

## Analyse des paquets d'adaptation au changement climatique au Nord Est du Bénin

Oscar Iboukoun AYEDEGUE<sup>1\*</sup>, Jacob Afouda YABI<sup>1</sup> et Patrice Ygué ADEGBOLA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université de Parakou (UP), Faculté d'Agronomie (FA), Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE), Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES), BP 123 Parakou, Bénin

<sup>2</sup> Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Centre de Recherches Agricoles à Vocation Nationale de Agonkanmey (CRA-Agonkanmey), 01 BP 884 Cotonou, Bénin

(Reçu le 24 Avril 2021 ; Accepté le 06 Octobre 2021)

---

\* Correspondance, courriel : [oscon10@yahoo.fr](mailto:oscon10@yahoo.fr)

### Résumé

La présente étude analyse les paquets d'adaptation au changement climatique au Nord-Est du Bénin. Les données ont été recueillies au moyen d'une enquête socio-économique auprès de trois cent (300) producteurs de maïs dans les communes de Kandi, Banikoara et Ségbana, sélectionnés à travers un processus d'échantillonnage aléatoire simple. Les méthodes d'analyse en composantes principales et de classification automatique ont été utilisées pour identifier les groupes d'indicateurs associés pour constituer des paquets d'adaptation. Les résultats montrent que les producteurs de maïs dans la zone d'étude choisissent parmi quatre (04) paquets d'adaptation suivant le nombre d'actifs agricole, le niveau d'accès aux grands équipements de production agricole et la superficie cultivable disponible dans leur ménage pour se prémunir contre les conséquences néfastes du changement climatique. L'adaptation au changement climatique en milieu paysan se traduit par une association intelligente d'indicateurs d'adaptation. Ces résultats pourraient servir à orienter les acteurs de développement pour un accompagnement pertinent à l'adoption de stratégies d'adaptation au changement climatique.

**Mots-clés :** *paquets, pratiques, adaptation, changement climatique, Nord Bénin.*

### Abstract

#### Adaptives packages to climate change analysis in Northern East Benin

A large body of literature related to climate change adaptations strategies has focused on adjustment indicators. This study analyzes climate change adaptation packages by highlighting the different combinations of adaptation indicators used by maize farmers in northern Benin and then characterizing them according to socio-economic variables. The data were collected through a socio-economic survey of 300 maize producers in Kandi, Banikoara and Ségbana municipalities, selected through a random sampling process that however takes into account production potential. Principal component analysis and automatic classification methods were used to identify groups of associated indicators to set up adaptives packages. The results show that maize producers in the study area choose among four (04) adaptation packages according to the number of

agricultural assets, the access level to major agricultural production facilities and the area available for cropping in their household, to protect themselves against the adverse effects of climate change. Adaptation to climate change by farmers is achieved through a clever combination of adaptation indicators. These results could be used to guide development actors in the adoption of climate change adaptation strategies.

**Keywords :** *packages, practices, adaptation, climate change, Northern Benin.*

## 1. Introduction

La dégradation du sol, la raréfaction de la ressource en eau, le déclin de la diversité variétale des produits agricoles et le changement climatique sont les défis environnementaux clés du 21<sup>ème</sup> siècle à l'échelle planétaire [1]. Parmi ces défis, le changement climatique est devenu une préoccupation de plus en plus importante, tant du point de vue social qu'économique. En effet, le changement climatique est associé à de vastes effets non seulement sur l'environnement, mais aussi sur les secteurs socio-économiques et connexes, y compris les ressources en eau, l'agriculture et la sécurité alimentaire, la santé humaine, les écosystèmes et la biodiversité puis les zones côtières [1]. Ces effets sont particulièrement plus importants dans les pays en développement comme ceux de l'Afrique de l'Ouest, où l'agriculture est essentiellement pluviale sans aucune alternative d'irrigation et constitue la principale source d'emplois et de revenus pour la majorité de la population [2], aggravant ainsi les inégalités d'accès aux ressources de production [3]. En général, le changement climatique est défini comme des fluctuations dans les régimes climatiques sur de longues périodes [2]. Ainsi, les perturbations sur de longues périodes du régime des précipitations, de la température ambiante et du vent sont associées au changement climatique. L'Afrique de l'Ouest, a connu, au cours de ces dernières décennies, deux crises majeures de sécheresse presque contiguës dans les années 1970 et 1980 [4]. Les modèles de prévisions climatiques suggèrent de brusques variations des moyennes pluviométriques associées à une hausse continue de la température. Dans ces conditions, l'agriculture étant essentiellement dépendante des ressources très sensibles au changement du climat [5], est identifiée comme l'un des secteurs les plus vulnérables [4] alors qu'elle représente la principale activité socio-économique [6] dans les pays d'Afrique de l'Ouest.

Au Bénin par exemple, l'agriculture irriguée n'est pratiquée que par 6,4 % des ménages [7]. Les efforts pour assurer une maîtrise partielle ou totale de l'eau au profit des cultures sont encore minimes [8] alors que des baisses de l'ordre de 20 à 30 % des productions agricoles pluviales sont annoncées et se traduiraient par une vulnérabilité sociale plus accrue [9]. Les études sur les conséquences du changement climatique au Bénin, montrent qu'il affecte l'économie du pays [9] mais que ses effets sont plus perceptibles à l'échelle locale [10]. Ainsi, la baisse des rendements des cultures, la baisse de la qualité des récoltes, la perte partielle ou totale des produits agricoles et des récoltes ont été abondamment rapportées [11]. Bien qu'il ait été établi que le changement climatique a des effets négatifs sur les activités liées à l'agriculture et par conséquent, les moyens de subsistance de la plupart des populations des pays en développement [12, 13], les chercheurs ont tenté d'aller plus loin en mesurant les impacts des conditions climatiques futures sur l'agriculture particulièrement dans les pays tropicaux sous-développés [14, 15]. En conséquence, l'abondante littérature au sujet de l'impact du changement climatique sur l'agriculture suggère des pertes importantes de rendement (de 8 à 22 %) des principales cultures de base (maïs, sorgho, millet, arachide et manioc) d'ici à 2050, à moins que des investissements clés ne soient réalisés pour améliorer la productivité sous le risque climatique [16]. Cependant, le degré ou l'étendue des effets du changement sur la production agricole diffèrent selon les cultures [16, 17], les systèmes agricoles [17] et les régions. Il en découle que les impacts du changement climatique sur l'agriculture et les moyens de subsistance varient selon les aptitudes et les capacités des agriculteurs à s'adapter aux nouvelles conditions climatiques [18] spécifiques à chaque région. Plusieurs

