

TENDANCES CLIMATIQUES PASSEES, MODELISATION, PERCEPTIONS ET ADAPTATIONS LOCALES AU BENIN

Césaire P. GNANGLÈ¹, Romain K. GLÈLÈ², Achille E. ASSOGBADJO², Samuel VODOUNON¹, Jacob YABI³ et Nestor SOKPON³

¹ Institut National des Recherches Agricoles du Bénin

01 BP 884

Cotonou, Bénin

gnampaces@yahoo.fr

² Faculté des sciences agronomiques, Université d'Abomey-Calavi

01 BP 526

Cotonou, Bénin

glele.romain@gmail.com

³ Faculté d'agronomie, Université de Parakou

BP 123

Parakou, Bénin

Résumé

La présente étude examine l'évolution des facteurs climatiques entre 1960 et 2008 des trois zones climatiques du Bénin, les perceptions locales face aux changements climatiques ainsi que les adaptations développées par les communautés locales pour faire face aux variations notées. À cet effet, les données climatiques ont été soumises à l'analyse des séries chronologiques et les équations des différentes tendances ont été établies. En ce qui concerne les perceptions et adaptations, des enquêtes individuelles appuyées par des entretiens de groupes ont été effectuées sur 1045 chefs de ménages répartis dans les zones climatiques soudanaises, soudano-guinéennes et guinéennes. Les données liées à la perception locale de l'intensité des événements climatiques dans les années 1960 à 1970 et après 2000 ont été soumises à une analyse en composantes principales, et celles liées aux formes d'adaptation à une analyse factorielle des correspondances. Les résultats obtenus indiquent une augmentation significative de la température moyenne (plus de 1°C) dans les trois zones, ainsi qu'une diminution perceptible de la pluviométrie (-5,5 mm/an en moyenne) et du nombre moyen annuel de jours de pluie. Les autres résultats indiquent une variation des perceptions liées aux changements climatiques en fonction des catégories socioculturelles des sujets. La même remarque peut être faite pour les adaptations qui sont principalement les semis précoces, l'utilisation d'engrais minéral ou une non-adaptation.

Mots-clés : Changements climatiques, zones climatiques, perceptions locales, adaptation, Bénin.

Abstract

Past climate trends: modeling, local perceptions and adaptation in Benin

The present study has examined the evolution trend of climatic patterns between 1960 and 2008 of the 3 climatic zones of Benin and the local perceptions on the climate changes as well as the adaptation noted in the agricultural practices. Thus, climate data were submitted to the trend analysis and the equations of the different trends were also established. As far as the local perceptions on climate changes were concerned, an individual survey, supported by group discussion was done, using 1045 informants dispatched up into the Sudanian, Sudano-Guinean and Guinean zones. Data linked to the intensity of climatic events between 1960 and 1970 and after 2000 were submitted to Principal Component Analysis and those linked to adaptation to Correspondence analysis. Results indicated a significant increase of the mean temperature (more than 1°C) in the 3 climatic zones and a perceptible decrease of the rainfall (5.5 mm/year) and the number of rainy days per year. Other results revealed variability in the perceptions on climate changes according to socio-cultural groups of individuals. The same conclusions were made as far as the adaptations were concerned. These adaptations were mainly the use of mineral fertilizers, precocious sowing or a non-adaptation.

Keywords: Climate changes, climatic zones, perceptions, adaptations, Bénin.

Introduction

Dans l'histoire humaine, le besoin de comprendre les changements climatiques n'a jamais été aussi urgent et important qu'au 21^{ème} siècle, surtout en zone tropicale où la déforestation et l'extinction des espèces sont relativement plus importantes et les conditions de vie, plus précaires (Bush et Flenley, 2007). Ces phénomènes sont encore plus accentués en Afrique où la déforestation est très importante. L'importance de la variabilité temporelle en Afrique tient au fait que les paramètres climatiques, censés varier dans le temps du fait du cycle saisonnier global de la planète, présentent également différentes évolutions selon les régions. Comprendre et prédire ces variations annuelles, décennales ou multi-décennales dans un passé récent est devenu un défi pour les spécialistes africains du climat (AMMA ISSC, 2005 ; Janicot *et al.*, 2008). Le développement des méthodes de prédiction des variations climatiques sur le long terme a connu un développement prodigieux (Folland *et al.*, 1991 ; Stockdale *et al.*, 1998 ; Washington et Downing, 1999). Mais cela n'a pas permis de cerner les causes fondamentales de la baisse drastique de la pluviométrie en Afrique, surtout en zone sahélienne (Rowell *et al.*, 1995 ; Xue et Shukla, 1998). Ce changement pluviométrique a entraîné naturellement des changements dans la variabilité des autres paramètres climatiques comme la température, l'humidité relative et la tension de vapeur. Les changements climatiques continuent d'affecter non seulement les écosystèmes forestiers, à travers une fréquence accrue des feux de végétation, mais aussi les écosystèmes aquatiques à travers des inondations plus fréquentes et les activités agricoles des populations africaines (IPCC, 2007). De même, les changements climatiques ont pour effet une fréquence accrue de nouvelles maladies infectieuses. Dans les régions sahéliennes de l'Afrique par exemple, les conditions de plus en plus sèches et chaudes ont finalement conduit à la réduction de la saison des pluies, avec un effet négatif direct sur le rendement des cultures et la fréquence des périodes de famine (IPCC, 2007).

Ces changements climatiques sont perçus et compris de façons diverses par les populations africaines selon leurs caractéristiques socioculturelles. Les différences de perception des changements climatiques ont induit une variabilité dans les formes d'adaptation pour minimiser les effets de ces changements climatiques. En effet, l'adaptation des populations rurales est un aspect critique en ce qui concerne les pays en développement où la vulnérabilité est élevée à cause des faibles moyens des communautés locales. L'adaptation est une sorte d'ajustement écologique, social ou économique en réponse à des changements climatiques observés ou à venir pour atténuer leurs impacts (IPCC, 2001 ; Adger *et al.*, 2005). Ces adaptations sont notées au niveau individuel comme au niveau des communautés et sont motivées par une multitude de facteurs comme les échanges commerciaux (Smit *et al.*, 2000), les réseaux sociaux (Adger, 2005) ou par des actions individuelles surtout au niveau des pratiques agricoles, en ce qui concerne les populations rurales. De ce fait, l'adaptation pourrait aider les populations à garantir leur alimentation, leur revenu et sécuriser leur bien-être dans le contexte actuel des changements climatiques et des conditions socio-économiques se traduisant par les variations du climat, les sécheresses ou les inondations (Kandlinkar et Risbey, 2000).

