



VULNERABILITE DE LA PRODUCTION DU MANIOC AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET PRIORITE D'ADAPTATION DANS LES AGGLOMERATIONS FRONTALIERES BENIN-TOGO (VALLEE DU MONO, AFRIQUE DE L'OUEST)

Sebo Vifan Éric Laurent Sévimi Coffi

*Ecole Nationale Supérieure des travaux Publics (ENSTP/UNSTIM)
Laboratoire de Géosciences de l'Environnement et Application (LaGEA)*

Article DOI: <https://doi.org/10.36713/epra12133>

DOI No: 10.36713/epra12133

ABSTRACT

In the south of the Mono Valley and in its Benin-Togo border towns, the production of cassava roots is hampered by fluctuating climatic conditions. It is in this context that this study is conducted, in order to analyze climatic variations and their impact on cassava production. Thus, climatological data (rainfall, temperature, relative humidity, potential evapotranspiration) and agricultural data (sown areas, yield and production of cassava) made it possible to characterize the major agroclimatic situations. Documentary research and field surveys formed the basis of the research methodology. In addition, data analysis reveals that the study area has a bimodal rainfall regime. The annual evolution of rainfall over the period

1988-2018 is marked by 45.16% of surplus years, 12.90% of normal years and 41.93% of deficit years. Therefore, the index of the deviation from the minimum value was calculated in order to see the years where the minimum need was not satisfied for certain years. In addition, an upward trend in average temperatures is noted with an average annual rate of 0.04°C/year. The linear correlations established between cassava yields and climatic parameters showed that there is no explicit linear relationship between cassava production and temperature and between cassava production and insolation. The rainfall and humidity dependence of cassava production are also low: 27% and 20% respectively. Thus, climatic parameters taken in isolation are not sufficient to explain agricultural yields. In addition, other factors could also play an inhibiting or enhancing role in yields. However, the producers have developed adaptation strategies in the face of climatic variability in the study area that deserve to be accompanied.

KEYWORDS : *Climate change, Cassava, Lower Mono Valley, border agglomeration, Benin and Togo*

RESUME

Au sud de la vallée du Mono et dans ses agglomérations frontalières Bénin-Togo, la production des racines de manioc est entravée par la fluctuation des conditions climatiques. C'est dans ce contexte que cette étude est menée, afin d'analyser les variations climatiques et leurs incidences sur la production du manioc. Ainsi, les données climatologiques (pluviométrie, température, humidité relative, évapotranspiration potentielle) et celles agricoles (superficies emblavées, rendement et production de manioc) ont permis de caractériser les situations agroclimatiques majeures. La recherche documentaire et les enquêtes de terrain ont constitué la base de la méthodologie de recherche. En outre, l'analyse des données révèle que la zone d'étude a un régime pluviométrique bimodal. L'évolution annuelle de la pluviométrie sur la période 1988-2018 est marquée par 45,16 % d'année excédentaires, 12,90 % d'année normales et 41,93 % d'année déficitaires. De ce fait, l'indice de l'écart à la valeur minimale a été calculé afin de voir les années où le besoin minimum n'a pas été satisfait pour certaines années. De plus, il est remarqué une tendance à la hausse des températures moyennes avec un taux moyen annuel de 0,04°C/an. Les corrélations linéaires établies entre les rendements du manioc et les paramètres climatiques ont montré qu'il n'existe pas de relation linéaire explicite entre la production du manioc et la température et entre la production du manioc et l'insolation. La dépendance pluviométrique et celle hygrométrique de la production du manioc sont également faibles : respectivement 27 % et 20 %. Ainsi, les paramètres climatiques pris isolément ne suffisent pas à expliquer les rendements agricoles. Par ailleurs, d'autres facteurs pourraient également jouer un rôle inhibiteur ou bonificateur des rendements. Cependant, les producteurs ont développé des stratégies d'adaptions face aux variabilités climatiques dans la zone d'étude qui méritent d'être accompagnées.

MOTS-CLES : *Changement climatique, Manioc, Basse Vallée du Mono, agglomération frontalière, Bénin et Togo.*



INTRODUCTION

Les changements climatiques sont devenus aujourd'hui une préoccupation mondiale, en particulier pour les agriculteurs africains qui luttent pour faire face à la hausse des températures, à la concentration des précipitations sur un laps de temps pendant la saison pluvieuse, à l'augmentation de la fréquence des sécheresses et des risques d'inondation (GIEC, 2014). En effet, les dernières décennies de la fin du deuxième millénaire ont été marquées par une évolution rapide des climats (Edjame, *et al.*, 1992 ; Kekey, *et al.*, 1993 ; Nicholson, 1998 ; Adjoussi, 2000). Les recherches effectuées par Olivry (1983) et Sircoulon (1990) indiquent que les précipitations en Afrique ont été marquées par une diminution. Dans ce contexte continental, la région ouest-africaine a connu une récession pluviométrique aux amplitudes parfois très accusées, doublée d'une augmentation significative due au nombre d'années sèches (Sircoulon, 1990 ; Amran, 1996). Au Bénin comme au Togo, de nombreuses recherches (Kekeh et Edjame, 1987 ; Piton, 1989 ; Issa, 1995 ; Awesso et Sivakumar, 1996 ; Klassou, 1996 ; Bokonon-Ganta, 1999 ; Houndénou, 1999 ; Ogouwalé, 2006 ; Afouda, *et al.*, 2007 ; Amoussou, *et al.*, 2009 ; Amoussou, *et al.*, 2014) révèlent une nouvelle dynamique climatique qui se traduit par de grands déficits pluviométriques souvent alternés avec des années de fortes précipitations, puis une augmentation sensible des températures, depuis les années 1960. Les conséquences de cette situation climatique pour l'agriculture pluviale pratiquée dans ces deux pays sont entre autres, la perturbation des cycles culturels, le bouleversement du calendrier agricole traditionnel en vigueur chez les paysans, la baisse des rendements agricoles et les pertes de récoltes (Vignigbé, 1992 ; Badameli, 1996 ; Houndénou, 1999 ; Agbéko, 2003 ; DSID, 2005 ; Ogouwalé, 2006). Ainsi, les agricultures béninoises et togolaises subissent donc déjà le contre coup des changements observés au niveau des paramètres climatiques, notamment la baisse des précipitations et la hausse des températures.

En outre, dans ces deux pays, le manioc occupe une place de choix dans le système agricole et vient au deuxième rang après le maïs (Marquette, 1985 ; Salanon, 2008). De par sa production et eu égard à son poids dans l'alimentation des populations béninoises et togolaises, le manioc représente aujourd'hui pour ces populations, surtout des milieux ruraux, une principale culture vivrière et l'aliment de base le plus important après le maïs (Kpogo, 1999 ; Bassili, 2006). Cette plante est d'ailleurs l'une des principales cultures produites dans les agglomérations frontalières Bénin-Togo situées à la lisière du fleuve Mono. Elle est en même temps la matière de base la plus transformée (Marquette, 1985 ; DSID, 2005 ; Bassili, 2006 ; Salanon, 2008).

Mais sa production se retrouve être confronté à la variabilité climatique, l'un des sujets les importants de ces dernières années. Pour Badameli, 1996 ; Agbéko, 2003 ; DSID, 2005 ; Ogouwalé, 2006 et Totin, *et al.*, 2016, les communautés paysannes seront les plus vulnérables du fait de leurs capacités d'adaptation limitées et de leur grande dépendance de ressource à forte sensibilité climatique telles que l'eau et les systèmes de production. Cette situation contraint les producteurs à développer des stratégies d'adaptation afin de préserver leurs moyens de subsistance.