études [11, 19, 20] traitant de la caractérisation des mesures d'adaptation au changement climatique ont été menées au Nord Est du Bénin, compte tenu de sa contribution essentielle à la production vivrière à travers la culture du maïs et du riz. Ces études visent à faire découvrir le contenu de ces pratiques en vue de leur vulgarisation. Les résultats de ces travaux révèlent que plusieurs mesures d'adaptation sont adoptées en vue d'atténuer les effets des risques en les dispersant au maximum, de prévenir l'occurrence des risques en évitant leurs manifestations, ou du moins en agissant sur leurs causes et de se situer hors d'atteinte des risques en les contournant sans agir directement sur leurs effets ni sur leurs causes. Ces stratégies sont constituées d'un ensemble de pratiques organisées de manière cohérente [21]. Cependant, malgré ces mesures d'adaptation, les conséquences du changement climatique sur la production agricole demeure préoccupante. D'une part, d'importantes pertes de récoltes sont toujours enregistrées [22] malgré un taux d'adoption satisfaisant des pratiques d'adaptation [23]. D'autre part, certaines stratégies d'adaptation au changement climatique, répondent mieux que d'autres suivant les secteurs géographiques, les cultures et les variétés [24]. Bien qu'il soit reconnu que les stratégies sont constituées d'ensembles de pratiques organisées de manière cohérente, les études menées jusque-là caractérisent les stratégies d'adaptation à travers l'inventaire des pratiques sans s'intéresser à comment ces pratiques sont combinées pour former des paquets d'adaptation. Les études liées à l'analyse de l'efficacité des mesures adoptées se sont donc limitées à l'influence de l'introduction de pratiques d'adaptation dans un système non exploré. De plus, des chercheurs [25] clarifient que le défi d'études des stratégies d'adaptation en situation réelle se pose car les manipulations opérées à travers les modèles de simulation ne présentent pas la réalité des pratiques. Cette analyse traduit par conséquent que l'efficacité des stratégies d'adaptation pourrait être améliorée en analysant les modes de combinaison des pratiques d'adaptation pour en identifier les plus intéressants à vulgariser. La présente étude analyse les paquets d'adaptation au changement climatique au Nord-Est du Bénin.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Milieu d'étude

La zone de l'étude comprend les communes de Kandi, Banikoara et Ségbana, Elle est limitée au Nord par les communes de Malanville et Karimama, à l'Ouest par le département de l'Atacora et le Burkina Faso, au Sud par les communes de Sinendé, Bembéréké et Kalalé et à l'Est par la république fédérale du Nigéria. Elle est située entre 10°55' et 11°18' de latitude Nord puis entre 2° 26' et 3°41' de longitude Est et couvre une superficie de 12275 km<sup>2</sup>. La composition géomorphologique du milieu d'étude comprend des plaines et des plateaux d'une altitude moyenne de 250 m. L'hydrographie du milieu de recherche est composée des affluents du fleuve Niger que sont le Mékrou, l'Alibori et la Sota et les types de sol qu'on rencontre dans la zone d'étude sont de type ferrugineux, argileux et limoneux noirs, granito gneissique et des sols sur grès. Le climat de la zone d'étude est de type soudano-sahélien avec une saison pluvieuse et une saison sèche. La hauteur pluviométrique annuelle oscille entre 850 et 1150 mm. Quant à la température, elle reste élevée avec des minimas entre 23° et 24° et des maximas entre 35° et 36°. Dans l'ensemble, la végétation de la zone d'étude est composée de savane boisée, arbustive et herbacée avec des plages d'épineux aux endroits soumis à une forte influence anthropique. Par ailleurs, le long des cours d'eau, on note une végétation bien boisée. Les espèces qui caractérisent ces formations végétales sont le néré, le caïlcédrat, le karité et le baobab.

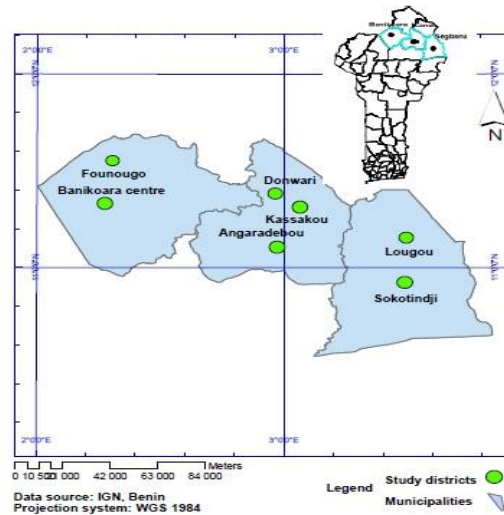


Figure 1 : Situation géographique du milieu d'étude

## 2-2. Échantillonnage et collecte des données

Les données ont été recueillies auprès des producteurs dont la culture du maïs représente non seulement un moyen de subsistance mais aussi une source importante de revenu. Les enquêtés ont été identifiés à travers un processus d'échantillonnage aléatoire dans les zones de fortes production de maïs (Kandi, Banikoara et Ségbana) identifiées avec l'appui des structures de vulgarisation agricole. Ainsi, un échantillon de trois cent (300) enquêtés à raison de cent (100) producteurs de maïs par commune a été constitué. Les données se rapportant à la campagne agricole 2020-2021 et relatives aux caractéristiques socio - démographiques et économiques des producteurs ont été collectées.

Tableau 1 : Répartition des enquêtés dans la zone d'étude

COMMUNES	Arrondissements	Villages	Nombre d'enquêtés
BANIKOARA	Banikoara centre	Orougnonrou	25
		Yadikparou	25
	Founougo	Founougo A	25
		Founougo B	25
SEGBANA	Sokotindji	Sokotindji	25
		Bédafou	25
	Lougou	Lougou	25
		Niambara	25
KANDI	Angaradéhou	Angaradéhou	25
		Thya	25
	Donwari	Donwari	25
	Kassakou	Kassakou	25
TOTAL			300

Source : Données d'enquête, Janvier 2021

## 2-3. Analyse des données

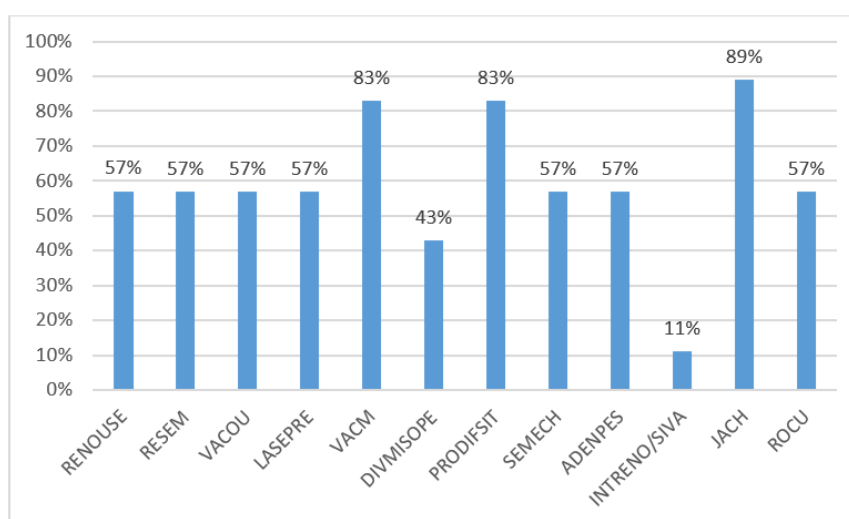
Les données collectées ont été traitées à l'aide du tableur EXCEL 2010. Les analyses ont été effectuées dans la version 4.0.3 du logiciel R avec le package FactoMineR. Il s'est agi d'abord d'analyser la nature des relations