Face à ces changements climatiques, leurs effets sur les écosystèmes et les adaptations des populations, il devient nécessaire et urgent en Afrique de mieux comprendre et caractériser ces variations climatiques et surtout, d'analyser les perceptions locales à ce sujet. La caractérisation des adaptations des populations locales dans un contexte de changements climatiques permettra de mieux analyser, comprendre et vulgariser les meilleures adaptations, tenant compte des spécificités climatiques régionales. La présente étude est préliminaire et a pour objectif principal de caractériser la variabilité de paramètres climatiques à l'aide de

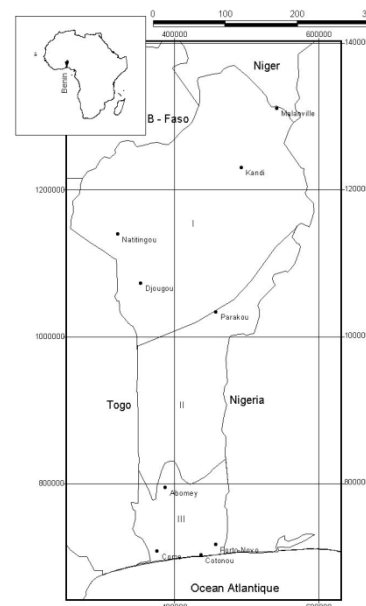
séries chronologiques et d'analyser la perception locale et les adaptations au Bénin. Les deux principales hypothèses testées dans cette étude sont 1) la tendance évolutive des paramètres climatiques de 1960 à 2000 en fonction des zones climatiques du Bénin, 2) les perceptions locales et les adaptations aux changements climatiques selon les groupes socioculturels.

1. Matériel et méthodes

1.1. Collecte des données climatiques et socioculturelles

Les données climatiques relatives à la hauteur de pluie, la température moyenne, l'humidité relative, l'insolation et le nombre annuel de jours de pluie supérieure à 0,85 mm (Sivakumar, 1988) ont été analysées de 1960 à 2008 pour 34 stations géographiquement réparties dans tout le Bénin (figure 1), données fournies par l'ASCENA (Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne).

Figure 1 : Matérialisation des trois principales zones climatiques au Bénin. *Location of the three climatic zones of Benin.*



En ce qui concerne les données socioculturelles, un échantillonnage aléatoire de 55 chefs de ménages a été effectué en avril 2009 dans chacun des 19 villages aléatoirement retenus dans les trois zones climatiques du Bénin. Au total, 1045 chefs de ménage ont été considérés et soumis à un questionnaire individuel. Des entretiens semi-structurés ont aussi été effectués dans chacun des villages pour mieux cerner les informations fournies lors des entretiens individuels. Les données collectées concernaient les catégories socioculturelles (ethnie, âge et sexe), leur perception par rapport à l'intensité des événements climatiques dans les années 1960 et après 2000, sur une échelle de valeurs de 1 (très faible intensité) à 5 (très forte intensité), les autres valeurs d'échelle étant faible intensité (2), moyenne intensité (3) et forte intensité (4). Ces événements sont liés aux vents, inondations, apparition de nouvelles maladies, température ambiante, durée des saisons sèches, etc. Par ailleurs, d'autres données ont été aussi collectées telles que les différentes adaptations tenant compte des changements climatiques passés.

1.2. Caractérisation de la tendance des paramètres climatiques au Bénin

Les 34 stations climatiques étudiées sont réparties dans les trois zones climatiques que sont la zone Soudanienne ($9^{\circ}45'-12^{\circ}25'N$, notée zone 1), la zone Soudano-Guinéenne ($7^{\circ}30'-9^{\circ}45'N$, notée zone 2) et la zone Guinéenne ($6^{\circ}25'-7^{\circ}30'N$, notée zone 3). La pluviométrie moyenne de la zone Soudanienne est inférieure à 1000 mm et l'humidité relative moyenne de

1960 à 2000 est de 54,9 % ; la température moyenne est de 27,5°C. En zone soudanienne, les sols sont hydromorphes, bien drainés ; ce sont pour la plupart des lithosols ; la végétation est principalement composée de savanes avec de petits arbres. La zone soudano-guinéenne présente une pluviométrie unimodale, de mai à octobre, avec 113 jours de pluie et une pluviométrie moyenne annuelle (1960-2000) de 900 à 1100 mm. La température annuelle varie entre 21,2°C (moyenne des minima) et 32,5°C (moyenne des maxima), l'humidité relative étant comprise entre 45,5 % (moyenne des minima) et 87,1 % (moyenne des maxima). Les sols sont ferrugineux et de fertilité variable ; la végétation est caractérisée par une mosaïque de forêt claire, de forêt dense et de savane arbustive à arborée avec des galeries forestières. La zone guinéenne est caractérisée par une pluviométrie bimodale avec une moyenne annuelle de 1200 mm ; la température moyenne varie entre 25 et 29°C et l'humidité relative entre 69 et 97 %. Les sols sont soit ferralitiques et profonds, soit riches en vertisols, humus et minéraux.

La modélisation de la tendance évolutive entre 1960 et 2008 de chacun de ces paramètres climatiques par zone climatique a été faite avec le logiciel Minitab 1.4., en utilisant l'analyse des séries chronologiques, plus précisément l'analyse des tendances (Bowerman et O'Connell, 1993). L'ajustement linéaire ou quadratique des tendances observées est aussi effectué en tenant compte de certains paramètres de précision comme l'erreur moyenne absolue en pourcentage (MAPE), la déviation moyenne absolue (MAD) et la déviation moyenne quadratique (MSD) des séries estimées par rapport aux valeurs réelles observées. Une faible valeur de ces paramètres climatiques indique un bon ajustement de la série chronologique.

1.3. Analyse des perceptions locales et adaptations face aux changements climatiques

Au Bénin et plus généralement en Afrique, les perceptions locales des phénomènes et les pratiques sont très influencées par les us et coutumes, eux-mêmes dépendant des groupes socioculturels. De ce fait, les sujets enquêtés ont été regroupés suivant les huit principaux groupes socioculturels, à savoir les Fon et les Yoruba, majoritairement représentés en zones guinéenne et soudano-guinéenne, ainsi que les Fôôdo, les Dendi, les Bariba, les Pila-Pila, les Otamari et les Bôo (en zone soudanienne) ; dans chaque groupe, les sujets ont été regroupés suivant deux catégories d'âge (adulte = 50 à 70 ans ; vieux \geq 70 ans) et de sexe (Assogbadjo *et al.*, 2008). Ainsi, au total, 20 catégories socioculturelles (au lieu des 48 potentielles) et prenant en compte la combinaison entre principaux groupes socioculturels, l'âge et le sexe ont été considérées (tableau 1).

Catégorie socioculturelle	Code	Effectif	Catégorie socioculturelle	Code	Effectif
Homme Adulte Bariba	BAAH	51	Homme Adulte Fôôdo	FOAH	54
Vieil Homme Bariba	BAVH	38	Vieil Homme Fôôdo	FOVH	26
Homme Adulte Bôô	BOAH	57	Femme Adulte Otamari	OAF	34
Vieil Homme Bôô	BOVH	24	Homme Adulte Otamari	OAH	38
Homme Adulte Dendi	DAH	57	Vieil Homme Otamari	OVH	12
Vieil Homme Dendi	DVH	43	Homme Adulte Pila-Pila	PAH	43
Femme Adulte Fon	FAF	123	Vieil Homme Pila-Pila	PVH	32
Homme Adulte Fon	FAH	89	Femme Adulte Yoruba	YAF	78
Vieille Femme Fon	FVFF	65	Homme Adulte Yoruba	YAH	83
Vieil Homme Fon	FVH	67	Vieil Homme Yoruba	YVH	31

