



Available online at <http://www.ifgdg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 16(1): 353-366, February 2022

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

International Journal  
of Biological and  
Chemical Sciences

**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## **Culture du café robusta (*Coffea canephora*): risques liés à la variabilité et au changement climatique dans le bassin de production du Moungo, Littoral-Cameroun**

Eléonore KAMGA, André KAMGA, Fritz TABI OBEN, Eléazar TCHEMTCHOUA\* et Georges ETAME KOSSI

Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles (FASA), BP 222 Dschang, Cameroun.

\* Auteur correspondant; E-mail : [tchemtchouaeleazar@yahoo.fr](mailto:tchemtchouaeleazar@yahoo.fr), Tél. : 00 237 698309479

Received: 26-09-2021

Accepted: 20-02-2022

Published: 28-02-2022

### **RESUME**

Le climat est l'un des facteurs les plus importants de la production des cultures. Il influence tant positivement que négativement l'ensemble des activités agricoles et a une action marquée sur le rendement des cultures. Les changements présents dans les éléments constituant le climat permettent de comprendre le niveau de productivité actuel, de concevoir et/ou modifier les pratiques des producteurs. L'objectif de cette étude était de déterminer l'effectivité d'un changement du climat et d'identifier les risques possibles de ces changements climatiques sur la culture du Café Robusta. La série de données de 44 ans (1974 -2017) pour les précipitations et le nombre de jours de pluie, celle de 38 ans (1980 - 2017) pour les températures moyennes et celle de 37 ans (1981 -2017) pour l'humidité relative moyenne, ont été obtenues à la station météorologique de Nkongsamba. Ces séries ont été ensuite découpées en deux périodes de 30 ans chacune. La détection des changements dans les séries s'est faite par le logiciel *changepoint.np* de R et la méthode PELT, tandis que la comparaison des deux périodes de 30 ans chacune s'est faite à l'aide du test de Student et celui de Wilcoxon. Les résultats ont montré que les changements climatiques sont réels dans le bassin de production du Moungo. Ils sont caractérisés par l'augmentation des températures moyennes de 0,9°C, couplée à une réduction de 20 jours de pluie et la baisse de 1,3% de l'humidité relative. Par ailleurs une réduction de 10 jours de pluies entre les deux périodes de 30 ans a été observée. Elle est couplée à une augmentation des températures moyennes de 0,8°C. Les risques causés par ces changements sur la culture du café robusta sont légers. Toutefois ces changements concourent aux conditions favorables de développement du principal ravageur du caféier *Hypothenemus hampei*. L'association du café avec des espèces agroforestières, ainsi qu'une protection phytosanitaire adéquate, peut réduire la pression du ravageur et augmenter les rendements du café.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** Changement climatique, *Coffea canephora*, Risque, Moungo-Cameroun.

## **Cultivation of coffee Robusta (*Coffea canephora*): risks related to variability and climate change in the Moungo production basin, Littoral-Cameroun**

### **ABSTRACT**

Climate is one of the most important factors in crop production. It influences both positively and negatively all agricultural activities and has a marked influence on crop yields. Changes in the elements of climate make it possible to understand the current level of productivity, to design and/or modify the practices of

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

8988-IJBSC

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i1.30>

producers. The objective of this study was to determine the effectiveness of a climate change and to identify the possible risks of this climate change on the cultivation of Robusta Coffee. The 44-year (1974-2017) data series for precipitation and rainy days, the 38-year -2017 data series for average temperatures and the 37-year-old (1981-2017) data series for average relative humidity were obtained at the Nkongsamba weather station. These series were then divided into two periods of 30 years each. The detection of changes in the series was done by R's changepoint.np software and the PELT method, while the comparison of the two periods of 30 years each was done using the Student test and the Wilcoxon test. The results showed that climate change is real in the Mounjo production basin. They are characterized by the increase in average temperatures of 0.9°C, coupled with a reduction of 20 days of rain and the 1.3% decrease in relative humidity. In addition, a reduction of 10 days of rain between the two 30-year periods was observed. It is coupled with an increase in average temperatures of 0.8°C. The risks caused by these changes on the culture of Robusta coffee are slight. However, these changes contribute to the favorable conditions for the development of the main pest of the coffee tree *Hypothenemus hampei*. The combination of coffee with agroforestry species, as well as adequate phytosanitary protection, can reduce pest pressure and increase coffee yields.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Climate change, *Coffea canephora*, Risk, Mounjo-Cameroon.

