

## **Analyse des pratiques agricoles d'adaptation aux aléas climatiques en production de maïs au Nord Est-Benin**

### **[ Analysis of agricultural adaptation practices to climatic hazards in maize production in Northern-Benin ]**

*Alidou BAH SABI SERO GBASSI and Afouda Jacob YABI*

Laboratoire d'Analyse et de Recherches sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES), Faculté d'Agronomie/Université de Parakou, BP 123, Benin

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Climatic hazards, known as anthropic issues, are permanent threat to agriculture. Thus, beside the observed new climatic conditions, several agricultural practices are being developed. This study is led in order to characterize and understand better the determinants of such the agricultural practices. Data collected from 280 maize cultivators in Northern Benin have been used to do a Multiple Correspondence Analysis (MCA) and logit models were specified. The results revealed that the perception of both the emergence of new grass species, insect pests, late starting of rains and rising temperatures influences positively the producers who, for adaptation, increase the dose of chemicals and opt for extending agriculture and adopt new varieties of seed. But, it influences negatively adopters of agroforestry and adopters of none chemical agricultural practices. Concerning the perception of the early arrival of rains, it influences positively the adoption of agricultural practices, which are likely to increase the ecological vulnerability of the producer in face of climatic hazards. Furthermore, the experience of the producer and the Access to extension service, increase the chance of adoption of ecologically unsustainable agricultural practices.

**KEYWORDS:** Utility, Maize, ecological vulnerability, Climatic hazards, Northern Benin.

**JEL:** I 31; O13; Q16; Q54

**RÉSUMÉ:** Les aléas climatiques, dont les causes anthropiques sont révélées évidentes, constituent une menace permanente pour l'agriculture. Ainsi, parallèlement aux nouvelles conditions climatiques perçues, une multitude de pratiques agricoles se développent. C'est pour caractériser et mieux comprendre les facteurs déterminants de ces pratiques que cette étude est réalisée. Après la collecte de données auprès de 280 producteurs de maïs au Nord-Est Bénin, une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) a été réalisée et des modèles logit ont été spécifiés. Les résultats ont révélé que la perception à la fois de l'apparition de nouvelles espèces d'herbes, des insectes ravageurs, du démarrage tardif des pluies et la hausse de la température influence positivement les producteurs qui, pour s'y adapter, augmentent la dose des produits chimiques et optent pour l'extensification agricole. Par contre, elle influence négativement les adoptants de l'agroforesterie et les gestionnaires des sols. Quant à la perception de l'arrivée précoce des pluies, elle influence positivement l'adoption des pratiques agricoles qui sont susceptibles d'augmenter la vulnérabilité écologique du producteur face aux aléas climatiques. Par ailleurs, l'expérience du producteur et le contact avec les vulgarisateurs, augmentent la probabilité d'adoption des pratiques agricoles écologiquement non durable.

**MOTS-CLEFS:** Utilité, Maïs, vulnérabilité écologique, Aléas climatiques, Nord-Est Bénin.

## 1 INTRODUCTION

Les années récentes ont été marquées par les aléas climatiques avec des effets variables selon que l'on soit dans le milieu rural ou urbain. Ces aléas se caractérisent par l'apparition des phénomènes comme la sécheresse, les pluies tardives et violentes, l'apparition des ouragans et des inondations [1]. Au Bénin, la sécheresse, les pluies tardives et violentes et les inondations sont trois risques climatiques majeurs constatés par la population [2]. Les incidences de cette variabilité climatique sur les systèmes naturels et humains, tant économiques que sociales, ne sont plus à discuter.

Dans beaucoup de régions, les changements qui touchent les précipitations, perturbent le système hydrologique et influent sur la qualité et la quantité des ressources hydriques [3]. Les effets de ces aléas climatiques sur l'agriculture, couplés avec la faible résilience et la grande vulnérabilité des populations aux chocs, pourraient réduire considérablement leur capacité de gestion des ressources naturelles et altérer ainsi leurs moyens d'existence, leur sécurité alimentaire et leur bien-être [2]. L'évaluation des résultats de nombreuses études portant sur un large éventail de régions, fait apparaître davantage d'incidences négatives que d'incidences positives des aléas climatiques. Certaines études ont montré que les aléas climatiques exacerbent les tensions existantes et déclenchent de nouveaux conflits en redessinant les cartes de la disponibilité en eau, de la sécurité alimentaire, de la prévalence des maladies, des limites côtières et de la répartition de la population [4]. Le Bénin, un pays en développement de l'Afrique de l'Ouest subit déjà les effets négatifs des aléas climatiques [5] à cause de sa forte dépendance à l'agriculture pluviale.

La perception de ces aléas climatiques par les populations est révélée évidente [6], même si elle peut varier en fonction des caractéristiques socio-économiques et culturelles de ces derniers. De plus, les spécialistes sur la question climatique qui perçoivent mieux l'ampleur des manifestations climatiques à cause de leurs avantages technico-scientifiques, n'ont pas hésité de mettre à la face du monde les preuves sur la nouvelle tendance des paramètres climatiques et de signaler l'urgence pour l'adoption des stratégies d'adaptation / d'atténuation [3]. Ainsi, la communauté scientifique, les Etats et les agriculteurs ont conjugué leurs efforts pour développer et mettre en œuvre diverses stratégies complémentaires [7].

Mais nous constatons dans ce contexte d'aléas climatiques, avec toutes ces conséquences environnementales, socio-économiques et humaines, les agriculteurs font des choix délibérés de stratégies agricoles malgré les stratégies d'adaptation complémentaires qui leurs ont été proposées pour endiguer les difficultés climatiques. En effet, certaines stratégies agricoles, telles que pratiquées par les populations des localités du Nord Bénin, ne s'observaient pas dans le passé. Par exemple, pour s'adapter ils choisissent le passage de l'agriculture intensive à celle extensive qui favorise la déforestation ; le recours intensif des produits chimiques (l'engrais minéral et les pesticides) ; l'adoption de nouvelles variétés de semences (la variété à cycle court ou plus résistante) et la délocalisation des aires culturales vers les bas-fonds. Il en ressort que l'économie rurale a changé de forme, de méthodes et d'éléments.

Les nombreux travaux réalisés sur la thématique de la stratégie d'adaptation face aux aléas climatiques, l'on abordé dans le sens d'inventorier les stratégies d'adopter et d'identifier les facteurs déterminants de chaque stratégie adoptée. De plus, ces travaux ont eu à conclure que les producteurs développent des stratégies s'inscrivant dans une logique d'adaptation aux aléas climatiques [8], [9], [10], [11], [12]. Cependant, lorsque l'adaptation englobe les initiatives et les mesures prises pour réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains aux effets des aléas climatiques réels ou prévus [3], l'objectif de l'adoption de certaines stratégies adoptées face aux aléas climatiques, paraît utopique.

Cette étude à la différence de ces travaux antérieurs, aborde les stratégies adoptées face aux aléas climatiques en relation avec la durabilité environnementale. Car, certaines études ont montré que l'agriculteur bien qu'il soit sous la menace des aléas climatiques, sa préoccupation n'est pas le climat [13], [14], pour que l'on pense qu'ils s'y adaptent.