Tableau 1 : Effectifs associés aux 20 principaux groupes socioculturels étudiés (N = 1045). *The 20 socio-cultural groups analysed (N = 1045).*

Cette situation résulte de l'absence dans l'échantillon étudié de certains enquêtés répondant à des combinaisons de modalités d'âge, de sexe et de groupes culturels. Pour chaque personne enquêtée, l'indice de perception de chaque événement climatique a été déterminé par la différence de scores d'intensité après l'an 2000 et avant 1960. Pour chacune des 20 catégories, un indice moyen de perception est calculé pour chaque événement à partir de la valeur moyenne des indices de perception de cet événement par les individus composant le groupe considéré. Une matrice d'indices de perception des événements climatiques est établie, les lignes de cette matrice représentant les 20 catégories socioculturelles et les colonnes, les événements climatiques. Cette matrice a été soumise à une Analyse en Composantes Principales (ACP) afin de décrire les relations existant entre les perceptions liées aux changements d'intensité de différents événements climatiques. La projection des catégories socioculturelles dans le système d'axes définis par les événements climatiques a permis d'analyser les perceptions selon les catégories socio-culturelles. L'analyse statistique a été faite dans le logiciel Minitab (Minitab, 1996).

La même démarche analytique liée à l'établissement des groupes socioculturels a été effectuée pour l'adaptation des populations par rapport aux changements climatiques. Pour chaque groupe, le nombre de personnes ayant opté pour chacune des adaptations recensées lors d'une précédente enquête exploratoire a été calculé. Ces adaptations sont essentiellement l'utilisation d'engrais minéraux, du semis précoce, de la combinaison des deux méthodes ou d'une non-adaptation liée au fait que les changements climatiques apparaissent comme le domaine de la fatalité. Le tableau de contingence obtenu a été soumis à l'analyse factorielle des correspondances simples.

2. Résultats

2.1. Tendance évolutive des paramètres climatiques au Bénin

Le nombre moyen de jours de pluie par an

La figure 2 présente l'évolution du nombre moyen de jours de pluie entre 1960 et 2008 pour les zones Guinéenne (zone 3), Soudano-Guinéenne (zone 2) et Soudanienne (zone 1). On note que le nombre moyen de jours de pluie présente une tendance régressive dans les trois zones climatiques, la chute étant plus prononcée en zone guinéenne (de 128 jours de pluie/an en 1960 à 80 jours de pluie en 2008).

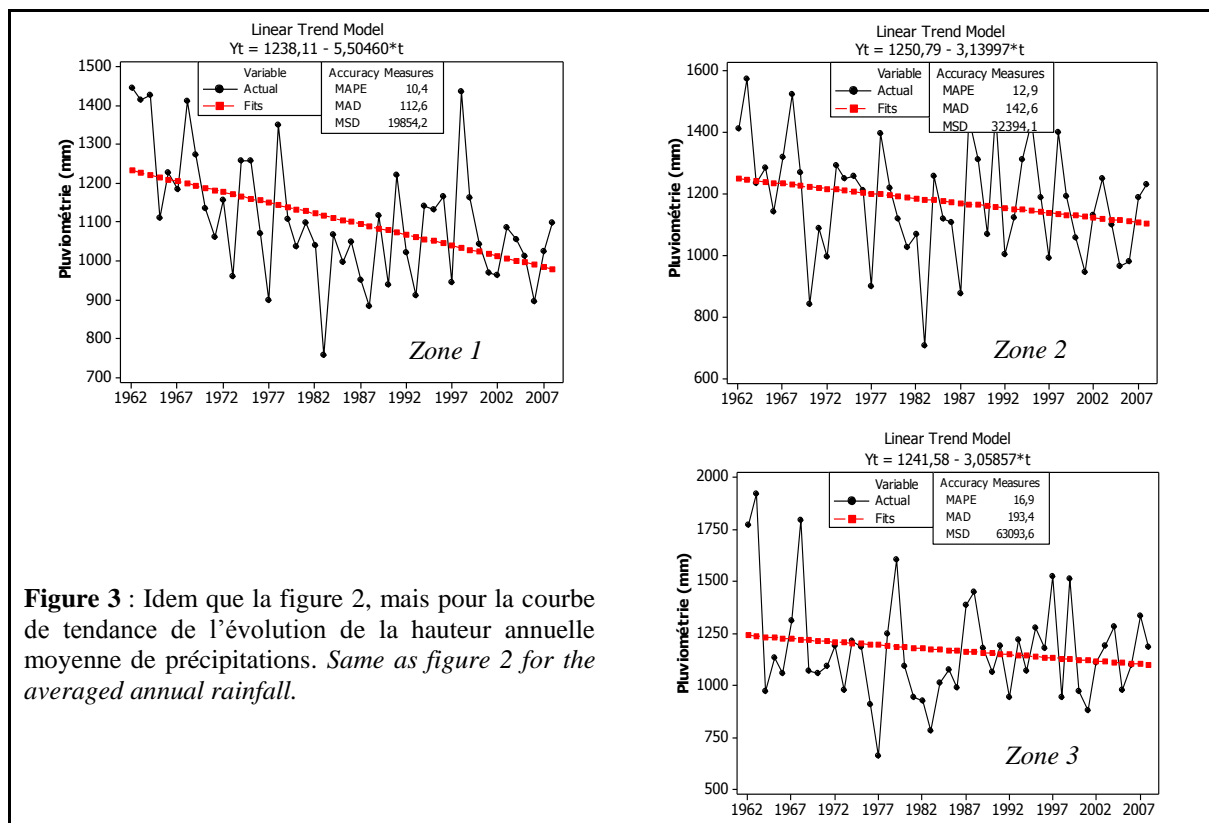
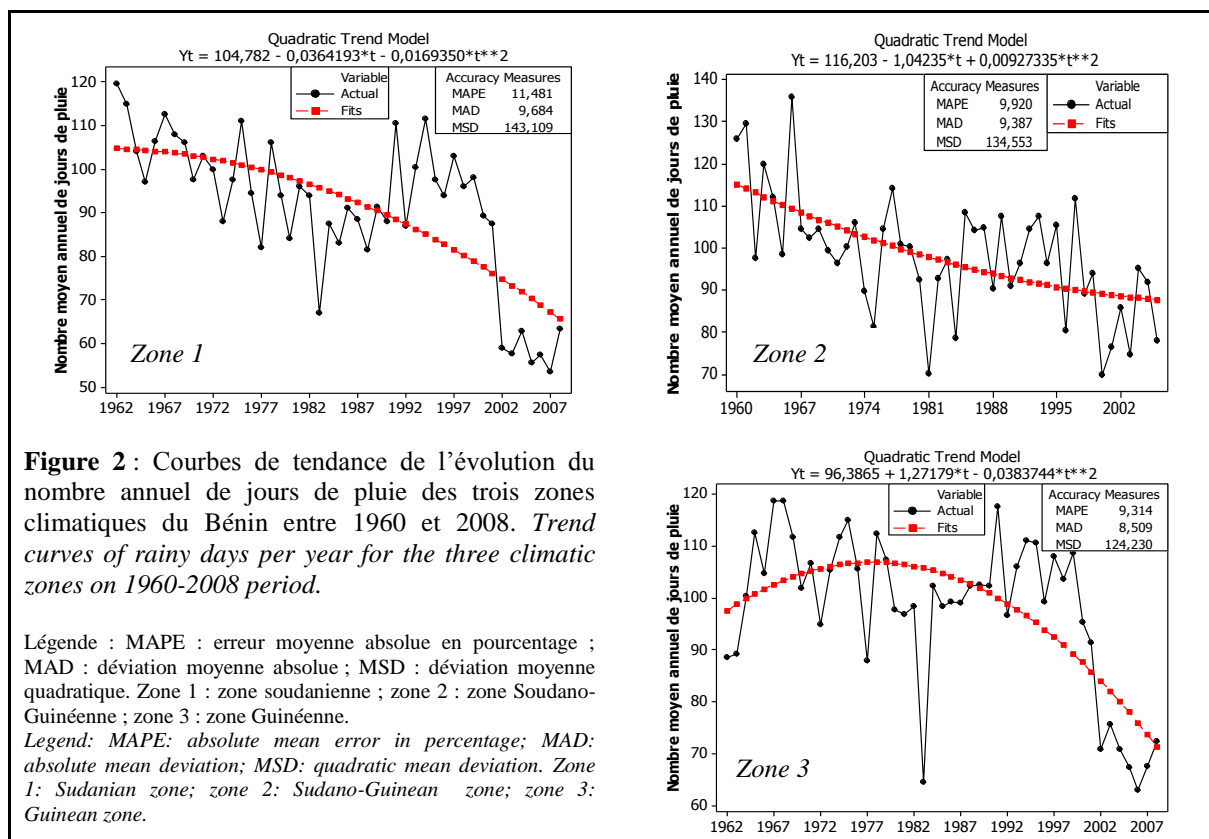
La pluviométrie