La présente étude se propose donc d'évaluer l'ampleur des irrégularités climatiques et leurs impacts sur la production du manioc dans les agglomérations frontalières Bénin-Togo situées à la lisière du fleuve Mono. L'étude est fondée sur trois hypothèses : les agglomérations frontalières Bénin-Togo sont soumises à une forte variabilité climatique ; la variabilité climatique influence la production du manioc dans la zone d'étude ; plusieurs stratégies sont développées par les producteurs de manioc pour faire face aux impacts néfastes de la variabilité climatique dans les agglomérations frontalières Benin-Togo.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Situation géographique de la zone d'étude

Le bassin versant du Mono est à cheval sur le Togo et le Bénin, bien que sa majeure partie (les fractions hautes et moyennes) se situe sur le territoire togolais. Mais, le bassin versant du Mono ne fait pas, dans sa totalité, objet de la présente étude. Seule sa fraction basse, largement partagée par le Bénin et le Togo, est concernée la présente étude (figure 1). Celle-ci se localise entre les parallèles 6°14" et 7°18" de latitude Nord et les méridiens 1°12" et 1°54" de longitude Est. Elle couvre six Communes du côté béninois (Aplahoué, Athiémé, Djakotomey, Dogbo, Grand-Popo et Lokossa) et quatre Régions du côté togolais (Région d'Ogou, Région de Haho, Région de Yoto et Région des Lacs).

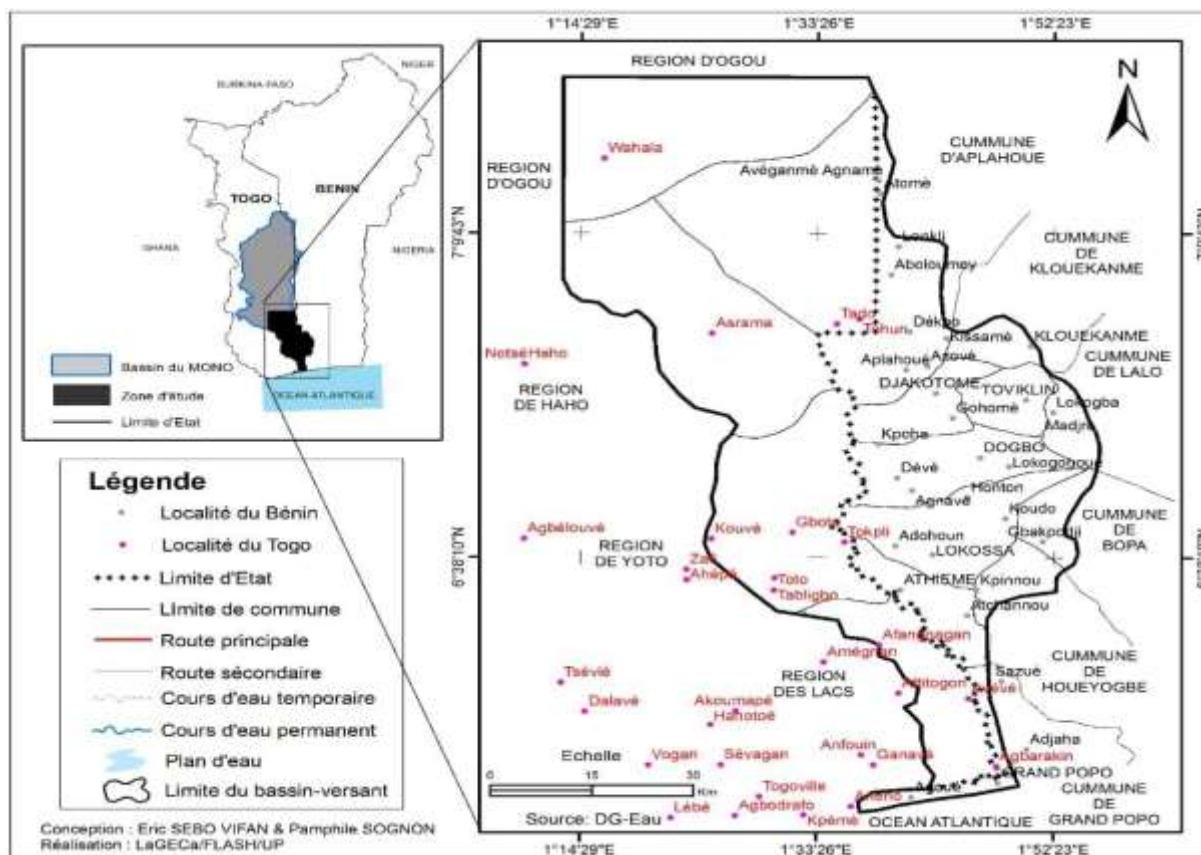


Figure 1 : Localisation Géographique de la Zone d'étude

1.2. Données et méthodes

1.2.1. Données collectées

Les données climatiques utilisées dans la présente étude sont les séries climatiques mensuelles de précipitation du poste pluviométrique d'Athiémé, de température, d'humidité relative et d'évapotranspiration potentielle (ETP) de la station synoptique de Tabligbo. Ces séries couvrent la période de 1988 à 2018.

Les données de production brute de manioc et de superficies totales emblavées sont issues des annuaires statistiques de la Direction de la Statistique Agricole (Bénin) et de la Direction des Statistiques agricoles, de l'Informatique et de la Documentation (Togo). Celles-ci couvrent essentiellement la période de 1998 à 2018. Les rendements agricoles (quantité produite à l'hectare) dérivent donc de la production totale rapportée à la superficie totale emblavée. Ces données ont permis de faire l'analyse corrélative du climat et de la production du manioc.

Les données démographiques concernent les effectifs des populations-cibles (agriculteurs) présentés dans la basse vallée du Mono. Pour le Bénin, ces effectifs ont été estimés en croisant les données de l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) à celles du Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MAEP). Pour le Togo, ces effectifs ont été estimés en croisant les données de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economique et Démographiques (INSEED) à celles du Ministère de l'Agriculture, de la Production Animale et Halieutique (MAPAH) et du quatrième Recensement National de l'Agriculture (RNA). Ceci a permis d'évaluer, pour l'année 2018, la population agricole de la zone d'étude à 212 988 individus composé de 111 708 agriculteurs béninois et de 101 280 togolais. L'exploitation des données démographiques a permis de réaliser des investigations auprès de 766 agriculteurs (383 agriculteurs béninois et 383 agriculteurs togolais). Cet échantillon a été déterminé avec le protocole statistique de SCHWARTZ (1995) appliquée à l'effectif totale de la population agricole de la zone d'étude. Ce protocole statistique se présente sous la forme $N = Z_{\alpha}^2 PQ/d^2$ avec N = taille de l'échantillon ; Z_{α} = écart fixé à 1,96 correspondant à un degré de confiance de 95 % ; P = nombre npays des agriculteurs de chaque pays de la basse vallée du Mono par le nombre total nbassin des agriculteurs de la basse vallée du Mono; $Q = 1-P$ et d = marge d'erreur ($d = 5\%$).

Les données collectées auprès des agriculteurs sont relatives aux différentes stratégies d'adaptation qu'ils ont développées pour faire face aux effets / impacts du changement climatique dans la zone d'étude.



1.2.2. Méthodes de traitement des données

- **Moyenne Arithmétique**

La moyenne a été le paramètre utilisé pour caractériser l'état climatique moyen de la zone d'étude. En effet, la moyenne des hauteurs de pluies, de température et de l'humidité relative a été calculée par la formule : $M = \bar{M} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i)$, \bar{x} = la moyenne arithmétique ; n = l'effectif total des modalités ; x_i = modalité du caractère étudié.

- **Indice pluviométrique**

Les indices pluviométriques qui sont déterminés en utilisant la formule $I_p = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma(x)}$ (où x_i représente la valeur annuelle des précipitations pour l'année i , et \bar{x} et $\sigma(x)$, représentent respectivement, la moyenne et l'écart type de la série considérée. Dans ce travail, les indices négatifs ont été déterminés par rapport à l'indice pluviométrique de Lamb (Lawin, et al., 2011). Selon cet indice, une année est considérée comme stable si son indice est compris entre - 0,1 et + 0,1. Elle est dite humide si son indice est supérieur à 0,1 et sèche en deçà de - 0,1. Ils ont facilité l'analyse des anomalies pluviométriques.

- **Tendance d'évolution**

Les tendances d'évolution ont été mises en évidence par le modèle linéaire qui a l'avantage de proposer une représentation synthétique dynamique de l'évolution des paramètres considérés (Wesselink, et al., 1995). L'équation de la droite de régression linéaire est de la forme $Y = at + b$, dont a est le coefficient dont le signe positif (+) ou négatif (-) exprime respectivement une tendance à la hausse ou à la baisse dans le temps t , b une constante et Y la valeur de la variable dont la tendance est recherchée. Les tendances pluviométriques et thermométriques ont été celles recherchées dans la présente étude.

