

Impact des Paramètres Climatiques sur la Production Rizicole dans les Différentes Régions de Côte d'Ivoire: Cas du Haut Sassandra, Goh, Poro, Tonkpi, Gbêkê, et N'zi

Yapo Fulgence Assi

Doctorant, Université Félix Houphouët Boigny
Laboratoire de Recherche en sciences économiques, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n34p147](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n34p147)

Submitted: 14 July 2022

Accepted: 01 December 2023

Published: 31 December 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Assi Y.F. (2023). *Impact des Paramètres Climatiques sur la Production Rizicole dans les Différentes Régions de Côte d'Ivoire: Cas du Haut Sassandra, Goh, Poro, Tonkpi, Gbêkê, et N'zi*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (34), 147.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n34p147>

Résumé

Partant du postulat que l'activité agricole est conditionnée par le climat, l'étude sur l'impact des paramètres climatiques sur la production de riz mérite d'être menée pour un pays qui ambitionne accroître sa production rizicole comme la Côte d'Ivoire. A cet effet, cette étude a eu pour objectif principal d'examiner l'effet que peut avoir le changement des déterminants climatiques sur la production de riz dans les différentes régions de Côte d'Ivoire de 2016 à 2019. Il était question d'analyser théoriquement et empiriquement cette relation entre les paramètres climatiques et la production de riz sur le cas ivoirien. La méthode statistique utilisée pour mieux cerner la relation entre ces deux sphères est basée sur une approche économétrique sur données de panel. Les résultats ont révélé seulement l'humidité comme le facteur climatique qui influence positivement la production de riz à long terme dans les différentes régions de Côte d'Ivoire. A ce facteur s'ajoute la variable intermédiaire: la superficie. Ces résultats invitent à formuler certaines implications politiques. En Côte d'Ivoire, il importe de placer, d'une part, l'agriculture au centre des mesures d'adaptation aux changements climatiques c'est-à-dire orienter les politiques en eau, d'irrigation vers une exploitation plus rationnelle. Les autorités en charge du développement de la riziculture doivent créer des conditions pour le renforcement des capacités techniques (matériel, formation, vulgarisation) des institutions de tutelle sur l'épineuse

question du climat. D'autre part, il faille repenser la dimension foncière de l'activité rizicole par rapport à la raréfaction des ressources. Il s'agira donc d'adapter des solutions agro-écologiques selon la spécificité de chaque région ivoirienne.

Mots-clés: Paramètres climatiques, Production, Données de panel, Côte d'Ivoire, Riz

Impact of Climatic Parameters on Rice Production in the Different Regions of Côte d'Ivoire: Cases of Haut Sassandra, Goh, Poro, Tonkpi, Gbêkê, and N'zi

Yapo Fulgence Assi

Doctorant, Université Félix Houphouët Boigny
Laboratoire de Recherche en sciences économiques, Côte d'Ivoire

Abstract

Starting from the premise that agricultural activity is influenced by climate, studying the impact of climatic parameters on rice production becomes crucial for a country aiming to increase its rice yield, such as Côte. This paper focuses on examining the effects that changing climatic determinants might have had on rice production in different regions of Côte d'Ivoire from 2016 to 2019. The relationship between climatic parameters and rice production in the Ivorian context was theoretically and empirically analysed. To better understand this relationship, an econometric approach on panel data was employed. The results indicated that humidity was the sole factor that positively influenced rice production in the various regions of Côte d'Ivoire over the long term. An intermediate variable, namely the surface area, also played a contributing role. These findings prompt the formulation of specific policy implications. It is imperative in Côte d'Ivoire to prioritize agriculture in climate change adaptation measures, such as directing water and irrigation policies towards more efficient utilization. Authorities responsible for rice development must create conditions to enhance the technical capacities (equipment, training, extension) of institutions handling climate-related matters. There is also the need to evaluate the land tenure aspect of rice cultivation in response to resource scarcity. Agro-ecological solutions should be tailored to the distinct characteristics of each Ivorian region.

Keywords: Climatic parameters, Production, Panel data, Côte d'Ivoire, Rice

Introduction

Contexte de l'étude

Depuis son introduction par les Portugais au XV^{ème} siècle en Côte d'Ivoire, la culture du riz a augmenté en importance (Dozon, 1975) et reste aujourd'hui l'aliment principal de la quasi-totalité de la population. Malgré les nombreuses ressources agricoles disponibles, riches en ressources naturelles, la production nationale de riz reste insuffisante face à une demande nationale de plus en plus croissante (MINAGRI, ONDR, 2012). Pourquoi de tels résultats, eu égard aux potentialités naturelles et climatiques qui se prêtent à l'activité rizicole dans le pays ? Il faut rappeler que de nombreux facteurs interviennent dans l'agriculture en favorisant ou perturbant la production. Ces facteurs qu'ils soient internes ou externes représentent d'éventuels risques liés à cette activité. Les plus influents sont les perturbations du climat aux vues de ses liens étroits avec celle-ci. La question du changement climatique reste un enjeu majeur en Côte d'Ivoire. Le rapport de la Banque Mondiale de 2018 révèle que l'indice de vulnérabilité de la Côte d'Ivoire est parmi les plus élevés au monde (147^{ème} sur 178). Son impact économique a été estimé d'ici à 2040 à une perte comprise entre 380 et 770 milliards de Francs CFA. Plusieurs changements climatiques ont déjà été constatés dans le pays, notamment une baisse et une irrégularité des pluies, un raccourcissement des saisons pluvieuses et une hausse de températures de 0,5°C depuis les années 1980 (Djè, 2014). En outre, il est prévu d'ici à 2050, une augmentation des températures de 2°C en moyenne pour l'ensemble du pays, une variation des précipitations (- 9 % en mai et + 9 % en octobre) et une élévation du niveau de la mer de 30 cm le long des côtes (Banque Mondiale, 2018). Cependant, la population ivoirienne ne cesse d'augmenter à un rythme exponentiel par rapport aux ressources, à la production et à la disponibilité alimentaire. Cette population estimée d'ici à 2050 à 51 264 000 habitants¹ a besoin d'être nourrie.