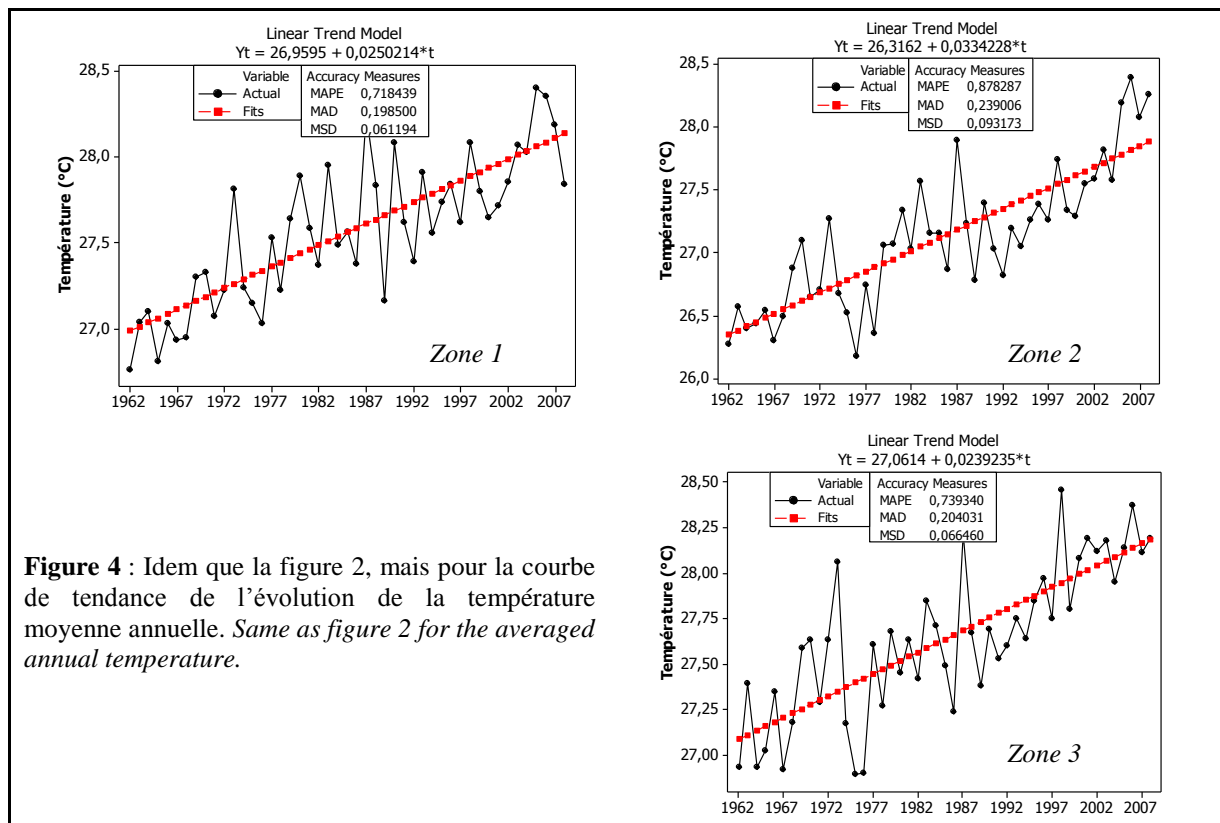
La tendance évolutive de la hauteur moyenne de pluie entre 1960 et 2008 pour les différentes zones climatiques indique, de façon générale, une décroissance, la chute étant nettement plus prononcée en zone soudanienne (de 1220 mm de pluie en 1962 à 1100 mm en 2008) avec un taux de régression moyen de 5,5 mm/an selon un ajustement linéaire (figure 3). Toutefois, on note une légère reprise à partir de 1990 dans la zone soudanienne. En zones guinéenne et soudano-guinéenne, les tendances sont moins linéaires et ne présentent pas des allures définies aux regards des paramètres de précision MAPE, MAD et MSD qui sont tous relativement plus élevés.

La température moyenne

Les variations temporelles indiquent globalement une tendance évolutive contraire à celle de la pluviométrie et du nombre moyen annuel de jours de pluie, soit une variation temporelle linéaire de la température moyenne annuelle, avec un taux de croissance relativement plus

importante en zone soudano-guinéenne de $0,03^{\circ}\text{C}$ par an (figure 4). De 1960 en 2008, une augmentation de plus de 1°C est notée pour les trois zones climatiques.





