

Changement climatique et production agricole dans la région du Sud-Kivu montagneux à l'Est de la RD Congo

[Climate change and agricultural production in the mountainous South Kivu region of Eastern DR Congo]

Jean-Pierre Kashangabuye CIRIMWAMI¹, Sylvain RAMANANARIVO², Augustin Ngaboyeka MUTABAZI³, Bahananga MUHIGWA⁴, Espoir Basengere BISIMWA³, Romaine RAMANANARIVO², and Jules RAZAFIARIJAONA²

¹Doctorant Aménagement et Développement Durable des Territoires, Ecole Doctorale Gestion des Ressources Naturelles et Développement de l'ESSA Forêt, Université d'Antananarivo, Madagascar

²Agromanagement et Développement Durable des Territoires, Ecole Doctorale Gestion des Ressources Naturelles et Développement de l'ESSA Forêt, Université d'Antananarivo, Madagascar

³Institut Supérieur de Développement Rural de Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

⁴Université Officielle de Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

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: In the DR Congo and more particularly in the Center-Eastern part, the populations of both urban and rural areas are experiencing signs such as the late and sometimes sudden return of rains, high temperatures, unusual drought and a disruption of the agricultural calendar. This study consisted of analyzing meteorological data from 1980 to 2016 in the Bukavu region around Lake Kivu; changes in the water levels of this lake, yield of cassava, beans, corn and potatoes from 1992 to 2015 to determine if there have been climatic disturbances and their consequences in agriculture. These data were coupled with those of a survey of 90 households to analyze their perceptions of climate change and resilience practices. The results show that the majority of crops in Central - East DRC suffer from biotic and / or abiotic stresses due to the effectiveness of climatic disturbances. The component factor analysis of the evolution of the agricultural yield of the four crops testifies that climatic changes have partial impact on yields with consequences the appearance of poorly controlled diseases of some plants, an ever-decreasing diminution of the agricultural production, the persistence of malnutrition in households, etc. The resilience strategies developed by households are the adoption of the Integrated Management of Soil Fertility package and the reorganization of the agricultural calendar.

KEYWORDS: Climate change, agricultural crisis, Eastern DRC, malnutrition, crop yield, resilience.

RÉSUMÉ: En RD Congo et plus particulièrement sa partie Centre-Est, les populations tant des milieux urbains que ruraux enregistrent chaque année des signes tels le retour tardif et parfois brutal des pluies, des températures élevées, une sécheresse inhabituelle, une perturbation du calendrier agricole. Cette étude a consisté à analyser les données météorologiques de 1980 à 2016 dans la région de Bukavu autour du lac Kivu; l'évolution du niveau de ce lac, le rendement du manioc, haricot, maïs et pomme de terre de 1992 à 2015 en vue de dégager s'il y a eu des perturbations climatiques et les conséquences qui en découlent en agriculture. Ces données ont été couplées à celles d'une enquête auprès de 90 ménages en vue d'analyser leurs perceptions de ce changement climatique et les pratiques de résilience. Il ressort des résultats que la majorité des cultures du Centre – Est en RD Congo souffrent des stresses biotiques et/ou abiotiques dues à l'effectivité des perturbations climatiques. L'analyse factorielle par composantes de l'évolution du rendement agricole des quatre cultures concernées témoigne que ces

changements climatiques ont influencé en partie les rendements avec comme conséquences l'apparition des maladies mal maîtrisées de certaines plantes, une diminution toujours croissante de la production agricole, la persistance de la malnutrition au sein des ménages, etc. Les stratégies de résilience développées par les ménages sont l'adoption du paquet de la Gestion Intégrée de la Fertilité du Sol et le réaménagement du calendrier agricole.

MOTS-CLEFS: Changements climatiques, crise agricole, Est de la RDC, malnutrition, rendement des cultures, résilience.

1 INTRODUCTION

En Afrique, la RD Congo est l'un des pays les plus vulnérables à la variabilité et aux changements climatiques malgré ses potentialités forestières et foncières suite à ses moyens financiers limités, [1]. Cette situation s'est aggravée au fil des décennies par l'interaction de «contraintes multiples» qui interviennent à divers niveaux, des actions anthropiques et une faible capacité d'adaptation, [2]. Les populations tant des milieux urbains que ruraux enregistrent chaque année des signes comme le retour tardif et parfois brutal des pluies avec ou sans averses et grêles, des températures diurnes élevées, une sécheresse inhabituelle (en dehors du Sud-Est) au-delà de trois mois, une perturbation du calendrier agricole, la médiocrité des récoltes, l'intensité de la prolifération des insectes et ravageurs pendant les stades et périodes critiques de développement des plantes, la pourriture des semences et jeunes plantules, [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]. Malgré les appuis reçus dans la zone, la malnutrition est loin d'être maîtrisée. Les guerres à répétition, la faible production de l'agriculture influencée en partie par le changement climatique et le revenu bas des ménages ont aggravé la situation nutritionnelle au sein des ménages.

L'étude veut savoir si au Sud-Kivu montagneux, les facteurs météorologiques ont changé selon les mois, les quinquennats, les saisons culturales ; les différentes variables climatiques qui affectent la production agricole ; si le changement climatique affecte la malnutrition chez les enfants et les mesures de résilience. Elle a pour objectifs spécifiques de déterminer la variabilité / les tendances des facteurs climatiques dans le temps (pour les quinquennats, les saisons culturales, la saison sèche), selon le niveau d'altitude ; d'analyser la variabilité/tendance des facteurs climatiques des zones proches aux forêts tropicales humides et de déterminer les conséquences agronomiques, alimentaires et énergétiques des changements climatiques et les mesures d'adaptation adoptées par les ménages

La présente étude envisage documenter le problème de perturbations climatiques tel que vécu au fil des décennies et tel que perçu par les producteurs agricoles en haute, moyenne et basse altitude dans la Province du Sud-Kivu, au centre – Est du Pays. Elle a fait une analyse des données météorologiques de la NASA, celles des stations locales de 1980 à 2015 dans la région de Bukavu, autour du lac Kivu ; celles de l'évolution du niveau du lac Kivu et de la Ruzizi au fil des années ; l'évolution des statistiques agricoles du Ministère de l'agriculture sur la production et le rendement de quatre des cultures de base (manioc, haricot, maïs et pomme de terre) de 1992 à 2015 en vue de dégager s'il y a eu des perturbations climatiques et les conséquences qui en découlent et enfin les données de l'évolution de la malnutrition chez les enfants dans la région. Ces données ont été couplées à celle d'une enquête auprès de 90 ménages en vue de croiser et compléter l'information secondaire.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 MILIEU

Les données de cette étude concernent les 3 zones agro écologiques que sont la basse altitude (<1000m) ; la moyenne altitude (1001-1400 m) et la haute altitude (1400m et plus) de la Province du Sud - Kivu. Les ménages enquêtés sont ceux de la région culturelle du Bushi répartis sur 3 territoires suivants : Kabare, Mwenga et Walungu qui couvrent 5.039 km² situés dans la zone 2°latitude Sud et 28° à 29° de longitude Est.

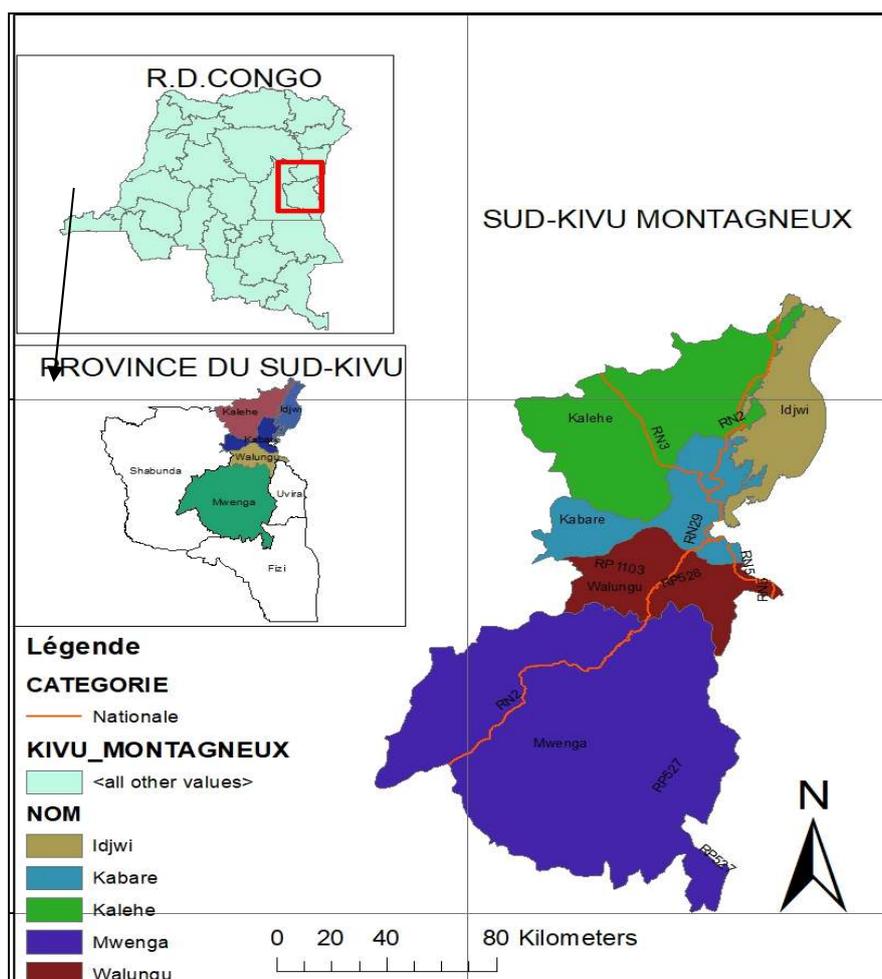


Fig. 1. Le milieu d'étude, Source : l'auteur

2.2 MÉTHODOLOGIE

L'étude a commencé par la récolte des données officielles brutes de 15 stations météorologiques de la Province du Sud-Kivu pour les années 2006 à 2015 (seule période dont les données complètes sont disponibles) auprès de l'Inspection Provinciale de l'Agriculture Pêche et Elevage. Ces données ont été comparées à celles de la station du Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro et celles de la NASA récoltées au quotidien pour les années 1981 à 2014. Cette période a été subdivisée en sept quinquennats : 1980-1984 ; 1985-1989 ; 1990-1994 ; 1995-1999 ; 2000-2004 ; 2005-2009 ; 2010-2014. Les données sur la malnutrition ont été récoltées auprès de l'Inspection provinciale de la Santé, Bureau chargé de la nutrition et au centre nutritionnel de Lwiro, premier centre nutritionnel dans la région tenu par le CEMUBAC¹. Les données sur la production agricole au Bushi (haricot, maïs, manioc et pomme de terre) pour les années 1992 à 2015 ont été récoltées auprès de l'Inspection Provinciale de l'Agriculture, Pêche et Elevage (IPAPEL) qui centralise les rapports des inspecteurs territoriaux qui centralisent les données à la base. Les données limnimétriques du lac Kivu, le débit en amont de son exutoire la Rivière Ruzizi et la production électrique et son utilisation ont été récoltées au bureau de la Centrale hydro-électrique Ruzizi 1^{er}.