De tout ce qui précède, il apparaît que les variations climatiques modifient significativement l'histoire de l'humanité toute entière GIEC (2014). En effet, l'évolution des espèces végétales, animales et aquatiques peut être influencée par l'équilibre et les déséquilibres que subit le système climatique. Ainsi donc, dans le contexte actuel ivoirien, quel est l'impact du changement des paramètres climatiques sur la production du riz dans les différentes régions de Côte d'Ivoire ? Cette problématique amène à analyser l'ampleur de la variabilité des facteurs climatiques et leurs impacts sur la production du riz dans les différentes régions d'étude. Cet objectif se décline en deux points : (i) identifier les facteurs climatiques déterminants du volume de production de riz dans les régions de Côte d'Ivoire et (ii) évaluer le potentiel de la production du riz et la superficie. Pour atteindre ces objectifs, deux

¹ Données statistiques de Côte d'Ivoire: www.banquemonddiale.org

hypothèses ont été formulées: (i) les variabilités de la température, de la précipitation, de l'humidité enregistrées au cours de ces dernières années sont les facteurs déterminants de la production de riz en Côte d'Ivoire ; (ii) l'essentiel de l'évolution de la production de riz est liée à l'accroissement des superficies qui y sont consacrées dans chaque région.

Cette présente étude vient donner une orientation sur la problématique de la relance de la production du riz face aux changements des facteurs climatiques sur les espaces rizières en Côte d'Ivoire.

Revue de littérature sur la relation entre le changement climatique et la production de riz

Selon l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM, 2014), l'année 2014 a été l'une des années les plus chaudes jamais observées. La température moyenne à l'échelle du globe cette même année s'est révélée supérieure à 0,57°C à la moyenne pour la période 1961-1990, qui est de 14°C. Le Groupe d'Experts International sur l'Évolution du Climat (GIEC, 2014) a conclu que cette valeur est supérieure de 0,01°C et de 0,03°C à la température nominale respectivement en 2005 et 1998. Mieux, il précise que les années 1983 à 2012 constituent probablement la période de trente (30) ans la plus chaude qu'ait connue l'hémisphère Nord depuis 1400 ans. Il est nul doute que le monde est actuellement confronté à des enjeux capitaux et à l'un des défis les plus complexes de ce siècle en occurrence le changement climatique. Les experts de la FAO estiment que des niveaux élevés du rayonnement ultraviolet UV-B et de l'ozone (O₃) auraient des effets néfastes sur la croissance et la productivité des cultures. Ils ont tendance à prévoir que l'accroissement du (CO₂) aurait des effets positifs sur la production végétale et les gains de productivité de l'ordre de 30% ou plus, là où les éléments nutritifs et l'humidité seraient adéquats pour les plantes². En effet, une hausse du taux atmosphérique de (CO₂) stimule la vitesse de la photosynthèse, et produit en conséquence une augmentation de la productivité et du rendement en matière sèche (Yana, 1999). Aussi, une augmentation du dioxyde de carbone (CO₂) aurait-elle un effet fertilisant pouvant modifier le fonctionnement biologique du sol. Cela pourrait ainsi rééquilibrer en limitant l'effet nocif de la hausse de température sur la biosphère (IPCC, 2001). Par ailleurs, il est ressorti de l'étude de C. Rosenzweig et A. Iglesias, en 1994 qu'une hausse de (CO₂) associée au changement climatique pouvait provoquer des effets négatifs sur les rendements dans les moyennes et hautes latitudes. Par conséquent, les effets bénéfiques du (CO₂) semblent limités (Rosenzweig & Tubiello, 1996). Le développement d'une culture se déroule selon un calendrier physiologique qui

² FAO (1997), «*Changements du climat et production agricole. Effets directs et indirects du changement des processus hydrologiques, pédologiques et physiologiques des végétaux*». FAO. Accès par: <http://www.fao.org/docrep/W5183F/W5183F00.htm>

lui sied et qui se découpe selon différentes phases phénologiques (Perarnaud & Raynal, 1991). La vulnérabilité face aux changements climatiques pour le secteur agricole provient de la combinaison de deux phénomènes essentiels : l'augmentation de la température d'une part, et d'autre part, de la diminution de la pluviométrie. En effet, les températures gouvernent les périodes culturales, ce qui sous-entend que toute augmentation de ces températures aura des répercussions négatives sur les rendements des cultures. L'augmentation des températures et la diminution de la quantité des pluies auront comme première conséquence une augmentation de la demande en eau des végétaux donc une baisse considérable de la production agricole. Bellia et al. (2003) ont montré que l'augmentation des températures provoque un raccourcissement du cycle de végétation. Elle entraîne, sur des cultures céréalières, une réduction de la durée de croissance du grain et une diminution de la productivité (Yana, 1999). Pour le cas du riz, une hausse du taux de CO₂ accompagnée d'une faible augmentation des températures entraînera une production globale plus forte de l'ordre de 10 à plus de 25 % dans les périmètres irrigués rizicoles de la zone soudano-sahélienne (BOAD, 2010). Si l'on retient l'hypothèse d'une fertilisation optimale par le dioxyde de carbone, les impacts sont moins élevés: -5 à -20 pour cent pour le riz (FAO, 2016). Cependant, dans le cas où les émissions demeureraient élevées, d'ici à 2100, les effets du changement climatique sur les rendements agricoles devraient atteindre -20 à -30 pour cent pour le riz (Rosenzweig et al., 2013; FAO, 2016). Les facteurs climatiques tels que la température et les précipitations influencent également la productivité et la répartition des ressources halieutiques. Ainsi, selon les projections du GIEC (2007) pour la fin du XXI^e siècle, la température planétaire devrait connaître une élévation de 1,4 à 5,8°C ce qui peut accentuer la vulnérabilité des secteurs des ressources de l'agro-sylvo-pastoral, de la pêche et des zones côtières dans le monde. La hausse de température réduit les réserves de carbohydrate disponibles pour le remplissage des grains (Rosenzweig & Tubiello, 1996).