- **Calcul des indices agroclimatiques**

- **Indice de l'écart à la valeur minimale**

Cet indice a permis de faire la différence entre la hauteur de précipitation annuelle (P_i) et la hauteur minimale annuelle nécessaire (P_{mini}) qui est égale à 1000 mm encore appelé écart à la valeur minimale. **$E_{\text{mini}} = P_{\text{mini}} - 1000$ mm**

- **Bilan climatique**

Le calcul du bilan climatique annuel a permis de confirmer les résultats obtenus au niveau de l'indice de l'écart à la valeur minimale. Le bilan climatique (B_c), différence entre la quantité de pluie (P) et l'évapotranspiration potentielle (ETP), donne une idée approximative sur la disponibilité en eau de la plante. En effet, pour déterminer les années sèches et humides, les pluies annuelles ont été comparées à l'évapotranspiration potentielle (ETP) annuelle par la formule **$B_c = P - ETP$** avec : B_c = bilan climatique (mm) ; P = pluviométrie totale (mm) ; ETP = évapotranspiration potentielle (mm).

Ainsi, si : $P - ETP < 0$, B_c est déficitaire. Par contre, si $P - ETP > 0$, B_c est excédentaire. Lorsque $P - ETP = 0$, B_c est équilibré.

- **Analyse comparée de la production du manioc et de la variabilité climatique**

Une approche par régression linéaire simple a été faite afin de déterminer l'impact du climat sur les productions agricoles. Elle a essentiellement consisté à comparer les rendements agricoles observés aux durées des saisons culturales. En effet, un coefficient de corrélation $-1 < (r) < 1$ signifie que lorsque les variables explicatives (durées des saisons culturales) ont tendance à croître, les variables expliquées (rendements de manioc) augmentent elles aussi réciproquement.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Caractéristique climatique de la zone d'étude

2.1.1. Régime pluviométrique et évolution interannuelle de la pluviométrie dans la zone d'étude

La figure 2 présente le régime pluviométrique et l'évolution interannuelle de la pluviométrie dans la zone d'étude.

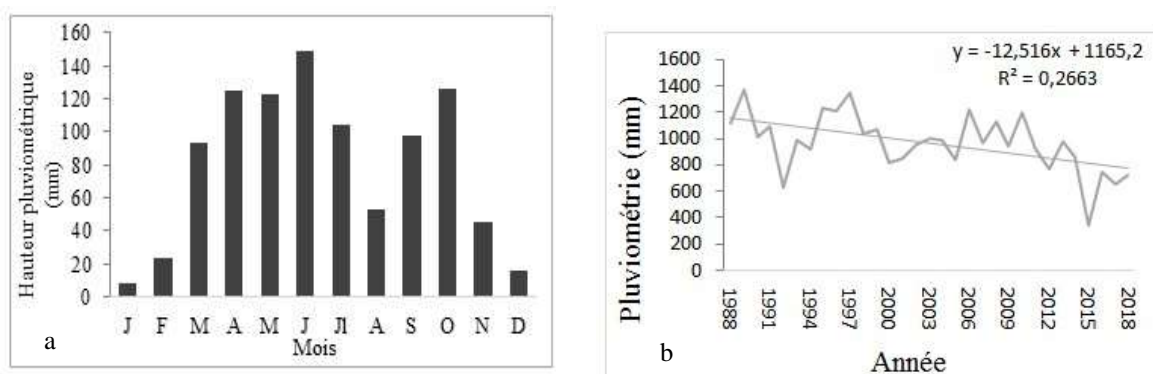


Figure 2 : Régime pluviométrique (a) et évolution interannuelle de la pluviométrie (b) de 1988 à 2018 dans la zone d'étude

L'analyse de la figure 2a montre que la zone d'étude a un régime bimodal avec les quantités de pluie les plus élevées en avril, mai, juin et octobre. Elles peuvent occasionner des inondations, en général pendant le mois d'août et de septembre au niveau des bassins versants, en créant ainsi des pertes de cultures. Le mois d'août représente la petite saison sèche. La pluviométrie dans la zone d'étude est marquée par des fluctuations interannuelles remarquables avec une succession de périodes sèches et de périodes humides. Ainsi l'analyse de la figure 2b révèle que l'évolution de la hauteur moyenne d'eau entre 1988 et 2018 présente une tendance régressive avec un taux de régression de 12,51% par an.

En effet, plusieurs études portant sur le bassin du Mono (Rossi et Blivi, 1995 ; Gnogbo, 1996 ; Blivi, 2000a ; Blivi, 2000b ; Amoussou, 2010) réalisées à l'échelle ouest-africaine ou du Bénin et du Togo, identifient un climat subéquatorial dans le bassin de la côte à la latitude 7°30' Nord, avec une nuance maritime (de la côte à la latitude 6°35' Nord) et une nuance intérieure (de 6°35' à 7°30' N).

2.1.2. Indice pluviométrique

La figure 3 montre l'évolution de l'indice pluviométrique dans la zone d'étude.

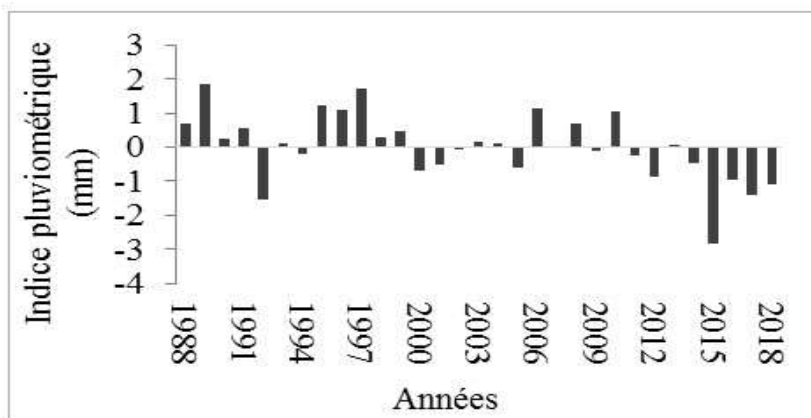


Figure 3 : Évolution de l'indice pluviométrique de 1988 à 2018 dans la zone d'étude

L'indice pluviométrique sur la période 1988-2018 a permis de constater que la zone d'étude est caractérisée par une alternance des d'années déficitaires, excédentaires et normales. Ainsi, la zone d'étude a enregistré 45,16 % d'année excédentaires, 12,90 % d'année normales et 41,93 % d'année déficitaires. L'alternance des années excédentaires, normales et déficitaires entraîne le bouleversement du calendrier culturel dans la zone d'étude.

2.1.3. Régime thermométrique mensuel et variabilité interannuelle de la température

Le régime thermométrique moyen sur la période 1988-2018 de la zone d'étude est illustré dans la figure 4.

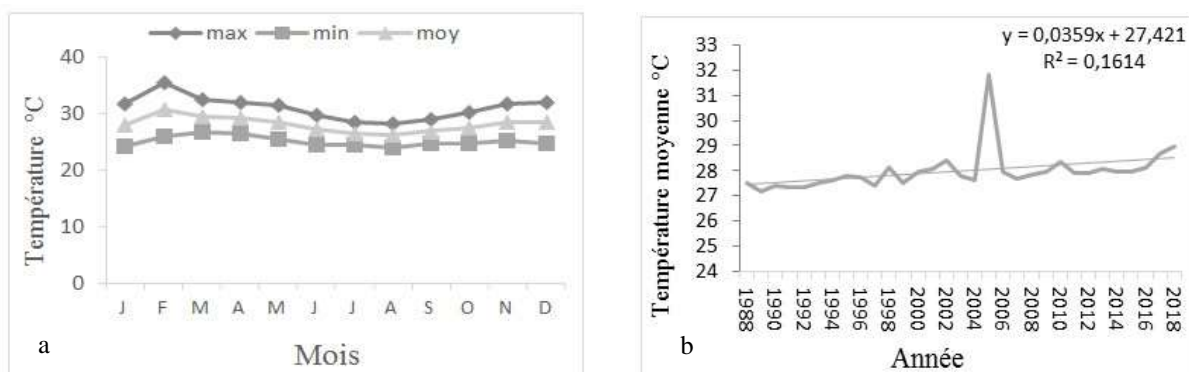


Figure 4 : Régime thermométrique (a) et évolution interannuelle de la température (b) de 1988 à 2018 dans la zone d'étude

Cette figure 4a révèle que la température moyenne croît de 27,71 °C en janvier à 29,50 °C en mars. Cette période qui est la plus chaude de l'année ne favorise pas la production agricole. Bon nombre de producteurs s'adonnent donc à d'autres activités telles que le commerce, l'artisanat et le transport. Par ailleurs, la température moyenne mensuelle dans la zone d'étude chute progressivement de 29,12 °C au début du mois d'avril à 26,05 °C en août puis croît progressivement de 26,77 °C en septembre à 28,30 °C en décembre.