Ensuite, ces données ont été complétées par celles obtenues à l'issue d'une enquête par questionnaire menées auprès des producteurs agricoles dans 3 zones agro-écologiques du Sud-Kivu montagneux, notre milieu d'étude ainsi que par des échanges sous forme de focus group. Elle a été menée en Août 2017. Le critère d'inclusion consistait à identifier une personne ayant au minimum 10 ans d'ancienneté dans le milieu et y pratiquant l'agriculture comme activité principale, ayant des capacités

¹ CEMUBAC : Centre Médical de l'Université Libre de Belgique en Afrique Centrale

requis pour pouvoir répondre objectivement aux questions en rapport avec le thème ; s'exprimer sur les effets des perturbations climatiques sur le calendrier agricole et sur la production agricole de principales cultures vivrières. La taille de l'échantillon est de 90 agriculteurs rodés répartis comme suit : 30 ménages dans la zone de basse altitude (Kamanyola), 30 ménages dans la zone de moyenne et haute altitude (Walungu, Kabare, Luhwinja et Burhinyi). Les interviews ont été effectuées au niveau des ménages. Les informations collectées portaient sur les signes des perturbations climatiques, les mécanismes développés pour s'y adapter, l'adaptation du calendrier agricole en fonction de ces perturbations climatiques et la productivité agricole de principales cultures vivrières.

Enfin, la documentation a facilité l'élaboration de l'état de la question et la discussion des résultats avant de rédiger les recommandations.

2.3 ANALYSES STATISTIQUES

Les données récoltées ont été encodées sur Excel puis soumises à une analyse statistique sur le logiciel STATISTICA 6.0. L'ANOVA avec décomposition et à un facteur et le test de Turkey post ANOVA à N inégaux (95% d'intervalle de confiance, au seuil de 0.05) ont été effectués ; les moyennes avec leurs écarts-types et erreurs-types ont été représentées graphiquement; les courbes des tendances ont été tracées dans les séries chronologiques superposées avec le lissage exponentiel. Cela nous a permis de faire de corrélérer graphiquement les divers paramètres.

L'analyse des clusters a été faite sur le logiciel PAST pour classer les quinquennats suivant leurs similarités du point de vue des caractéristiques de leurs saisons agricoles (A et B). L'Analyse Factorielle des Composantes (AFC) des données redimensionnées issues des séries chronologiques composées des rendements (haricot, maïs, manioc et pomme de terre), les précipitations des saisons agricoles, les températures des saisons agricoles, la variation du niveau du lac Kivu, l'évolution des cas de malnutrition chez les enfants de 1992 à 2015) sur le logiciel PAST et XLSTAT a servi pour corrélérer le niveau des rendements agricoles, le niveau des variables météorologiques et la malnutrition dans la région d'étude.

Les données météorologiques de Bukavu, tirées de la base NASA 1981-2014 ont été converties en données mensuelles pour les variables précipitations, température, vent, humidité relative de l'air et l'ensoleillement ; ensuite classées en quinquennats. Les totaux des pluies ont été calculés pour chaque saison à savoir la principale saison culturale de septembre – janvier (saison A) ; la seconde saison culturale de février – mai (saison B) et la saison sèche de juin-août. Ces précipitations saisonnières ont été placées côte à côte avec les rendements de quatre cultures principales afin d'évaluer l'impact de perturbations pluviométriques sur le rendement agricole.

Les données multi-stations obtenues à l'IPAPEL/MINAGRI ont été classées par niveau d'altitude pour les années 2006 à 2014. Le coefficient de variation selon les différents niveaux d'altitude a été calculé.

La variation du niveau du lac Kivu comme signature régionale par excellence pour évaluer la variabilité de la pluviométrie a été obtenue à la SNEL² pour les années 1981 à 2015 (les données de la période antérieure sont indisponibles). Les données y afférentes ont été représentées, pour leurs tendances, dans le module des séries chronologiques.

Les courbes de la malnutrition ont été tracées sur Excel.

3 RÉSULTATS

3.1 VARIABILITÉ CLIMATIQUE DANS LE TEMPS

3.1.1 VARIABILITÉ DE LA PLUVIOMÉTRIE, TEMPÉRATURE, VENT ET HUMIDITÉ RELATIVE DE L'AIR

L'analyse des données météorologiques de cette zone montre qu'il y a eu des changements au fil des quinquennats et entre les quinquennats en ce qui concerne les pluies, la température, le vent, l'ensoleillement et l'humidité relative.

² SNEL : Société Nationale de l'Electricité. C'est une société de l'Etat qui fournit l'énergie électrique à la grande partie de l'Est de la Province du Nord et Sud Kivu et le Maniema pour ce qui concerne la RDC mais également à la République du Rwanda et celle du Burundi. Cette société a érigé deux centrales hydro électriques sur la Ruzizi, principal exutoire du lac Kivu vers le lac Tanganyika.

a) Variation de la somme des précipitations

Les pluies ont été stables du quinquennat 1981-1984 au quinquennat 1990-1994. La pluviométrie a pris une tendance ascendante à partir du quinquennat 1995-1999 jusque 2010-2014. Les précipitations moyennes des années 2000 - 2004 et de 2010 - 2016 (150mm et 275mm) ont été plus élevées par rapport aux autres quinquennats : 1980 – 1984 à 1995 -1999 (inférieur à 60mm/mois). Il ya eu cependant des années spéciales. La variabilité des écarts types des précipitations illustrent mieux la situation.

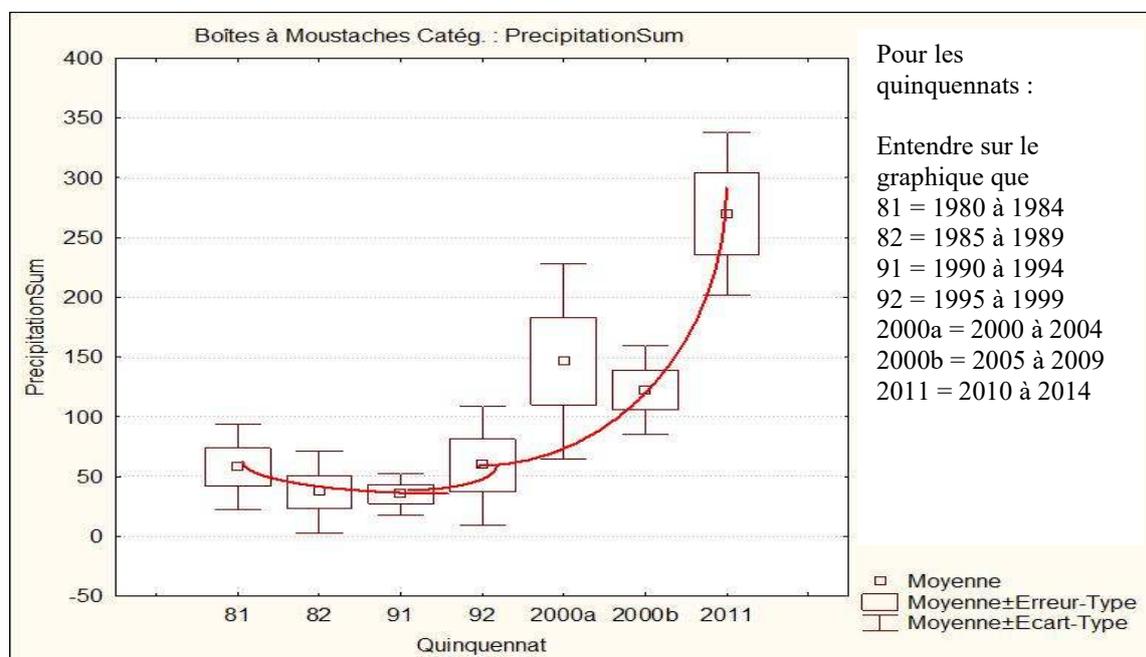


Fig. 2. Tendence de moyennes des pluies mensuelles des quinquennats : de 1980-1984 à 2010-2014 illustrés seulement entre les mois les plus fluctuants (Janvier, juin, juillet et septembre)

b) Variation des précipitations suivant les saisons culturelles

Les pluies selon les saisons culturelles ont également changé suivant les quinquennats. La saison A est devenue plus pluvieuse à partir du quinquennat 2000-2004 (320 à 400mm) par rapport aux quinquennats antérieurs (200mm). Malgré cela, les pluies reviennent tardivement. La moyenne des pluies de la saison B des années 1990-1994 a été significativement différente de celles de la saison A. La saison sèche (juin, juillet et août) est devenue pluvieuse à partir du quinquennat 2005-2009 jusqu'à 2015 avec une précipitation moyenne de 120 mm. La saison sèche reçoit des pluies brutales aux dégâts énormes en juin et août à partir du quinquennat 2000-2004 jusqu'à nos jours. Ce phénomène conduit à un prolongement de la saison sèche en septembre. La petite saison sèche de Janvier et Février est devenue pluvieuse au fil des décennies.