Cet article vient combler un manque d'étude sur le changement des facteurs climatiques et la spécificité de la production rizicole qui fait l'objet de stratégie nationale de développement en Côte d'Ivoire. Après cette section introductive, le reste de l'article se présente comme suit. D'abord, la section 2 présente la méthodologie de l'étude. Ensuite, la troisième section analyse des résultats économétriques. La discussion des résultats fait l'objet de la quatrième section. Enfin, la cinquième section concerne la conclusion et les implications de politiques économiques.

Méthodologie d'étude

2.1 Conception de l'étude

Cet article a fait appel à une méthode quantitative selon une approche pluri-méthodologique en panel. Les données de panel ou données longitudinales regroupent des données dans deux dimensions : la dimension temporelle et la dimension individuelle. Dans le cadre de cette étude l'individu sera le département. Les deux dimensions d'étude visent à quantifier le comportement des individus tant dans leurs différences individuelles que dans leurs évolutions temporelles (Greene, 2008). Par conséquent, le modèle en données de panel s'écrit comme un modèle à double indice qui prend la forme suivante:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta x_{it} + \varepsilon_{it}, \forall i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T. \quad [1]$$

Où y_{it} est la variable endogène observée pour l'individu i à la période t ; α_i , représente la spécificité individuelle, supposée fixe; x_{it} sont des variables explicatives observées pour l'individu i à la période t ; β sont les coefficients de variables exogènes pour l'individu i et ε_{it} représente le terme d'erreur pour l'individu i à la période t . Ainsi les variables explicatives pour l'individu i à la période t sont regroupées dans une vectrice ligne :

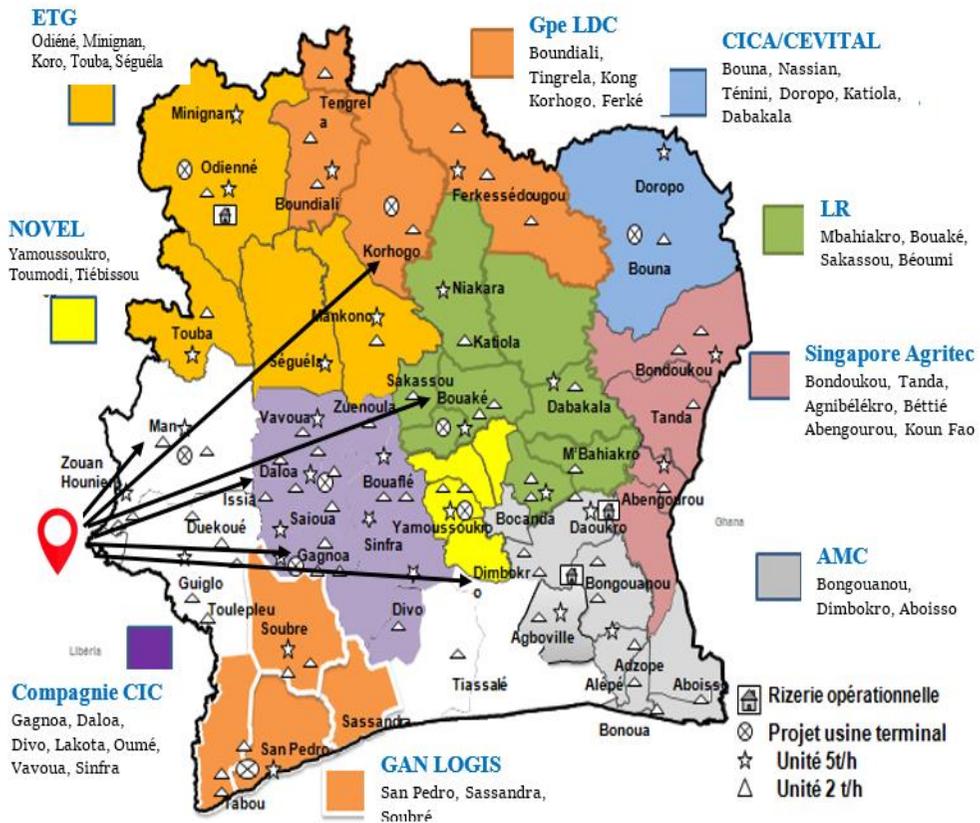
$$x_{it} = (x_{1it}, \dots, x_{kit}).$$

2.2 Choix des zones d'étude et sources des données

2.2.1 Zones d'étude

Le choix des départements de ces régions se justifie par le fait qu'ils font non seulement partie des pôles dans la stratégie nationale de développement du riz en Côte d'Ivoire (voir Figure ci-après) mais à l'origine constituent des zones agro-écologiques variées favorables à la riziculture (voir Tableau 0). A cela s'ajoute leur fort potentiel de production agricole au niveau national, en ce qui concerne les céréales, les légumineuses et les cultures maraîchères. Cela est la résultante de plusieurs facteurs tant naturels qu'humains.