entre les pratiques d'adaptation à travers une Analyse en Composantes Principales (ACP). Ensuite, à travers la classification automatique, les groupes de pratiques associées formant chacun des paquets d'adaptation sont déterminés. Enfin, les corrélations entre chacune de ces paquets d'adaptation et les caractéristiques socioéconomiques (superficies emblavées, niveau d'accès au crédit, niveau de mécanisation, nombre d'actifs agricoles, disponibilité de la main d'œuvre d'entraide, niveau de scolarisation, contact avec une structure de vulgarisation, accompagnement par un projet/programme, disponibilité d'intrants spécifiques, sources de revenu secondaire), sont étudiées à l'aide d'une deuxième analyse en composantes principales.

### 3. Résultats

#### 3-1. Pratiques d'adaptation au changement climatique

Les producteurs de maïs de la zone d'étude développent tous des stratégies pour s'adapter au changement climatique. Ils se servent de trois principaux critères pour définir leur stratégie d'adaptation au changement climatique. Il s'agit du choix variétal, des stratégies de gestion de risque et du mode fertilisation. Ainsi, 12 pratiques sont combinées de différentes manières pour développer des stratégies d'adaptation au changement climatique (**Figure 2**). La majorité (plus de 80 %) des enquêtés, fait recours à la pratique de la jachère (JACH), l'adoption de variétés de maïs à cycle moyen (VACM) et la production sur différents sites de production (PRODIFISIT) dans la composition des stratégies d'adaptation tandis que seulement 11 % des enquêtés implique l'utilisation de l'engrais organique (INTRENO) dans leurs stratégies. Environ 50 % des enquêtés pratiquent le renouvellement de la semence (RENOUSE), la reprise des semis (RESEM), la culture des variétés à cycle court (VACOU), le labour et le semis précoce (LASEPRE), la diversification vers les cultures jugées plus résilientes (DIVMISOPE), le semis échelonné (SEMECH) et l'augmentation de la dose d'application de l'engrais chimique (ADENPES).



**Figure 2 : Pratiques d'adaptation au changement climatique**

#### 3-2. Analyse de la projection des pratiques d'adaptation au changement climatique sur les axes factoriels

##### 3-2-1. Contribution des axes factoriels à l'explication du modèle

Les résultats de l'analyse en composantes principales des pratiques d'adaptation au changement climatique montrent que le niveau de restitution de l'information initiale par le premier axe factoriel est de 49 %. La

projection sur la deuxième composante principale porte l'information restituée à 66,43 % de l'information initiale. Lorsqu'on considère le deuxième plan factoriel en tenant compte du troisième axe en plus des deux premiers, plus de 81 % des variations initiales sont restituées tel que l'indique le **Tableau 2** ci-dessous.

**Tableau 2 : Contribution des dimensions à l'explication du modèle**

	Valeurs propres												
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13
Variance % of Var.	49,205	17,224	15,397	4,435	3,934	2,939	1,853	1,411	1,249	0,784	0,741	0,641	0,186
Cumulative % of var.	49,205	66,429	81,825	86,260	90,194	93,133	94,987	96,397	97,647	98,431	99,172	99,814	100,00

Source : Données d'enquête, Janvier 2021

### 3-2-2. Corrélation entre les pratiques d'adaptation et les composantes principales

La première composante principale est globalement corrélée avec neuf (09) pratiques d'adaptation (**Tableau 3**). Parmi ces neuf (09) pratiques, sept (07) sont uniquement significativement corrélées avec le premier axe factoriel. Quant au deuxième et troisième axe factoriel, ils sont respectivement corrélés avec cinq (05) et trois (03) pratiques. Chacun de ces deux axes est exclusivement corrélé avec une pratique d'adaptation. L'ensemble de ces trois composantes principales permettent une représentation significative de toutes les pratiques d'adaptation recensées dans la zone d'étude. Par conséquent, les deux premiers plans factoriels sont considérés pour l'étude des corrélations entre les pratiques d'adaptation.

**Tableau 3 : Corrélation entre les variables et les axes factoriels**

Composants	1	2	3
Variables			
VACOU	0,9475	0,2286	0,1765
ADENPES	0,9304	0,1396	0,1570
SEMECH	0,9259	0,0291	0,1752
LASEPRE	0,9013	0,0295	0,1519
RESEM	0,8926	0,1296	0,1494
RENOUSE	0,7101	0,3159	0,2987
ROCU	0,6204	0,1987	0,3671
INTRENO	0,4035	0,5832	-0,6482
SIVA	0,3674	0,5973	-0,6479
PRODIFSIT	-0,3712	0,7547	0,39863
JACH	-0,4964	0,0065	0,7620
VACM	-0,5402	0,7155	0,2531
DIVMISOPE	-0,5506	0,5426	0,1394

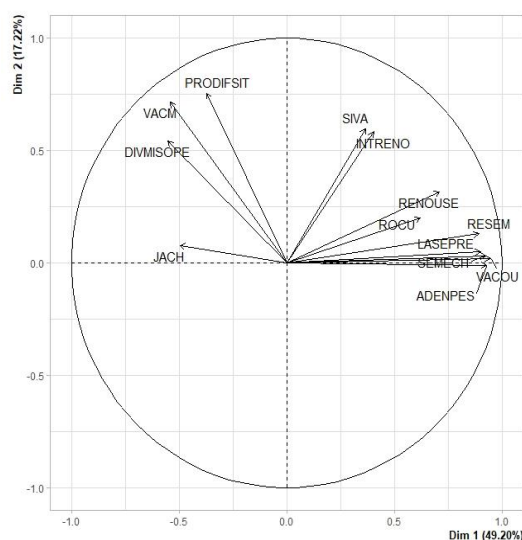
Source : Données d'enquête, Janvier 2021

### 3-2-3. Analyse des corrélations entre pratiques d'adaptation au changement climatique

Les projections des pratiques sur le premier plan factoriel (**Figure 3**) montrent que les producteurs prennent des dispositions pour protéger leur investissement contre les éventuelles perturbations du climat dont ils ne peuvent prévoir la manifestation. Les données sur le premier axe factoriel, révèlent qu'il y a un premier groupe de producteurs qui développent des pratiques les conduisant à conserver les mêmes proportions de

