sur la production des kilocalories et la probabilité qu'un ménage soit en situation de d'insécurité alimentaire et nutritionnelles.

6. Conclusion

L'objectif de cet article est d'évaluer l'impact du changement climatique sur la performance du secteur agricole en République démocratique du Congo. L'intérêt particulier a été d'estimer la relation d'équilibre de long terme et la dynamique de court terme entre les variables qui captent la performance du secteur agricole et les variables environnementales et climatiques, en contrôlant pour le PIB, les prix agricoles domestiques et internationaux des produits agricole ainsi que les importations des marchandises.

En effet, les résultats de l'estimation d'un modèle VEC(1) renseignent une diminution d'environ 6%, dans le long terme, de la production agricole comme effet total de l'impact du changement climatique lorsque les émissions natio-

nales sont prise en compte. Cet effet est amplifié lorsque les émissions mondiales de CO₂ et de CH₄ sont considérées. En effet, l'effet du changement climatique résulte en une diminution d'environ 22% de la production agricole en RDC dans ce cas.

Ces résultats suggèrent des actions d'adaptation appropriées, à l'instar de Kabubo-Marriana et Kabara (2015), notamment l'utilisation des semences résilientes aux changements climatiques, des bonnes pratiques agricoles, des techniques innovantes d'utilisation des sols et de l'eau dans le secteur agricole ainsi que la mise en place des systèmes efficace d'alerte précoce, conformément à la Contribution Déterminée au niveau National (CDN) du pays (MEDD, 2021). Ces mesures d'adaptation gagneront à être coordonnées à l'échelle régionale, particulièrement dans les zones agroécologiques partagées en Afrique centrale. Dans ce contexte, la coopération au sein de la CEEAC et l'alignement avec les cadres nationaux pilotés par le Ministère de l'Agriculture et de la sécurité alimentaire de la RDC, notamment le Plan National d'Investissement Agricole (PNIA) et le Programme National de Développement Agricole (PNDA), constituent des leviers institutionnels cohérents avec l'ampleur des impacts estimés.

La RDC étant l'un des les pays le plus vulnérables aux effets du changement climatique, si des politiques d'adaptation appropriées ne sont pas mis en œuvre, les effets du changement climatique sur la production agricole pourraient persister et, par conséquent, augmenter le risque de malnutrition et de famine (Parry et al. 2004), surtout pour les communautés les plus vulnérables. Ces politiques devront prendre en considération les incertitudes liées aussi bien à l'offre qu'à la demande (Antle, 2008) et impliquer l'action collective d'un plus grand nombre de parties prenantes (Jadot et al, 2015). Du cote de l'offre, il est important de tenir compte des pres-

sions sur les sources d'eau, de l'augmentation de la densité démographique et de l'intensité agricole dans les zones où les sols sont souvent fragiles et vulnérables à la dégradation. Du côté de la demande, il est important de considérer le changement des revenus des consommateurs et dans les infrastructures de marchés.