Figure: Localisation des zones d'étude avec le dispositif de transformation par pôle



Source : Auteur, à partir de la SNDR (2012-2020)

2.2. Caractéristiques climatiques des zones d'étude³

❖ Département de Daloa

Daloa et sa région se situent en latitude entre le climat équatorial et le climat tropical. A 6°30 de l'équateur, la région est soumise au climat attien qui est un climat équatorial de transition. Ce climat est caractérisé par quatre saisons de durées égales apparemment homogènes: une grande saison sèche de décembre-janvier à avril; une grande saison des pluies d'avril à juillet; une petite saison sèche de juillet-août à septembre et une petite saison des pluies

³ Informations disponibles sur :

- . Les rapports de l'étude sur Korhogo menée dans le cadre du programme Club du Sahel & PDM « Relance des économies locales en Afrique de l'Ouest », réalisés en 2002.
- . www.l-economie-locale-du-departement-de-daloa-volume-1_5lmqcr2k5zw.pdf
- . www.abidjan.net
- . <http://man-ville.net>

de septembre-octobre à novembre. Au total, le faciès occidental est humide. Les précipitations annuelles atteignent 1317 mm/an en moyenne. Les températures se situent entre 25° et 30°C et ne varient presque pas entre le jour et la nuit encore moins entre les saisons. En tout, Daloa appartient à un climat pluvieux.

❖ **Département de Bouaké**

Le département est caractérisé par un climat de type 'Baouléen' marqué par quatre saisons : une grande saison sèche de novembre à février; une petite saison sèche de juillet à août; une grande saison des pluies de mars à juillet et une petite saison des pluies de septembre à octobre. La température oscille entre 25°C et 38°C, avec une pluviométrie qui varie de 1000 mm à 1700 mm, caractérisée par une grande irrégularité dans le temps et l'espace au cours de la dernière décennie. Il fait sec pendant 105 jours par an en moyenne avec un taux d'humidité estimé à 74%.

❖ **Département de Man**

Man et sa région sont une zone assez humide du fait d'une part de sa situation en altitude particulière et d'autre part de son couvert forestier. La zone est drainée par un réseau hydrographique assez important. La végétation est dominée par la forêt dense. Le climat est de type tropical. Sur l'année, la température moyenne à Man est de 25°C et les précipitations sont en moyenne de 1182,8 mm.

❖ **Département de Korhogo**

Le climat du département de Korhogo est de type soudanais, marqué par une alternance de deux saisons: la saison sèche, très marquée par l'harmattan entre décembre et janvier et des pointes de chaleur en mars et avril; la saison des pluies s'étend de mai à octobre avec des pluviométries maximales en juillet et août. Les températures moyennes varient entre 24°C et 33°C. Les mois les plus chauds sont février, mars et avril avec 36°C et les mois les plus frais sont décembre et janvier avec 16°C. Sa moyenne pluviométrique annuelle se situe entre 1100 mm et 1600 mm.

❖ **Département de Gagnoa**

Le climat de Gagnoa est celui de la forêt tropicale (chaud et humide), caractérisé par quatre saisons: la grande saison des pluies compliquée par des intersaisons et marquée par des orages de avril à mi-juillet; la petite saison sèche de mi-juillet à mi-septembre; la petite saison des pluies de mi-septembre à novembre et la grande saison sèche de décembre à mars. La température ne s'élève pas au-dessus de 28°C et baisse sensiblement au milieu de la nuit. L'humidité atmosphérique est considérable. Sur l'année, la température oscille entre 21°C à 34°C et la précipitation moyenne est de 1384 mm.

❖ **Département de Dimbokro**

Le régime climatique du département de Dimbokro appartient au groupe équatorial de transition du type atténué (climat baouléen) caractérisé

par deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. La moyenne pluviométrique interannuelle établie entre 1922 et 2000 est de 1106 mm. Au cours de l'année, la température à Dimbokro varie généralement de 21°C à 36°C (moyenne 27°C).

Tableau 0. Récapitulatif des facteurs naturels liés aux exigences agro-écologiques du riz et les régions d'étude

Exigences agro-écologiques du riz		Potentialités agro-écologiques des régions d'étude	Type de climat	Observations
Besoins en eau	<p>Riz pluvial</p> <p>1 000 mm/an avec 200 mm/mois pendant la culture.</p> <p>Riz irrigué</p> <p>1200 – 2000 $m^3/ha/an$ en plus des précipitations.</p>	<p>Pluviométrie de l'ensemble des départements située entre 1000-2200 mm/an.</p> <p>Espace géographique bien drainé, favorable à des activités de construction de retenue d'eau.</p>		<p>Les besoins en eau sont généralement satisfaits quand bien même qu'on peut observer quelques irrégularités par moment par endroit.</p>
Besoin en chaleur	<p>Développement de la plante 28 - 30°C</p> <p>Germination 30 - 35°C. On souligne cependant qu'une température minimale de 14 à 16°C favorise sa germination.</p> <p>Floraison minimum de 22°C et un maximum de 39°C.</p> <p>Besoin de lumière (Rayonnement solaire) et d'aération (pour la photosynthèse et</p>	<p>L'ensemble de la température annuelle des départements oscille entre 21-38°C.</p> <p>L'ensemble des climats est largement bien ensoleillé.</p>	<p>Attiéen ;</p> <p>Baouléen ;</p> <p>Soudanais</p> <p>Et</p> <p>Des Montagnes</p>	<p>Les besoins en chaleur ainsi qu'en lumière sont largement couverts vu la présence des types de climat qui s'y prêtent.</p>