Pour donner un sens aux comportements des agriculteurs dans un contexte d'aléas climatiques, cette étude s'est fondée sur la théorie de l'action raisonnée de [15] et la théorie de rationalité du producteur de [16]. La première théorie, stipule que face à une situation, il existe des stimuli qui influencent les attitudes modifiant ainsi la structure des croyances de l'individu. De plus, bien qu'étant sous l'influence des forces externes, pour opérer un choix, l'agent économique rationnel opte pour l'option qui maximise son utilité [16]. Sachant bien qu'elle est généralement économique, la rationalité peut être écologique ou socioculturelle [17]. Ainsi, face à un problème de choix de stratégie d'adaptation, le producteur a la possibilité d'opter soit à la pure maximisation de son profit ou à la maximisation de son utilité.

Suivant cette logique, le producteur développerait-il face aux aléas climatiques, des pratiques qui s'opposeraient à cette fameuse théorie ? Autrement dit, face aux aléas climatiques les pratiques agricoles actuelles sont-elles écologiquement durables ?

## 2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La recherche a été conduite dans la région Nord-Est du Bénin. Les caractéristiques agroécologiques de cette zone la rendent très vulnérable aux effets néfastes des aléas climatiques. Selon le rapport officiel du [5], le Nord-Est du Bénin est plus affecté par les aléas climatiques que le Sud. En effet, les projections prévoient que les précipitations resteront plus ou moins stables dans la partie Sud du Pays alors qu'elles diminueront d'environ 13 à 15% dans la partie Nord d'ici 2100. Les températures quant à elles augmenteront de manière générale entre +2,6°C et +3,2°C d'ici 2100 sur l'ensemble du territoire. En dépit de ces projections, le Nord du Bénin qui représente environ 73% du territoire nationale et répartie en 4 zones agroécologiques est le grenier du Bénin. Ces caractéristiques justifient son choix comme zone de recherche.

Quatre communes ont été sélectionnées en tenant compte de leur situation géographique de manière à couvrir toute la région de même que les zones agroécologiques y existantes, de l'acuité du problème liés aux aléas climatiques, de l'importance dans la production agricole de la zone, de la représentativité des groupes socio-culturels et de l'accessibilité pendant la période de l'étude, notamment pendant les travaux de terrain. En suivant ces critères les communes de Malanville (Zone agro-écologique I), Banikoara (Zone agro-écologique II-Ouest), Kandi (Zone agro-écologique II-Est) et Bembéréké (Zone agro-écologique III) ont été sélectionnées dans le Nord-Est du Bénin.

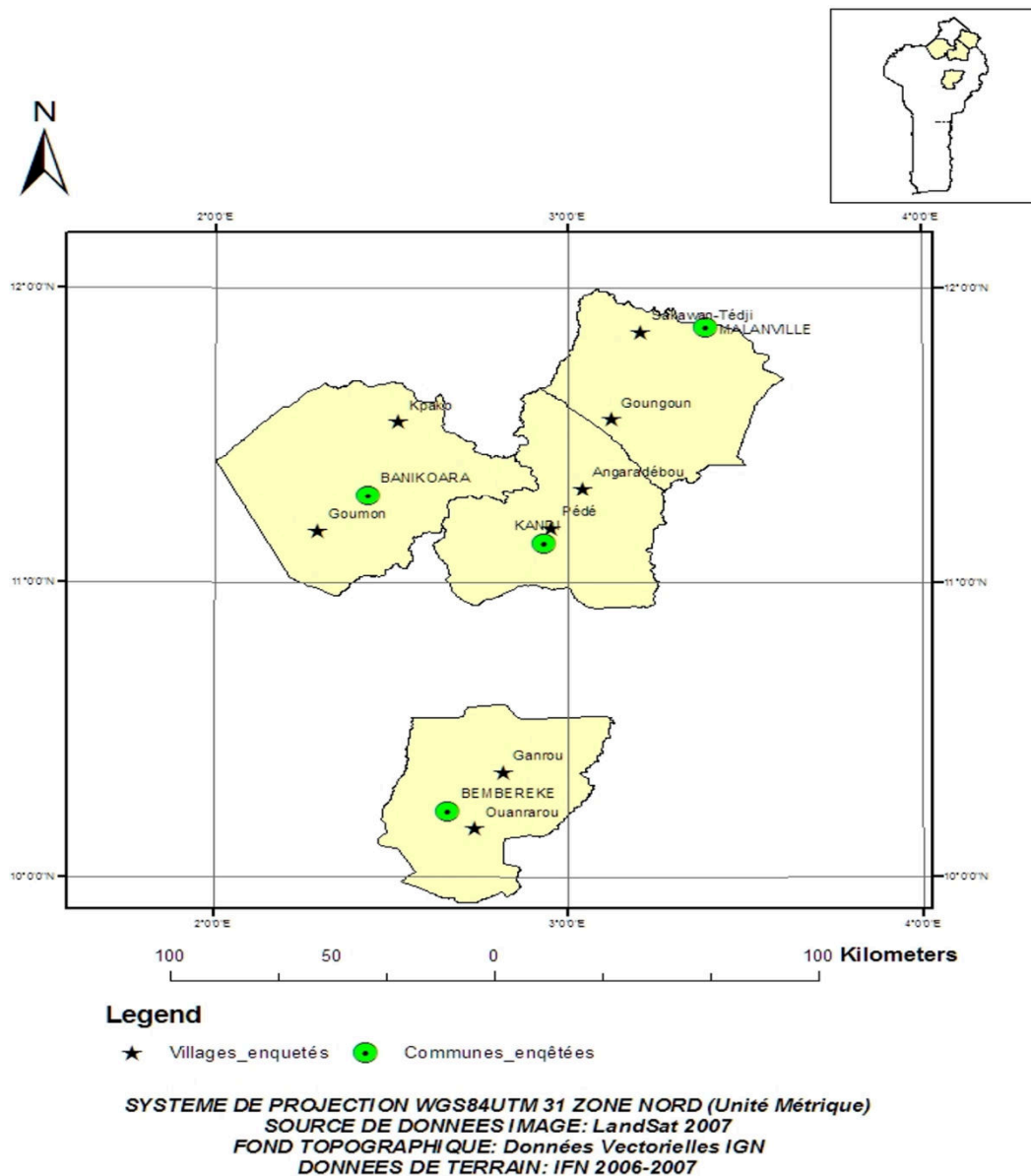


Fig. 1. Carte de la zone d'étude

## 2.2 SÉLECTION DES VILLAGES ET ÉCHANTILLONNAGE DES UNITÉS DE RECHERCHE

Dans chaque commune, deux villages représentatifs ont été sélectionnés en suivant les mêmes critères utilisés pour choisir les communes.

De manière générale, les unités de recherche sont les producteurs de la zone d'étude en générale. Pour simplifier la conduite des travaux de terrain et l'analyse des résultats, seuls les producteurs qui produisent à la fois, le Maïs et le Coton au moins, ont été pris en compte. En réalité, le maïs fait partie de l'une des principales cultures au Nord-Est du Bénin en termes de superficies emblavées et le temps consacré à la production agricole. Par village sélectionné, un échantillon de 35 producteurs a été constitué de manière aléatoire et simple. Ce faisant, l'étude a été menée auprès d'un échantillon de 280 producteurs dans l'ensemble de la zone d'étude.