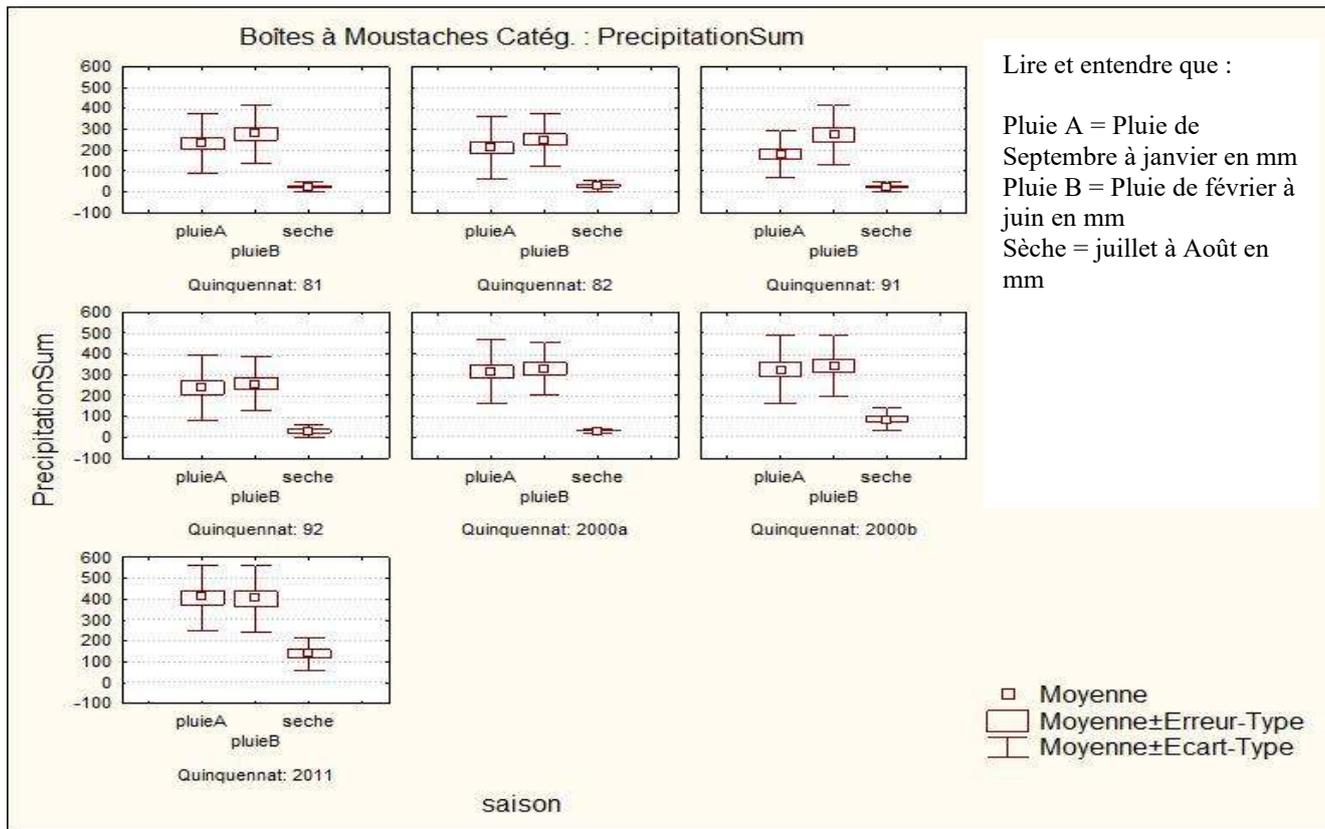


Fig. 3. Evolution de la pluviométrie selon les saisons culturelles au fil des quinquennats. Pluie A indique le cumul des pluies de la grande saison culturelle (septembre à janvier) ; Pluie B indique le cumul des pluies de la seconde saison culturelle (février à mai) ; sèche indique la période de juin à août.

c) Variation de la température

Pour la température minimale, la moyenne a changé. La tendance est ascendante jusqu'au quinquennat 2000 à 2004 avant de descendre et de manière significative jusqu'au quinquennat 2010-2014 à nos jours. La température maximale moyenne des quinquennats a suivi la même tendance.

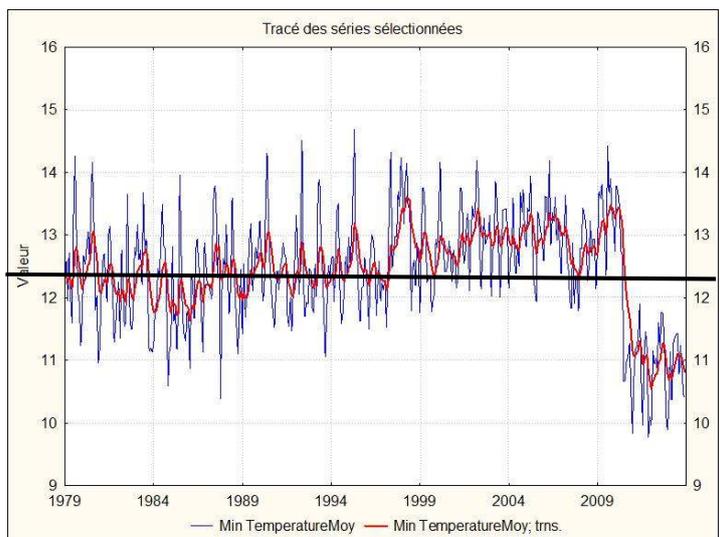


Fig. 4. Tendance de la variabilité de la température minimum

d) Variation du vent

Pour le vent, il a été observé une tendance à la baisse (du quinquennat 1985-1989 au quinquennat 1990-1994) suivie d'une remontée (de 2000 à 2015). La moyenne a changé mais pas significativement.

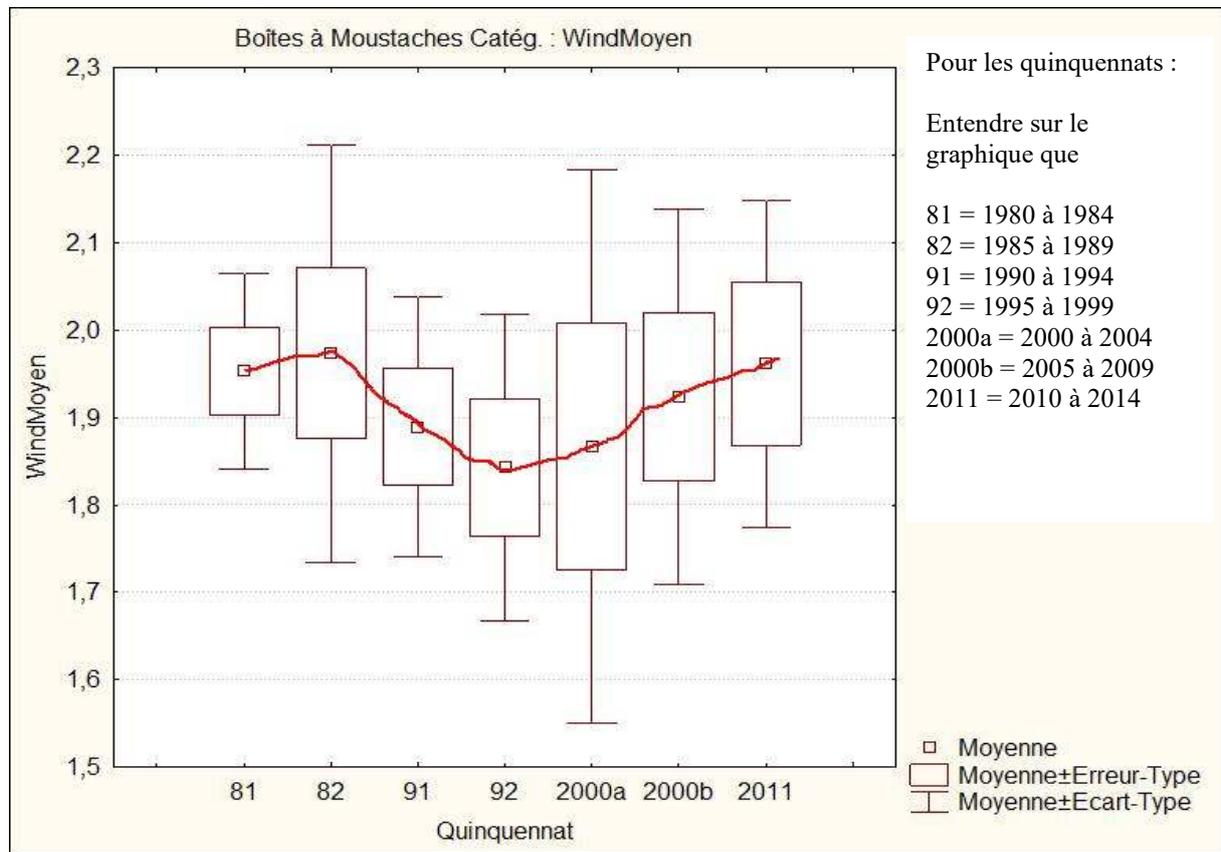


Fig. 5. Tendance de la variabilité du vent suivant les quinquennats

e) Variation de l'humidité de l'air

L'humidité de l'air est montante comme la courbe des pluies du quinquennat 1990-1994 à nos jours. En général, l'air est devenu plus humide qu'avant. Principalement pendant la nuit.