	l'évapotranspiration.).			
Qualité du sol et disponibilité	<p>Adaptation à une large gamme de sols ;</p> <p>Préférence pour les sols lourds et peu perméables c'est-à-dire les sols ayant de bonnes capacités de rétention d'eau.</p>	<p>Il y a une présence de Sols ferrallitiques moyennement désaturés :</p> <p>-issus de granites (cas de Korhogo, de Bouaké, de Daloa et de Gagnoa),</p> <p>-issus de schistes (Dimbokro) ;</p> <p>Et des Sols ferrallitiques fortement désaturés issus de granites à hypersthène (cas de Man).</p> <p>Des capacités remarquables de rétention en eau.</p> <p>Disponibilité importante des terres de bas-fonds.</p>		<p>Les infiltrations de l'eau ne sont ni rapides, ni lentes, favorisant des cultures vivrières mais par endroits sous-exploités.</p>

Source: Auteur, à partir de la revue bibliographique

2.2.3 Sources des données

Dans le cadre de ce travail, les données sont issues de la SODEXAM concernant les données climatiques et de l'ONDR (ADERIZ aujourd'hui) pour les données relatives à la production et la superficie cultivée. Ces données ont été constituées en panel cylindré (tous les individus sont observés sur la même période) composé de six (6) départements couvrant la période 2016-2019.

2.1 Spécification du modèle économétrique

La méthode d'analyse utilisée à l'effet d'atteindre l'objectif principal de l'étude est essentiellement quantitative et sa forme fonctionnelle se présente selon ce qui suit:

$$PROD_{it} = \beta_1 SUPERF_{1it} + \beta_2 TEMP_{2it} + \beta_3 PRECIP_{3it} + \beta_4 HUMID_{4it} + \varepsilon_{it} \quad [2]$$

Où $PROD_{it}$ est le volume de production de riz pour le département i à la période t en tonne (T); $TEMP_{it}$, la température totale annuelle pour le département i à la période t en degré Celsius (°C); $PRECIP_{it}$ représente la

précipitation totale annuelle de pluie pour le département i à la période t en millimètre de pluie par an (mm/an); HUMID i t , l'humidité relative annuelle en pourcentage (%), SUPERF i t concerne la superficie pour le département i à la période t exprimée en hectare (Ha), et ε_{it} , le terme d'erreur pour le département i à la période t .

Remarque: la présence de la superficie et l'absence de la constante dans ce modèle s'interprètent économiquement par deux raisons principales. D'abord sans la superficie (ou la terre) il est impossible d'envisager une production rizicole. Ensuite, si l'ensemble des variables de cette étude est nul, la production du riz l'est également.

2.2 Méthode d'analyse

L'étude empirique a permis de discuter le rôle relatif de la superficie, de la température, de la précipitation et de l'humidité sur le volume de production du riz en Côte d'Ivoire. En effet, à travers les outils statistiques et des modèles économétriques à l'analyse des données réelles, des ont été effectués, à savoir: les tests d'effets individuels; d'effets fixes, d'effets aléatoires, de Hausman; le test de normalité; les tests de corrélation et d'hétéroscédasticité (Test de Breusch-Pagan); le cross sectional dependance test (Test de Breusch-Pagan); et les tests de racines unitaires de premier ordre (Tests de Harris–Tzavalis) selon l'équation [2] à travers le logiciel Stata SE 14.

Résultats empiriques

Les modèles à effets individuels

Les modèles à effets individuels est un préalable dans le processus de l'étude des séries temporelles en économie. Ce type de modèle possède donc des coefficients identiques pour les variables explicatives et des constantes individuelles différentes. L'équation du modèle à effets individuels est : $\mathbf{y}_i = \alpha_i + \beta \mathbf{x}_i + \varepsilon_{it}$ [3]. Ainsi, si on note β_i les coefficients, on a $\forall i \in [1; n]$, $\beta_i \in \mathbb{R}$, $\beta_i = \beta$. De plus, les constantes individuelles sont notées α_i . En particulier, $\forall (i, j) \in \mathbb{N} \times \mathbb{N}, \exists (i, j) / \alpha_i \neq \alpha_j$.

Deux cas différents se présentent alors en fonction de la nature des constantes individuelles. Si les constantes sont des constantes déterministes, le modèle est dit à **effets fixes**. Au contraire, si les constantes sont des réalisations d'une variable aléatoire d'espérance et de variance finie, le modèle est dit à **effets aléatoires**. La première étape consiste à vérifier s'il y a bel et bien présence d'effets individuels dans nos données. On cherche donc à tester l'hypothèse nulle «existence d'effets communs».