Les données collectées sont de types primaires. Elles concernent les caractéristiques sociodémographiques des producteurs (Sexe, âge, exercice d'activité secondaire, niveau d'instruction, accès au crédit, expérience en agriculture, contact avec la vulgarisation, nombre d'actifs agricoles par ménage et appartenance à une organisation) et la perception et les stratégies d'adaptation des producteurs ; les inputs et outputs impliqués dans le processus de production. La principale méthode de collecte de ces données primaires sont les enquêtes par des interviews structurées et semi-structurées auprès des producteurs échantillonnés. A cet effet, des questionnaires d'enquêtes ont été élaborés et administrés.

## 2.3 ANALYSE DES CORRESPONDANCES MULTIPLES (ACM) DES PRATIQUES AGRICOLES D'ADAPTATION DES PRODUCTEURS DE MAÏS

Pour faire la typologie des producteurs selon les stratégies agricoles adoptées, une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) a été effectuée à cause du nombre important et la nature qualitative des variables.

L'analyse a été effectuée sous le logiciel R et a permis de distinguer des groupes homogènes de producteurs en fonction des stratégies agricoles. Le tableau1, présente les variables d'intérêt de l'étude.

Tableau 1. Présentation des variables d'analyse et leurs modalités

Types de variables	Noms des Variables	Modalités	Signification
Pratiques agricoles adoptées	Nouvelles variétés de semences	PVM+ PVS-	PVM+ (a adopté les nouvelles variétés de semences) PVM- (n'a pas adopté les nouvelles variétés de semences)
	Rotation culturale	PRC+ PRC-	PRM+ (a adopté les techniques de rotation culturale) PRM-(n'a pas adopté les techniques de rotation culturale)
	Le double semis	PDS+ PDS-	PDC+ (avoir faire le double semis) PDC-(n'a pas fait le double semis)
	Augmentation de la dose d'engrais	PAE+ PAE-	PAE+ (a augmenté la dose d'engrais) PAE-(n'a pas augmenté la dose d'engrais)
	Diminution de la dose d'engrais	PDE+ PDE-	PDE+ (a diminué la dose d'engrais) PDE- (n'a pas diminué la dose)
	Augmentation de la dose de pesticide	PAP+ PAP-	PAP+ (a augmenté la dose de pesticide) PAP- (n'a pas augmenté la dose de pesticide)
	Diminution de la dose de pesticide	PDP+ PDP-	PDP+ (a diminué la dose de pesticide) PDP-(n'a pas diminué la dose de pesticide)
	Conservation du sol	PCS+ PCS-	PCS+ (a adopté les pratiques de conservation du sol) PCS-(n'a adopté les pratiques de conservation du sol)
	Agroforesterie	PAF+ PAF-	PAF+ (fait de l'agroforesterie) PAF- (ne fait pas de l'agroforesterie)
	Changement de localisation de parcelle et extensification	PCL+ PCL-	PCL+ (change de localisation de parcelles culturales) PCL- (ne change pas de localisation de parcelle culturales)

Source : données d'enquêtes des auteurs, 2018

## 2.4 SPÉCIFICATION DU MODÈLE D'ANALYSE DES DÉTERMINANTS DES PRATIQUES AGRICOLES ADOPTÉES

A la lumière du cadre théorique et empirique sur les facteurs déterminants de l'adoption des pratiques agricoles d'adaptation, il a été établi un modèle analytique d'adoption en fonction des caractéristiques socio-économiques des

producteurs et de leurs perceptions des aléas climatiques [18] et [19]. Dans le cadre de cette étude, la méthode des valeurs instrumentales est utilisée pour ressortir le lien entre le facteur climatique perçu par le producteur et sa stratégie adoptée pour y faire face. Autrement dit, ce sont les probabilités prédites issues des modèles de perception qui seront prises en compte dans le modèle d'adoption pour corriger les biais d'endogénéités. Ainsi, le modèle se présente comme suit :

$$ADPA_{ij} = f(Z_{ik}, P_{ip}) \quad (1)$$

La forme ainsi définie est basée sur deux sous-modèles : modèle d'adoption dont la variable dépendante est l'adoption d'un groupe "j" de pratiques agricoles (ADPA) et le modèle de perception dont la variable dépendante est la perception d'un groupe "p" d'aléas climatiques ( $P_{ip}$ ) par le producteur. La forme linéaire du modèle se présente:

$$ADPA_{ij} = \alpha_0 + \sum \alpha_k Z_{ik} + \sum \delta_p P_{ip} + v_i \quad (2)$$

Dans l'équation (2),  $ADPA_{ij}$  est la décision d'adoption d'un groupe 'j' de pratiques agricoles d'adaptation (1 = s'adopte; 0 = ne s'adopte pas) du producteur  $i$ .  $Z_{ik}$  sont les "k" caractéristiques démographiques et socio-économiques liées au producteur "i" capables d'influencer sa décision d'adoption. Notons que  $P_{ip}$ , représente la probabilité prédite de perception d'un groupe "p" d'aléas climatiques par le producteur "i" et  $v_i$  le terme d'erreur suivant conjointement une distribution normale.

En appliquant au modèle de base, la formule mathématique logit ( $P_{ij}$ ) qui représente la probabilité pour que le producteur "i" appartienne au groupe de producteurs "j" qui perçoivent les aléas climatiques et adoptent les mêmes pratiques agricoles d'adaptations, on obtient :

$$P_{ij} = E(ADPA_{ij}) = \frac{1}{1 + e^{-[\alpha_0 + \sum \alpha_k Z_{ik} + \sum \delta_p P_{ip} + v_i]}} \quad (3)$$

Avec "e" est le symbole de l'exponentiel,  $\alpha_0$  la constante et les  $\alpha_k$  et  $\delta_p$  sont des coefficients à estimer, associés respectivement aux variables caractéristiques du producteur "i" et la probabilité prédite de la perception d'un groupe d'aléas climatiques qui influencent la probabilité appartenir au groupe "j" de producteurs adoptant les mêmes pratiques d'adaptation. Les estimations ont été faites à l'aide du logiciel STATA. La méthode d'estimation avec robustesse a été utilisée pour corriger les éventuelles hétéroscédasticités.

### 3 RESULTATS

#### 3.1 CARACTÉRISATION DES PRATIQUES AGRICOLES ADOPTÉES DANS LA PRODUCTION DE MAÏS

Dans le but de faire une typologie des producteurs en fonction des stratégies agricoles adoptées en production de maïs, une analyse des correspondances multiples (ACM) a été réalisée. Les résultats de cette analyse, validée à partir de la contribution cumulée à l'inertie totale des axes factoriels qui est supérieure à cinquante-un pourcent (51%), pour les deux premiers axes (voir tableau 2), ont permis de distinguer quatre groupes homogènes de producteurs selon leurs stratégies agricoles.