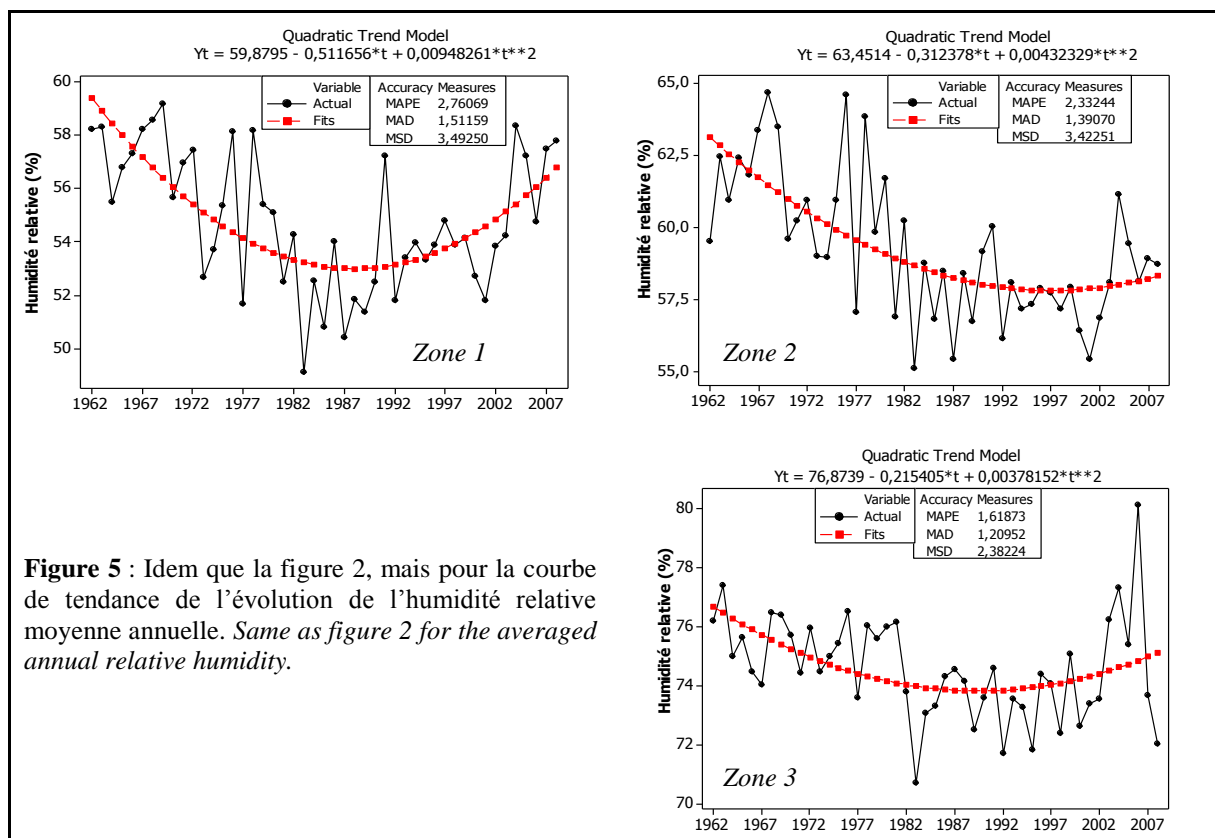
L'humidité relative moyenne

La tendance évolutive de l'humidité relative présente plutôt une allure quadratique concave, avec une baisse durant les années 1980 à 1990 pour les trois zones climatiques (figure 5). La tendance est surtout à la hausse à partir de 1990 en zone soudanienne, alors qu'elle est moins significative en zones guinéenne et soudano-guinéenne.

2.2. Perceptions locales liées aux changements climatiques

Les proportions de réponses liées à l'augmentation ou à la diminution de l'intensité de chaque événement climatique avant 1960 et après l'an 2000 sont présentées dans le tableau 2. L'analyse indique que les perceptions locales sont globalement unanimes quant à l'augmentation de la température ambiante et à l'allongement de la durée des saisons sèches (baisse du nombre moyen de jours de pluie) déjà révélée par la tendance évolutive de la température et de la pluviométrie (figures 4 et 2). Les perceptions liées à la variation des autres événements climatiques diffèrent d'un groupe culturel à un autre. Par contre, l'âge ne semble pas influencer les perceptions locales liées aux événements climatiques. En effet, les individus vieux et les adultes ont globalement la même perception de la diminution ou de l'augmentation d'intensité des événements climatiques. Selon le critère du sexe, on note que les hommes et les femmes ont, dans leur majorité, la même perception de la diminution de la durée de floraison des arbres, de la fertilité des sols, de l'augmentation de la température ambiante et de la durée des saisons sèches. Les perceptions de variation d'intensité des autres événements climatiques varient en revanche selon le sexe.

Les résultats d'analyse en composantes principales effectuée sur les données de perceptions ont permis de décrire les relations entre ces perceptions de variation des événements climatiques et d'affiner leur analyse. Ces résultats indiquent que les deux premiers axes expliquent 72,1 % de l'information totale.



	Vent		Baisse des rendements		Inondation		Nouvelles maladies		Température ambiante		Durée des saisons sèches		Période de floraison des arbres		Fertilité des sols	
Catégorie	Aug	Dim	Aug	Dim	Aug	Dim	Aug	Dim	Aug	Dim	Aug	Dim	Aug	Dim	Aug	Dim
Groupes culturels																
Bôô	67,7	32,3	64,3	35,7	66,8	33,2	26,3	73,7	49,2	50,8	69,0	31,0	50,5	49,5	57,6	42,4
Dendi	62,1	37,9	43,4	56,6	54,5	45,5	29,0	71,0	44,6	55,4	42,5	57,5	35,5	64,5	48,5	51,5
Fon	46,7	53,3	36,3	63,7	63,5	36,5	28,1	71,9	55,8	44,2	53,6	46,4	20,8	79,2	36,2	63,8
Fôôdo	65,3	34,7	56,4	34,6	76,7	33,3	43,7	56,3	56,7	43,3	53,2	46,8	68,6	31,4	60,4	39,6
Otamari	90,5	9,5	70,1	29,9	77,1	22,9	77,1	22,9	89,5	11,5	89,2	10,8	13,8	86,2	24,2	75,8
Peulh	25,5	74,5	51,5	48,5	89,5	10,5	38,5	61,5	66,9	33,1	23,0	77,0	29,0	71,0	44,4	55,6
Yoruba	28,5	71,5	33,0	67,0	35,2	64,8	38,4	61,6	49,8	50,2	68,5	31,5	40,4	59,6	59,5	40,5
Catégories d'âge																
Adulte	49,0	51,0	46,0	54,0	56,2	43,8	35,4	64,6	57,3	42,7	60,2	39,8	30,3	69,7	48,1	51,9
Vieux	59,9	40,1	51,9	48,1	72,7	27,3	40,7	59,3	60,2	39,8	60,0	40,0	31,7	68,3	39,5	60,5
Sexe																
Homme	58,8	41,2	52,7	47,3	68,1	31,9	33,3	66,7	59,4	40,6	62,5	37,5	31,7	68,3	45,2	54,8
Femme	35,5	64,5	33,0	67,0	46,0	54,0	55,7	44,3	55,6	44,4	50,2	49,8	27,7	72,3	38,3	61,7

Légende : Aug =augmentation ; Dim =diminution.

Tableau 2 : Proportion (%) de réponses liées à l'augmentation ou la diminution des événements climatiques selon le groupe culturel, l'âge et le sexe. *Proportion (%) of answers related to the increase or decrease of the climatic events according to the cultural group, age and sex.*

La première composante principale oppose la durée de la période de floraison des arbres et la fertilité des sols aux autres événements climatiques à savoir, les vents violents, le rendement des cultures, l'intensité des inondations, l'apparition de nouvelles maladies, la chaleur ambiante ou la durée des saisons sèches (figure 6). Selon les populations, une augmentation de la température ambiante et de la durée des saisons sèches est donc souvent associée à de vents violents, à une baisse du rendement des cultures et à une fréquence élevée des inondations, ainsi qu'à une apparition de nouvelles maladies et à une diminution de la

période de floraison des arbres. La seconde composante principale associe la durée de floraison des arbres à l'allongement de la durée des saisons sèches.