---

## INTRODUCTION

Originaire d'Afrique et précisément du bassin du Congo, le café robusta (*Coffea Canephora*) est largement distribué dans les régions de basses altitudes (DaMatta, 2003). Le café robusta contribue essentiellement à 38% de la production mondiale de café, le reste étant couvert par le café arabica (DeCamargo, 2009; Jaramillo et al., 2011). Les contraintes majeures à la production du café sont les basses températures et la sécheresse (Rodrigues et al., 2016 ; Kate et al., 2016). En effet, le climat est un facteur important qui conditionne la vie de tous les végétaux (Seguin, 2003 ; Cheserek et Gichimu, 2012 ; Sarr et al., 2011). Face à la variabilité et au changement climatique observé et prédit, des questions se posent sur le devenir de la production de café dans le monde. Des études montrent que le café arabica sera sévèrement affecté par le changement et la variabilité climatique (Camargo et al., 2009 ; Jaramillo et al., 2011 ; Davis et al., 2012). Le café robusta est quant à lui plus vigoureux, robuste et productif et semble moins sensible aux effets de ces changements (Cheserek et Gichimu, 2012 ; DaMatta et al., 2018).

Les manifestations les plus connues des changements climatiques sont les modifications des hauteurs des précipitations, ainsi que l'augmentation des températures et de la concentration en CO<sub>2</sub> (IPCC, 2007 ; Gnangle

et al., 2012). Ces modifications ont des effets négatifs ou positifs sur le comportement des cultures ainsi que des pestes et maladies associées (Jaramillo et al., 2011 ; Hawey et al., 2020). L'effet de ces changements peut être direct par action sur la culture elle-même ou alors indirect par action sur la composante biotique antagoniste ou bénéfique (Seguin, 2003 ; Hawey et al., 2020). Cela engendre des pertes dans le rendement de la culture (Oerke, 2006 ; Anim-Kwapong et al., 2011). La réduction des précipitations moyennes annuelles induit des poches de sécheresse dont l'ampleur des effets est fonction de la durée de la période de stress et des caractéristiques physicochimiques des sols. De même, une augmentation des températures au-dessus du seuil optimum a des effets plus ou moins marqués en fonction du stade phénologique de la plante (DaMatta et Ramalho, 2006 ; Anim-Kwapong et al., 2011).

Les conditions climatiques optimales pour la culture du café robusta sont de 1200 à 1800 mm pour les précipitations, 2 à 4 mois de saison sèche, des températures moyennes comprises entre 22 et 30°C, des températures minimales supérieures à 15°C et une humidité relative proche de la saturation (DaMatta et Ramalho, 2006 ; Camargo, 2009). De même, les températures de 20 à 30°C sont favorables au développement du principal ravageur

*Hypothenemus hampei*, avec l'optimum se situant entre 25 et 26°C (DaMatta et al., 2009). En effet, une pression plus importante du ravageur et des dégâts plus prononcés sur la culture sont observés lorsque les températures se rapprochent de l'optimum de 25-26°C (DaMatta et al., 2009). Jaramillo et al. (2009) estiment une augmentation de 1,4°C à 5,8°C pour la fin du 21<sup>e</sup> siècle. Or l'accroissement des températures et la réduction des hauteurs de précipitations influencent négativement le rendement du café et réduisent la qualité des baies (Jaramillo et al., 2011).