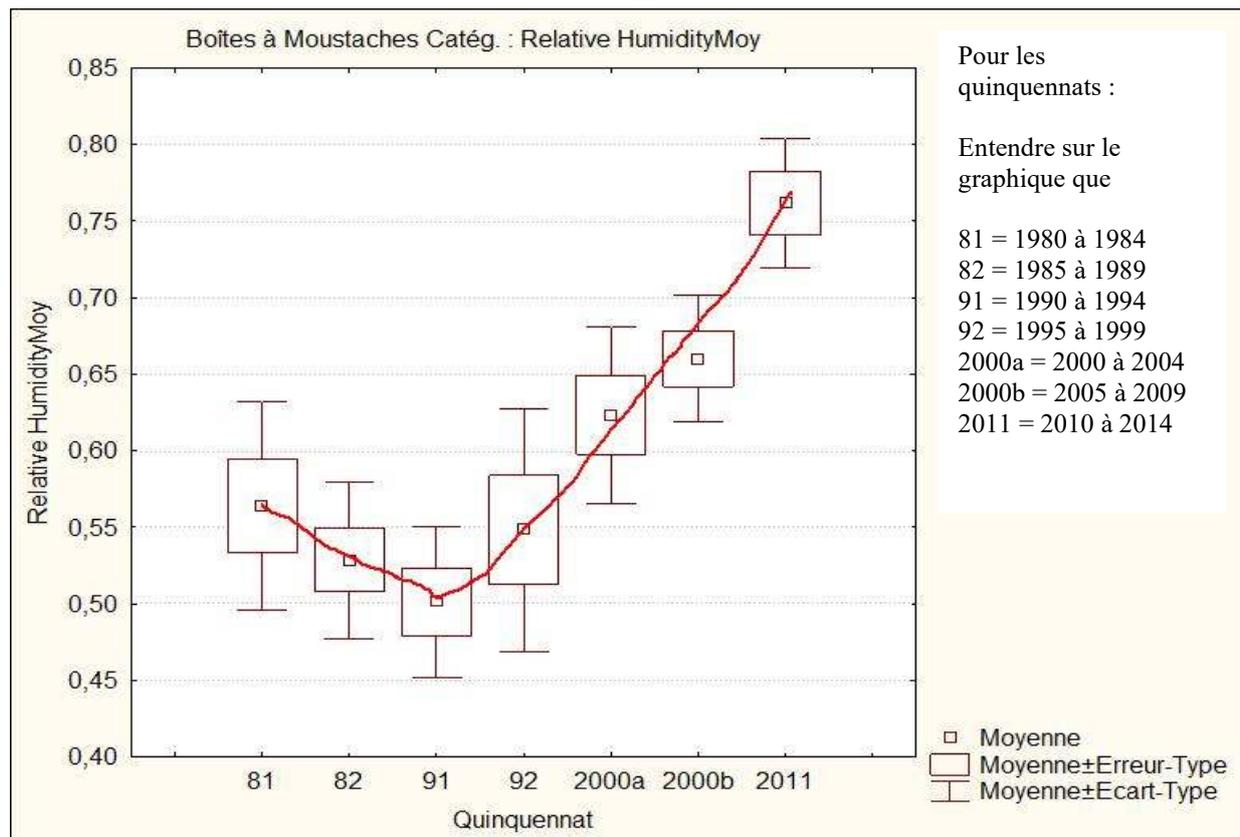


Fig. 6. Tendance de la variabilité de l'humidité relative selon les quinquennats

3.1.2 VARIABILITÉ SELON LA SIGNATURE RÉGIONALE DU NIVEAU DU LAC KIVU DE 1981 À 2016

Durant la décennie 1981 – 1990, le niveau du lac est relativement plus élevé. Une baisse considérable du niveau d'eau est observée entre 1992 et 1997 ainsi qu'entre 2000 et 2001 ; et 2005 à 2007. Une remontée est observée jusqu'à atteindre le niveau des années 1980 entre 1998 et 200 ensuite à partir de 2011.

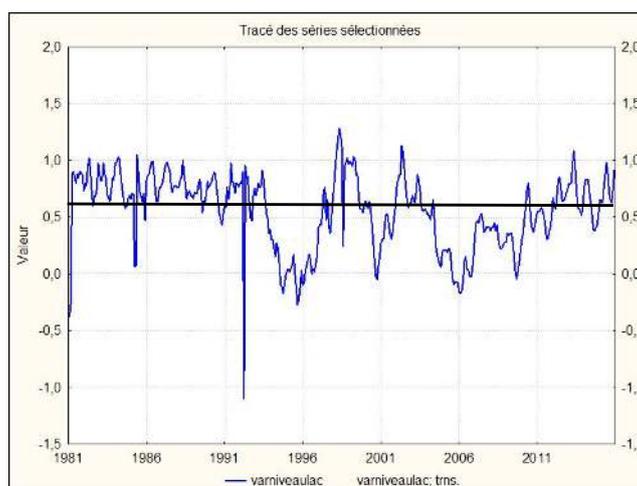


Fig. 7. Variabilité du niveau du lac Kivu de 1981 à 2016

3.2 VARIABILITÉ GÉOGRAPHIQUE RÉGIONALE SELON LE NIVEAU D'ALTITUDE

Par rapport au niveau d'altitude, la moyenne annuelle des précipitations et des épisodes des pluies n'a pas varié significativement. Cependant, le test de Tukey n inégaux a prouvé que l'année 2009 de la moyenne altitude a été particulière en termes de précipitations par rapport à 2011 ($p=0,045$) et 2012 ($p=0,02$) en haute altitude et par rapport à 2006 ($p=0,03$), 2007 ($p=0,048$) et 2010 ($p=0,03$) en basse altitude. Les précipitations de l'année 2007 en moyenne altitude ont été significativement différentes de celles de 2006 ($p=0,003$), 2007 ($p=0,001$), 2008 ($p=0,03$) et 2012 ($p=0,04$) en basse altitude. Le coefficient de variabilité moyen des précipitations est de 67% et varie comme suit selon le niveau d'altitude : 33 à 70% pour la moyenne altitude (1000 à 1400m) ; 59 à 70% pour les terroirs de haute altitude (1401m et plus) et 70 à 95% pour les terroirs de la basse altitude (inférieur à 1000 m). Ce coefficient est plus élevé dans les régions de basse altitude.

3.3 L'INFLUENCE BÉNÉFIQUE DE LA FORÊT (DONNÉES DE LA ZONE DE LWIRO)

Les précipitations et les températures des zones proches des forêts n'ont pas varié significativement selon les quinquennats. Néanmoins, les températures ont eu une tendance montante au fil des quinquennats jusqu'en 2000-2004, période à partir de laquelle la tendance est descendante. Dans cette zone, il n'y a pas de différence significative entre les moyennes annuelles des précipitations totales de la saison culturelle A et B. Il y a eu une différence significative entre la température moyenne des mois de la saison culturelle A ($p=0.000016$) et celles des mois de la saison B ($p=0.000164$).

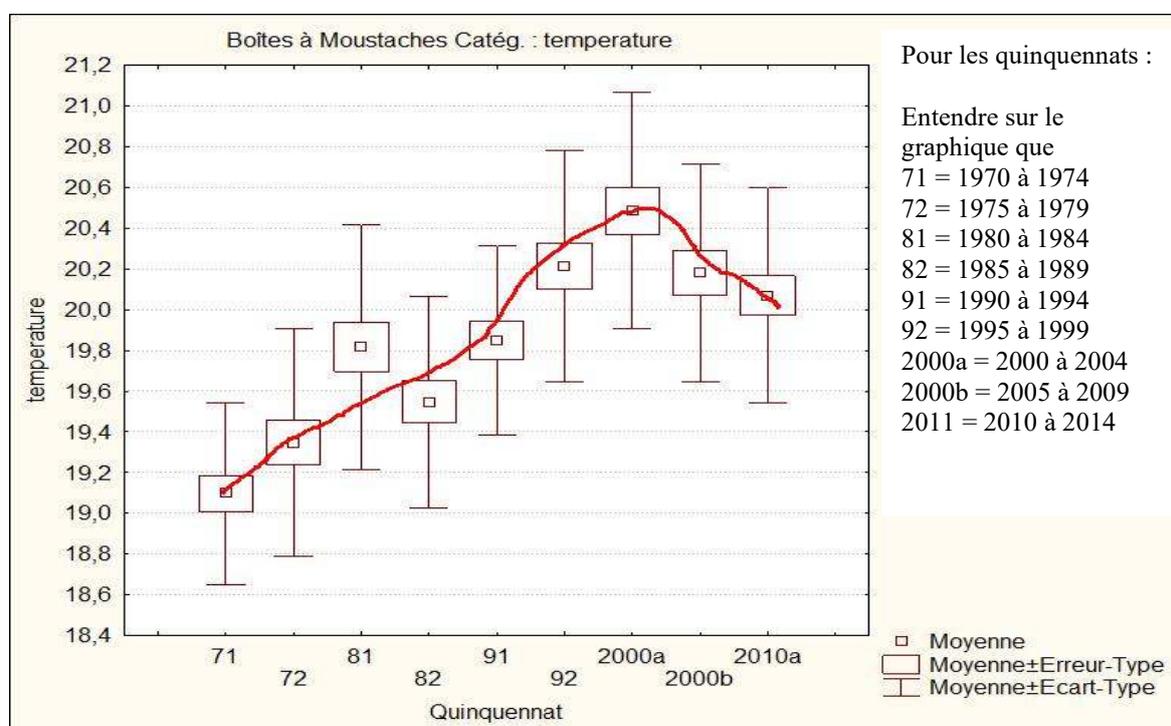


Fig. 8. Variation des températures autour du PNKB

3.4 CONSÉQUENCES AGRONOMIQUES, ALIMENTAIRES ET ÉNERGÉTIQUES

3.4.1 LES COMPOSANTES PRINCIPALES

L'analyse factorielle des composantes a conclu que les facteurs du climat ont eu une influence sur le rendement de certaines cultures pour la période qui va de 1992 à 2015. Certains rendements ont également influencé l'évolution de la malnutrition chez les enfants dans le rayon du CEMUBAC Lwiro. Les rapprochements importants existent entre la température moyenne la saison A et B avec le rendement du maïs ; le rendement du manioc avec l'évolution de la malnutrition dans la zone d'étude ; le cumul des pluies de la saison A et B avec la variation du niveau du lac et le rendement de haricot et de la pomme de terre.

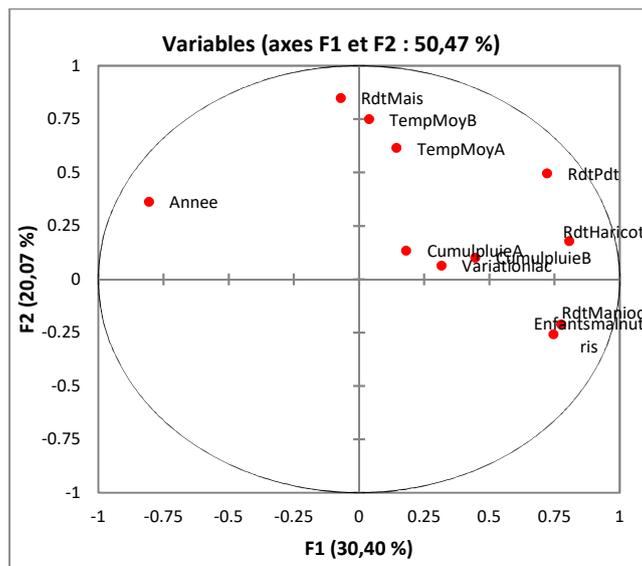


Fig. 9. Les composantes principales

Les résultats obtenus témoignent que la malnutrition des enfants a été plus influencée par le rendement du manioc. Ce rendement a été influencé par le cumul et les épisodes des pluies de la saison B (février à mai) et les températures moyennes de cette saison. L'ordre d'importance de ces facteurs est illustré par la figure ci-dessous :