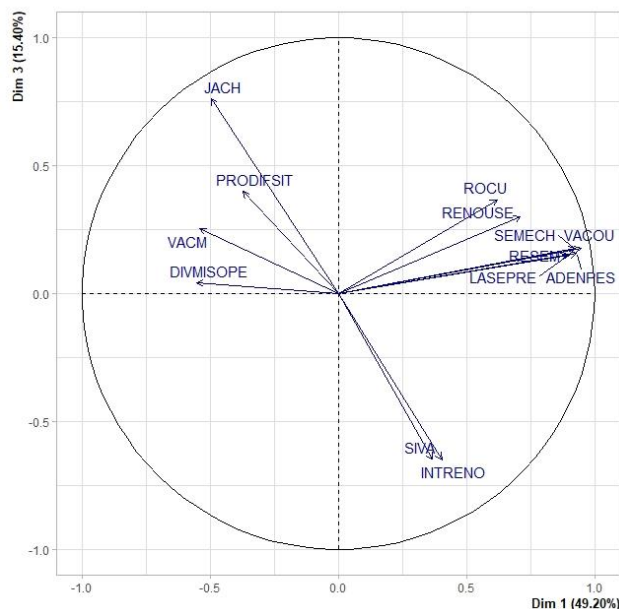
parcelles emblavées par culture tandis que le deuxième groupe révisé la répartition des parcelles emblavées par culture en orientant leur investissement vers les cultures jugées plus résilientes comme le sorgho, le mil, l'igname et les cultures pérennes. Les pratiques développées par le premier groupe, sont motivées par l'exploitation des possibilités d'anticipation (semis échelonné, semis précoce) des risques climatiques et de rattrapage (resemis) de la campagne agricole en se servant des variétés à cycle court. En effet, les circonstances de rattrapage des campagnes agricoles sont telles que la période favorable de culture devient très courte. Les variétés à cycle court, présentent la meilleure des possibilités de réussite de la campagne agricole après l'opération de resemis motivée par l'échec du premier semis qu'il soit précoce ou pas, selon les enquêtés. Par ailleurs, étant donné que les semis échelonnés se font dans l'hypothèse que certains coïncideront avec la période favorable tandis que d'autres ne prospéreront pas, les variétés à cycle court représentent le choix optimal selon les enquêtés pour profiter de la courte période favorable. Cependant, la culture de ces variétés requiert, davantage de nutriments pour sa réussite. Ainsi, le premier groupe accompagne la culture de cette variété de plusieurs stratégies de gestion de la fertilité des sols (rotation culturale, augmentation du dosage d'engrais chimique). Enfin, les enquêtés rapportent que les variétés à cycle court sont plus vulnérables aux attaques post récoltes si bien que son adoption s'associe à un renouvellement régulier de la semence qui permet aussi de maintenir un niveau de rendement intéressant.

Le deuxième groupe de producteurs spécifiés par le premier axe factoriel concerne ceux qui orientent leur stratégie vers les cultures plus résilientes et peu exigeant en apport immédiat de nutriments. En effet, certains enquêtés estiment que les variétés à cycle court présente l'inconvénient de n'avoir que peu d'amidon si bien que cette variété est généralement destinée au marché. L'analyse du deuxième axe factoriel montre que l'adoption des variétés à cycle moyen, est fortement corrélée avec la répartition de l'activité de production sur différents sites, la gestion intégrée de la fertilité du sol par l'association de la production végétale et animale ainsi qu'une utilisation simultanée de l'engrais chimique et organique. En effet, les producteurs de maïs qui choisissent d'intégrer les variétés à cycle moyen dans leur stratégie d'adaptation au changement climatique, fondent leur raisonnement sur le fait que les parcelles plus éloignées des zones largement cultivées bénéficient d'un régime climatique plus favorable et propice à la culture de ces variétés. Par ailleurs, ces parcelles sont plus fertiles et excluent l'urgence de l'utilisation importante d'engrais chimiques. Dans ce cas, les parcelles situées dans les zones largement cultivées servent uniquement à la culture des variétés à cycle court ou pour la mise en œuvre de l'option de diversification vers des cultures plus résilientes. Enfin, les résultats révèlent que la variété à cycle moyen, est destinée à l'autoconsommation en raison de sa forte proportion en amidon.



**Figure 3 :** Projection des indicateurs d'adaptation au changement climatique sur le premier plan factoriel

Le troisième axe factoriel (**Figure 4**) révèle la nature de la corrélation entre les pratiques de la jachère, la gestion intégrée de la fertilité du sol par l'association de la production végétale et animale puis l'utilisation simultanée de l'engrais chimique et organique. En effet, la gestion intégrée de la fertilité du sol par l'association de la production végétale et animale et l'utilisation simultanée de l'engrais chimique et organique sont positivement corrélées alors qu'elles sont négativement corrélées avec la pratique de la jachère. Les producteurs renseignent que l'utilisation de l'engrais organique dans la production végétale est plus aisée lorsqu'elle est générée par les déjections issues de la production animale située dans le même voisinage. Ainsi, ces déjections ne sont plus considérées comme des déchets dont il faut se débarrasser mais un intrant qui contribue à la réussite de la production végétale. Les producteurs n'ayant pas de section de production animale dans leur système, considèrent la pratique de la jachère comme solution à l'épuisement de la fertilité du sol car ils estiment qu'elle représente une stratégie efficace de restauration de la qualité du sol. Ils indiquent que les parcelles mises en jachère sont parcourues par les animaux en pâturage qui y laissent à cette occasion les déjections qui constituent la matière organique utile à la restauration de la fertilité du sol. Cette stratégie semble plus intéressante pour certains producteurs, notamment ceux qui ne sont pas limités par l'épuisement des parcelles cultivables, car elle permet de restaurer la fertilité du sol sans charges de travail ni de dépenses supplémentaires.



**Figure 4 :** Projection des indicateurs d'adaptation au changement climatique sur le deuxième plan factoriel

### 3-3. Classification des pratiques d'adaptation au changement climatique

La catégorisation des pratiques d'adaptation à travers la classification hiérarchique (**Figure 5**) fait apparaître quatre (04) paquets d'adaptation au changement climatique dans la zone d'étude.