Le café robusta est une culture d'importance économique pour le Cameroun. En effet, 74,6% de la production nationale est exportée. La contribution de cette culture dans le Produit Intérieur Brut (PIB) agricole est donc non négligeable. Cependant le café robusta est essentiellement produit dans deux zones agroécologiques du Cameroun, à savoir la zone forestière à pluviométrie monomodale et celle à pluviométrie bimodale. Les régions concernées étant le Centre, l'Est et le littoral (INS, 2017).

La région du littoral et son bassin de production dans le département du Moungo contribuent à 26,9% de la production nationale. Il est dès lors primordial de maintenir et/ou d'accroître durablement la productivité du café robusta dans ce bassin. Dans le but de rendre la culture du café Robusta durable, il est important de déterminer les contraintes actuelles de production. Contraintes permettant d'adapter les techniques et pratiques culturales tout en améliorant la gestion parcellaire. Les contraintes des cultures sont diverses, celles dont l'intérêt est de plus en plus grandissant sont celles liées au climat, il se pose dès lors les questions suivantes : L'objectif principal de cette étude était de déterminer l'effectivité du changement climatique et d'identifier ses effets sur la culture du Café Robusta dans un des bassins de production du café du Cameroun.

## MATERIEL ET METHODES

### Présentation de la zone d'étude

Le Bassin de production du Moungo est situé dans la région du Littoral Cameroun. Ce département est compris entre le 4° et le 5° de latitude Nord et le 9° et le 10° de longitude Est (Martin, 1965). Le Moungo est composé d'une mosaïque de sol, comprenant les sols ferrallitiques typiques rouge et jaune, les sols hydromorphes et les sols peu évolués (Martin, 1965). Le climat est de type équatorial à subéquatorial modifié par l'altitude variant fortement de 700 m à 2400 m (Martin, 1965 ; Djoufack, 2012). Cette zone est caractérisée par une température moyenne de 22,4°C et une moyenne de précipitations annuelles de 2700 mm (Martin, 1965 ; Djoufack, 2012).

### Bases de données

Les données météorologiques ont été obtenues de la station météorologique de Nkongsamba. Ces données concernent la hauteur des précipitations, le nombre de jour de pluie sur 44 ans (de 1974 à 2017), les températures moyennes et l'humidité relative sur 38 et 37 ans respectivement (soit de 1980 à 2017 et de 1981 à 2017). Deux périodes de 30 ans respectives correspondant à deux séries de données climatiques ont été dressées. Pour les précipitations et le nombre de jour de pluie la première période de 30 ans s'étend de 1974 à 2003 et la deuxième période de 1988 à 2017. De même pour la température et l'humidité relative, la première période s'entend de 1980 à 2009 et 1981 à 2010 respectivement et la deuxième période de 1988 à 2017.

### Détection des points de ruptures dans la série de données climatique

Du point de vue statistique, un changement climatique est détecté et accepté lorsque dans une série temporelle, on observe à partir d'un moment donné un changement significatif de moyenne ou de variance (Haidu, 2006). Le changement a été basé sur l'utilisation des tests statistiques d'homogénéité/détection des ruptures et de tendance et/ou des algorithmes de détection

(Soro et al., 2011 ; Van et Williams, 2020). La détection des changements multiples dans la série a été faite par le logiciel *changeoint.np* de R et la méthode PELT (*Pruned Exact Linear Time*) (Killick et Eckley, 2014 ; Van et Williams, 2020). Cet algorithme/méthode non-paramétrique a été choisi pour sa performance élevée dans la détection des changements multiples dans les séries temporelles univariés (Van et Williams, 2020). Les techniques de détection multiple ont été couplées au test de Pettitt pour s'assurer de la véracité du changement observé (Haidu, 2006). L'avantage de ce test est qu'il est robuste et ne nécessite aucune condition particulière.

### Mise en évidence de la variabilité climatique

En vue d'apprécier l'évolution de la pluviométrie au cours des différentes années, la méthode de l'indice pluviométrique de Nicholson a été appliquée. Cet indice mesure l'écart par rapport à une moyenne établie sur une longue période en se référant aux données des stations. Il a été obtenu par calcul à l'aide de l'équation 1 (Servat et al., 1998).

$$I_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S} \quad (1)$$

Avec,  $I_i$  : Indice pluviométrique ;  $X_i$  : Hauteur de pluie de l'année  $i$  (en mm) ;  $\bar{X}$  : Hauteur de pluie moyenne sur la période d'étude (en mm),  $S$  : Écart-type de la hauteur de pluie sur la période d'étude.