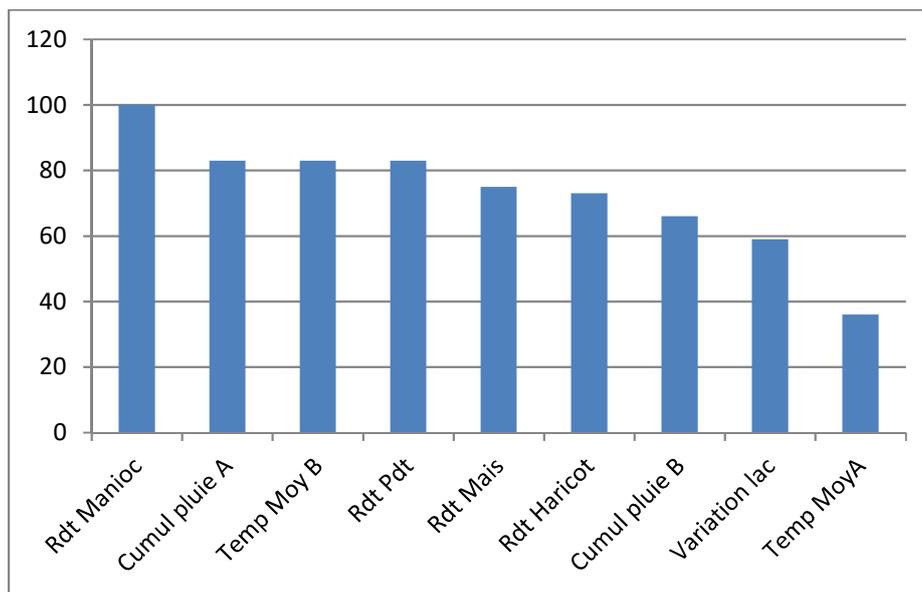


Fig. 10. Contribution des facteurs climatiques à la malnutrition des enfants au Sud-Kivu montagneux

L'analyse de la similarité entre les années a dégagé 3 grands groupes qui sont similaires. Les années 1996, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 et 2014 sont similaires et forment un premier groupe. Les années 2005 et 2006 sont similaires et forment un deuxième groupe. Les années 1992, 1993, 1994, 1995, 1997, 2004 et 2008 ont été particulières pour l'un ou l'autre facteur.

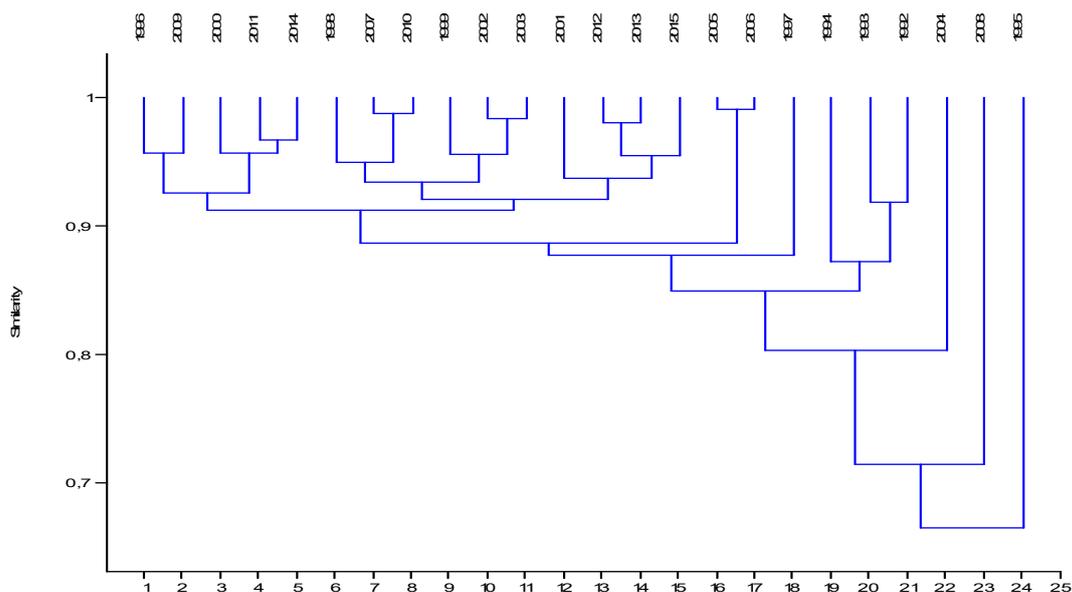


Fig. 11. Les années similaires

3.4.2 CONSÉQUENCES AGRONOMIQUES ET RÉSILIENCE

L'analyse de la variance du rendement des cultures montre que le rendement moyen du haricot n'a pas varié significativement depuis 1992. Il a varié entre 500 et 600 kg/ha. Celui du maïs, manioc et de la pomme de terre a varié significativement respectivement avec un p-value de 0.003087 (maïs), 0.036947 (manioc) et 0.010572 (pomme de terre). Le quinquennat 2000 à 2004 a enregistré les rendements les plus élevés pour le maïs (2100kg/ha). Les années 1995 à 2003 ont enregistré les rendements les plus élevés pour la pomme de terre (6,5 T/ha) suivis d'une forte diminution les années qui ont suivi.

Les résultats de la corrélation qui existe entre les précipitations, la température minimale et maximale au cours de quinquennats ont prouvé que ces facteurs, dans la région autour de la forêt de haute altitude du Parc National de Kahuzi Biega ont eu une influence qui varie entre 17 et 40% pour le rendement du manioc, maïs, haricot et de la pomme de terre. De manière spécifique, le cumul des pluies de la saison A a influencé le rendement du haricot à 20% ; celui du maïs à 17% ; celui du manioc à 18% et celui de la pomme de terre à 36%. Le cumul des pluies de la saison B a influencé le rendement du haricot (30%) et celui du manioc (30%). La température moyenne de la saison A a influencé négativement le rendement du haricot (-20%), celui du maïs (30%) et celui de la pomme de terre (20%). La température moyenne de la saison B a influencé le rendement du maïs (40%) et celui de la pomme de terre.

Les principaux problèmes liés aux perturbations du climat retenus des paysans et qui intègrent une plante irriguée (le riz) et la patate douce se présentent comme suit :

Les principaux problèmes liés aux Perturbations Climatiques au Sud-Kivu

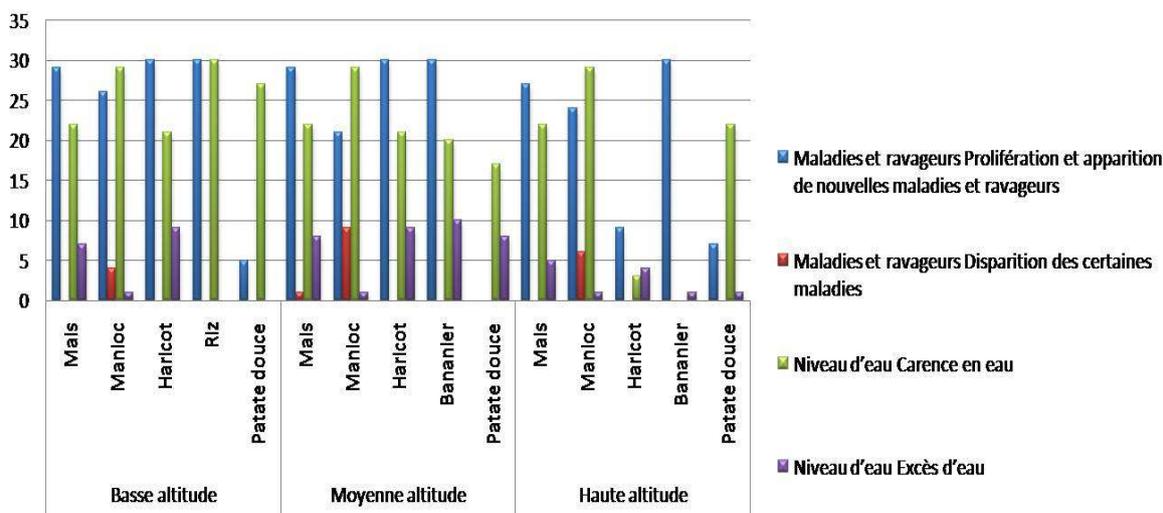


Fig. 12. Impacts de perturbations climatiques sur la production agricole

Le manioc est plus attaqué en haute altitude où se remarquent de nombreuses maladies actuellement ; par contre en moyenne et basse altitude cette spéculacion se comporte et produit bien. La plupart des cultures vivrières pratiquées au Sud-Kivu souffrent de la carence en eau. Les cultures telles le manioc et la patate douce souffrent modérément de la carence en eau car ces dernières sont plus ou moins plastiques, cette propriété leur confère la facilité de s’adapter aux conditions difficiles pour survivre.

Les mesures de résilience développées par les ménages sont l’adoption des cultures tolérantes et précoces, l’irrigation et la création des micro-climats ; l’adaptation du calendrier agricole.

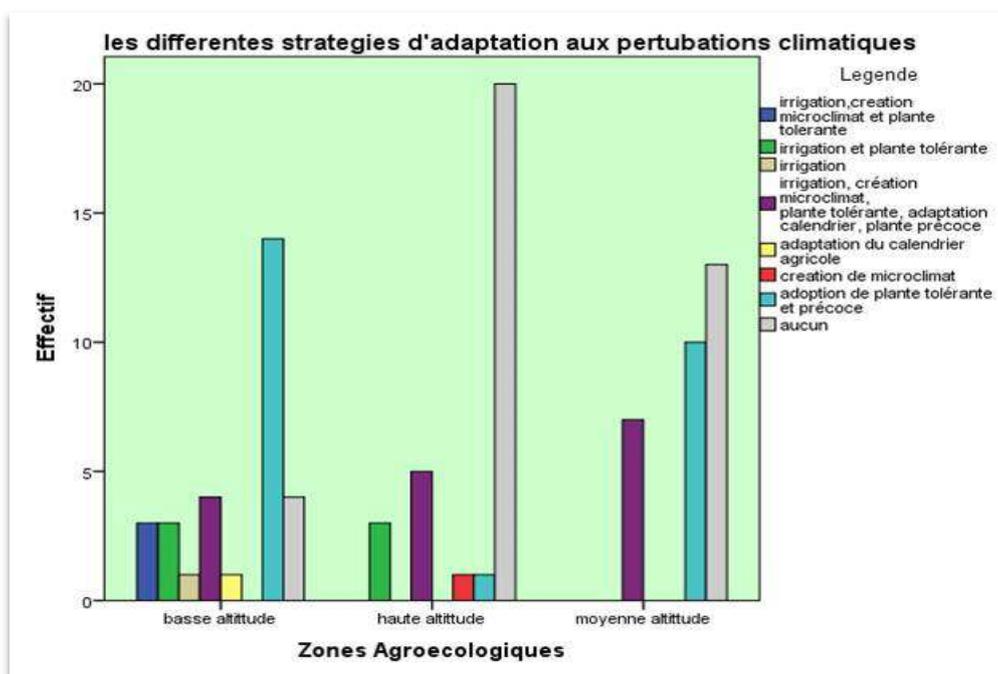


Fig. 13. Mécanismes mis sur pieds par les agriculteurs pour s’adapter aux effets des perturbations climatiques

Chi-carré de Pearson = 36.9474, ddl= 14, p-value = 0.0007514***

En basse altitude, il y a eu adoption des cultures tolérantes et des variétés précoces (46%). L'irrigation, la création de microclimat et l'adaptation du calendrier agricole y sont faites mais à très faible dose. Dans cette zone, les agriculteurs se sont beaucoup plaints de la rareté des pluies et de la prolongation de la saison sèche.