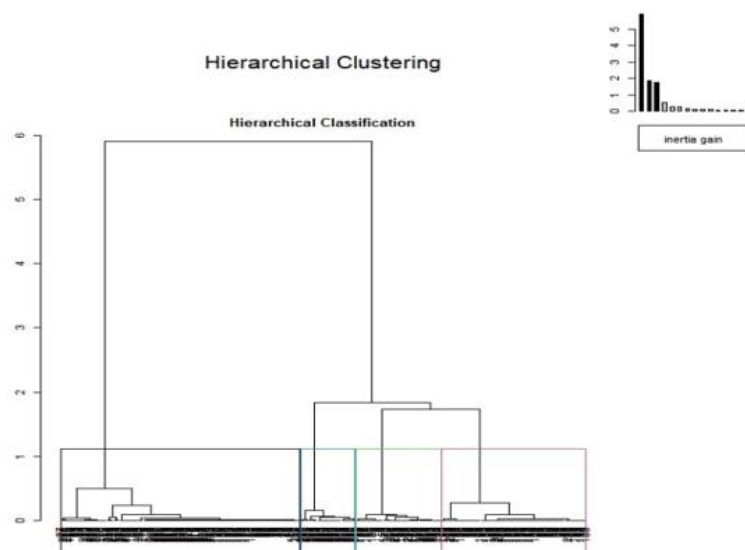


Figure 5 : Classification automatique des paquets d'adaptation au changement climatique

**3-3-1. Significativité du modèle de classification des pratiques d'adaptation au changement climatique**

Le coefficient de détermination entre l'ensemble de ces variables et les classes est de 0,74. Par ailleurs le test de comparaison de moyennes inter classes et intra classes présenté par le **Tableau 4** révèle des différences significatives d'une classe à une autre au seuil de significativité de 1 %. Ce tableau indique aussi que le nombre de pratiques d'une classe à une autre varie. Ainsi, la première classe compte sept (07) pratiques, la deuxième cinq (05) pratiques puis la troisième et la quatrième respectivement dix (10) et quatre (04) pratiques d'adaptation.

Tableau 4 : Corrélation entre les variables et chacune des classes

Variables	v,test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	P, value
CLUSTER 1						
ADENPES	7,388790	1,00000000	0,5278689	0,0000000	0,4992227	1,481708e-13
VACOU	7,149215	1,00000000	0,5442623	0,0000000	0,4980370	8,727534e-13
SEMECH	7,008598	1,00000000	0,5540984	0,0000000	0,4970648	2,407187e-12
LASEPRE	6,561237	0,98039216	0,5639344	0,1386484	0,4958955	5,336312e-11
RESEM	5,303671	0,88235294	0,5442623	0,3221897	0,4980370	1,134968e-07
INTRENO	-2,383322	0,01960784	0,1180328	0,1386484	0,3226469	1,715720e-02
SIVA	-2,812919	0,00000000	0,1147541	0,0000000	0,3187250	4,909408e-03
JACH	-8,121959	0,33333333	0,7704918	0,4714045	0,4205166	4,587173e-16
DIVMISOPE	-11,361134	0,09803922	0,7377049	0,2973677	0,4398822	6,529172e-30
PRODIFSIT	-13,693806	0,01960784	0,7639344	0,1386484	0,4246629	1,105623e-42
VACM	-16,296466	0,00000000	0,8131148	0,0000000	0,3898194	1,045660e-59
CLUSTER 2						
INTRENO	16,030613	0,96969697	0,1180328	0,1714198	0,3226469	7,810788e-58
SIVA	15,712944	0,93939394	0,1147541	0,2386063	0,3187250	1,233175e-55
RESEM	5,557285	1,00000000	0,5442623	0,0000000	0,4980370	2,740032e-08
LASEPRE	5,340365	1,00000000	0,5639344	0,0000000	0,4958955	9,275985e-08
VACOU	5,187769	0,96969697	0,5442623	0,1714198	0,4980370	2,128289e-07

SEMECH	5,077740	0,96969697	0,5540984	0,1714198	0,4970648	3,819516e-07
ADENPES	5,006236	0,93939394	0,5278689	0,2386063	0,4992227	5,550483e-07
RENOUSE	4,897732	0,96969697	0,5704918	0,1714198	0,4950060	9,694906e-07
JACH	-10,689778	0,03030303	0,7704918	0,1714198	0,4205166	1,136425e-26
CLUSTER 3						
VACOU	8,726403	0,9325843	0,5442623	0,2507406	0,4980370	2,628999e-18
RESEM	8,726403	0,9325843	0,5442623	0,2507406	0,4980370	2,628999e-18
RENOUSE	8,694879	0,9550562	0,5704918	0,2071808	0,4950060	3,471998e-18
SEMECH	8,522003	0,9325843	0,5540984	0,2507406	0,4970648	1,568177e-17
ROCU	8,494556	0,8876404	0,5081967	0,3158083	0,4999328	1,986918e-17
LASEPRE	8,320104	0,9325843	0,5639344	0,2507406	0,4958955	8,788597e-17
ADENPES	8,065614	0,8876404	0,5278689	0,3158083	0,4992227	7,286854e-16
JACH	6,108295	1,0000000	0,7704918	0,0000000	0,4205166	1,007010e-09
PRODIFSIT	5,925351	0,9887640	0,7639344	0,1054026	0,4246629	3,116312e-09
VACM	5,042987	0,9887640	0,8131148	0,1054026	0,3898194	4,583192e-07
SIVA	-4,029555	0,0000000	0,1147541	0,0000000	0,3187250	5,588260e-05
INTRENO	-4,094303	0,0000000	0,1180328	0,0000000	0,3226469	4,234394e-05
CLUSTER 4						
DIVMISOPE	8,032253	0,96969697	0,7377049	0,1714198	0,4398822	9,569850e-16
VACM	7,301503	1,00000000	0,8131148	0,0000000	0,3898194	2,845698e-13
JACH	7,214699	0,96969697	0,7704918	0,1714198	0,4205166	5,405357e-13
PRODIFSIT	4,119082	0,87878788	0,7639344	0,3263736	0,4246629	3,803855e-05
SIVA	-4,035430	0,03030303	0,1147541	0,1714198	0,3187250	5,450245e-05
INTRENO	-4,498743	0,02272727	0,1180328	0,1490327	0,3226469	6,835643e-06
ROCU	-10,404423	0,16666667	0,5081967	0,3726780	0,4999328	2,366860e-25
RENOUSE	-12,424635	0,16666667	0,5704918	0,3726780	0,4950060	1,921024e-35
RESEM	-15,485265	0,03787879	0,5442623	0,1909031	0,4980370	4,362584e-54
LASEPRE	-15,923642	0,04545455	0,5639344	0,2082989	0,4958955	4,343404e-57
ADENPES	-16,103949	0,00000000	0,5278689	0,0000000	0,4992227	2,393284e-58
SEMECH	-16,281172	0,02272727	0,5540984	0,1490327	0,4970648	1,342729e-59
VACOU	-16,643603	0,00000000	0,5442623	0,0000000	0,4980370	3,367326e-62