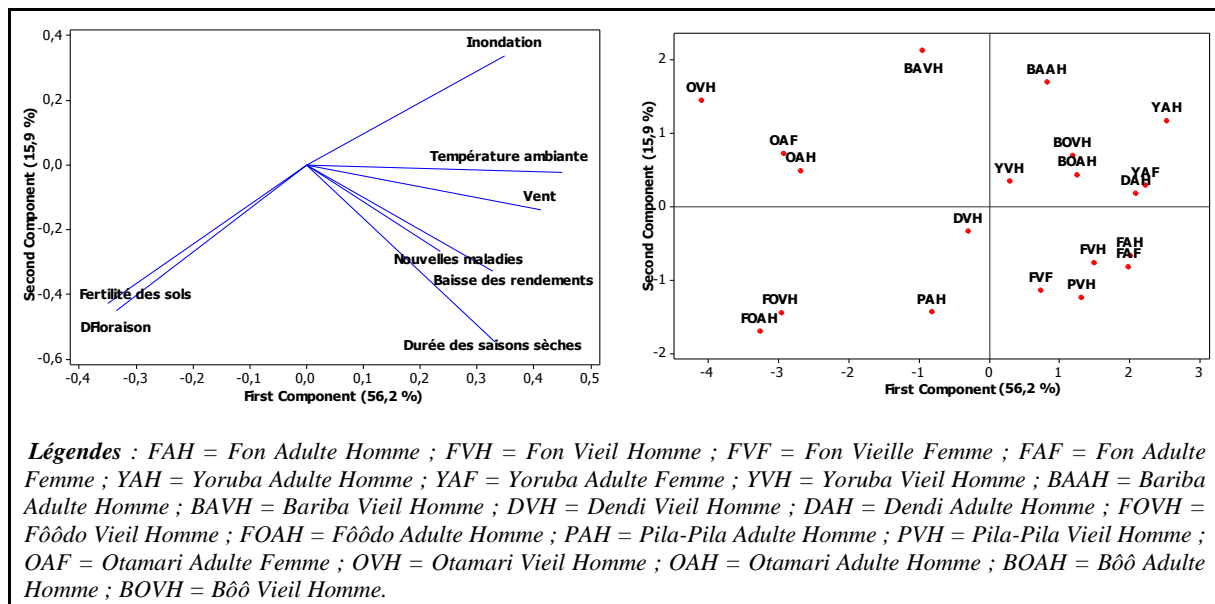


Figure 6 : Perceptions locales sur les changements climatiques étudiées à partir d'une Analyse en Composantes Principales (ACP) : projection des évènements climatiques et des groupes socio-culturels dans le système d'axes factoriels. *Local perceptions on climate changes in Benin from Principal Component Analysis (PCA): projection of climatic events and the socio-cultural groups in the factorial axes system.*

La projection des 20 catégories socioculturelles (tableau 1) dans le système d'axes définis par les événements climatiques (figure 6) révèle que les adultes des groupes socioculturels Fon et Yoruba, tous localisés dans les zones guinéenne et soudano-guinéenne, de même que les Dendi adultes en zone soudanienne, ont la perception que la température ambiante est élevée et souvent associée aux vents violents, à la baisse du rendement des cultures, aux inondations, à l'apparition de nouvelles maladies et à un allongement de la durée des saisons sèches, contrairement aux hommes et femmes des ethnies Otamari et Fôôdo majoritairement localisées dans la zone soudanienne qui note une bonne fertilité des sols et un allongement de la durée de floraison des arbres. Les Bôô, localisés majoritairement dans la zone soudanienne, ont plus perçu l'intensité des inondations.

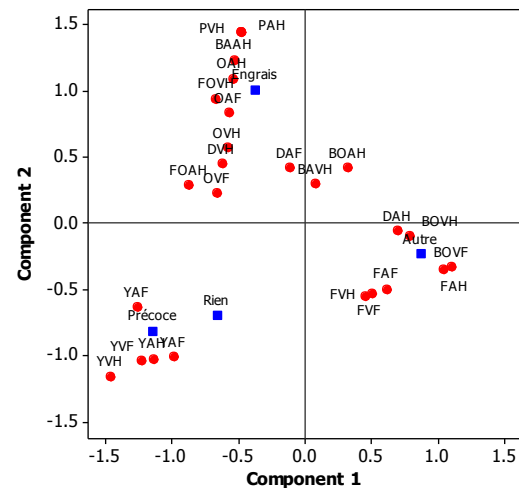
Les analyses ci-dessus révèlent que les populations dans leur majorité ont perçu l'augmentation de la température ambiante ; des divergences sont toutefois notées dans la relation que les populations locales établissent entre l'augmentation de la température et la tendance des autres événements climatiques comme le vent, la durée des saisons et les inondations, ou bien les nouvelles maladies.

2.3. Adaptation face aux changements climatiques

Les résultats de l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) réalisée sur les données liées à l'adaptation des populations ont montré que les femmes des groupes socioculturels Bariba et Yoruba n'ont pas changé de pratiques agricoles suite aux changements climatiques (figure 7). Ces groupes sont pour la plupart de petits commerçants et ne s'adonnent pas souvent aux activités agricoles. Par contre, les groupes socioculturels Yoruba font des semis précoces. Par ailleurs, la plupart des hommes des groupes socioculturels Otamari, Pila-Pila, Fôôdo, Dendi, Bariba et Bôô appliquent de plus en plus de l'engrais pour fertiliser les sols. Il est utile de noter que l'application de l'engrais pourrait aussi rentrer dans un processus plus général de développement technologique des pratiques agricoles au Bénin plutôt que dans

ceux des changements climatiques. S'agissant des autres formes d'adaptations comme par exemple la consultation des dieux, on retrouve les groupes socioculturels Fon, les jeunes et vieux Bôô, tous sexes confondus, et les jeunes hommes Dendi. À part les groupes socioculturels Fon qui sont unanimes dans les formes d'adaptations développées, tous les autres ont présenté différentes adaptations selon le sexe et l'âge face aux effets des changements climatiques.

Figure 7 : Adaptations face aux changements climatiques : projection des groupes socioculturels dans le système d'axes factoriels à l'issue d'une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) ; les codes sont les mêmes que ceux utilisés en figure 6. *Adaptations face to climate changes: projection of the socio-cultural groups in the factorial systems axes from a factorial correspondence analysis (same codes as figure 6).*



3. Discussion

Cette étude qui fait le lien entre les variations climatiques suivant toutes les zones climatiques du Bénin et les perceptions locales est une analyse originale pour le Bénin. Cependant, des progrès considérables sont faits ces dernières années pour évaluer les concepts et tendances des changements globaux du climat (Bryant 1997 ; IPCC, 1998, 2001a, b et c) et leurs impacts potentiels sur l'agriculture et la foresterie (Rosenzweig et Parry, 1994 ; Mendelsohn et Williams, 2004 ; Kurukulasuriya *et al.*, 2006). Globalement, la tendance est à la hausse des températures moyennes annuelles, et à la baisse des précipitations moyennes annuelles. Toutefois, en zone soudanienne, on note une légère reprise de la pluviométrie à partir de 1990. Cette légère tendance à la hausse a été préalablement notée par Lebel et Ali (2009) pour la partie centrale de la zone sahélienne. Ces derniers expliquent ce phénomène par l'allongement de la durée des pluies journalières en juillet à partir de 1990. Quant à l'humidité relative, la tendance présente plutôt une chute dans les années 1980 à 1990 pour les trois zones climatiques du Bénin.