Une année a été dite normale si  $I_i$  est nul. Un  $I_i$  positif correspondait à un excédent pluviométrique et un  $I_i$  négatif signifiait un déficit pluviométrique de l'année considérée (Soro et al., 2011). Les indices pluviométriques  $I_i$  ont été ensuite classés selon les gammes des valeurs pour permettre d'apprécier l'ampleur de la sécheresse (ou de l'humidité) pour chacune des années de la série pluviométrique.

### Détection des variations dans les deux périodes de 30 ans définies

La comparaison des moyennes des variables climatiques sur les deux périodes de 30 ans définies a été faite par le test de Student et celui de rang de Wilcoxon. Puis l'ampleur de

la variation a été obtenue par l'équation (2) seulement lorsque qu'une différence significative a été observée entre les deux périodes.

$$\Delta = x_{jn} - x_{in} \quad (2)$$

$\Delta$  : amplitude de la variation ;  $x_{jn}$  = moyenne de la période  $j$  du mois  $n$  ;  $x_{in}$  = moyenne de la période  $i$  pour le mois  $n$  ;  $i$  = première période de 30 ans ;  $j$  = deuxième période de 30 ans ;  $n$  = mois de l'année

### Détermination de la période végétative

La période végétative est l'intervalle de temps allant du mois où les précipitations sont supérieures à la moitié de l'évapotranspiration potentielle et s'achève lorsqu'il n'y a plus de réserve d'eau dans le sol. Elle est calculée suivant la méthode FAO décrite par Beernaert et Bitondo (1993). Cette méthode possède deux (02) étapes décrite ci-dessous.

#### Début de la période végétative

$$X = (30 \times (1/2 \times ETP1 - P1)) \div ((P2 - P1) + 1/2(ETP1 - ETP2)) \quad (3)$$

Où ETP1 et ETP2 : sont les évapotranspirations du mois 1 et 2 respectivement. Le mois 1 étant le mois avant lequel  $P=1/2$  ETP et le mois 2, le mois où  $P>1/2$  ETP ; P1 et P2 : sont les précipitations du mois 1 et 2 respectivement ; X : représente le nombre de jours après le 15 du mois 1.

#### Fin de la période végétative

##### Fin de la saison pluvieuse :

$$Y = (30 \times (P1 - 1/2 ETP1)) \div ((P1 - P2) + 1/2(ETP2 - ETP1)) \quad (4)$$

Où : ETP1 et ETP2 : sont les évapotranspirations du mois 1 et 2 respectivement. Le mois 1 étant le dernier mois pour lequel  $P>1/2$  ETP et le mois 2, le premier mois où  $P<1/2$  ETP.

P1 et P2 : sont les précipitations au du 1 et 2 respectivement ; Y : représente le nombre de jours après le 15 du mois 1. La fin de la période végétative correspond à la date d'épuisement de la réserve hydrique du sol.

$F = 15$  du premier mois où  $P<1/2$  PET + Y+Z avec Z : Nombre de jours pour que les réserves d'eau du sol s'épuisent. Dans cette

méthode, l'évapotranspiration est calculée à l'aide de la formule de Turc suivante:

$$ETP = 0,40 \times (T_{moy} / (T_{moy} + 15)) \times (R_s + 50) \quad (5)$$

$T_{moy}$  : température moyenne;  $T_{max}$  et  $T_{min}$  en °C ;

$R_s$  : Rayonnement solaire =  $0,16 \times (T_{max} - T_{min}) \times R_a$  ;  $R_s$  et  $R_a$  en MJ/m<sup>2</sup>/jr ;  $R_a$  le rayonnement solaire maximal fonction de la latitude (Fisher et Pringle III, 2013).