Source : Données d'enquête, Janvier 2021

### 3-3-2. Caractérisation des paquets d'adaptation au changement climatique

Les deux premières classes ont en commun l'adoption exclusive des variétés à cycle court (2,5 mois) associée aux pratiques de labour et de semis précoce, du semis échelonné, de la reprise du semis et un apport en engrais chimique supérieur à la dose prescrite (**Tableau 5**). La deuxième classe ( $P_2$ ) présente la particularité d'ajouter aux pratiques ci-dessus, le renouvellement de la semence ainsi que l'introduction de l'engrais organique dans le mode de fertilisation du sol. La troisième classe ( $P_3$ ) correspond à l'association du paquet  $P_2$  avec l'adoption des variétés à cycle moyen (3 mois) sur des sites de production différents et la pratique de rotation culturale. Cependant, l'introduction de l'engrais organique dans la stratégie de fertilisation dans le paquet  $P_2$  est remplacée par la pratique de la jachère dans le paquet  $P_3$ . Quant au paquet  $P_4$ , il consiste en la culture exclusive des variétés à cycle moyen associée à la pratique de la jachère comme mode de gestion de la fertilité du sol. Dans ce cas, une partie des parcelles dédiées autrefois à la culture du maïs est affectée à l'installation des cultures plus résilientes au changement climatique dont le sorgho, le mil, l'igname et les cultures pérennes. Ces cultures plus résilientes sont installées sur des parcelles situées dans des zones largement cultivées, présentant ainsi plus de risque de perturbations climatiques tandis que les variétés de maïs à cycle moyen, sont cultivées sur des sites plus éloignés présentant moins de risque de perturbations climatiques.

**Tableau 5 : Paquets technologiques d'adaptation au changement climatique**

Paquets technologiques	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
VACOU	x	x	x	
RENOUSE		x	x	
RESEM	x	x	x	
LASEPRE	x	x	x	
VACM			x	x
DIVMISOPE				x
PRODIFSIT			x	x
SEMECH	x	x	x	
ADENPES	x	x	x	
INTRENO/SIVA		x		
JACH			x	x
ROCU			x	

Source : Données d'enquête, Janvier 2021

### 3-4. Caractéristiques socio-économiques et paquets d'adaptation au changement climatique

L'analyse croisée des quatre (04) paquets d'adaptation et des caractéristiques socio-économiques a été effectuée à l'aide de l'analyse en composantes principales. L'analyse du niveau de contribution des axes factoriels dans l'explication de l'information initiale (**Tableau 6**) et l'appréciation de la qualité de corrélation de ces axes avec les variables (**Tableau 7**) ont conduit à retenir le premier plan factoriel expliquant ainsi 64 % des variations des données initiales pour élucider les relations entre les caractéristiques socio-économiques des enquêtés et les paquets d'adaptation adoptés.

**Tableau 6 : Contribution des dimensions à l'explication du modèle**

	Valeurs propres					
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Variance % of Var	35,184	29,800	19,996	7,391	6,069	1,560
Cumulative % of var	35,184	64,984	84,980	92,371	98,440	100,000

Source : Données d'enquête, Janvier 2021

**Tableau 7 : Corrélation entre les variables et les axes factoriels**

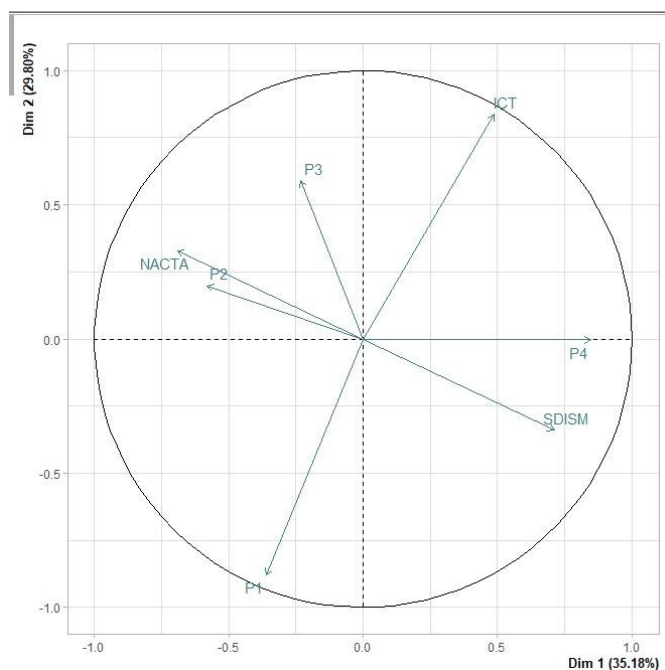
Variables	Composants		
	1	2	3
P1	-0,360	-0,880	-0,227
P2	-0,581	0,199	0,670
P3	-0,232	0,590	-0,754
P4	0,848	-0,003	0,443
NACTA	-0,691	0,329	0,365
SDISM	0,712	-0,341	0,014
ICT	0,488	0,836	-0,002

Source : Données d'enquête, Janvier 2021

La lecture de la **Figure 6** montre que trois variables socio-économiques du modèle, expliquent les choix des options d'adaptation par les enquêtés. Il s'agit de :

- capital technologique (ICT) constitué du grand matériel de production permettant d'emblaver de plus grands espaces de terres comme le tracteur, le motoculteur, la batteuse-vanneuse, le magasin de stockage, la charrette, l'attelage et les animaux de traits ;
- nombre d'actifs agricoles (NACTA) du ménage des enquêtés contribuant à la réalisation des opérations culturales ;
- de la superficie disponible (SDISM) exploitable par le ménage.

En effet, l'analyse du premier axe factoriel montre que le paquet  $P_2$  est positivement corrélé avec le nombre d'actifs agricoles tandis que le paquet  $P_4$  l'est avec la superficie disponible dans le ménage. Ces résultats traduisent que l'adoption du paquet  $P_2$  est conditionnée par la disponibilité d'actifs agricoles plus importants alors que la disponibilité de réserve de terres cultivables est le facteur indispensable à l'adoption du paquet  $P_4$ . Etant donné que le paquet  $P_2$ , est la seule stratégie qui incorpore l'utilisation d'engrais organique dont l'essentiel de la matière est généré par la production animale, sa corrélation avec le nombre d'actifs agricoles serait liée à la charge de travail nécessaire à la production de l'engrais organique et à l'entretien des animaux. La corrélation du paquet  $P_4$  avec la superficie disponible aurait à avoir avec la pratique de la jachère dont la mise en œuvre est conditionnée par la disponibilité régulière de terres cultivables en dehors de celles à maintenir inutilisée pendant une certaine période. Les projections sur le deuxième axe factoriel renseignent que les paquets  $P_1$  et  $P_3$  sont respectivement négativement et positivement corrélés avec le capital technologique (ICT). Ces résultats suggèrent que le paquet  $P_3$  est adopté par les producteurs dont le niveau de mécanisation des opérations agricoles est élevé tandis que le paquet  $P_1$  est adopté par ceux dont l'accès au matériel de mécanisation des opérations agricoles est limité. En effet, le paquet  $P_3$  inclut la jachère qui nécessite la mise en œuvre régulière de l'opération de défrichage que le grand matériel peut aider à réaliser.