Des études antérieures ont montré que ces variations peuvent avoir des impacts significatifs sur la production agricole amenant de ce fait les communautés locales à adopter des stratégies d'adaptation comme réponses aux conditions d'altération du milieu (Molua, 2008). En effet, l'agriculture africaine est essentiellement pluviale. La stratégie la plus commune utilisée par les producteurs dans ce contexte de changement climatique est le déplacement du calendrier agricole qui consiste à semer les graines dès les toutes premières pluies pour bénéficier selon eux, de toute la durée de la saison pluvieuse. Par ailleurs, les cultures plus adaptées à ce contexte de sécheresse seront les plus bénéfiques à l'agriculture paysanne pluviale. Alternativement, des techniques d'irrigation adaptées devraient être développées pour réduire les effets néfastes liés aux baisses des pluies. Les valeurs de plus en plus élevées observées au niveau de la température couplées à une pluviométrie de plus en plus faible peuvent également avoir des impacts sur les écosystèmes forestiers (Durand, 2007).

Toutefois, les incertitudes sont encore importantes, notamment du fait que certains paramètres peuvent avoir des effets contraires selon les conditions. En effet, l'augmentation de la température ambiante et de l'ensoleillement est favorable à certaines cultures, mais cela peut amener à des résultats désastreux sur l'agriculture si elle est associée à un fort déficit pluviométrique (Durand, 2007). Il a été admis que les conséquences écologiques des prévisions des changements climatiques (Houghton *et al.*, 2001) devraient être relativement prononcées au niveau des zones de hautes latitudes et altitudes (Hall 1988 ; Maxwell 1992). D'un autre côté, les effets des changements climatiques sur les communautés de plantes ne pourront être expliqués par les réponses physiologiques d'une seule espèce. En effet, dans un même espace coexistent plusieurs espèces de caractéristiques différentes qui ne réagiront pas de la même façon aux variations des conditions du milieu (température, pluviométrie, humidité relative). De ce fait, les changements globaux observés au niveau des variables abiotiques du milieu ne vont pas agir de la même façon sur les espèces, même si celles-ci se retrouvaient dans un même milieu. Dans ce contexte, les interactions liées aux effets de compétition ne seront plus par exemple perceptibles de la même façon que lorsque les espèces étaient dans leurs conditions initiales (Heegaard et Vandvik, 2004).

En outre, les variations observées au niveau de la température (+0,03 °C/an) et de la pluviométrie (-5,5 mm/an) au Bénin ne seront pas sans conséquence économique, aussi bien au niveau macroéconomique qu'à l'échelle des paysans. Les variations similaires de ces mêmes variables climatiques sont observées sur les mêmes périodes dans d'autres pays africains comme le Cameroun (Molua, 2008). Les impacts économiques des changements du climat ont été évalués et il en découle que d'ici 2050, on assisterait à une perte économique d'environ 41 % par rapport à la période 1961-2001 pour une augmentation de la température de 2,5°C et une augmentation des précipitations de 8,5 %. Néanmoins, pour une augmentation modérée de la température de 1,5°C et une augmentation significative des précipitations de 15 %, on assisterait à une augmentation des revenus issus de l'agriculture d'environ 18,5 % par rapport à la période 1961-2001 (Molua, 2008). Ceci affecterait l'ensemble de l'économie des pays en développement dont 30 % du PIB (Produit Intérieur Brut) sont issus de l'agriculture. Il devient alors urgent d'inclure les considérations climatiques dans les politiques de développement agricole. Ceci devrait passer par le développement des actions tendant à réduire la vulnérabilité des populations, le développement des capacités de suivi des changements du climat et le renforcement de la capacité du secteur agricole à faire face aux variations climatiques.

Les variations observées au niveau des paramètres climatiques, surtout la température ambiante et le nombre moyen annuel de jours de pluie, sont également perceptibles au niveau des populations locales qui arrivent non seulement à confirmer avec beaucoup de certitude les tendances observées, mais aussi à évaluer les conséquences qui en découlent. Ainsi, pour les communautés rurales, les changements climatiques sont à la base des baisses de fertilité des sols et des rendements au niveau agricole, de la prolifération des maladies, de la sécheresse, des inondations, des vents violents, etc. Face à ces menaces qui pèsent sur la survie des communautés rurales, on assiste au niveau local à des stratégies d'adaptation pour y faire face. Les tendances observées le plus souvent varient selon les groupes ethniques, l'âge, le sexe et les activités socio-économiques des ménages. Ainsi, il est observé des stratégies d'adaptation qui se traduisent par un changement des pratiques agricoles (utilisation d'engrais minéral pour faire face aux baisses de production) et techniques culturales (semis précoces pour anticiper sur les pluies précoces à durée plus réduite qu'auparavant). Toutefois, des études antérieures (Hassan et Nhemaehena, 2008) ont montré que l'âge et le sexe ne sont pas forcément les facteurs déterminant les stratégies adaptatives développées au niveau local, mais c'est plutôt l'expérience des paysans en matière d'agriculture et les capacités des

ménages à avoir accès au crédit et au marché. En effet, en plus des stratégies adoptées au Bénin, il est généralement préconisé aux paysans de diversifier les cultures agricoles, d'utiliser différentes variétés plus adaptées aux variations du climat, d'accroître l'utilisation des techniques d'irrigation, de protection des sols et de maîtrise de l'eau, de combiner davantage l'agriculture et l'élevage, de développer davantage des techniques de culture mixte, d'écourter les longueurs des périodes de culture et de diversifier les activités non champêtres comme solution d'appoint (Dixon *et al.*, 2001 ; Hassan et Nhemachena, 2008). Ainsi, les paysans arriveront à réduire les dommages en adoptant des stratégies proposées.

Conclusion

La présente étude a permis de décrire l'évolution des principaux facteurs climatiques entre 1960 et 2008 et les perceptions locales et adaptations en matière de changements climatiques. L'étude a révélé une augmentation significative (+1°C) de la température ambiante, une diminution de la pluviométrie annuelle, du nombre moyen annuel de jours de pluie et de l'humidité relative moyenne. Par ailleurs, les perceptions locales liées aux changements climatiques sont en adéquation avec la tendance évolutive de la température ambiante et de la pluviométrie ; toutefois, la relation entre l'accroissement de la température ambiante et l'allongement de la durée des saisons sèches avec les autres événements climatiques est différemment perçue par les populations selon les groupes socioculturels. Les résultats obtenus liés à l'adaptation des populations (semis précoces, utilisation d'engrais minéral) suggèrent que les politiques gouvernementales et les stratégies en matière d'investissement devraient prendre en compte les perceptions locales liées aux changements climatiques pour développer des stratégies d'adaptation face aux changements climatiques, y compris les méthodes institutionnelles et technologiques, et ceci, particulièrement en faveur des fermiers défavorisés d'Afrique.