Tableau 2. Contribution cumulée à l'inertie totale des axes factoriels de la typologie des producteurs selon les pratiques agricoles adoptées

	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5	Dim.6	Dim.7	Dim.8	Dim.9	Dim.10
Variance	0.379	0.134	0.109	0.096	0.076	0.068	0.041	0.038	0.032	0.027
% of var	37.864	13.408	10.932	9.564	7.645	6.773	4.123	3.781	3.204	2.707
Cumul % of var	37.864	51.272	62.204	71.768	79.413	86.186	90.308	94.089	97.293	100.000

Source : Résultats des auteurs, 2018

Dim= Dimension

#### 3.2 RÉPARTITION DES PRODUCTEURS DE MAÏS EN DE GROUPES HOMOGÈNES EN FONCTION DES PRATIQUES AGRICOLES ADOPTÉES

La figure é montre la représentation graphique du regroupement des individus sur les deux premières dimensions en fonction des pratiques agricoles d'adaptation adoptées. Le premier groupe de producteurs est qualifié de moderniste car, c'est un groupe de producteurs qui se distingue par l'augmentation à la fois de la dose de pesticides et d'engrais ( $PAE^+$ ,  $PAP^+$ ), la pratique du double semis( $PDS^+$ ), l'extension et le changement de la localisation des parcelles culturales( $PCL^+$ ), la pratique de la rotation culturale( $PRM^+$ ) et l'adoption des pratiques de conservation du sol( $PCS^+$ ). Les producteurs du groupe 2, sont des

pratiquants d'agroforesterie (**PAF+**) tout en restant constants avec la dose d'engrais (**PDE-**) et de pesticides utilisée (**PDP-**). En ce qui concerne les producteurs du groupe 3, ils se démarquent par l'adoption de nouvelles variétés de semences (**PVM+**) et la diminution de la dose d'engrais (**PDP+**) et des pesticides de synthèses utilisées (**PDE+**). Enfin, les producteurs du groupe 4, sont considérés de traditionnels car, ils s'adaptent par la gestion des sols. Ils sont ceux qui n'augmentent ni la dose d'engrais (**PAE-**) ni la dose de pesticide (**PAP-**), qui n'adoptent pas les pratiques de conservation du sol (**PCS-**), ne font pas le double semis (**PDS-**) et ne font pas la rotation culturale (**PRM-**).

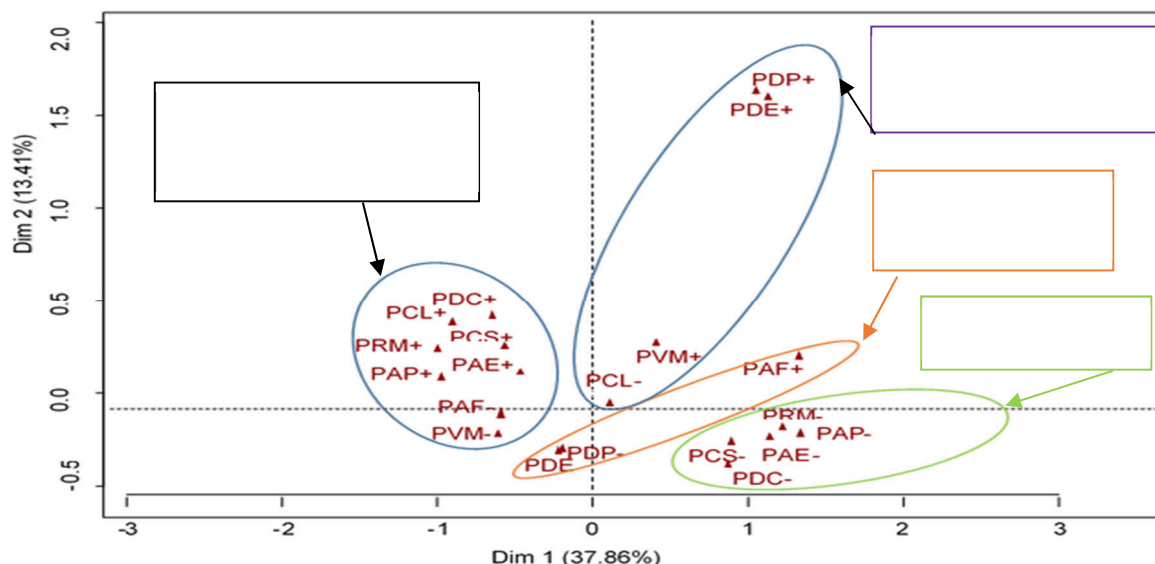


Fig. 2. Représentation graphique des regroupements des producteurs en fonction des pratiques agricoles adoptées sur les deux premières dimensions

Source : Résultats des auteurs, 2018

### 3.3 ANALYSE DES AXES D'INTERVENTIONS DES PRATIQUES AGRICOLES ADOPTÉES EN RELATION AVEC LA PERCEPTION DES ALÉAS CLIMATIQUES

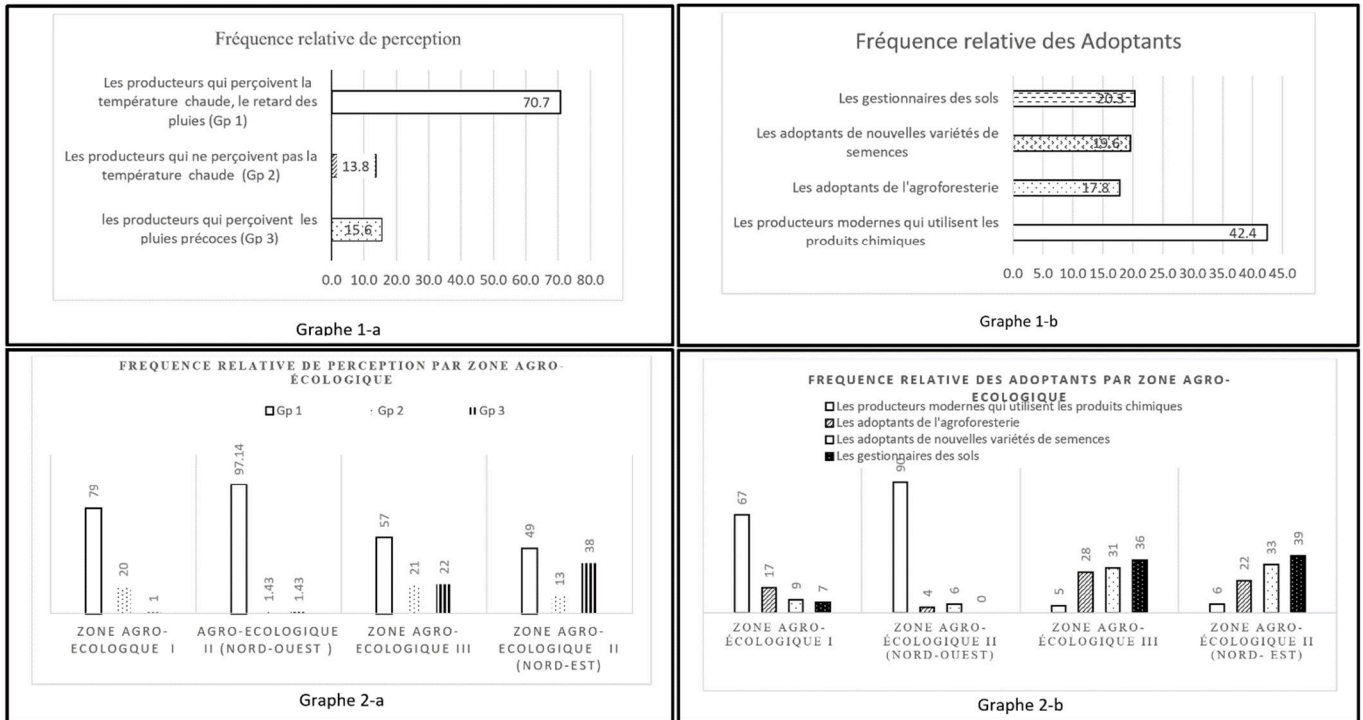
Le graphe (1-a) présente trois groupes de producteurs en fonction de leur perception des aléas climatiques. Le premier groupe de producteurs est le groupe de ceux qui ont perçu à la fois les facteurs tels que : l'arrivée tardive des pluies, la température plus chaude, l'augmentation de la population des ravageurs, l'augmentation et l'apparition de mauvaises espèces d'herbes et l'augmentation des maladies des cultures. Il représente 70,7 % des répondants. Le deuxième groupe de producteurs qui rassemble ceux qui ne perçoivent pas l'élévation de la température, représente 13,8% des répondants. Et enfin, les producteurs du troisième groupe qui représentent 15,6 % des répondants, perçoivent l'arrivée précoce des pluies.