La figure 4b met en évidence l'évolution interannuelle de la température moyenne. Il ressort de l'analyse de cette figure 4b que la température a connu une hausse au cours de la période d'étude. En effet, l'évolution de la température moyenne varie entre 27,19 °C en 1986 et 31,82

°C en 2005 soit une augmentation de 0,03 °C/an. Cela voudra dire que la température s'élève de plus en plus au fil des ans. Il est évident que la hausse des valeurs thermométriques pour la période 1988-2018, montre que le milieu d'étude n'est pas épargné par le réchauffement planétaire observé.

2.1.4. Régime hygrométrique

L'humidité relative de par sa capacité à mettre en équilibre la vapeur d'eau entre la surface de l'exploitation agricole et celle de l'air que l'entour, joue un rôle crucial dans la satisfaction en eau des cultures. Car, lorsque l'humidité relative est élevée, cela conduit à la baisse l'ETP. La figure 5 présente le régime hygrométrique de 1988-2018 dans la zone d'étude.

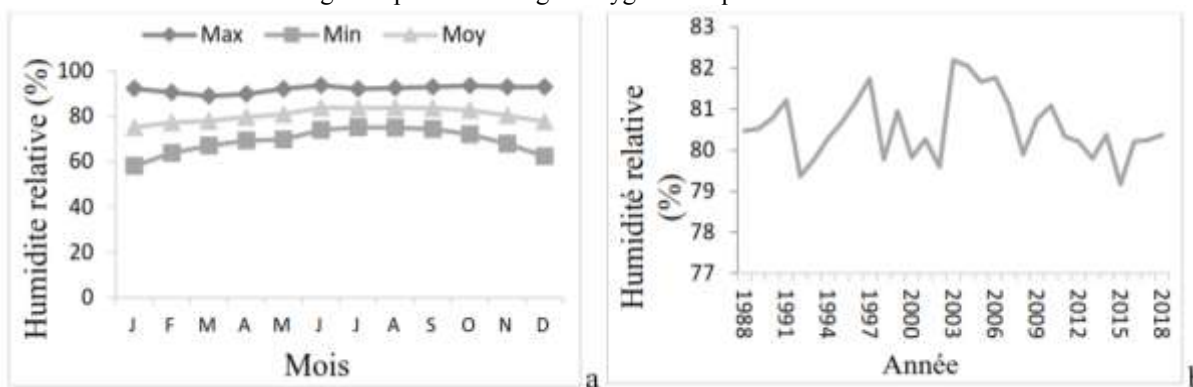


Figure 5 : Régime hygrométrique (a) et évolution interannuelle de l'humidité relative (b) de 1988 à 2018 dans la zone d'étude

La figure 5a présentant l'évolution de l'humidité relative dans la zone d'étude révèle que l'humidité relative moyenne oscille entre 75 % en janvier et 84 % en août. L'humidité relative maximale quant à elle, est très élevée en saison pluvieuse avec un optimum enregistré en juin (94 %). Elle oscille entre 58 % en janvier et 75 % en juin pour les minimums.

Des travaux de Cornet (2005), on retient qu'en deçà de 30 %, les plantes ferment leurs stomates pour limiter les pertes d'eau, ce qui arrête la transpiration.

L'analyse de la figure 5b permet de constater une variation de l'humidité relative moyenne annuelle entre 79 % et 81,74 %. A l'échelle annuelle, la variation de l'humidité relative n'influence pas la production de manioc. Cependant, il est intéressant de constater que cette fourchette correspond aux valeurs idéales de l'humidité relative pour une production agricole excellente (Badameli, 1996 ; Agbéko, 2003 ; Cornet, 2005 ; Ogouwalé, 2006). Mais dans un contexte d'augmentation de la température, ces valeurs risquent de diminuer ce qui ne serait pas sans conséquence sur la production de manioc.



2.1.5. Régime de l'insolation

La figure 6 présente le régime de l'insolation dans la zone d'étude.

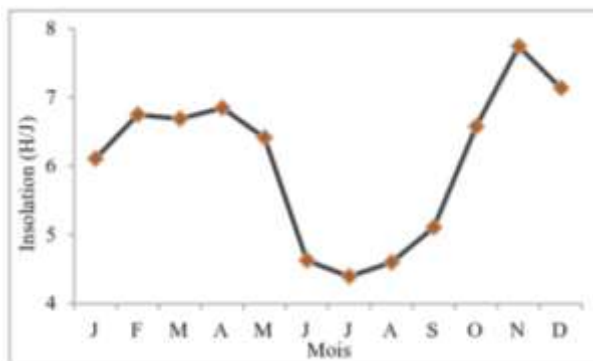


Figure 6 : Régime de l'insolation (moyenne mensuelle) de 1988 à 2018 dans la zone d'étude

La figure 6 montre que la durée journalière de l'insolation est comprise entre 4,39 heures et 7,74 heures. Sur l'ensemble, deux grandes phases se démarquent à savoir : la première qui englobe les cinq premiers mois de l'année (janvier à mai) auxquels s'ajoutent les trois derniers mois de l'année (octobre à décembre). Cette première phase montre des valeurs élevées de l'humidité relative. La deuxième phase quant à elle, est celle où les valeurs de l'humidité relative sont basses. Cette phase couvre les mois de juin, juillet et août. Cette période coïncide avec la saison pluvieuse. C'est d'ailleurs la période où s'observe les maximums pluviométriques. La nébulosité est donc bien développée, et représente un frein à la pénétration des radiations solaires.

2.2. Implication de la variabilité climatique sur la culture du manioc dans la zone d'étude

2.2.1. Indice de l'écart à la valeur minimale et bilan climatique

La figure 7 présente l'indice de l'écart à la valeur minimale (Emini) et le bilan climatique mensuel de 1988 à 2018.

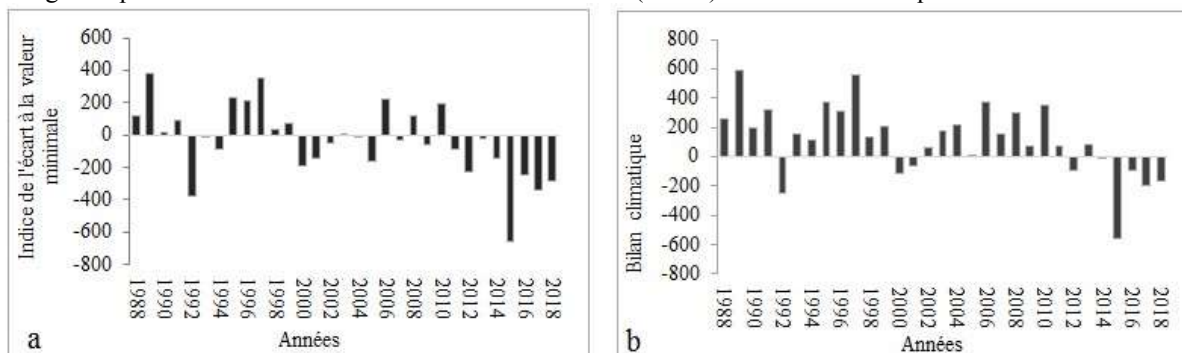


Figure 7 : Indice de l'écart à la valeur minimale (a) et bilan climatique (b) de 1988 à 2018 dans la zone d'étude

La figure 7a montre que les années de Emini négatif sont de 58,07 % et de Emini positif sont de 41,93 %. La présence des années où l'écart minimal est négatif traduit qu'au cours de ces trente dernières années le besoin minimum pluviométrique pour une bonne production des racines de manioc n'a pas été satisfait. L'analyse de la fréquence des années de déficit pluviométrique a montré des successions d'années déficitaires de 2011 à 2018. Au cours de cette période, la culture du manioc a subi des stress hydriques, ce qui a assurément perturbé la production de manioc dans la zone d'étude.