Remerciements : L'équipe de chercheurs adresse ces remerciements au Ministère français des Affaires Etrangères et Européenne à travers l'Agence Inter-Etablissements pour la Recherche et le Développement (AIRD), pour avoir financé cette recherche par le Fonds de Solidarité Prioritaire (FSP) dans le cadre du projet Recherche Interdisciplinaire et Participative sur les Interactions entre les Ecosystèmes, le Climat et les Sociétés d'Afrique de l'Ouest (RIPIECSA).

Bibliographie

- ADGER N. W., ARNELL N. W. et TOMPKINS E. L., 2005 : Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, 15, 77-86.
- AMMA ISSC, 2005 : *The International Science Plan for AMMA*. http://www.amma.mediasfrance.org/library/docs/AMMA_ISP_May2005.pdf.
- BOWERMAN B. L. et O'CONNELL R. T., 1993 : *Forecasting and Time Series: An Applied Approach*. 3rd Edition. Duxbury Press, 672 pages.
- BRYANT E., 1997 : *Climate processes and change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 225 pages.
- BUSH M. et FLENLEY J., 2007. *Tropical rainforest responses to climatic change*. Springer, 225 pages.
- ASSOGBADJO A. E, GLÈLÈ KAKAÏ R., CHADARE F. J., THOMSON L., KYNDT T., SINSIN B. et VAN DAMME P., 2008 : Folk classification, perception and preferences of

baobab products in West Africa: consequences for species conservation and improvement. *Economic Botany*, 62(1), 74-84.

DIXON J., GULLIVER A. et GIBBON D., 2001 : *Farming systems and poverty: Improving farmers' livelihoods in a changing world*. FAO (Food and Agriculture Organization), Rome, and World Bank, Washington DC, 41 pages.

DURAND F., 2007 : Le réchauffement climatique en débats. Ed. Ellipses, Paris, France, 188 pages.

FOLLAND C. K., OWEN J. A., WARD M. N. et COLMAN A. W., 1991 : Prediction of seasonal rainfall in the Sahel region using empirical and dynamical methods. *J. Forecast*, 10, 21-56.

HALL D.K., 1988 : Assessment of polar climate change using satellite technology. *Rev. Geophys.*, 26, 26-39.

HASSAN R. et NHEMACHENA C., 2008 : Determinants of African farmers' strategies for adapting to climate change: Multinomial choice analysis. *AfJARE*, 2, 83-104.

HEEGAARD E. et VANDVIK V., 2004 : Climate change affects the outcome of competitive interactions an application of principal response curves. *Oecologia*, 139, 459-466.

HOUGHTON J. T., MERIO FILHO L. G., CALLANDER B. A., HARRIS N., KATTENBURG A. et MASKELL K., 2001 : *Climate change 1995 the science of climate change*. Working group I, Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, New York, 588 pages.

IPCC, 1998 : *The regional impact of climate change: An assessment of vulnerability*. A special report of IPCC, Working Group II, Summary for policy makers, IPCC, Geneva.

IPCC, 2001a : *Climate Change 2001: The scientific basis*. Report of IPCC, Working Group I, IPCC, Geneva, <http://www.ipcc.ch>.

IPCC, 2001b : *Africa (Chapter Ten). Climate Change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability*. Report of IPCC Working Group II, IPCC, Geneva, <http://www.ipcc.ch>.

IPCC, 2001c : *Climate Change 2001: Mitigation*. Report of IPCC, Working Group III, IPCC, Geneva, <http://www.ipcc.ch>.

IPCC, 2007 : *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. 4th Report of IPCC Working Group II, IPCC, Geneva, <http://www.ipcc.ch>.

JANICOT S., THORNCROFT C. D., ALI A., ASENSIO N., BERRY G., BOCK O., BOURLÈS B., CANIAUX G., CHAUVIN F., DEME A., KERGOAT L., LAFORE J.-P., LAVAYSSE C., LEBEL T., MARTICORENA B., MOUNIER F., NEDELEC P., REDELSPERGER J.-L., RAVEGNANI F., REEVES C. E., ROCA R., de ROSNAY P., SCHLAGER H., SULTAN B., TOMASINI M. et ULANOVSKY A., 2008 : Large-scale overview of the summer monsoon over West Africa during the AMMA field experiment in 2006. *Annales Geophysicae*, 26, 2569-2595.

KANDLINKAR M. et RISBEY J., 2000 : Agricultural impacts of climate change: If adaptation is the answer, what is the question? *Climatic Change*, 45, 529-539.

KURUKULASURIYA P., MENDELSON R., HASSAN R., BENHIN J., DERESSA T., DIOP M., EID H. M., FOSU K. Y., GBETIBOUO G., JAIN S., MAHAMADOU A., MANO R., KABUBO-MARIARA J., EL-MARSAFAWY S., MOLUA E., OUDA S., OUEDRAOGO M., SÈNE I., MADDISON D., SEO S. N. et DINAR A., 2006 : Will African agriculture survive climate change? *World Bank Economic Review*, 20, 367-388.

- LEBEL T. et ALI A., 2009 : Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990-2007), *Journal of Hydrology*, 375, 52-64.
- MAXWELL B., 1992 : *Arctic climate: Potential for change under global warming*. In Chapin, F. S., Jefferies, R. L., Reynolds, J. F., Shaver, G. R., and Svoboda, J. (eds.), *Arctic Ecosystems in a Changing Climate. An Ecophysiological Perspective*. San Diego: Academic Press, 11-34.
- MENDELSON R. et WILLIAMS L., 2004 : Comparing forecasts of the global impacts of climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 9, 315-333.
- Minitab, 1996 : *Minitab for Windows Release 11*. Minitab, Inc., State College, PA, USA.
- MOLUA E. L., 2008 : Turning up the heat on African agriculture: The impact of climate change on Cameroon's agriculture. *AfJARE*, 2, 48-64.
- ROSENZWEIG C. et PARRY M., 1994 : Potential Impact of climate change on world food supply. *Nature*, 367, 133-138.
- ROWELL D. P., FOLLAND C. K., MASKELL K. et WARD M. N., 1995 : Variability of summer rainfall over tropical North Africa (1906-92): observations and modelling. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 121, 669-704.
- SAS Institute Inc., 2003 : *SAS Online Doc. 9.1.* SAS Institute Inc., Cary, NC, 651 pages.
- SIVAKUMAR M. V. K., 1988 : Predicting rainy season potential from the onset of rains in Southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa. *Agriculture and Forest Meteorology*, 42, 295-305.
- SMIT B., BURTON I., KLEIN R. J. T. et WANDEL J., 2000 : An anatomy of adaptation to climate change and variability. *Climatic Change*, 45, 223-251.
- STOCKDALE T. N., D. ANDERSON L. T., ALVES J. O. S. et BALMASEDA M. A., 1998 : Global seasonal rainfall forecasts using a coupled ocean-atmosphere model. *Nature*, 392, 370-373.
- WASHINGTON R. et DOWNING T. E., 1999 : Seasonal forecasting of African rainfall: problems and prospects. *Geogr. J.*, 165, 255-274.
- XUE Y. et SHUKLA J., 1998 : Model simulation of the influence of global SST anomalies on Sahel rainfall. *Mon Weather Rev*, 126, 2782-2792.