La répartition par zone agro-écologique des producteurs en fonction de leur perception (Graphe 2-a), a permis de constater, bien que les producteurs des quatre zones agro-écologiques aient perçu les facteurs climatiques qui caractérisent le premier groupe de producteurs, la fréquence relative de perception est plus élevée dans les zones agro-écologiques II (Nord-ouest) et I que dans les deux autres. Par contre, concernant la perception de l'arrivée précoce des pluies, elle est plus perçue par les producteurs des zones agro-écologiques II (Nord-est) et III, que ceux des zones agro-écologiques II (Nord-ouest) et I.

Dans ce contexte d'aléas climatiques, ces producteurs ont adopté diverses stratégies agricoles. L'analyse des Correspondance Multiples (ACM) a permis de distinguer quatre groupes de producteurs en fonction des stratégies adoptées à savoir : les producteurs modernes qui utilisent les produits chimiques, les adoptants d'agroforesterie, les adoptants de nouvelles variétés de semences et les gestionnaires des sols. Le calcul des fréquences relatives d'adoption (Graphes 1-b et 2-b), a permis de constater, pendant que les producteurs qui font recours aux produits chimiques représentent près de la moitié des répondants soit 42,4%, les adoptants d'agroforesterie, les adoptants de nouvelles variétés de semences et les gestionnaires des sols, représentent respectivement 20,3%, 19,6% et 17, 8% des répondants.

En se basant sur le concept d'adaptation aux aléas climatiques et les axes d'interventions du Club-Conseil en Agroenvironnement (20), le rapprochement des perceptions des producteurs aux stratégies d'adaptation adoptées nous laisse perplexe. En effet, les producteurs majoritairement (70,7%) ont perçu à la fois l'arrivée tardive des pluies, la température plus

chaude, l'augmentation de la population des ravageurs, l'augmentation et l'apparition de mauvaises espèces d'herbes et l'augmentation des maladies des cultures et pour s'y adapter, ils adoptent majoritairement (42,4%) des stratégies agricoles écologiquement non durables (l'augmentation de la dose des produits chimiques, l'extensification agricole....) au détriment des stratégies d'adaptation durables susceptibles de réduire leur vulnérabilité environnementale présente et future face aux aléas climatiques.



Source : Résultats des auteurs, 2018

**NB :** Pour chaque groupe d'adoptants, la fréquence relative représente le pourcentage des producteurs qui ont perçu un groupe d'aléas climatiques et qui ont adopté une pratique agricole.

### 3.4 ANALYSE ÉCONOMÉTRIQUE DES DÉTERMINANTS D'ADOPTION DES PRATIQUES AGRICOLES D'ADAPTATION EN PRODUCTION DE MAÏS

Les résultats d'estimations des modèles sont consignés dans le **Tableau 3**. Les quatre modèles ont été globalement significatifs au seuil de 1%. De l'analyse des résultats on constate que les variables explicatives introduites dans les modèles, expliquent la variabilité d'appartenance au groupe d'adoptants d'une pratique agricole jusqu'à 53,64 %, 19,99 %, 13,04 % et 23,99 % respectivement pour les groupes de producteurs de 1 à 4.

Il ressort de l'estimation que l'appartenance à la zone agro-écologique 2 (Nord-Ouest) et aux zones agro-écologiques 1 et 3, est positivement et significativement corrélée avec l'adoption de la stratégie d'adaptation qui caractérise les modernistes (**Groupe 1**) au seuil de 5%. En effet, les producteurs de ces trois zones ont plus de chance contrairement à ceux de la agro-écologique 2 Nord-Est, d'appartenir au groupe des modernistes qui pour s'adapter aux aléas climatiques adoptent la stratégie qui consiste à augmenter à la fois la dose d'engrais et la dose des pesticides de synthèse (**PAE\***, **PAP\***), l'extensification agricole avec un changement de localisation des parcelles culturales (**PCL\***), la rotation culturale (**PRC\***), les pratiques de conservation du sol (**PCS\***) et la pratique du double semis (**PDS\***). En effet, lorsque la probabilité d'appartenir à ces trois communes augmente de 100%, la chance d'adopter la stratégie moderne augmente de 63%, 56%, 11% respectivement dans les zones **agro-écologiques II (Nord-Ouest), I et III**. Par contre, on note une corrélation négative et significative entre les appartenances à ces trois zones **agro-écologiques** avec l'adoption de nouvelles variétés de semences qui caractérise le groupe de producteur 3. Pour ce cas, lorsque la probabilité d'appartenir à la zone **agro-écologique II Nord-Est et agro-écologique I** augmente de 100%, la chance qu'un producteur de ces zones adopte les nouvelles variétés de semences baisse respectivement de 32% et 21%. Par ailleurs, la faible adoption de l'agroforesterie et de l'adoption des stratégies de gestion des sols sans produits chimiques pour s'adapter aux aléas climatiques par les producteurs des **agro-écologiques II Nord-ouest et I**, explique l'inexistence de relation à établir entre ces deux variables.

### LE CONTACT AVEC LA VULGARISATION

Le contact avec le service de vulgarisation public est positivement et significativement corrélé avec l'adoption de la stratégie moderne au seuil de 5%. En effet, lorsque la probabilité d'être en contact avec un vulgarisateur public augmente de 100%, la probabilité pour le producteur de faire partir des adoptants des pratiques modernes augmente de 16% et celle d'appartenir au groupe des gestionnaires des sols diminue de 9%. Ce résultat s'explique par la volonté pressante des dirigeants de faire multiplier la production des cultures de rente grâce à l'utilisation des produits chimiques au détriment de l'adoption des pratiques écologiquement durables. Ce penchant positif vers les cultures de rente, occasionne l'inondation des marchés des produits chimiques facilitant ainsi leur accès et leur utilisation. Par ailleurs, bien que la relation soit non significative, le contact avec le service de vulgarisation public est positivement corrélé avec l'adoption de nouvelles semences de maïs. Ce résultat traduit que le contact du producteur avec un agent d'encadrement agricole facilite l'accès d'informations sur les nouvelles variétés de semences les plus résistantes et productives.

### L'EXPÉRIENCE EN AGRICULTURE

Pendant que l'expérience du producteur est positivement corrélée avec l'adoption des stratégies modernes, elle est négativement corrélée avec l'adoption de l'agroforesterie, qui est une pratique écologiquement durable. En effet, lorsque la probabilité d'être plus expérimenté augmente de 100%, la chance d'adopter les pratiques modernes augmente de 0,2% et celle d'adopter l'agroforesterie diminue de 0,2%. Par ailleurs, on note une corrélation positive entre l'expérience du chef de ménage et l'appartenance au groupe des gestionnaires des sols. L'influence positive de l'expérience du chef de ménage sur l'adoption des pratiques modernes (écologiquement non durable) s'explique par des contraintes de production<sup>1</sup>, susceptible d'empêcher le producteur malgré son expérience de choisir les pratiques agricoles durables pour s'adapter aux aléas climatiques.