L'analyse de la figure 7b montre, quant à elle, que les années pendant lesquelles le bilan climatique est déficitaire sont de 29,03 % contre 70,97 % pour les années excédentaires. Le bilan climatique des années 2015 à 2018 confirme les déficits en eau des cultures de manioc. Ces années ont été particulièrement sèches. Ce qui pourrait entraîner la baisse des rendements au cours de ces années. Plusieurs années exceptionnellement pluvieuses ont été enregistrées (1988, 1989, 1990, 1991, 1996, 1997, 2006, 2007, 2008 et 2010). Tous ces paramètres influencent la production des racines de manioc.

2.2.2. Production de manioc et contraintes pluviométriques

La culture du manioc est en général exigeante en eau, soit au moins 1000 mm d'eau et au plus 1400 mm d'eau par saison agricole (IITA, 1982). Les précipitations constituent donc un élément majeur pour la culture et le rendement de manioc. Or, les précipitations impactent les cultures à travers des excès et des déficits, rendant vulnérable la production agricole. Selon IITA (1982), grâce à ces racines tubéreuses, le manioc peut supporter 4 à 6 mois de sécheresse. La figure 8 permet d'apprécier la relation entre la pluviométrie et la production de manioc.

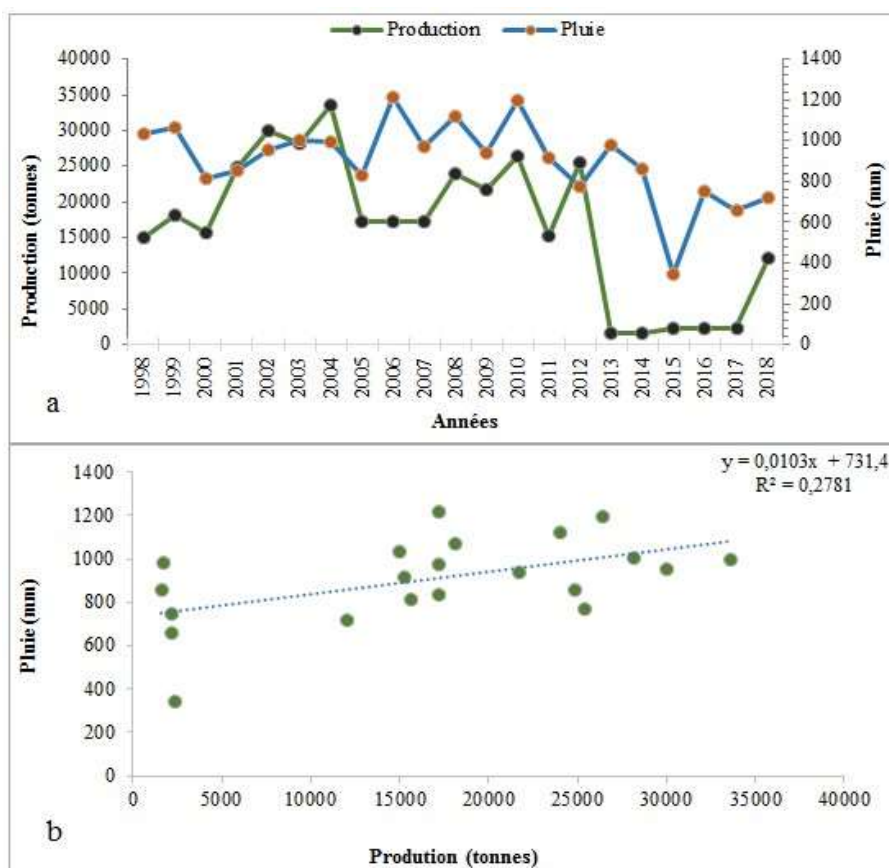


Figure 8 : Relation entre la production de manioc et les précipitations de 1998 à 2018 dans la zone d'étude

De l'analyse de la figure 8a, il ressort que de bons rendements de manioc ont été obtenus aussi bien en année humide qu'en année sèche. Pour preuve, l'année 2001, malgré sa pluviométrie de 854,3 mm qui n'est pas favorable à la culture de manioc, enregistre une production de 24 900 tonnes, laquelle est la troisième meilleure production entre 1998 et 2018. Ceci montre que la pluviométrie n'est pas le seul paramètre qui conditionne la production du manioc dans la zone d'étude bien qu'il soit le plus important. En effet, la capacité de rétention d'eau des sols de la zone d'étude, l'augmentation des superficies emblavées, la fertilité des terres, la densité des plantages et la qualité du matériel végétal sont également des facteurs bonificateurs de la production (Darbin et Maignien, 1979 ; Poss et Rossi, 1987 ; Azontondé, 1991 ; INRAB, 1997 ; Beauchamp, 2001, Agbéko, 2003 ; Cornet, 2005 ; Oγουwalé, 2006). Le faible niveau de corrélation entre la production du manioc et les précipitations dans la zone d'étude (figure 8b) avec un coefficient $R = 0,27$ (soit 27 % de dépendance) confirme cette multidimensionnalité de la production de manioc dans la zone d'étude. La quantité de pluie reçue n'est donc pas ce qui est important, mais surtout sa répartition dans le temps et dans l'espace.

2.2.3. Production de manioc et contrainte thermométrique

L'irrégularité thermométrique annuelle influe aussi sur la production de manioc (figure 9).

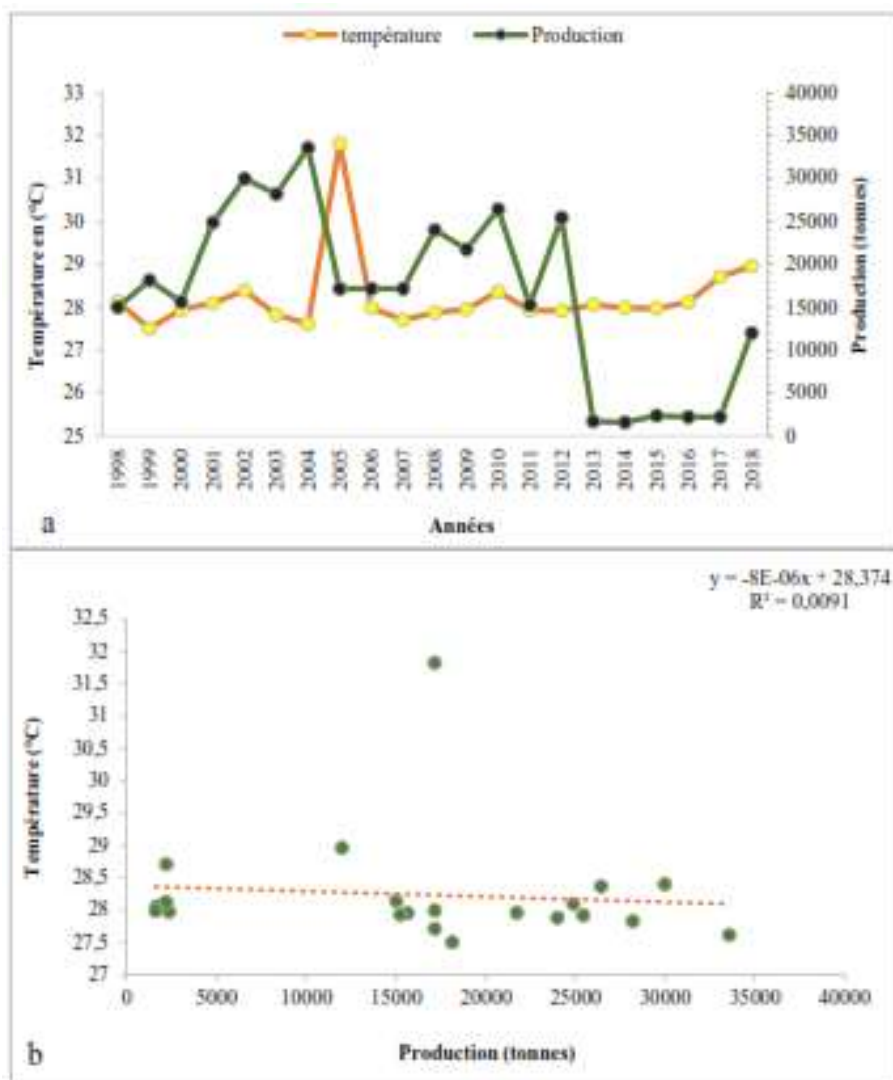


Figure 9 : Relation entre la production de manioc et la température de 1998 à 2018 dans la zone d'étude