Dans la moyenne et haute altitude, les agriculteurs ont mis en place un calendrier agricole adapté aux perturbations climatiques pendant qu'une grande proportion de la population observe impuissamment (43% et 66.66% respectivement). En moyenne altitude l'adoption de cultures tolérantes et variétés précoces sont citées par 33,3% de la population et l'autre proportion est consacrée à d'autres stratégies comme le reboisement des bassins versants et l'agroforesterie ; la mise en place dans certains groupements administratifs des PDL sur le changement climatique avec l'accompagnement des ONGD locales. Moins de 25% de la population utilisent les variétés améliorées et précoces et l'irrigation.

Le test Chi deux montre qu'il y a de différence significative entre les différents mécanismes d'adaptation aux perturbations climatiques selon les zones agro écologiques ; la stratégie la plus pratiquées en basse altitude est l'adoption de plantes tolérantes et les plantes précoces pendant qu'en haute et moyenne altitude plus de 75% des paysans n'adoptent aucune stratégie.

Tableau 1. Calendrier agricole du Bushi avant les perturbations climatiques

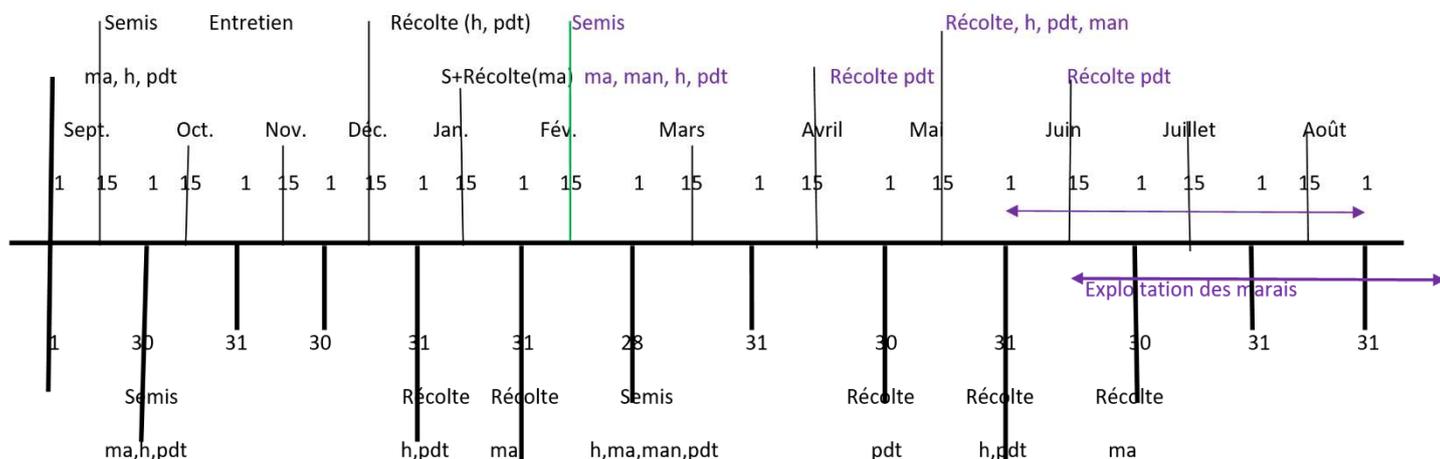
Culture	Nbre de fois	Défrichage	Labour	Semis	Entretien	Récolte
Manioc	1	J	F	F M Av	M Jn	J J Ao**
	2	Jlet	Ao	S O	N D	
Haricot	1	D	J F	F M	M Av	M J
	2	J	A S	S O	N D	D J
	3	M	J	Jl (marais)	S	O
Sorgho	1	J	Ao	S(HA)	N D	M Av
	2	J	Ao	S (MA)	N D	M Av
	3	D	J	J (MA)	M Av M	J Jlet
Maïs	1	D	J	F M	M J	J Ao
	2	-	Ao S	S O	D	F M
	3	Jlet	Jlet	Jlet (marais)	A	D J
Arachide	1	D	J F	M F M	M J	Jlet A
	2	A	S O	N	J F	F
Soja	1	D	J F	F M	M A	M J J
	2	Jlet	A S	S O	N D	J F
Pomme de terre	1	F	M	A	M	Jlet
	2	Jlet	A	S	O	D
Petit pois	1	D	J	F M	A M	J J
	2	A	S O	N D	D	J
Patate douce	PERMANENTE					

** Année suivante, J=Janvier, F=Février, M=Mars, Av=Avril, J=Juin, Jlet=Juillet, Ao=Août, S=Septembre, O=Octobre, N=Novembre, D=Décembre.
Source : Burundi N. et Mihigo B., 1996

En général, il a été constaté que les pluies de la saison A, qui dans le temps, commençaient au 15 septembre et celles de la saison B qui commençaient au 15 février ont été décalées de 2 semaines jusqu'à 1 mois (cas spécifique de la basse altitude). Les conséquences en sont que : le maïs en saison B est attaqué par les chenilles à cause de la saison sèche précoce ; il y recrudescence des criquets contre le manioc ; la cochenille du manioc pilule. Il y a aussi une coupure précoce des pluies par campagne sur les deux saisons culturales. Les pluies du mois de mai s'arrêtent brusquement et vont jusqu'en juin qui est devenu pluvieux. Ce qui a amené les producteurs agricoles à adopter un calendrier aménagé comme suit :

CALENDRIER AGRICOLE DE LA REGION CULTURELLE DU BUSHI A L'EST DE LA RD CONGO

PERIODE AVANT CHANGEMENT CLIMATIQUE



PERIODE APRES CHANGEMENT CLIMATIQUE

Fig. 14. Calendrier agricole du Bushi et environs

Légende : h=haricot ; ma = maïs ; man=manioc ; pdt = pomme de terre

3.4.3 CONSÉQUENCES ALIMENTAIRES

Les statistiques récoltées sur la malnutrition chez les enfants au sein du centre nutritionnel du CRSN Lwiro sous l'accompagnement du CEMUBAC intègrent à la fois de nouveaux et anciens cas de 1992 à 2015. Les enfants internés représentaient en moyenne 80% des patients. Le pourcentage d'enfants malnouris par rapport aux enfants hospitalisé a été maîtrisé de 1992 à 1997. Pour le reste de temps, la situation a évolué en dents de scie.

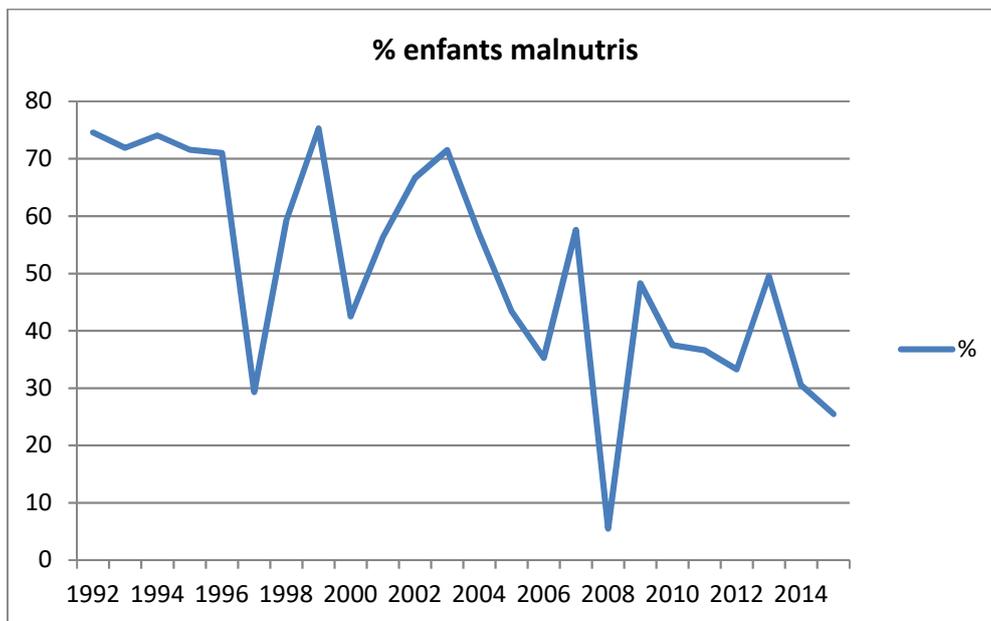


Fig. 15. Evolution de la malnutrition au centre nutritionnel de Lwiro

3.4.4 CONSÉQUENCES ÉNERGÉTIQUES (DONNÉES RUZIZI)

Le niveau de la Ruzizi/Lac Kivu a varié significativement. La production de l'énergie électrique a suivi le même rythme. Ce qui a eu comme principale conséquence la fourniture du courant aux clients avec des programmes de délestage, la SNEL étant dans l'incapacité de produire 50 Mw par jour en vue de couvrir les besoins totaux des clients en saison sèche.