### LE NIVEAU D'ÉDUCATION

Pendant que la corrélation du niveau d'éducation du producteur avec l'adoption des pratiques modernes est négative et non significative, ses corrélations avec l'adoption de l'agroforesterie et de l'adoption des stratégies de gestion des sols sans produits chimiques, sont positives et significatives. En effet, lorsque la probabilité d'avoir un niveau d'éducation élevé augmente de 100%, la chance d'adopter des stratégies écologiquement durables augmente de 12% et 11% respectivement pour l'agroforesterie et pour les stratégies de gestion des sols sans produits chimiques. Ce résultat s'explique par l'avantage qu'ont les producteurs les plus instruits à mieux cerner les enjeux de l'action de l'homme sur son environnement, largement développés par les travaux scientifiques, qui prônent l'adoption des pratiques agricoles écologiquement durables au détriment de celles non durables.

### LA TAILLE DU MÉNAGE

Les résultats ont montré une corrélation négative mais non significative de la taille du ménage et l'adoption des pratiques modernes. Le sens de cette corrélation bien qu'étant non significative, s'explique par le fait que la faible disponibilité de la main d'œuvre et le choix de produire plus, poussent les producteurs à recourir aux produits chimiques. Par contre, plus la taille du ménage est élevée, plus le chef de ménage dispose d'une main d'œuvre suffisante, qui facilite l'entretien des champs sans recours aux produits chimiques, tout en adoptant de nouvelles variétés de semences les plus résistantes et plus rentables. Ce qui permet au chef de ménage d'assurer l'alimentation de sa famille et adopter l'agroforesterie pour s'adapter aux aléas climatiques. Par ailleurs, la taille du ménage est négativement et de façon non significative corrélée avec l'adoption des stratégies de gestion des sols sans produits chimiques. Le sens négatif de cette relation s'explique par le fait que l'adoption de certaines stratégies de gestion des sols face aux aléas climatiques n'assure pas au chef de ménage le nécessaire pour nourrir sa grande famille. Ce résultat souligne l'importance d'accompagner les gestionnaires des sols avec des technologies écologiquement durables et plus productives.

---

<sup>1</sup> Il s'agit des contraintes foncières et de rentabilités



## LA SUPERFICIE EMBLAVÉE

Les superficies emblavées en production de maïs et de coton sont positivement et de façon non significative corrélées avec l'adoption des pratiques modernes. Par ailleurs, la superficie en maïs et l'adoption de nouvelles variétés de semences sont positivement et significativement corrélées au seuil de 10%. Le sens positif de la corrélation entre la superficie emblavée des deux spéculations et l'adoption des pratiques modernes et l'adoption de nouvelles variétés de semences, s'explique par la logique de maximisation de profit du producteur car, les superficies emblavées de maïs et de coton sont négativement mais non significativement corrélées avec l'adoption des pratiques écologiquement durables.

## LA PERCEPTION DES ALÉAS CLIMATIQUES

Il ressort des résultats de l'estimation que la probabilité prédite de la perception à la fois de l'apparition de nouvelles espèces d'herbes, des insectes ravageurs, le démarrage tardif des pluies et la hausse de la température, influence positivement les producteurs qui, pour s'y adapter augmentent la dose des produits chimiques et optent pour l'extensification agricole (Groupe 1) et adoptent les nouvelles variétés de semences (Groupe 3). Par contre, elle influence négativement les adoptants de l'agroforesterie (Groupe 2) et les gestionnaires des sols (Groupe 4). En effet, lorsque la probabilité de percevoir à la fois l'apparition de nouvelles espèces d'herbes, des insectes ravageurs, le démarrage tardif des pluies et la hausse de la température, augmente de 100%, la probabilité d'adopter des pratiques modernes (écologiquement non durables) augmente de 33 % et les probabilités d'adopter les pratiques agricoles durables diminuent respectivement de 61% et 52%, pour les adoptants de l'agroforesterie et les gestionnaires des sols.

Quant à la probabilité prédite de la perception de l'arrivée précoce des pluies, elle est positivement et significativement corrélée avec l'adoption des pratiques modernes (Groupe1), qui sont susceptibles d'augmenter la vulnérabilité écologique du producteur face aux aléas climatiques. De même, elle est positivement corrélée avec l'adoption de la stratégie de gestion des sols sans produits chimiques, mais de façon non significative. De ce fait, lorsque la probabilité de percevoir l'arrivée précoce des pluies augmente de 100%, la chance d'adopter des pratiques modernes (écologiquement non durables) augmente de 81 %. Par contre, elle est négativement corrélée de façon non significative avec l'adoption de l'agroforesterie et l'adoption de nouvelles variétés de semences.

La corrélation positive de la perception de l'arrivée précoce des pluies avec l'adoption des stratégies de gestion des sols sans produits chimiques, s'explique par le fait que dans un contexte d'agriculture de type pluvial, l'arrivée précoce des pluies avantage plus les producteurs. Elle leur permet de semer pour récolter tôt la moisson afin de résoudre les problèmes de rupture des vivres, le plus souvent constaté entre la fin de la saison sèche et le début de la saison pluvieuse. De plus, l'arrivée précoce offre la possibilité aux producteurs de semer la variété de semence à cycle long, généralement qualifiée de meilleure aux nouvelles variétés de semences à cycle court par rapport au rendement et le bon goût [21].

De tout ce qui précède, il est important de constater que les aléas tels que : l'apparition de nouvelles espèces d'herbes, des insectes ravageurs, le démarrage tardif des pluies et la hausse de la température, bien qu'ayant été les aléas majoritairement perçus par les producteurs, cette perception n'a influencé que positivement l'adoption des pratiques écologiquement non durables (susceptibles d'augmenter la vulnérabilité du producteur). Par contre, elle influence négativement l'adoption des pratiques agricoles écologiquement durables, susceptibles de réduire la vulnérabilité future du producteur face aux aléas climatiques.

Tableau 3. Résultats d'estimation des déterminants d'adoption des pratiques agricoles en production de maïs