Tableau 1. Résultats de l'estimation du modèle à effets individuels

Type de test	P-value	R-sq (within)	R-sq (between)	R-sq (overall)	Corr (u_i, Xb)	avg = max	F test that all u_i	sigma_u	sigma_e	<i>rho</i>
Effets individuels	0,0023	0,8011	0,9286	0,8311	-	4,0000	0,0000	138657,8200	21375,0780	0,9768
					0,9750					

$H_0: \beta_i=0$, existence d'effets communs
 $H_1: \beta_i \neq 0$, existence d'effets spécifiques

Source: Auteur, Stata SE 14

Les résultats du Tableau 1 montre une existence d'effets spécifiques entre les différents départements ($\text{Prob}>F = 0,0023 < 5\%$). Ainsi, les effets des différentes variables sont spécifiques aux régions d'études. Ces effets individuels sont certainement dus au fait qu'à l'intérieur de chaque région étudiée, il existe de différences majeures, en dehors de celles de la superficie et les paramètres climatiques du modèle. Ces différences peuvent être au niveau: de la situation géographique; des projets de développement de la filière agricole ou rizicole en faveur des localités; du développement des autres maillons de la filière (surtout la transformation et la commercialisation); du développement des infrastructures; de la vulgarisation et d'encadrement de la filière dans chaque région; de l'organisation des paysans (en coopératives par exemple.), etc. Ces particularités géographiques, socio-économiques, humaines, politiques et institutionnelles propres à chaque région peuvent contribuer d'une manière ou d'une autre à améliorer la productivité, les rendements et la production de riz.

Les modèles à effets fixes et à effets aléatoires

Le modèle à effets fixes suppose que les relations entre la variable dépendante et les variables explicatives sont identiques pour tous les départements. Il présente une structure des résidus qui vérifient les hypothèses standards des MCO : $y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + \varepsilon_{it}$ [4], $\forall i = 1, \dots, N$ et $t = 1, \dots, T_i$. Où α_i , représente la spécificité individuelle supposée fixe.

Le modèle à effets aléatoires diffère de celui à effets fixes du moment où la structure des résidus est différente de celle du modèle à effets fixes. En effet, comme dans toutes analyses économétriques, la variable expliquée est influencée par un grand nombre de facteurs qui ne sont pas tous introduits en tant que variables explicatives. Ces différents facteurs se retrouvent ainsi captés par les résidus. Il s'agit dans le modèle à effets aléatoires de décomposer les résidus et non la constante comme dans le cas du modèle à effets fixes. C'est en effet dans ces derniers qu'interagissent les variables explicatives omises. Le modèle s'écrit comme suit:

$$y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + \sum_p \lambda_p z_{pi} + \varepsilon_{it} \quad [5] . \forall i = 1, \dots, N \text{ et } t = 1, \dots, T_i$$

Le terme individuel aléatoire α_i est alors décomposé de la manière suivante :

$\alpha_i = \alpha + \mu_i$. Avec α , désignant la composante fixe et μ_i , la composante stochastique individuelle. Il s'en suit un modèle à erreurs composées qui s'exprime de la manière suivante: $y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + \sum_p \lambda_p z_{pit} + \mu_i + \varepsilon_{it}$ [6] $\forall i = 1, \dots, N$ et $t = 1, \dots, T_i$

Tableau 2. Résultats des estimations des modèles à effets fixes (MEF) et à effets aléatoires (MEA)

Variables	MEF		MEA	
	Coefficients	P-value	Coefficients	P-value
SUPERF	4,6873	0.0000	2,1168	0,0000
TEMP	44,3049	0,9960	-538,2368	0,9590
PRECIP	-16,5993	0,5850	7,1905	0,8390
HUMID	1779,8510	0,4740	4154,9680	0,0450
_cons	-183597,4000	0.6190	-294076,7000	0,3250

Source: Auteur, Stata SE 14

Les résultats du Tableau 2 indiquent que:

- Avec le **MEF**, les coefficients associés à l'indicateur de température (TEMP), à la précipitation (PRECIP) et à l'humidité (HUMID) sont statistiquement non significatifs sur l'évolution du volume de production (p-value respective > 5%). Toutefois, l'effet de la précipitation sur l'évolution du volume de production du riz semble négatif. En outre, la superficie emblavée (SUPERF) présente, en moyenne, un effet significatif sur l'évolution du volume de production (p-value < 5%).
- Avec le **MEA**, la superficie et l'humidité sont positives et significatives à 5%.

Modèle de Hausman

Le test de Hausman est un test de spécification qui permet de déterminer si les coefficients des deux estimations (fixes et aléatoires) sont statistiquement différents. Cette technique compare la matrice de variance-covariance des deux estimateurs :

$$W = (\beta_{fixe} - \beta_{aléatoire})' [Var(\beta_{fixe}) - \widehat{Var}(\beta_{aléatoire})]^{-1} (\beta_{fixe} - \beta_{aléatoire}) \quad [7]$$

Au niveau de l'hypothèse nulle, il y a absence de corrélation entre les effets individuels et les régresseurs. Par contre sur l'hypothèse alternative, il y a corrélation entre les effets individuels et les régresseurs. Les résultats suivent une loi de Chi-deux (X^2) avec (K-1) degré de liberté. Si on ne peut rejeter

l'hypothèse nulle, c'est-à-dire si la p-value est supérieure au niveau de confiance, on utilise les effets aléatoires qui sont efficaces.

Tableau 3. Test de Hausman

Type de test	chi2(3) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)	Prob>chi2
Hausman	1,3600	0,7147
$H_0: \beta_{fixe} - \beta_{aléatoire} = \mathbf{0}$, présence d'effets aléatoires.		
$H_1: \beta_{fixe} - \beta_{aléatoire} \neq \mathbf{0}$, présence d'effets fixes.		

Source : Auteur, Stata SE 14

Les résultats du test de Hausman montrent que l'hypothèse nulle ne peut être rejetée (p-value=0,7147 > 5%). Ce sont les modèles à effets aléatoires qui sont efficaces et qui méritent à cet effet d'être utilisés. Le test de Chi2 est à 3 degrés de libertés car il y'a sous H_0 , trois (3) restrictions relatives à l'égalité des coefficients des deux modèles pour les facteurs variables dans le temps (SUPERF, TEMP, PRECIP, HUMID).