**Figure 6 :** *Projection des indicateurs d'adaptation au changement climatique et des caractéristiques socio-économiques sur le premier plan factoriel*

## 4. Discussion

### 4-1. Paquets d'adaptation au changement climatique

La quasi-totalité des producteurs agricoles subissent des conséquences du changement climatique se traduisant par ses sauts de peuplement des cultures, l'immaturité de la fructification et des cas d'arrêt de développement des cultures. Face à ces menaces, la majorité des producteurs décident de combiner intelligemment différentes pratiques pour atténuer l'ampleur de ces conséquences. En effet, les options d'adaptation sont élaborées et mises en œuvre en fonction de la nature des problèmes générés par le changement du climat [26]. Dans la présente étude, quatre paquets résultant de la corrélation entre plusieurs pratiques d'adaptation ont été identifiés en réponse au changement climatique. Trois variables de classification permettent de distinguer ces paquets. Il s'agit du choix variétal (cycle court ou moyen), de la stratégie de gestion de risque (labour et semis précoce, renouvellement de semences, semis échelonné, production sur différents sites et augmentation de l'emblavure des cultures résilientes) et du mode de gestion de la fertilité (engrais chimique ou combinaison d'engrais chimique et organique). Ces résultats montrent que l'adoption d'une pratique fait appel à celle d'un ensemble d'autres pratiques dont il faut tenir compte dans le cadre de la vulgarisation des stratégies d'adaptation à succès. Ils sont conformes aux résultats des travaux de recherche [27], qui ont démontré que très souvent les producteurs utilisent des combinaisons de différentes pratiques pour s'adapter au changement climatique. De même, dans la province de Punjab au Pakistan, les pratiques d'adaptation ont été regroupées en quatre (04) catégories [28]. Il s'agit du réajustement des pratiques culturelles (adoption de différentes variétés, de cultures diverses et modification des dates de semis), du développement de nouvelles pratiques de gestion des intrants (révision du dosage des engrais chimiques et des pesticides, méthodes d'utilisation des ressources en eau), des techniques améliorées de gestion du sol (gestion de la fertilité, amélioration de la biomasse) et du réajustement des options de production des moyens de subsistance (diversification des exploitations agricoles, mise en location de terres agricoles et exode rural). Des résultats similaires ont été obtenus également dans une étude [29] qui a déterminé 7 stratégies d'adaptation au changement climatique à partir 104 pratiques.

### 4-2. Caractéristiques socio-économiques et paquets d'adaptation

L'analyse des correspondances entre les caractéristiques socio-économiques des producteurs et les paquets d'adaptation, renseigne que le nombre d'actifs agricoles, l'accès aux grands équipements et à la terre influencent significativement les types de paquets d'adaptation choisis. L'utilisation de l'engrais organique, la nécessité récurrente des opérations de défrichage et la mise en jachère des terres sont les principaux composants des paquets d'adaptation au changement climatique qui font respectivement appel à la main d'œuvre, aux grands équipements et à la disponibilité des terres cultivables. Ces résultats corroborent ceux dont les travaux [28] concluent que l'accès limité aux ressources matérielles de production influencent l'adoption des options d'adaptation au changement climatique. Au Népal, des chercheurs [27] ont conclu que l'importance des superficies cultivables disponibles est aussi un facteur qui influence la décision d'adoption des stratégies d'adaptation au changement climatique. De même, des auteurs [11], relèvent que l'adoption de certaines stratégies d'adaptation au changement climatique requiert davantage de main d'œuvre ou de ressources matérielles que d'autres. Enfin, une étude sur les facteurs influençant l'adoption des stratégies d'adaptation au changement climatique par les producteurs de riz au Nigéria [30], montre que la taille des parcelles agricoles disponibles détermine l'option d'adoption des mesures d'adaptation. Cependant, des variables n'influencent pas l'adoption des pratiques d'adaptation dans la présente étude, ont été trouvées comme déterminants dans d'autres études. En effet, des travaux [27], relèvent que l'instruction des producteurs fait aussi partie des facteurs influençant l'adoption des stratégies d'adaptation. Il en est ainsi

parce qu'au moins une personne est instruite dans le ménage de tous les producteurs enquêtés si bien que l'instruction n'est pas un facteur discriminant. Par ailleurs, l'accès à l'information par les producteurs de riz au Nigéria [30], a été identifié comme facteur déterminant leur adoption des stratégies d'adaptation au changement climatique. Les producteurs de maïs enquêtés produisent aussi du coton, par rapport auquel ils bénéficient de l'appui des services de vulgarisation agricole. Cette particularité de l'échantillon indique que l'information est accessible à tous les producteurs. En conséquence, l'influence de l'accès à l'information sur l'adoption des stratégies d'adaptation ne peut être mise en évidence dans la présente étude.

## 5. Conclusion

Cette recherche a permis d'analyser les paquets d'adaptation au changement climatique en lien avec les caractéristiques socio-économiques des producteurs de maïs. Quatre (04) principaux paquets d'adaptation issus de douze (12) pratiques sont utilisés par les producteurs. Ils sont influencés par le niveau d'accès aux grands équipements, la superficie de terres cultivables et du nombre d'actifs agricoles. Ces résultats impliquent que la réussite des campagnes de vulgarisation des stratégies d'adaptation au changement climatique, est tributaire de l'adéquation entre les paquets d'adaptation et les niveaux des ressources productives. Ils permettront d'orienter des paquets d'adaptation donnés vers des cibles spécifiques selon leurs caractéristiques socio-économiques pour de meilleurs taux d'adoption et une mise en œuvre adéquate des stratégies. Ils seront aussi utiles à l'identification des axes d'accompagnement pertinents au profit des producteurs, dans le cadre des stratégies d'incitation à l'adoption des stratégies d'adaptation.