Variables	Déterminants des pratiques agricoles dans la production du maïs							
	Groupe 1 :		Groupe 2 :		Groupe 3 :		Groupe 4	
	Les producteurs modernes qui utilisent les produits chimiques		Les adoptants de l'agroforesterie		Les adoptants de nouvelles variétés de semences		Les gestionnaires des sols	
	Coefficients	Effet marginaux	Coefficients	Effet marginaux	Coefficients	Effet marginaux	Coefficients	Effet marginaux
Contact avec la vulgarisation	1,69** (0,73)	0,16** (0,06)	-	-	0,14 (0,50)	0,02 (0,06)	-0,78* (0,47)	-0,09* (0,57)
Expérience en agriculture du chef de ménage	0,42* (0,23)	0,003* (0,002)	-0,04** (0,02)	-0,005** (0,002)	-0,01 (0,01)	-0,002 (0,002)	0,02* (0,01)	0,003* (0,003)
Niveau d'éducation	-0,57 (0,49)	-0,05 (0,04)	0,97* (0,55)	0,12* (0,07)	0,14 (0,43)	0,01 (0,06)	0,93* (0,47)	0,11** (0,05)
Taille du ménage	-0,08*** (0,02)	-0,08*** (0,002)	0,07** (0,03)	0,009** (0,004)	0,01 (0,03)	0,001 (0,005)	-0,006 (0,02)	-0,0007 (0,006)
Superficie du maïs emblavée (ha)	0,009 (0,06)	0,0009 (0,005)	-0,03 (0,04)	-0,004 (0,006)	0,08* (0,05)	0,01* (0,006)	-0,008 (0,05)	-0,001 (0,006)
Superficie du coton emblavée (ha)	0,07 (0,06)	0,007 (0,006)	-0,04 (0,04)	-0,003 (0,005)	-0,10* (0,05)	-0,01 (0,008)	-0,04 (0,05)	-0,004 (0,007)
zone agro-écologique II (Nord-Ouest)	6,67*** (1,41)	0,63*** (0,11)	-	-	-2,39*** (0,43)	-0,32*** (0,10)	-	-
zones agro-écologique I	5,94*** (1,55)	0,56*** (0,12)	-	-	-1,55** (0,68)	-0,21** (0,10)	-	-
zone agro-écologique II (Nord- Est)	-	-	0,98 (0,90)	0,13 (0,11)	0,51 (0,60)	-0,07 (0,08)	1,00 (0,71)	0,12 (0,08)
zones agro-écologique III	1,25*** (1,02)	0,11*** (0,09)	0,96 (0,61)	0,12 (0,08)	-	-	0,98 (0,45)	0,11 (0,05)
Activité secondaire élevage	0,84 (0,66)	0,08 (0,06)	-	-	0,24 (0,43)	0,03 (0,05)	0,28 (0,47)	0,03 (0,05)
Perception à la fois des ravageurs, forte température, maladies des cultures et le démarrage tardif des pluies	3,4* (2,04)	0,33* (0,18)	-4,65** (1,68)	-0,61*** (0,24)	0,25 (1,73)	0,03 (0,23)	-4,37** (0,74)	-0,52*** (0,20)
Perception de l'arrivée précoce des pluies	8,57** (3,92)	0,81** (0,34)	-4,47 (2,97)	-0,59 (0,40)	-1,97 (1,84)	-0,27 (0,41)	1,42 (2,18)	0,17 (0,26)
Constantes	-8,50 (2,84)	-	0,65 (1,43)	-	-1,28 (1,51)	-	0,15 (1,61)	-
Nombre d'observations	276				276		276	
Kh <sup>2</sup> de Wald	108,47*** (ddl=12)		26,99*** (ddl=09)		33,58*** (ddl= 12)		55,76*** (ddl=11)	
R <sup>2</sup> ajusté(%)	53,64		19,99		13,04		23,99	
Prob > chi2	0.00		0.00		0.00		0.00	

Source : Résultats des auteurs, 2018

NB : les valeurs entre parenthèses sont les erreurs-types ; ddl : degré de liberté et \*\*\* : valeur significative à 1 % ( $P < 0,01$ ) ; \*\* : valeur significative à 5 % ( $0,01 < P \leq 0,05$ ) ; \* : valeur significative à 10 % ( $0,05 < P \leq 0,10$ ).

#### 4 DISCUSSION

Les résultats obtenus mettent en exergue les facteurs déterminants de l'adoption des stratégies agricoles face aux aléas climatiques. En s'appuyant sur les services-conseils offerts par le Clubs-conseils en agroenvironnement [20], nous remarquons que seules l'agroforesterie et les stratégies agricoles de gestion des sols sans produits chimiques, adoptées par les producteurs pour s'adapter face aux aléas climatiques, s'inscrivent dans les axes d'interventions agroenvironnementaux.

Par contre, l'augmentation de la dose des produits chimiques et l'extensification agricole qui caractérisent les modernistes sont des pratiques contre les prescriptions du Club-Conseil en Agroenvironnement. En effet, pour s'adapter, lorsque les producteurs n'ont plus la possibilité de trouver de nouveaux espaces cultivables pour étendre leur superficie à emblaver, ils font recours aux produits chimiques en surdose dont les effets positifs sont de court terme. Ce comportement expose ces derniers à un problème de baisse de fertilité qui survient après la destruction des microorganismes du sol. Une nouvelle

contrainte ainsi créée, conduit ces producteurs à faire le double semis à cause de l'incapacité des semences à supporter les nouvelles propriétés chimiques du sol et la pression des ravageurs. De plus, il est important de préciser, que le semis direct réalisé par les modernistes, qui sous-entend la conservation du sol, est dû à l'usage des pesticides qui provoque la décomposition forcée de la terre dans le but d'économiser le temps pour plus emblaver, et non dans le souci de conserver réellement le sol selon les règles agronomiques.

Les résultats ont aussi montré que le choix d'adopter une stratégie agricole varie d'une commune à une autre et est influencé par les facteurs sociodémographiques, économiques, la superficie emblavée et la perception des aléas climatiques du producteur.

Par rapport à l'influence de l'éducation du chef de ménage et la taille du ménage sur le choix du type de stratégie d'adaptation, les résultats confirment ceux de [20], qui ont montré l'agroforesterie et la diversification agropastorale comme des stratégies d'adaptation et leur adoption est positivement influencée par le niveau d'éducation du chef de ménage et la taille du ménage.

A la différence des résultats des travaux de [23], [12], [24] et [19], qui considèrent les réactions des producteurs face aux aléas climatiques perçus, comme des stratégies d'adaptation, les résultats de notre étude ont permis de constater qu'en réalité, les producteurs de par les stratégies adoptées relativement à leur perception, ne se préoccupent pas des aléas climatiques, mais poursuivent un objectif économique de production qu'est la maximisation de leur revenu qui, écologiquement le rend plus vulnérable. Ainsi, se confirme la théorie de maximisation de profit du producteur face à plusieurs options de choix et le rejet de l'hypothèse de rationalité écologique du producteur dans le choix des pratiques de [17]. Nos résultats corroborent aussi ceux de [25], [13] et [14], qui ont trouvé que les changements de l'utilisation des terres et de stratégies pour subvenir aux besoins sont guidés par une gamme de facteurs parmi lesquels le climat importe peu.

## 5 CONCLUSION

Cette étude s'inscrit dans une logique de compréhension des réels facteurs qui expliquent le choix d'une stratégie agricole dans un contexte d'aléas climatiques. Conscient que la réaction du producteur n'est intelligible qu'en fonction de sa perception des faits, dans un premier temps, la perception des aléas climatiques a été étudiée avant de déterminer son influence sur le comportement du producteur. Les résultats montrent que les producteurs perçoivent majoritairement à la fois l'arrivée tardive des pluies, la température plus chaude, l'augmentation de la population des ravageurs, l'augmentation et l'apparition de mauvaises espèces d'herbes et l'augmentation des maladies des cultures. Toutefois, les analyses économétriques ont permis de comprendre que les aléas climatiques perçus par les producteurs, ne paraissent point leur soucier, pour qu'ils adoptent des pratiques agroenvironnementales, car bien qu'ayant perçus, ils adoptent plus les stratégies agricoles [l'augmentation de la dose des produits chimiques et l'extensification agricole] dans le souci de maximiser leur utilité. En effet, le choix des producteurs en termes d'adoption de pratiques agricoles est orienté vers des pratiques qui les rendent écologiquement plus vulnérables face aux aléas climatiques. Cette logique des producteurs est contraire à celle des spécialistes de l'environnement qui prône "les pratiques agricoles intelligentes" qui garantissent la réduction de la vulnérabilité des producteurs tant écologique, sociale, économique qu'humaine.