L'analyse de la figure 6a montre que l'évolution de la température et de la production de manioc est faite de façon totalement disharmonieuse. Ce qui laisse penser que la production de manioc ne dépend pas de la température dans la zone d'étude. Cette appréhension est confirmée par la corrélation nulle (figure 9b) avec $R^2 = 0,009$ entre la température et la production de manioc dans la zone d'étude. Cependant, ce résultat peut avoir été "biaisé" par les autres facteurs énumérés ci-dessus au niveau de l'analyse de la relation entre les précipitations et la production de manioc dans la zone d'étude.



2.2.4. Production de manioc et contrainte hygrométrique

La figure 10 présente la relation entre l'humidité relative et la production du manioc dans la zone d'étude.

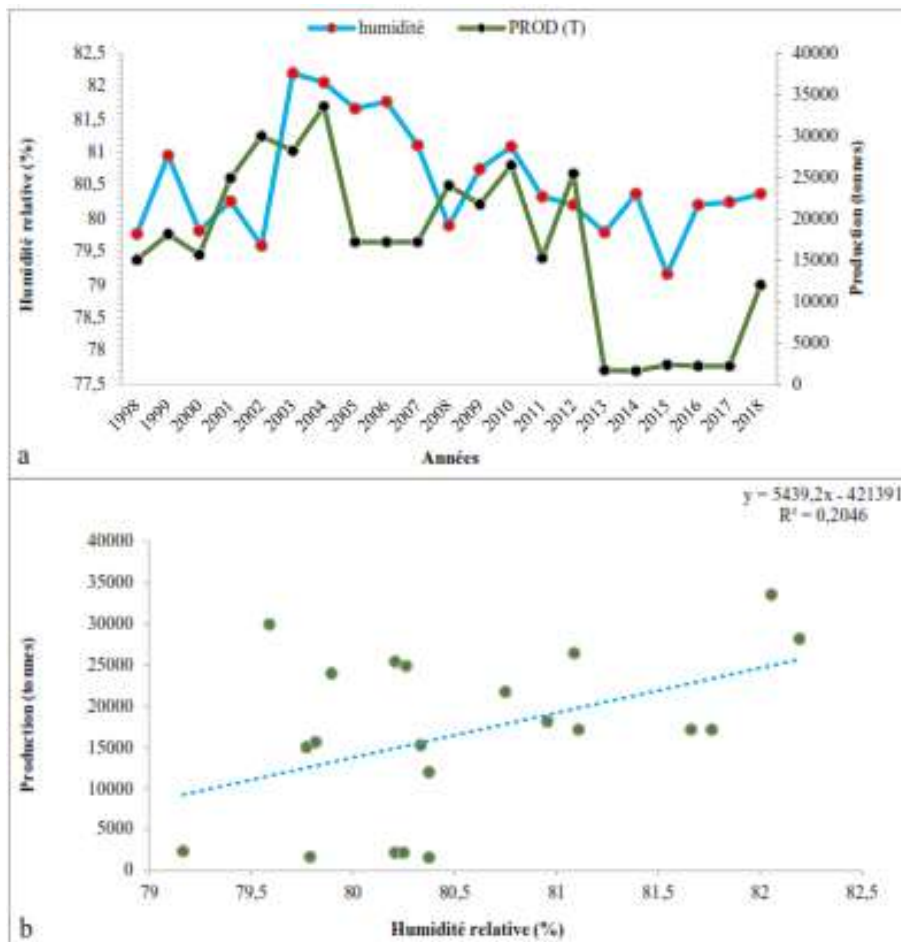


Figure 10 : Relation entre la production de manioc et l'humidité relative de 1998 à 2018 dans la zone d'étude

La variation de l'humidité relative commande l'ouverture et la fermeture des stomates des plantes. L'analyse de la figure 10a montre que l'humidité relative et la production du manioc évoluent de façon relativement similaire. Ce qui suggère que la production du manioc dépend plus ou moins de l'humidité relative. Cependant, la figure 10b ne justifie cette dépendance qu'à hauteur de 20 % ($R^2 = 0,20$). Il n'est pas superflu de préciser que l'humidité relative est étroitement liée à la température. Par ailleurs, comme pour les précipitations et la température, la capacité de rétention d'eau des sols de la zone d'étude, l'augmentation des superficies emblavées, la fertilité des terres, la densité des plantages et la qualité du matériel végétal, peuvent inhiber ou bonifier l'impact positif de l'humidité relative dans la production du manioc dans la zone d'étude.



2.2.5. Production de manioc et contrainte d'insolation

La figure 11 présente la relation entre l'insolation et la production de manioc dans la zone d'étude.

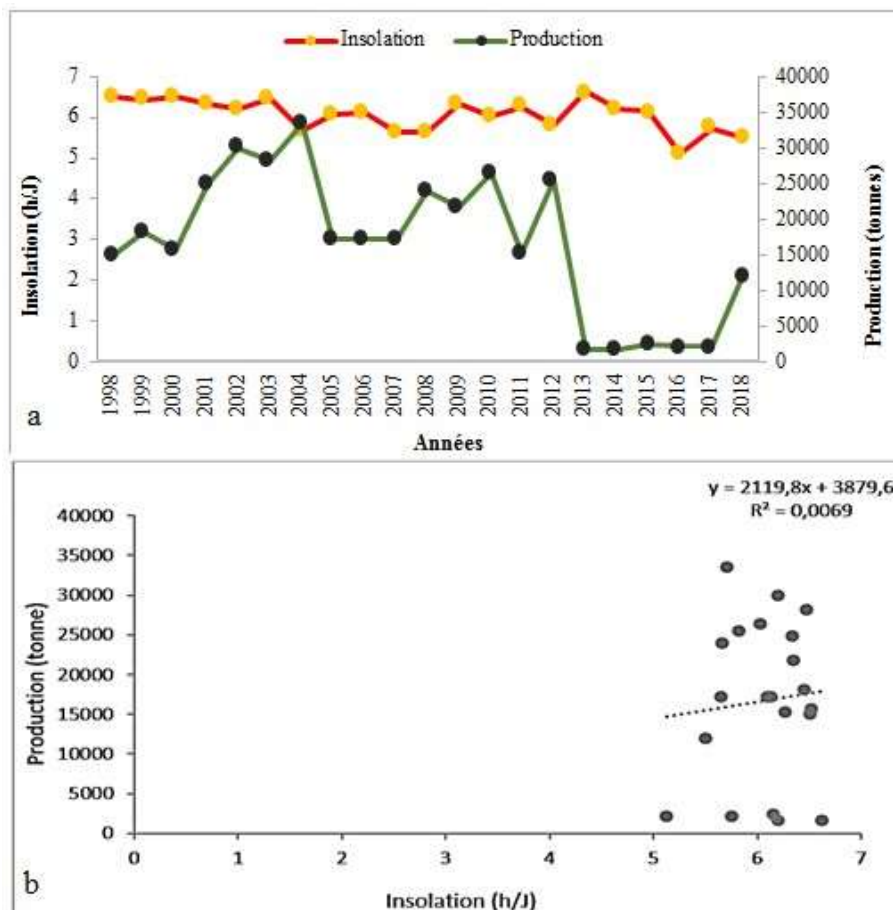


Figure 11 : Relation entre la production de manioc et l'insolation de 1998 à 2018 dans la zone d'étude

L'évolution comparée de l'insolation et de la production de manioc sur la figure 11a montre une évolution très disproportionnelle. Ceci suggère que l'évolution de l'un n'influe pas sur l'autre. Par ailleurs, cette déduction se confirme aisément par la figure 11b qui montre une corrélation nulle entre l'insolation et la production du manioc avec $R = 0$.