Analyse des résidus et des variables

Cette section à consister d'abord, à détecter l'hétéroscédasticité c'est-à-dire à vérifier si le carré des résidus peut être expliqué par les variables du modèle. Si c'est le cas, il y a hétéroscédasticité. Par la suite, à déterminer si les résidus d'une régression linéaire suivent une distribution normale. Aussi, a-t-il été vérifié si les erreurs sont auto-corrélées d'ordre 1 avant de vérifier s'il existe une série de corrélation des erreurs ou non.

Tableau 4. Test sur les résidus

Types de tests	Statistiques	Probabilités
Test d'hétéroscédasticité de Breush-Pagan H_0 : présence d'homoscédasticité	12,3600	0,0149
Test de Normalité Skewness/Kurtosis H_0 : normalité	12,54	0,0019
Test d'autocorrélation sérielle de Breusch-Godfrey H_0 : Absence d'autocorrélation d'ordre 1	75.15	0,0000
Cross sectional independence test de Breush-Pagan H_0 : absence de séries de corrélation.	18,2010	0,2522

Source : Auteur, Stata SE 14

Les résultats du Tableau 4 indiquent que, dans chaque département étudié, les résidus sont hétérogènes, auto-corrélés au premier ordre mais pas normalement distribués et les variables ne sont pas toujours corrélées dans le temps.

Tests de stationnarité sur les séries

Etant donné que l'hypothèse d'absence de séries de corrélation n'est pas rejetée alors les tests de Harris–Tzavalis (1999) de 1^{ère} génération ont été utilisés. En effet, Harris et Tzavalis en 1999, ont conçu un modèle économétrique pouvant être appliqué aux ensembles de données qui sont relativement courts dans le temps T. Afin de fournir des corrections relativement exactes pour les petites valeurs, ils renseignent très étroitement sur le modèle pour exclure les décalages croissants. Ils supposent également une variance homogène. Le test de spécification de Harris-Tzavalis repose sur les hypothèses suivantes: H_0 : Présence de racines unitaires contre H_1 : Présence de stationnarités. Ces tests ont été effectués grâce au logiciel STATA.

Tableau 5. Tests de stationnarité de Harris–Tzavalis

variables	statistiques			P-value			Racines unitaires			Stationnaires		
	(I)	(II)	(III)	(I)	(II)	(III)	(I)	(II)	(III)	(I)	(II)	(III)
PROD		-0,5202	0,9671	0,7986	0,1507	0,4218	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non
	0,5975											
SUPERF	-0,1194	-0,7082	1,0325	0,0139	0,0398	0,5772	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Non
TEMP	-0,2500	-0,1818	1,0036	0,0029	0,6029	0,5087	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non
PRECIP	-0,1243	-0,7441	0,9963	0,0132	0,0294	0,4912	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Non
HUMID	-0,2727	-0,6375	1,0087	0,0022	0,0692	0,5208	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non

H_0 : présence de racines unitaires

(I) : absence de tendance et de constante, (II) : présence de tendance, (III) : présence de constante.

Source : Auteur, Stata SE 14

Les tests de stationnarité révèlent que toutes les variables du modèle sont non stationnaires en présence de la constante. Les variables chronologiques (la production, la superficie, la température, la précipitation et l'humidité) varient dans le temps. Cela est dû principalement à la tendance stochastique (racine unitaire). Ce qui signifie que les données chronologiques conservent une distribution aléatoire dans le temps dans chacune des régions de la Côte d'Ivoire

Discussion des résultats

Contribution de l'article

Les résultats de ces tests ont permis de dire que l'humidité affecte positivement la production de riz dans les départements de Côte d'Ivoire. Par conséquent une (1) unité de d'humidité conduit à une augmentation de la production de riz de 4,16 unités. L'aboutissement de cette analyse amène à dire que l'hypothèse (i) selon laquelle l'humidité enregistrée au cours de ces dernières années est un facteur déterminant de la production de riz en Côte d'Ivoire est vérifiée. L'humidité est une mesure importante pour la détermination du potentiel de production de la culture de riz. En effet,

l'humidité du sol et de son évolution spatio-temporelle constitue un élément clé⁴ pour surveiller la croissance de la végétation et prédire la production agricole, améliorer la gestion des ressources en eau et mieux comprendre les processus de transferts d'eau et de chaleur dans l'interaction entre surfaces continentales et l'atmosphère (Yana, 1999).

Des tests économétriques effectués ont aussi révélé que la superficie influe positivement la production de riz. Un accroissement d'un pour cent (1%) de superficie entraîne un accroissement de 2,12% de la production du riz dans les départements étudiés. Ce résultat confirme l'hypothèse (ii) du travail qui stipule que l'essentiel de l'évolution de la production du riz est lié à l'augmentation des superficies qui y sont consacrées dans chaque région. L'augmentation de la production dans les zones rizicoles peut s'appuyer sur l'augmentation des superficies. Un tel résultat peut susciter des questions légitimes aujourd'hui à savoir: peut-on envisager un élargissement des espaces rizicoles à l'ère du changement climatique ? Comment augmenter les terres destinées à la riziculture face à la diminution générale des surfaces forestières et agricoles en Côte d'Ivoire ? Étant donné que l'augmentation de la production est aussi favorisée par l'amélioration des rendements et le progrès technique, l'intensification des cultures peut être une des solutions.