De plus, les analyses ont permis de constater que les maïsiculteurs pour maximiser leur production décident d'augmenter leur superficie en coton, ce qui les pousse à détruire tous les fronts pionniers à la recherche du mieux-être. Par la suite, face au caractère limité de la terre et la baisse de sa fertilité due à sa surexploitation, les producteurs font recours à une surdose des produits chimiques pour maintenir l'équilibre. Ainsi, l'adoption des produits chimiques, dont les effets positifs sont de court terme, accentue le problème de la baisse de fertilité suite à la destruction des microorganismes du sol. Par conséquent, les producteurs se trouvent contraints à faire le double semis à cause de l'incapacité des semences à supporter les nouvelles propriétés chimiques du sol et la pression des ravageurs et plus exposés aux caprices du climat.

Cette étude recommande aux producteurs d'adopter des "pratiques intelligentes" qui peuvent leur permettre d'augmenter la production tout en sauvegardant l'environnement pour mieux faire face aux aléas climatiques. A l'endroit des décideurs politiques, il urge que des mesures d'interdiction formelles d'importations des produits chimiques soient prises et accélérer la vulgarisation pour le retour vers l'agriculture biologique.

## REFERENCES

- [1] NIANG I. Le changement climatique et ses impacts: les prévisions au niveau mondial. *Liaison Énerg Francoph.* 2009;(OCT):13–20.
- [2] Agossou DSM, Tossou CR, Vissoh VP, Agbossou KE. Perception des perturbations climatiques, savoirs locaux et stratégies d'adaptation des producteurs agricoles béninois. *Afr Crop Sci J.* 2012;20(2):565–588.

- [3] GIEC. Résumé à l'intention des décideurs. In: Changements climatiques 2014, L'atténuation du changement climatique. Contribution du Groupe de travail III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [sous la direction de Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel et J.C. Minx]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York (État de New York), États-Unis d'Amérique. 2014.
- [4] Oli Brown et Alec Crawford. Évaluation des conséquences des changements climatiques sur la sécurité en Afrique de l'Ouest : Étude de cas nationale du Ghana et du Burkina Faso. 2008.
- [5] MEHU. Deuxième Communication Nationale de la République du Bénin sur les Changements Climatiques. Cotonou: Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme; 2011.
- [6] Yvonne M, Richard O, Solomon S, George K. Farmer Perception and Adaptation Strategies on Climate Change in Lower Eastern Kenya: A Case of Finger Millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn) Production. *J Agric Sci*. 6 nov 2016;8(12):33.
- [7] Edward R. Rhodes, Abdulai Jalloh, et Aliou Diouf. Revue de la recherche et des politiques en matière d'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'agriculture en Afrique de l'Ouest. 2014.
- [8] Deressa TT, Hassan RM, Ringler C, Alemu T, Yesuf M. Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *Glob Environ Change*. 2009;19(2):248–255.
- [9] Gnangle PC, Egah J, Baco MN, Gbemavo CD, Kakaï RG, Sokpon N. Perceptions locales du changement climatique et mesures d'adaptation dans la gestion des parcs à karité au Nord-Bénin. *Int J Biol Chem Sci*. 2012;6(1):136–149.
- [10] Yegbemey RN, Yabi JA, Tovignan SD, Gantoli G, Haroll Kokoye SE. Farmers' decisions to adapt to climate change under various property rights: A case study of maize farming in northern Benin (West Africa). *Land Use Policy*. sept 2013; 34:168-75.
- [11] Piya L, Maharjan KL, Joshi NP. Determinants of adaptation practices to climate change by Chepang households in the rural Mid-Hills of Nepal. *Reg Environ Change*. avr 2013;13(2):437-47.
- [12] Katé S. Manifestation des changements climatiques et perception des producteurs dans les zones cotonnières: Cas de l'arrondissement de Founougo (Commune de Banikoara). Mém Pour L'obtention Diplôme D'étude Approfondie Univ D'Abomey-Calavi Bénin 64pp. 2011;
- [13] Mertz O, Mbow C, Reenberg A, Diouf A. Farmers' Perceptions of Climate Change and Agricultural Adaptation Strategies in Rural Sahel. *Environ Manage*. mai 2009;43(5):804-16.
- [14] Callo-Concha D. Farmer Perceptions and Climate Change Adaptation in the West Africa Sudan Savannah: Reality Check in Dassari, Benin, and Dano, Burkina Faso. *Climate*. 25 mai 2018;6(2):44.
- [15] Fishbein M, Ajzen I. *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Reading, MA: Addison-Wesley. 1975.
- [16] McFadden D. The revealed preferences of a government bureaucracy: Theory. *Bell J. Econ*. 401–416. 1975;
- [17] Laura Vang Rasmussen , Anette Reenberg. Collapse and Recovery in Sahelian Agro-pastoral Systems Rethinking Trajectories of Change. *Resil Alliance Inc*. mars 2012;17(1):12.
- [18] David Maddison. The perception and adaptation to climate change in Africa. Policy Research Working Paper WPS4308. Washington (DC): The World Bank, Development Research Group, Sustainable Rural and Urban Development Team; [www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2007/08/06/000158349\\_20070806150940/Rendered/PDF/wps4308.pdf](http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2007/08/06/000158349_20070806150940/Rendered/PDF/wps4308.pdf). 2007.
- [19] Gbetibouo GA. Understanding farmers' perceptions and adaptations to climate change and variability: The case of the Limpopo Basin, South Africa. Environment and Production Technology Division. IFPRI Discussion Paper 00849. Washington (DC) : IFPRI. [www.ifpri.org/sites/default/files/publications/ifpridp00849.pdf](http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/ifpridp00849.pdf). 2009.
- [20] COORDINATION SERVICES-CONSEILS. Bilan des réalisations 2012-2013- Evolution des pratiques agroenvironnementales des exploitations agricoles accompagnées par les clubs-conseils en agroenvironnement, 30 P. 2013 p. 30.
- [21] Lacy SM, Cleveland DA, Soleri D. Farmer choice of sorghum varieties in southern Mali. *Hum Ecol*. 2006;34(3):331–353.
- [22] Abid M, Schneider UA, Scheffran J. Adaptation to climate change and its impacts on food productivity and crop income: Perspectives of farmers in rural Pakistan. *J Rural Stud*. 2016;47:254–266.
- [23] Yegbemey RN, Yabi JA, Aïhounton GB, Paraiso A. Modélisation simultanée de la perception et de l'adaptation au changement climatique: cas des producteurs de maïs du Nord Bénin (Afrique de l'Ouest). *Cah Agric*. 2014;23(3):177–187.
- [24] Deressa TT, Hassan RM, Ringler C. Perception of and adaptation to climate change by farmers in the Nile basin of Ethiopia. *J Agric Sci*. févr 2011;149(01):23-31.
- [25] Barbier B, Yacouba H, Karambiri H, Zoromé M, Somé B. Human Vulnerability to Climate Variability in the Sahel: Farmers' Adaptation Strategies in Northern Burkina Faso. *Environ Manage*. mai 2009;43(5):790-803.