2.3. Perception paysanne des changements climatiques et de leur impact sur la production de manioc

Les connaissances des producteurs des changements climatiques dans la zone d'étude constituent des savoirs locaux axés sur des vécus. Les résultats issus des enquêtes, révèlent que ces derniers (100 %) perçoivent incontestablement les effets des changements climatiques.

Pour la totalité des producteurs consultés dans la zone d'étude, leur milieu connaît une modification des paramètres climatiques. Pour eux, ceci est due essentiellement aux activités humaines (55 %), à la volonté de divine (35 %) et à une modification cyclique des paramètres climatiques (12 %). Selon 95 % des agriculteurs consultés, le retard de la grande saison pluvieuse, l'irrégularité de la pluie, la chaleur excessive, les poches de sécheresse en saison de pluie, les inondations. Cette évolution du climat dans la zone d'étude affecte diverses étapes de mise en place de la culture du manioc (préparation du sol, semis, fumure, entretiens divers), empêchant ainsi le bon développement des plants de manioc. Tout ceci entraîne la modification du calendrier cultural en fonction de la pluviométrie (69 %).

2.4. Autres facteurs d'impacts sur la production du manioc

Le manioc (*Manihot esculenta*, Crantz) est très sensible à la mosaïque africaine, à la bactériose et diverses pourritures des racines. Environ 80 % des agriculteurs ont confirmé qu'au moins 10 % de leurs productions sont affectés par des facteurs autres que le climat. Par exemple, les troupeaux de bœufs en transhumance rendent le sol lourd. Cela ne permet pas au manioc de se développer dans les buttes or cette culture nécessite des sols légers et bien drainés (Mémento de l'agronome, 2002). Pour 71 % des



producteurs consultés, les actions destructives des insectes et des rongeurs affaiblissent également les rendements. La planche 1 montre des racines de tubercules attaquées par des termites.



Planche 1 : Images de racines de manioc attaqué par les termites (a) et feuilles de racine de manioc attaquées par les insectes (b)

Prise de vues : SEBO VIFAN, Juin 2020

2.5. Stratégies d'adaptation des agriculteurs face à l'évolution des paramètres climatiques

Dans le but d'améliorer la production du manioc, malgré les conditions climatiques contraignantes, les agriculteurs ont confirmé utiliser plusieurs stratégies adaptatives dont :

- **Augmentation des emblavures**

Dans la zone d'étude, l'extension des surfaces cultivables par les producteurs (60 %) est l'une des réponses aux changements climatiques, pour accroître les rendements agricoles. Il faut retenir que cette stratégie ne pourra pas être efficace longtemps dans ce contexte de changement climatique. Mais elle accentuera les risques d'insécurité alimentaire pour les générations futures, si les tendances actuelles conjuguées à celles démographiques se maintiennent.

- **Changement des techniques de mise en terre des tiges de manioc**

Pour réduire les effets des changements climatiques sur la production du manioc, la quasi-totalité (84 %) des paysans changent l'orientation des tiges de manioc.

- **Association culturale**

Pour augmenter les rendements de manioc, les producteurs associent le champ de manioc avec les champs de maïs. Ce qui fait bénéficier les champs de manioc des engrais reçu par la culture de maïs. Selon les résultats issus des travaux de terrain dans le cadre de ce travail, cette stratégie est développée par (58 %) des producteurs.



Photo 1 : Association du manioc avec du maïs

Prise de vue : SEBO VIFAN, Juin 2020



- **Choix du matériel végétal**

La productivité du manioc dépend aussi des aptitudes propres du matériel végétal utilisé qui sont liés à sa constitution génétique. Ainsi, les enquêtes de terrain ont révélés que 69 % des producteurs optent pour une gamme de variétés traditionnelles qui sont le résultat d'une sélection empirique faite par les paysans à partir de pieds issu de graine qui poussent dans les champs abandonnés. Selon eux, ces variétés sont souvent très productrices et résiste plus aux maladies.

2.6. Stratégies d'adaptation à promouvoir en communion par les deux États

Pour les institutions locales : - d'élaborer une chaîne de surveillance et d'avertissement contre les maladies et les insectes, - mettre à disposition des producteurs des variétés de boutures résistantes aux effets des changements climatiques, - renforcer les systèmes de vulgarisation agricole, - investir durablement dans la recherche et l'innovation agricole participatives. A l'endroit des producteurs agricoles il serait bien de leur part : - de bien mettre en pratique les consignes faites par les accompagnateurs, - de faciliter la tâche aux chercheurs en coopérant.

3. CONCLUSION

Au terme de ces travaux, les résultats montrent que la zone d'étude est bien soumise aux effets des changements climatiques. On assiste dans l'ensemble à une alternance d'année déficitaire et excédentaire. Bien que l'étude des paramètres comme la température, l'humidité relative et de l'insolation n'aient pas montré de véritables impacts sur la production du manioc, cette dernière reste néanmoins soumise aux effets des changements climatiques dans la zone d'étude. De ce fait, les producteurs ont adopté plusieurs stratégies d'adaptation : il s'agit de l'actualisation à l'échelle locale du calendrier agricole, de l'augmentation des emblavures, de l'association culturale, etc. Au regard de l'importance de l'évolution des paramètres climatiques dans la zone d'étude et de leurs implications directes sur la production de manioc, il s'avère nécessaire pour les deux états de prendre en compte les recommandations issues de ce travail de recherche afin de réduire durablement les effets des changements climatiques sur la production des racines de manioc.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Adjoussi P, 2000. *Changement climatique global : Evaluation de l'évolution des paramètres climatiques au Togo, Mémoire de maîtrise, Département de Géographie, 126p.*
2. Afouda A., Ould Baba Sy M., Gaye A.T., Cabral A., Nazoumou Y., Compaoré J.A., Sanoussi R., 2007. *Impacts du changement et de la variabilité climatique sur les ressources en eau des bassins versants Ouest Africains : Quelles perspectives ? In : Adaptation aux changements climatiques et gestion des ressources en eau en Afrique de l'ouest. Rapport de synthèse de Writeshop, Dakar 21-24 février, 23-31.*
3. Agbéko K., 2003. *Rapport sur l'étude de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques, cas des secteurs Agriculture et Forêt*
4. Amoussou E, Camberlin P, Totin Vodounnon S,H, Tramblay Y , Houndénou, Mahé G, Paturel J,E, Boko M ; 2014. *Evolution des précipitations extrêmes dans le bassin versant du mono (Bénin -Togo) en contexte variabilité et de changement climatique, Colloque de l'Association internationale de climatologie, Dijon, 7p*
5. Amoussou E., Camberlin P., Boko M. et Pérard J., 2009. *Impact de la variabilité climatique sur les apports liquides dans la basse vallée du Mono (Bénin, Afrique de l'ouest). In Actes colloque « Extrêmes climatiques : genèse, modélisation et impacts ». XXIIème colloque de l'Association Internationale de Climatologie (AIC), Cluj Napoca, Roumanie, numéro spécial, pp 35-40.*
6. Amoussou, E., 2010. *Variabilité pluviométrique et dynamique hydrosédimentaire du bassin-versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). Thèse de doctorat de géographie physique appliquée, Université de Bourgogne, Paris, 315 p.*
7. Amran O., 1996. *Régionalisation du bilan hydrique à l'aide de mesures satellitaires pour l'étude du fonctionnement des écosystèmes d'Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat, Université Paul Sébatier de Toulouse, France, 221 p.*
8. Awesso T, et SIVAKUMAR M, K, 1996. *Analyse pluviométrique du Togo pour une planification à long terme, Centre Sahélien de l'ICRISTAT, Niamey, 157p*
9. AZONTONDE, H.A., 1991. *Propriétés physiques et hydrauliques des sols du Bénin. Soil Water Balance in the Sudano-Sahelian Zone, IAHS, N° 199, pp 249-258.*
10. Badameli k,M, 1996. *La variabilité climatique et la production agricole au Togo, Thèse de doctorat, Bordeaux III, 366p*
11. Bassili T., 2006. *Identification des opportunités d'emploi dans la filière manioc au sud du Bénin 81p.*
12. Beauchamp, J., 2001. *L'eau et le sol. Université de Picardie, 32 p.*
13. Blivi A. B., 2000a. *Effet du barrage de Nangbéto sur l'évolution du trait de côte : une analyse prévisionnelle sédimentologique. J. Rech. SCi; Univ. Bénin (Togo), 4(1), pp 29-41.*
14. Blivi A. B., 2000b. *Vulnérabilité de la côte togolaise à l'élévation du niveau marin : une analyse de prévision et d'impact. Collection "Patrimoine n°11", vol. 2, pp 643-660.*
15. Bokonon-Ganta E. B., 1999. *Changement climatique, vulnérabilité et stratégies d'adaptation au Bénin. UNB/FLASH/DGAT, 45 p.*
16. CeRPA Ouémé-Plateau, 2010. *Cahiers des campagnes agricoles de 1980 à 2000 des Communes de l'Ouémé et du Plateau, MAEP/CeRPA O-P, 108 p.*
17. Codjo T., 2014. *Aménagement hydro-agricole pour la réduction de la vulnérabilité et l'adaptation de l'agriculture aux changements climatiques dans la Commune d'Adjohoun. Mémoire de Master II, UAC/MIRD/FLASH, 96 p.*