### Evaluation des effets du climat sur la production du café

L'évaluation des paramètres climatiques (précipitations, températures, humidité relative, insolation) obtenus s'est faite suivant la méthode paramétrique de la FAO. Cette méthode consiste à attribuer une classe d'aptitude et une valeur comprise entre 0 et 100, à chaque caractéristique de climat en fonction des besoins de la culture en cette caractéristique (Beernaert et Bitondo, 1993). L'évaluation finale est la résultante de tous les paramètres. Elle est sanctionnée par un indice climatique noté IC.

L'indice climatique est calculé suivant la méthode des racines carré (Khiddir, 1986).

$$IC = \sqrt{\frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \frac{D}{100}} \quad (6)$$

IC : indice climatique ; B : valeur paramétrique la plus basse de tous les groupes ; B, C et D : valeurs paramétriques les plus basses de chaque groupe.

La conversion de l'indice climatique en valeur paramétrique du climat s'est faite suivant la formule :

$IC_a = 16,69 + 0,9 \times IC$  pour IC compris entre 25 et 92,5.

$IC_a = 1,6 \times IC$  pour IC inférieur à 25. Où  $IC_a$  est la valeur climatique corrigée.

### RESULTATS

La détection des changements dans la hauteur des précipitations dans la série de données de Nkongsamba (1974-2017) montre qu'il n'y a pas de rupture dans les hauteurs de précipitations (Tableau 1 ; Figure 1). De même

la comparaison des moyennes des hauteurs entre les deux périodes de 30 ans (1974-2003) et (1988-2007) montre que les précipitations annuelles sont statistiquement identiques ( $p=0.32$ ) (Tableau 6). Toutefois, une augmentation de 98 mm pour la période de 1988-2017 a été observée (Tableau 7). De plus, une réduction a été observée au mois de juillet et une augmentation au mois d'août des hauteurs de précipitation pour la deuxième période (Figure 10). La variabilité climatique est importante dans la localité de Nkongsamba. Elle est dominée à 37% par les humidités modérées et les sécheresses modérées, suivie de 11% des humidités forte et des sécheresses fortes et enfin de 2% des humidités extrêmes et des sécheresses extrêmes sur les 44 années d'observation (1974-2017) (Figure 5).

La rupture dans les fréquences des pluies (nombre de jours de pluie) a été détectée au cours de l'année 1985 d'après le test de Pettitt (Tableau 1) et les années 1982 et 2009 par la méthode *PELT* (Tableau 3 ; Figure 3). Pour le test de Pettitt une moyenne de 196 jours de pluie a été établit avant 1985 et de 175 jours de pluie après 1985, soit une baisse de 21 jours de pluie (Tableau 2). La méthode *PELT* quant à elle a donné une moyenne de 200 jours de pluie de 1974 à 1982, suivi 182 jours de pluie de 1982 à 2009 et de 162 jours de pluie de 2009 à 2017, soit une diminution de 18 et 20 jours de pluie entre les deux intervalles (Tableau 4). Le nombre de jours de pluie pour les deux périodes de 30 ans (1974-2003 et 1988-2017) était statistiquement différent ( $p=0,028$ ) (Tableau 6), avec une réduction de 10 jours pour la période de 1988-2017 (Tableau 7). Toutefois, cette réduction est bien répartie dans l'année allant de 0 à 2 jours de pluie en fonction du mois (Figures 6 et 11).

Les températures étaient non stationnaires et ont montré des ruptures en deux points (1986 et 1999) déterminées par la méthode *PELT* (Tableau 3 ; Figure 2) et en un point (1999) déterminée par le test de Pettitt ( $p<0,001$ ) (Tableau 1). A cet effet, la moyenne de 20,4°C a été observée avant 1986, puis 22,9°C après 1986 jusqu'en 1999, enfin 23,8°C

après 1999. Une augmentation de 2,5°C pour le premier point de changement 1986-1999, et de 0,9°C pour le deuxième point de changement de 1999-2017, pour une moyenne de 1,7°C a été enregistré (Tableau 4). Le test de Pettitt quant à lui a donné des moyennes de 22,3°C de 1980-1999 et 23,9°C de 1999-2017, pour une augmentation de 1,8°C (Tableau 2). Les deux périodes de 30 ans (1980-2009 et 1988-2017) sont statistiquement différentes ( $p=0,023$ ) avec une augmentation moyenne de 0,8°C (Tableau 7, 8). Toutefois les mois de janvier, mars et décembre ont présenté l'augmentation la plus élevée (1,1°C) et le mois d'août l'augmentation la plus faible (0,5°C) (Figure 7 et 12).