Bibliographie

1. Antle, J.M. (2008). Climate Change and Agriculture: Economic Impacts. *Choices*, 23(1), 9–11.
2. Assunção J. and Chein, F. (2016). Climate change and agricultural productivity in Brazil: future perspectives. *Environment and Development Economics*, 21(5), 581–602.
3. Banque Mondiale (2023). République démocratique du Congo (RDC) rapport national sur le climat et le développement. Washington.
4. Banque Mondiale (2025a). Indicateurs Mondiaux de Développement (WDI). URL : <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>. Date d'accès : 21 novembre 2025.
5. Banque Mondiale (2025b). Climate Change Knowledge Portal (2025). URL: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org>. Date d'accès : 21 Novembre 2025
6. Banque Mondiale (2025c), World Bank Commodity Data (The Pink Sheet). URL: <https://www.worldbank.org/commodities>.
7. Battisti, D.S. & Naylor, R.L. (2009). Historical Warnings of Future Food Insecurity with Unprecedented Seasonal Heat. *Science* 323, 240-244.
8. Carlos, J. & Dias, D.S (2015). Plant Breeding for Harmony between Modern Agriculture Production and the Environment. *Agricultural Science* 6(1), 87 – 116.
9. Christiansen L, Demery L, Kühl J.(2006). The role of agriculture in poverty reduction: an empirical perspective. *World Bank Policy Research Working Paper*, vol. 4013, pp. 1-49. Washington, DC: The World Bank.
10. Cirimwami, J.P.M, Ramanananarivo, S., Mutabazi, A.N., Muhigwa, B., Bisimwa, E.B., Ramanananarivo, R., et Razafijaona, J. (2019). Changement climatique et production agricole dans la région du Sud-Kivu montagneux à l'Est de la RD Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 26(2), 526-544.
11. de Janvry, A., & Sadoulet, E. (2010). Agricultural Growth and Poverty Reduction: Additional Evidence. *The World Bank Research Observer*, 25(1), 1–20.
12. FEM (2012). Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF). Brochure sur les appuis du FEM.
13. GIEC (2007). «Changements climatique 2007 : Les éléments scientifiques». Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Geneve.
14. GIEC (2014). «Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse». Contribution des Groupes de travail I, II et III au Cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève.
15. GIEC (2022). «Changement climatique 2022 : Impacts, adaptation et vulnérabilité». Contribution du Groupe de travail II au sixième rapport d'évaluation du GIEC, Genève.
16. Harvey, C. A., Rakotobe, Z. L., Rao, N. S., Dave, R., Razafimahatratra, H., Rabarijohn, R. H., Rajaofara, H., & MacKinnon, J.

- L. (2014). Extreme vulnerability of smallholder farmers to agricultural risks and climate change in Madagascar. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 369(1639), 1–12.
17. Hendry, D. F. et Juselius, K. (2000). Explaining Cointegration Analysis: Part 1. *The Energy Journal*, 21(1), 1–42.
18. Hendry, D. F. et Juselius, K. (2001). Explaining Cointegration Analysis: Part II. *The Energy Journal*, 22(1), 75–120.
19. Hertel, T. W. et Rosch, S. D. (2010). Climate Change, Agriculture, and Poverty. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 32(3), 355–385.
20. Hong et al. (2021), Global and regional drivers of land-use emissions in 1961–2017. *Nature* 589, 554–561.
21. Huang, H., von Lampe, M. and van Tongeren, F. (2011). Climate change and trade in agriculture. *Food Policy* 36: 9–13.
22. Jadot, Y., Jouanno, C., Larrère, C., Parizeau, M.-H., Pisani-Ferry, J., & Schmid, L. (2015). L'action collective face au changement climatique. *Esprit*, 420 (12), 56–76.
23. Johansen, S. (1995) *Likelihood Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*. Oxford University Press, Oxford.
24. Kabubo-Mariara, J. et Kabara, M. (2015). *Climate Change and Food Security in Kenya*. Environment for Development Initiative.
25. Kabubo-Mariara, J., Mulwa, R. M., & Di Falco, S. (2016). The Impact of Climate Change on Food Calorie Production and Nutritional Poverty: Evidence from Kenya. *Environment for Development Initiative*.
26. Liu, B., Liao, X., Chen, Q., Liu, F. et Lei, H. (2023). Climate change and women employment in agriculture in the Sahel region: An empirical insight. *African Journal of Reproductive Health / La Revue Africaine de La Santé Reproductive*, 27(10), 111–120.
27. Lufuluabo, M.M., Kayowa, M.T., Henry Kabibu Muayila, H.K., Roger Vumilia Kizungu, R.V. & Mobula, V.M. (2024). Perception et adaptation aux changements climatiques en RD Congo : Cas des exploitants agricoles de Maluku à Kinshasa. *Afrique SCIENCE* 24(6), 27 - 38.
28. Makiong, B.K., Malasea, A., Nembaena, J-L. B. (2022). Agriculture et croissance économique en RDC : Une application du modèle de moindre carré ordinaire. *Global Scientific Journals* 10(2), 657-676
29. Mangaza, L., Sonwa, D.J., Batsi, G., Ebuy, J. et Kahindo, J.M. (2021). Building a framework towards climate-smart agriculture in the Yangambi landscape, Democratic Republic of Congo (DRC). *International Journal of Climate Change Strategies and Management* 13(3), 320 – 338.
30. MEDD (2021). Contribution Déterminée au niveau National révisée. Ministère de l'Environnement et Développement Durable, Kinshasa.
31. MEDD (2022). Plan National d'Adaptation aux changements climatiques. Ministère de l'Environnement et Développement Durable, Kinshasa.
32. Mlage, F. V., Alex, S. et Magasha, O. (2024). Factors Contributing to Persistence of Food Insecurity in Gairo District, Tanzania. *Open Journal of Social Sciences* 12, 219-234.
33. Mwenze, M.M. & Kalama, K.O. (2021). Le réchauffement climatique à l'ère de la co-