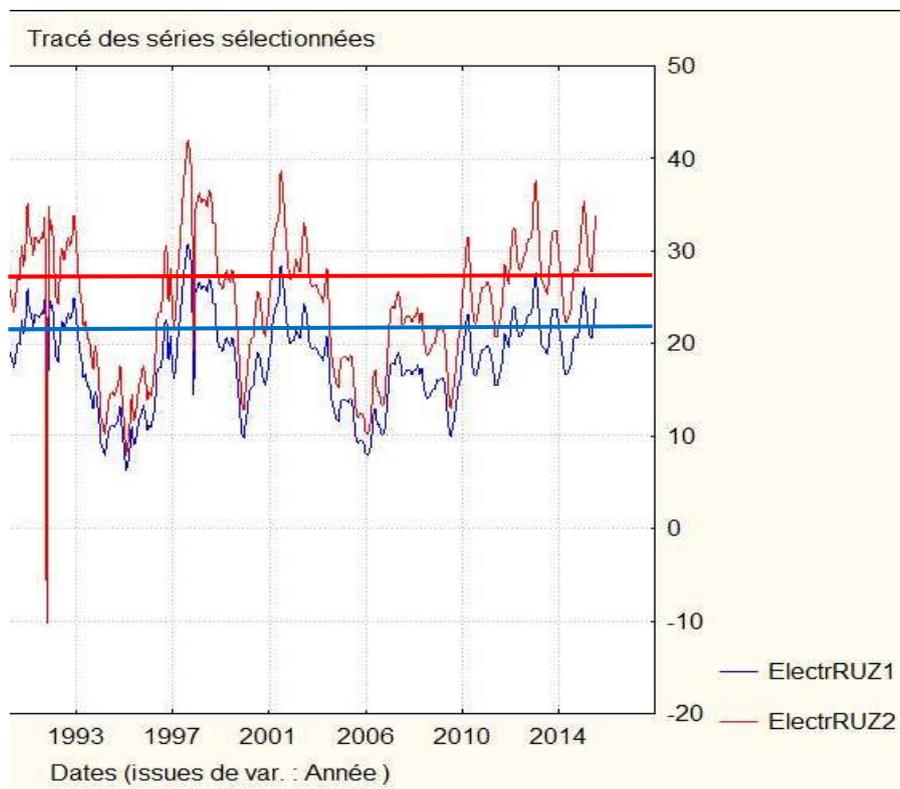


Fig. 16. Variabilité de la production électrique des centrales électriques Ruzizi 1&2

4 DISCUSSION DES RÉSULTATS

4.1 VARIABILITÉ DES FACTEURS CLIMATIQUES

L'analyse des données de la NASA sur Bukavu a prouvé que pour les mois de janvier, mai, juin, juillet, août et septembre des années 1980 - 2016, la tendance de la moyenne des précipitations mensuelles est montante. La précipitation moyenne des années 2000 à 2004 et de 2010 à 2016 a été plus élevée par rapport aux autres années (150mm et 275mm). La petite saison sèche de Janvier et Février est devenue pluvieuse au fil des décennies. L'ordre des mois les plus pluvieux pour les deux dernières décennies est conforme au constat de l'analyse de [12] qui montre qu'août est devenu un mois humide et que l'ordre de primauté des mois très humides a changé : Novembre, Décembre, Octobre, Février, Mars, Janvier, Avril. Alors que [13] avait retenu l'ordre suivant : Septembre, Janvier, Mars, Avril, Octobre, Novembre et Décembre.

L'analyse de la variabilité des pluies à partir de l'écart-type démontre qu'il ya eu une forte variabilité des pluies entre les mois et les quinquennats. Ce qui témoigne une certaine incertitude quant à la période exacte de retour des pluies au cours de la principale saison A (Septembre - janvier) et la seconde saison B (février – mai). Le cas de plus frappant est celui de l'année 1984, 2005 et 2006 ; années au cours desquelles une carence en pluie a été enregistrée du mois d'août 2005 à avril 2006. [14], [15] et [16] avaient prédit la diminution des ressources en eau et la baisse des rendements agricoles dans certaines régions du globe parmi les plus vulnérables (Asie, Afrique). Ce qui risque d'engendrer des crises alimentaires. Le principal facteur qui

contrôle les saisons pluvieuses à l'Est de la RD Congo comme au Rwanda est la ZCIT³ contrôlée par la position et l'intensité des anticyclones subtropicaux tels que le *Mascareignes*, la *Saint Hélène*, les *Açores* et la *Dorsale d'Arabie*. Celle-ci est caractérisée par les basses pressions, le maximum d'humidité et la convergence des vents. Elle traverse cette région deux fois par an et y détermine deux périodes pluvieuses : de mi-septembre à mi-décembre et de mars à mai [17]. Le retour des pluies dans la région est accompagné d'averses, d'éboulements, des débordements des cours d'eau et de la grêle.

La saison A est devenue plus pluvieuse à partir des années 2000 (320 à 400mm) par rapport aux décennies antérieures (200mm). Malgré cela, les pluies reviennent tardivement. La moyenne des pluies de la saison B des années 1990 à 1994 a été significativement différente de celles de la saison A. Les résultats de l'ANOVA des quinquennats prouvent que les précipitations des saisons culturales A, B et la saison sèche ont varié significativement. Au Burundi voisin on a observé, depuis 1999, une forte variabilité de régime pluviométrique avec une tendance dans le sens d'une longue saison sèche de mai à octobre (6 mois) dans les régions de basse altitude et même des plateaux centraux [18].

Les mois de juin, juillet et août sont devenus pluvieux contrairement à la période 1937 – 1949, constat fait par [19] et [20] pour la période 1955 -1977 et le rapport de [21] pour les années 1992, 1993, 1996, 1999 et 2000 qualifiées de plus chaudes. Il y a eu une forte sécheresse au cours des années 1984 -1994 ; 2000 - 2004. Le mois de juin est devenu plus pluvieux à partir du quinquennat 2005-2009. A partir de ce quinquennat, il pleut même en juillet et août et ce phénomène conduit à un prolongement de la saison sèche en septembre. La conséquence en est que les semences de septembre brûlent et la production agricole est devenue un échec pour la campagne A.

4.2 VARIABILITÉ SELON LE NIVEAU D'ALTITUDE

Le rapport PANA du Rwanda (2006) a conclu que distribution spatiale des précipitations favorise beaucoup plus les régions de hautes altitudes.

Pour cette étude et par rapport au niveau d'altitude, les moyennes annuelles des précipitations et des épisodes des pluies n'ont pas changé significativement. Cependant, le test de Tukey n inégaux a prouvé que l'année 2009 de la moyenne altitude a été particulière en termes de précipitations par rapport à 2011 ($p=0,045$) et 2012 ($p= 0,02$) en haute altitude et par rapport à 2006 ($p= 0,03$), 2007 ($p=0,048$) et 2010 ($p= 0,03$) en basse altitude. Les précipitations de l'année 2007 en moyenne altitude ont été significativement différentes de celles de 2006 ($p=0,003$), 2007 ($p=0,001$), 2008 ($p=0,03$) et 2012 ($p=0,04$) en basse altitude.

Le coefficient de variation moyen des précipitations varie comme suit selon le niveau d'altitude : 33 à 70% pour la moyenne altitude (1000 à 1400m) ; 59 à 70% pour les terroirs de haute altitude (1401m et plus) et 70 à 95% pour les terroirs de la basse altitude (inférieur à 1000 m). Ce coefficient est plus élevé dans les régions de basse altitude. Un tel coefficient de variation est trop élevé si nous devons nous en tenir aux normes fixées par le Memento de l'agronome.

4.3 INFLUENCE BÉNÉFIQUE DE LA FORÊT TROPICALE HUMIDE

Les précipitations des zones proches des forêts n'ont pas varié significativement au fil des années. Cependant, l'on a enregistré des perturbations par rapport à la quantité des pluies des mois, [22]. Le mois d'avril y est resté le mois le plus pluvieux de la saison culturelle B. Par contre, le mois le plus pluvieux de la saison A a beaucoup bougé au fil des années : le mois de novembre (de 2005 à 2009), le mois d'octobre (de 2010 à 2016), le mois de décembre (1996 à 2004). La déforestation et le déboisement sont des facteurs importants pour expliquer les perturbations de la pluviométrie même si les totaux annuels des pluies n'ont pas changé significativement [23]. Les rapports de la Coordination de l'Environnement au Sud-Kivu montrent qu'entre 1984 et 1998, 85% des boisements publics ont disparu dans le seul cas de Kabare et Walungu.

Il y a eu une différence significative entre la température moyenne des mois de la saison culturelle A ($p=0.000016$) et celles des mois de la saison B ($p=0.000164$). Pour la température minimale, la moyenne a changé. La tendance est ascendante de 2000 à 2004 avant de descendre et de manière significative de 2005 à 2015. La tendance de la température maximale moyenne donnée par la station de Lwiro (proche du PNKB) a suivi la même tendance que celle des données de la NASA. La température moyenne minimale a été plus élevée au cours des années 2000 à 2004 (20,5°C). Phénomène qui peut être expliqué en partie

³ ZCIT : La Zone de Convergence Inter-Tropicale

par la forte pression sur les ressources floristiques du parc et la perte du contrôle de plus de 65% de la superficie du PNKB par l'ICCN à cause de la présence de plusieurs groupes armés (Forces Démocratiques pour la Libération du Rwanda et autres MAI MAI). Jusqu'en 2004 l'étude a noté une augmentation de 1,4°C ; ce qui s'inscrit parmi les inquiétudes de [24] et ayant conduit à l'adoption de l'objectif n° 1 de l'Accord de Paris qui prévoit de "contenir" la hausse moyenne de la température du globe "nettement en dessous de 2°C" par rapport aux niveaux préindustriels. De 2004 à 2016 il y a eu une chute de 0,5°C. Le GIEC a rapporté qu'un réchauffement moyen de la température à la surface de la terre de 0,74 °C a été observé, alors qu'il était prévu que la température moyenne n'augmenterait que de 0,6 °C [25]. Le mois le plus chaud depuis 1970 à 1979 c'est le mois d'octobre. De 1980 à 2009 c'est le mois de septembre alors que c'est le mois du semis pour la saison culturale A. [26] ont conclu également à une augmentation de la température de l'air en Afrique de l'Ouest. Au Burundi on a vécu une hausse des températures moyennes de 0,4°C tous les 10 ans, soit un accroissement de 1,9°C projeté en l'an 2050 [27].