Limites et perspective de recherche

L'étude menée a connu quelques difficultés dans sa faisabilité dont la prise en compte permettrait de mieux apprécier les résultats obtenus. Loin de dire que ces difficultés ont impacté fondamentalement la pertinence de l'analyse des résultats obtenus sur les données en possession. En effet, pour cette étude quantitative, des données secondaires des institutions nationales et internationales sur douze départements des régions d'étude de 2012 à 2019 ont été sollicitées. Cependant, seulement des données sur six départements couvrant la période 2016-2019 ont été disponibles. Cette situation a eu des conséquences directes dans la réalisation de ce travail sous la forme à savoir, d'une part, l'abandon de certaines variables climatiques aussi importantes dans le modèle économétrique susceptibles de modifier les résultats. D'autre part, il était impossible d'explorer d'autres modèles économétriques. Des travaux supplémentaires peuvent être menés afin d'affiner l'analyse de l'impact du changement climatique sur la production du riz en Côte d'Ivoire. Une des perspectives intéressante à ce travail serait d'intégrer une variable dans le modèle permettant de capter la spécificité de l'humidité dans chaque région du pays.

Conclusion et implications de politiques économiques

La présente étude a examiné d'une part, le lien paramètres climatiques-production de riz et le lien superficie-production de riz, d'autre part, sur un

⁴ Zerouati Faicel, Estimation de l'humidité du sol d'un périmètre irrigué à partir d'images satellitaires, 2005, 62p.

échantillon de six régions de la Côte d'Ivoire au cours de la période 2016-2019. L'étude empirique a permis de discuter le rôle relatif de la température, de la précipitation, de l'humidité et de la superficie sur le volume de production de riz dans six départements des régions d'étude. En effet, l'étude a entrepris une série de tests économétriques, à savoir: les tests d'effets individuels; d'effets fixes, d'effets aléatoires, de Hausman; le test de normalité; les tests de corrélation et d'hétéroscédasticité; le cross sectional dependance test; et les tests de racines unitaires de premier ordre. Parmi les trois variables climatiques (température, précipitation, humidité) utilisées, seul l'humidité est la plus significative dans la production de riz en Côte d'Ivoire. A celle-ci s'ajoute la variable intermédiaire superficie. La significativité de ces variables indique qu'elles contribuent toutes deux à accroître la production de riz.

Ces résultats invitent à formuler certaines implications politiques. En Côte d'Ivoire, il importe de placer, d'une part, l'agriculture au centre des mesures d'adaptation aux changements climatiques c'est-à-dire orienter les politiques en eau, d'irrigation vers une exploitation plus rationnelle. Les autorités en charge du développement de la riziculture doivent créer des conditions pour le renforcement des capacités techniques (matériel, formation, vulgarisation) des institutions de tutelle sur l'épineuse question du climat. D'autre part, il faut repenser la dimension foncière de l'activité rizicole par rapport à la raréfaction des ressources. Il s'agira donc d'adapter des solutions agro-écologiques selon la spécificité de chaque région du pays.

Conflit d'intérêts : L'auteur n'a signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : L'auteur n'a reçu aucun financement pour cette recherche.

Références :

1. Banque Mondiale (2018). Pour que demain ne meure jamais. La Côte d'Ivoire face aux changements climatiques. 62p.
2. Bellia, S., Delécolle TM, R., & Douguedroit, W. A. (2003). La sensibilité de l'agriculture aux changements climatiques: le cas du blé d'hiver en Beauce. Publication de l'Association Internationale de Climatologie, vol.15.
3. BOAD (2010). Rapport annuel.
4. Djè, K.B. (2014). Document de stratégie du Programme National Changement Climatique. 84p.

5. Dozon J.P. (1975). La problématique rizicole dans la région de Gagnoa (Côte d'Ivoire) Abidjan, centre de petit Bassam-sciences humaines. ORSTIOM. 154p.
6. FAO (2016). La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. Changement climatique, agriculture et sécurité alimentaire. 191p.
7. GIEC (2007). Changements climatiques 2007. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.
8. 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, Suisse.
9. Harris, R.D.F. & Tzavalis, E. (1999). Inference for Unit Roots in Dynamic Panels Where the Time Dimension Is Fixed. *Journal of Econometrics*, Vol. 91, 201-226.
10. IPCC (GIEC) (2001). Third Assesment Report. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Cambridge University Press.
11. Ministère de l'agriculture, Côte d'Ivoire et l'office national de développement de la riziculture (ONDR) (2012). Stratégie nationale révisée de développement de la filière riz en Côte d'ivoire (SNDR) 2012-2020. 40p.
12. OMM (2014). Déclaration de l'OMM sur l'état du climat mondial. 20p.
13. Perarnaud, V. & Raynal, N. (1991). Agrométéorologie, Cours et Manuels n° 4, École Nationale de la Météorologie, Toulouse.
14. Rosenzweig, C. & Tubiello, F.N. (1996). Effects of changes in minimum and maximum temperature on wheat yields in the central US. A simulation study, *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 80, 215-230.
15. Rosenzweig, C. & Iglesias, A. (1994). Implications of change for international agriculture: crop modeling study. *Environmental Science*.
16. Rosenzweig, C., Jones, J.W., Hatfield, J.L., Ruane, A.C., Boote, K.J., Thorburn, P., Antle, J.M.,..., & Winner, J.M. (2013). The Agriculture Model International and Improvement Project (AgMIP): Protocols and pilot studies. *Agric. Forest Meteorol.*, Vol. 170, 166-182.
17. William, H. G. (2008). *Econometric analysis*. 6th ed., Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
18. Yana, N. (1999). Quel temps fera-t-il au XXIe siècle ? *Références Maïs*, Vol. 6, 80-82.