- vid-19 dans la Province du Haut-Katanga. *Librairie Africaine d'Etudes Juridiques* 8, 226 - 246.
34. Ochou, F., & Quirion, P. (2022). Impact du changement climatique sur l'agriculture : une quantification du biais de prix dans les approches économétriques. *Revue Économique*, 73(1), 43–68.
 35. Parry, M.L., C. Rosezweig, A. Iglesias, M. Livermore and G. Fischer (2004). "Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios." *Global Environmental Change* 14 (2004) 53–67.
 36. Pesaran, M.H., Shin, Y. et Smith, R. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics* 16, 289-326.
 37. Phanzu, M.A., Impion, N.G., Lukanu, K.P., Biloso, M.A., Sankiana, M.G., Belani, M.J. et C., Kinkela, C.S. (2025). Perception et déterminants de l'adaptation des ménages agricoles de Kamonia en République Démocratique du Congo face aux changements climatiques, *Regard lucide* 17(1), 120 – 152.
 38. Radhakrishna, R. (2002). Agricultural Growth, Employment and Poverty: A Policy Perspective. *Economic and Political Weekly*, 37(3), 243–250.
 39. Reilly, J. et Hohmann, N. (1993). Climate Change and Agriculture: The Role of International Trade. *The American Economic Review*, 83(2), 306–312.
 40. Samuel, F. , Eyinla, T. , Oluwaseun, A. , Leshi, O. , Brai, B. and Afolabi, W. (2021) Food Access and Experience of Food Insecurity in Nigerian Households during the COVID-19 Lockdown. *Food and Nutrition Sciences* 12, 1062-1072.
 41. Schlenker, W. et Lobell, D.B. (2010). Robust Negative Impacts of Climate Change on African Agriculture. *Environmental Research Letters* 5, 8 p.
 42. Siddiqui, R., Samad, G., Nasir, M., Jalil, H. H. (2012). The Impact of Climate Change on Major Agricultural Crops: Evidence from Punjab, Pakistan. *The Pakistan Development Review*, 51(4), 261–274.
 43. Timmins, C. (2006). Endogenous land use and the Ricardian valuation of climate change. *Environmental and Resource Economics* 33: 119–142.
 44. Wang, J., Mendelsohn, R., Dinar, A., Huang, J, Rozelle, S. and Zhang, L. (2008). Can China continue feeding itself? The impact of climate change on agriculture. *Policy Research Working Paper 4470*, World Bank, Washington, DC.
 45. Weber, M. et Hauer, G. (2003). A Regional Analysis of Climate Change Impacts on Canadian Agriculture. *Canadian Public Policy / Analyse de Politiques* 29(2), 163–180.