## Références

- [1] - M. KOLAWOLE, B. OLAYEMI and T. K. AJAYI, Managing flood in Nigerian cities. *Applied Science Research*, 1 (3) (2011) 17 - 24
- [2] - A. ENETE, I. A. MADU, Climate Change and the Profitability of Indigenous Adaptation Practices in Smallholder Agriculture in South East Nigeria. *SAGE journals*, 41 (3) 2021 179 - 185
- [3] - E. SKINNER, Genre et changement climatique. Institute of development studies, Panorama, Royaume Uni, (2012) 99 p.
- [4] - P. OZER and D. PERRIN, Eau et changement climatique : Tendances et perceptions en Afrique de l'Ouest. Open Repository and Bibliography, (2014) 227 - 245. <http://hdl.handle.net/2268/156390>, (21 Septembre 2021)
- [5] - B. SULTAN, A. ALHASSANE, B. BARBIER and C. BARON, La question de la vulnérabilité et de l'adaptation de l'agriculture sahélienne au climat, *La météorologie*, (2012) 64 - 72. <https://hal.telecom-paris.fr/IRSTEA/hal-02873303v1>, (21 septembre 2021)
- [6] - S. ABRIC, M. SONOU, Capitalisation d'expérience sur le développement de la petite irrigation privée pour des produits à haute valeur ajoutée en Afrique de l'Ouest, Rapport d'étude, Banque Mondiale, (2010) 16 p.
- [7] - I. KPAVODE, Troisième édition de l'Analyse Globale de la Vulnérabilité et de la Sécurité Alimentaire, Rapport d'étude, Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique, Cotonou, Bénin, (2020) 143 p.
- [8] - L. O. SINTONDI, E. K. AGBOSSOU, B. DEGNISSE, Dynamique de dégradation des forêts galeries et comblement du cours d'eau Agbado dans le département des Collines au Bénin, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7 (4) (2013) 1555 - 1567

- [9] - E. OGOUWALE, Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire. Thèse de Doctorat unique, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, (2006) 302 p.
- [10] - G. A. GBETIBOUO, Understanding farmer's perceptions and Adaptations to Climate Change and variability : The case of the Limpopo Basin, South Africa, IFPRI Discussion Paper, (00849) (2009) 41 p.
- [11] - J. B. K. VODOUNOU, Y. O. DOUBOGAN, Agriculture paysanne et stratégies d'adaptation au changement climatique au Nord-Bénin, *European Journal of Geography*, (2016) 27. <http://journals.openedition.org/cybergeo/27836>, (21 septembre 2021)
- [12] - C. MÜLLER, W. CRAMER, W. L. HARE and H. LOTZE-CAMPEN, Climate change risks for African agriculture, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108 (11) (2011) 4313 - 4315
- [13] - K. WAHA, C. MÜLLER, A. BONDEAU, J. P. DIETRICH, P. KURUKULASURIYA, J. HEINKE and H. LOTZECAMPEN, Adaptation to climate change through the choice of cropping system and sowing date in sub-Saharan Africa. *Global Environmental Change*, 23 (1) (2013) 130 - 143
- [14] - M. DE SALVO, D. BEGALLI, G. SIGNORELLO, Mesurer l'effet du changement climatique sur l'agriculture : une revue de la littérature sur les modèles analytiques, *Academic journals*, 5 (12) (2013) 449 - 509
- [15] - P. KURUKULASURIYA, N. KALA, R. MENDELSON, Adaptation et impacts du changement climatique : Un Modèle Ricardien structurel d'irrigation et de revenu agricole en Afrique, *world scientific*, 2 (2) (2011) 149 - 174
- [16] - W. SCHLENKER and D. B. LOBELL, Robust negative impacts of climate change on African agriculture, *Environmental Research Letters*, 5 (1) (2010b) 1 - 8
- [17] - P. K. THORNTON, P. G. JONES, P. J. ERICKSEN and A. J. CHALLINOR, Agriculture and food systems in sub-Saharan Africa in a 4° C+ world, *Philosophical Transaction, Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, 369 (1) (2011) 117 - 136
- [18] - S. N. SEO, Is an integrated farm more resilient against climate change ? A micro-econometric analysis of portfolio diversification in African agriculture, *Food Policy*, 35 (1) (2010) 32 - 40
- [19] - R. N. YEGBEMEY, J. A. YABI, S. D. TOVIGNAN, G. GANTOLI, S. E. H. KOKOYE, Farmers' décision to adapt to climate change under various property right : A case study of maize farming in Northern Benin (West Africa), *Land Use Policy*, 34 (2013) 168 - 175
- [20] - L. U. AYEDEGUE, J. A. YABI, K. ISSAKA, Typologie et déterminants des stratégies d'adaptation aux changements climatiques en riziculture au Nord et Centre du Bénin, *European Scientific Journal*, 16 (6) (2020) 207 - 235
- [21] - B. TRAORE, M. CORBEELS, M. T. V. WIJKT, M. C. RUFINO, K. E. GILLER, Effets de la variabilité climatique et du changement climatique sur la production agricole au sud du Mali, *Revue Européenne d'Agronomie*, 49 (2013) 115 - 125, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.04.004> (18 septembre 2021)
- [22] - I. YABI, Changements climatiques et inondations dans la commune de Ouinhi au Sud-Est du Bénin : Pour la transformation de la catastrophe en opportunités, *Espace Géographique et Société Marocaine*, 27 (2019) 187 - 208
- [23] - A. AROUNA, Y. P. ADEGBOLA, U. ARODOKOUN et A. B. BANKOLE, Stratégies et politiques d'adaptation aux changements climatiques en Afrique de l'Ouest et du Centre : Etude de cas Au Bénin, *Agronomie Africaine*, 6 (2013) 41 - 55
- [24] - P. Y. ADEGBOLA, N. R. AHOYO ADJOVI, H. P. B. KOUTON-BOGNON, D. MONTCHO and S. E. MENSAH, Impact of Climate Change Adaptation Strategies on Farm Yields and Income in Benin, *Forum for Agricultural Research in Africa*, 1 (7) (2017) 1 - 58
- [25] - D. B. LOBELL, Climate change adaptation in crop production : Beware of Illusion, *Global Food Security*, 3 (2) (2014) 72 - 76
- [26] - A. KAYODE, Determinants of climate change adaptation strategies used by rice farmers in Southwestern Nigeria, *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 115 (2) (2014) 91 - 99

- [27] - K. UTTAM, W. CLEVO, H. VIET-NGU, L. BOON, Farmers' Adaptation to Climate Change : Its Determinants and Impacts on Rice Yield in Nepal, *Ecological Economics*, 144 (2018) 139 - 147
- [28] - A. MUHAMMAD, Climate change Impacts and Adaptation in the agricultural Sector of Pakistan- Socioeconomic and Geographical Dimensions, Thèse de doctorat, faculté de mathématiques, d'informatique et de sciences naturelles, département des sciences de la terre, Université de Hambourg, Allemagne, (2016) 188 p.
- [29] - T. BELOW, A. ARTNER, R. SIEBERT, S. SIEBER, Micro-level Practices to Adapt to Climate Change for African Small-scale Farmers, *International Food Policy Research Institute*, 00953 (2010) 1 - 23
- [30] - A. KAYODE, Determinants of climate change adaptation strategies used by rice farmers in Southwestern Nigeria, *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 115 (2) (2014) 91 - 99