18. Codjo T., Lamodi F., Agbalessi S., Ogouwale R. et Ogouwale E., 2013. *Stratégies paysannes d'adaptation aux changements climatiques dans la Commune de Pobè. Actes du XXVème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Cotonou, pp 164-169.*
19. D. Cornet, 2005. *Etude de fonctionnement physiologique d'un couvert végétal d'igname (Dioscorea alata), DEA, FSA, Gembloux, France, 96 p.*
20. Darbin B. et Maignien R., 1979. *Les principaux sols d'Afrique de l'Ouest et leurs potentialités agricoles. In Cah. ORSTOM, ser. Pedol., vol. XVII, n°4, pp 235-257.*
21. DSID, 2005. *Caractéristiques structurales de l'agriculture togolaise. Rapport principal. Direction de la statistique. Lomé (Togo).*
22. Edjame K. S., et al 1992. *Changement climatique global : les syndromes perçus au Togo ; in actes journées scientifiques de l'UB, Lomé pp ; 169-180*
23. Eldin M., 1989. *Analyse et prise en compte des risques climatiques pour la production végétale In : Le risque en agriculture. Dynamique des systèmes agraires. Orstom, collection à travers champs. Paris : pp. 47 - 63.*
24. GIEC, 2014. *Changement climatique. Incidences, adaptation et vulnérabilité. Principales conclusions du groupe de travail II. Résumé à l'intention des décideurs, contributions à l'intention du cinquième rapport d'évaluation.*
25. Gnongbo T. Y., 1996. *Le Togo méridional : étude de géographie physique. Thèse de Doctorat de l'Université Bordeaux III. Option géographie tropicale. Institut de Géographie, Louis Papy, Bordeaux, France, 306 p.*
26. Houndénou C., 1999. *Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide : l'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation. Thèse de Doctorat de géographie. UMR 5080, CNRS « climatologie de l'Espace Tropical », Université de Bourgogne, Centre de Recherche de Climatologie, Dijon, 341p.*
27. IITA, 1982. *Elaboration, diffusion et adoption de variétés améliorée de manioc, 1978-82, Extrait du Point de la recherche 17 p.*
28. INRAB [Institut National de Recherches Agricoles du Bénin], 1997. *Recherche et développement agricole au Bénin. INRAB, Cotonou, 856p.*
29. Kekeh A. K., Edjame K., 1987. *Tendances pluviométriques au Togo. École des Sciences : Université du Bénin.*
30. Kekey A., Edjame K., Nijbiikpo H., 1993. *Changement climatique au Togo, in Annales des Journées Scientifiques de l'Université du Bénin. Presse de l'UB, pp. 62-180.*
31. Klassou S.D., 1996. *Evolution climato-hydrologique récente et conséquences sur l'environnement : l'exemple du bassin versant du fleuve Mono (Togo-Bénin). Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux III, France, 472 p.*
32. Kpogo E., 1999. *Caractérisation de la pluviométrie et adaptation au stress hydrique : cas du maïs à Tabligbo au Togo, Mémoire de maîtrise, Département de Géographie, 130p.*
33. Marquette J, 1985. *Le manioc en culture associe sur terre de Barre au Togo, CIRAD- irat, Montpellier, France, 8p.*
34. *Memento de l'agronome., 2002. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Edition du groupe de recherche et d'échange technologiques, Ministère des Affaires Etrangère, Paris, France, 1700.*
35. Morel R., 2004. *Le climat et l'implantation des hommes : le cas de la Côte d'Ivoire. Annales A IC, 1 : pp. 117-132.*
36. Nicholson S. E., 1998. *Interannual and interdecadal climate variability of rainfall over African continent during the last two centuries. In Water Resources Variability in Africa during the XXth century (ed. by E. Servat, D.Hughes, J. M. Fritsch et M. Hulme) Proc. Abidjan '98 Conf., Abidjan, Côte d'Ivoire, pp. 107-116.*
37. Ogouwalé E., 2006. *Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et perspectives de la sécurité alimentaire. Thèse de Doctorat Unique, EDP/FLASH, UAC, 302 p.*
38. Olivry J. C., 1983. *Le point en 1982 sur l'évolution de la sécheresse en Sénégal et aux îles du Cap-Vert. Examen de quelques séries de longue durée (débits et précipitations). Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., XX(1), 47-69.*
39. Piton B, 1989. *Caractéristiques hydroclimatiques des eaux côtières du Togo (Golfe de Guinée) ; Doc Scient ORSTOM, Brest, numéro 42, 33p.*
40. Poss, R., et Rossi, G., 1987. *Influence des réorganisations superficielles sur l'infiltration dans les Terres de Barre (Togo méridional). Cahier ORSTOM, série pédologique, volume XXV, N° 04, pp. 405-415.*
41. Rossi G. et Blivi A. B., 1995. *Les conséquences des aménagements hydrauliques de la vallée du Mono (Togo-Bénin). S'aura-t-on gérer l'avenir ? Cahiers d'Outre-Mer, n° 48, (192), pp. 435-452.*
42. Salanon A.K., 2008. *Transformation et commercialisation du manioc (Manihot Esculenta Crantz), cas de l'arrondissement de Toffo-Centre et Agué.*
43. Schwartz D., 1995. *Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. 4è édition Editions médicales Flammarion, Paris, 314 p.*
44. Schwartz, D., 1995. *Méthodes statistiques à l'usage des médecins et biologistes. Collection statistique en biologie et en médecine, 4ème édition, Flammarion, Médecine et Sciences, Paris, 314 p.*
45. Sircoulon J., 1990 : *Impact possible des changements climatiques à venir sur les ressources en eau des régions arides et semi-arides. WMO/TD-n°380, 87 p.*
46. Sognon P, 2019. *Vulnérabilité de la production des noix d'anacarde à la variabilité climatique dans la commune de Glazoué, Mémoire de Licence Professionnelle, 50p.*
47. Vignigbé J., 1992. *Contraintes climatiques et développement agricole sur le plateau d'Abomey. Mémoire de maîtrise de Géographie, UNB, Abomey-Calavi. 110 p.*
48. Wesselink A.J., Orange D., Feizoure C.T., Randriamiarisoa, 1995. *Les régimes hydroclimatiques et hydrologiques d'un bassin versant de type tropical humide : l'Oubangui (République Centrafricaine). L'hydrologie tropicale : géoscience et outil pour le développement. IAHS Publ, 238, pp. 179-194.*