4.4 CONSÉQUENCES AGRONOMIQUES, ALIMENTAIRES ET ÉNERGÉTIQUES

Le rendement moyen du haricot a varié mais pas significativement de 1992 à 2015. Celui du maïs, manioc et de la pomme de terre a varié significativement respectivement avec un p-value de 0.003087 (maïs), 0.036947 (manioc) et 0.010572 (pomme de terre). La période de 2000 à 2004 a enregistré les rendements les plus élevés pour le maïs (2100kg/ha). Comparativement aux années 1970 à 1974 ont enregistré les rendements les plus bas pour le manioc (1000 kg/ha), on peut conclure à l'efficacité de l'accompagnement agricole qu'ont fait les acteurs de la vulgarisation agricole. Les années 1995 à 2004 ont enregistré les rendements les plus élevés pour la pomme de terre (6,5 T/ha) suivis d'une forte diminution les années qui ont suivi. [28] et [29] ont prédit que les impacts négatifs du changement climatique seront plus nombreux en Afrique que les bénéfiques. Les principales cultures céréalières mondiales (blé, riz et maïs) connaîtront de baisses de production dans les régions tropicales et tempérées si la température moyenne augmente de plus de 1°C. Bien que la RDC ne soit pas retenue par [30] qui stipule que le rendement agricole connaîtra la baisse la plus importante dans la région centrale de l'Afrique australe (Zambie, Zimbabwe, Angola). La baisse des pluies du mois de mai marque un raccourcissement de la deuxième saison agricole (Février – mai). En effet, le quinquennat 1984-1989 a été marqué par une disette qui a inauguré toute une décennie des perturbations climatiques ressenties jusqu'aujourd'hui (principalement à Kamanyola dans la plaine de la Ruzizi). Dix ans après, de 1999 à 2000, une sécheresse prolongée toucha sérieusement les régions voisines du Rwanda. De tels désastres sont le plus souvent provoqués par des changements climatiques [31].

Des points de vues des paysans, l'étude a retenu que la majorité des cultures vivrières pratiquées au Sud-Kivu souffrent des stressés biotiques et/ou abiotique dues aux perturbations climatiques car plus de la moitié des enquêtés confirment qu'il y a prolifération et apparition de nouvelles maladies et ravageurs. Il s'agit par exemple de la striure brune sur le manioc en basse altitude et le *wilt bactérien* sur le bananier en haute et moyenne altitude. Les cultures telles que le riz, le haricot, le maïs, le manioc et le bananier sont également sujet à des maladies et ravageurs. La patate douce par contre est la culture la moins attaquée probablement à cause de sa tolérance et son élasticité. Les calamités (mosaïque africaine et la striure brune du manioc et le *cosmopolites sordidus* et le *wilt bactérien* pour le bananier) causent de pertes énormes de rendement du point de vue quantité et qualité et conduisent à la faim ; le manioc et le bananier étant les cultures vivrières de base et en tête des « cultures cash crops » pour la population du Sud Kivu [32].

[33] annonce que 20% d'Africains en plus seront menacés par la faim d'ici à 2050 sous l'effet du changement climatique. Et que les bénéfiques tirés des cultures agricoles pourraient chuter de 90 % d'ici à 2100, les petits exploitants étant les 90% plus touchés. Pour [34] les changements climatiques seront accompagnés d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes : sécheresses, inondations, canicules, pluies fortes et abondantes, tornades... Ces événements climatiques, souvent à l'origine de catastrophes, pourraient se produire plus fréquemment dans le futur.

Les pluies de la fin du mois d'août et celles du début du mois de septembre se sont habituellement interrompues dans la deuxième moitié de septembre poussant les agriculteurs à opter pour le mois d'octobre comme mois de semis. Toutefois, l'analyse de χ^2 a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les opinions selon que nous soyons en Basse altitude, Moyenne altitude et Haute altitude sur la perception du changement climatique et les pratiques de résilience.

4.5 LES MESURES DE RÉSILIENCE PRATIQUÉES PAR LES MÉNAGES

En agriculture et sécurité alimentaire, la République Centre Africaine [35] a mis un accent particulier sur une meilleure information, une planification optimisée et des cultures et infrastructures mieux aptes à résister aux aléas du climat. Au Rwanda voisin direct du Sud-Kivu montagneux, un accent est mis sur l'agroforesterie, la pratique des cultures résistantes aux perturbations climatiques et l'exploitation des marais drainés à l'avance [36].

Les ménages contactés ont adopté des cultures tolérantes et précoces, l'irrigation et la création des micro-climats ; l'adaptation du calendrier agricole et la permaculture (Rubabura, comm.pers. janvier 2019) qui met un accent sur l'intégration d'essences indigènes. Ces mesures de résilience sont conformes à certaines de celles retenues par [37] et celui de [38].

5 CONCLUSION

Cette étude a été menée au cours du mois de juillet à septembre 2017. Elle avait pour objectifs de déterminer la variabilité des facteurs climatiques dans le temps (pour les quinquennats, les saisons culturales, la saison sèche) et selon le niveau d'altitude ; évaluer l'effet des forêts naturelles sur les facteurs climatiques comparativement aux savanes ; déterminer les conséquences agronomiques, alimentaires et énergétiques des changements climatiques et enfin identifier les mesures d'adaptation (résilience) adoptées par les ménages. Les résultats obtenus sur le changement climatique dans la région du Sud-Kivu montagneux autour du lac Kivu située dans la partie Centre-Est de la RDC ont permis de tirer les conclusions suivantes : il ya un effet stabilisateur de la forêt sur les pluies ; les sommes annuelles des précipitations ne varient pas significativement, par contre il ya des mois plus frappés par les changements que les autres ; certains mois de la saison sèche (juin, juillet, août) sont devenus pluvieux ; la température et l'humidité relative de l'air ont changé ; il y a une instabilité remarquable dans les savanes. Les zones arides comme la plaine de la Ruzizi ont été nettement affectées alors qu'il s'agit d'un important grenier agricole régional ; le semis est repoussé de 2 à 4 semaines ; des stress abiotiques et des maladies sont observés surtout chez le maïs, le manioc et la pomme de terre ; des famines/disettes sont localisées et corrélées directement avec le retard des pluies ; le niveau du lac Kivu est un indicateur important de ces changements, affectant aussi la sécurité énergétique. Les mesures d'adaptation au sein des ménages sont l'adoption du paquet de la Gestion Intégrée de la Fertilité du Sol, une avancée vers les énergies solaires, le biogaz et le réaménagement du calendrier agricole: 1^{er} octobre au lieu du 15 septembre jusqu'aux années 1990; 1^{er} mars au lieu du 15 février, la mise en place d'ouvrages pouvant créer des micro-climats, la pratique des cultures à cycle court.

RÉFÉRENCES

- [1] BAD, Les solutions pour le changement climatique, la réponse de la BAD aux impacts en Afrique. s.l.:s.n. 2012.
- [2] Miderho & al, Impact des perturbations climatiques et stratégies d'adaptation des producteurs agricoles en basse, moyenne et haute altitude du Sud-Kivu, RD Congo. International journal of scientific & engineering reseach, 8(issue 1). 2017.
- [3] GIEC, Changements climatiques 2014; Incidences, adaptation et vulnérabilité: Résumé à l'intention des décideurs. Suisse: GIEC. 2014.
- [4] <http://www.theGEF.org/FEM/>
- [5] Mbaye I., Sane T et Dieye E.B., 2011 « Changement climatique, perceptions et stratégies des populations de la ville de Ziguinchor au Sénégal », in Actes du colloque "Renforcer la résilience au changement climatique des villes : du diagnostic spatialisé aux mesures d'adaptation" (2R2CV) 07 et 08 juillet 2011, Université Paul Verlaine - Metz, France.
- [6] Niasse M., Afouda A., Amani A., "Réduire la vulnérabilité de l'Afrique de l'Ouest aux impacts du climat sur les ressources en eau, les zones humides et la désertification – éléments de stratégie régionale de préparation et d'adaptation". Union Mondiale pour la Nature (UICN), 2004, 82 p
- [7] IPCC, Summary for Policymakers. Climate Change 2007 : Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, UK, 7-22, 2007.
- [8] RD Congo, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2006
- [9] Rwanda, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2006
- [10] Burundi, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2007
- [11] République Centre Africaine, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2007
- [12] Muhigwa, Les perturbations climatiques autour de Bukavu, article en ligne sur Google, s.l.: s.n. 2001.
- [13] Ilunga, L., L'érosion dans la ville de Bukavu. éd.ISP Bukavu: Antennes,V(2), 1977.
- [14] RAC-F, Changement climatique; comprendre et réagir. France: s.n. 2011.
- [15] Slater & al, Climate change, agricultural policy and poverty reduction-how much do we know? ODI Natural Resource Perspectives 109. Natural Resource Perspectives, September, 2007.
- [16] Seguin, B., 2010. Le changement climatique: conséquences pour l'agriculture et la forêt. Royonnement du CNRS, 54, pp. 36-47.
- [17] Rwanda, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2006

- [18] Burundi, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2007
- [19] Vandenplas, A., La pluie au Congo belge, Bull.Agr. du Congo 34 (3-4). s.l.:s.n. 1943.
- [20] Ilunga, L., L'érosion dans la ville de Bukavu. éd.ISP Bukavu: Antennes,V(2), 1977.
- [21] Rwanda, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2006
- [22] Ciza, B., 2015. Perception du changement climatique à Bukavu et dans les milieux peri urbains et mesure d'adaptation. Cahier du CERUKI, Volume 18(2), pp. 216-223.
- [23] Muhigwa, Les perturbations climatiques autour de Bukavu, article en ligne sur Google, s.l.: s.n. 2001.
- [24] COP21, Rapport COP 21, s.l.: s.n. 2015.
- [25] GIEC, Le rapport de synthèse du Bilan 2007 des changements climatiques. Cambridge Royaume Uni: Cambridge University Press, 2008.
- [26] Mbaye I., Sane T et Dieye E.B., 2011 « Changement climatique, perceptions et stratégies des populations de la ville de Ziguinchor au Sénégal », in Actes du colloque "Renforcer la résilience au changement climatique des villes : du diagnostic spatialisé aux mesures d'adaptation" (2R2CV) 07 et 08 juillet 2011, Université Paul Verlaine - Metz, France.
- [27] Burundi, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2007
- [28] Magdelene, C., 2014. Changement climatique: climat et effet de serre. [En ligne] Available at: http://www.notreplanete.info/terre/climatologie_meteo/changement-climatique.php.consulté [Accès le 2017].
- [29] Chikodzi, D., Crop field sensibility to climatic variability as the basic for creating climate resilient agriculture. Volume March, pp. 69-76, 2016.
- [30] BAD, Les solutions pour le changement climatique, la réponse de la BAD aux impacts en Afrique. s.l.:s.n. 2012.
- [31] Rwanda, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2006
- [32] MINAGRI, Rapport sur la sécurité alimentaire, Bukavu: s.n. 2007.
- [33] BAD, Les solutions pour le changement climatique, la réponse de la BAD aux impacts en Afrique. s.l.:s.n. 2012.
- [34] Environnement Canada (2008), Vivre avec les changements climatiques au Canada, éd. 2017 ; Disponible sur <http://adaptation2007/reca.gc.ca>
- [35] République Centre Africaine, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2007
- [36] Rwanda, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2006
- [37] République Centre Africaine, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2007
- [38] Burundi, Rapport sur les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques, 2007