La rupture dans l'humidité relative a été déterminée pour l'année 1998 ( $p=0.036$ ) grâce au test de Pettitt (Tableau 1) et pour les années 1998 et 2010 par la méthode *PELT* (Tableau 3 ; Figure 4). Les moyennes d'humidité relative de 92,1% avant 1985 et 94% après 1985, indiquent une augmentation de 1,9% (Tableau 2). De même, les moyennes de 92,2% de 1981 à 1998, 93,4% de 1998 à 2010 et 91,7% de 2010 à 2017, indiquent une augmentation de 1,3% après 1998 et une diminution de 1,7% après 2010 (Tableau 4). L'humidité pour les deux périodes de 30 années (1981-2010 et 1988-2017) était statistiquement identique

( $p=0,64$ ) (Tableau 6). Une réduction de 0,6% est observée pour la période de 1988-2017 (Tableau 7). En deuxième période, Les mois de juin, juillet, août septembre, octobre et novembre ont présenté les baisses du taux d'humidité les plus importantes allant de 2,4% à 1,0% (Figure 9).

La période végétative a commencé le 17 et le 19 février pour la période 1 et 2 respectivement. La période humide a commencé en mars pour les deux périodes. Elle prend fin le 02 et le 09 décembre respectivement pour la période 1 et 2. Quelle que soit la période d'observation, la période végétative s'est terminée le 31 décembre (Figure 8).

L'aptitude climatique était marginale pour les deux périodes d'étude, avec pour valeur paramétrique 48 pour la période 1 et 49 pour la période 2 (Tableau 8). Des limitations sévères étaient imposées par l'humidité relative de l'air du mois le plus sec (Tableau 8). Le climat était légèrement plus favorable à la culture du café robusta en deuxième période. Dans les conditions optimales de sol, les producteurs peuvent obtenir en deuxième période 49% du rendement optimal de la culture de café robusta contre 48% en première période.

**Tableau 1:** Détermination de la rupture dans les variables climatiques entre 1974-2017.

	Test de Pettitt	
	Année de rupture	P-value
Précipitation	/	0.17
Température moyenne	1999	<0,001***
Humidité relative	1998	0.036*
Nombre de jour de pluie	1985	0.011*

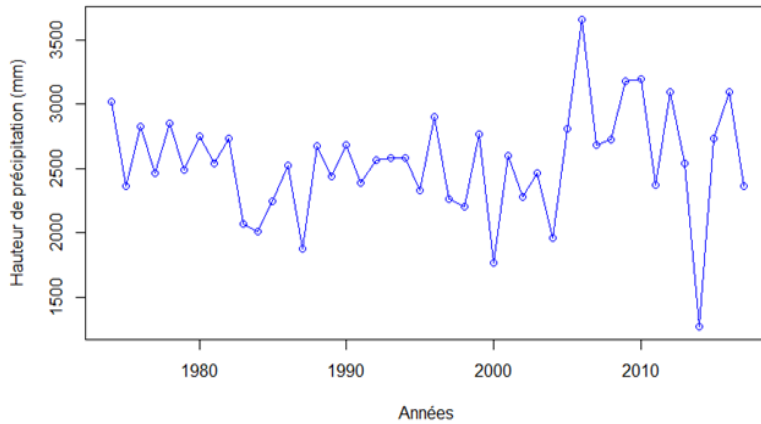


Figure 4 : Hauteurs annuelles des précipitations sur la période de 1974 à 2017.

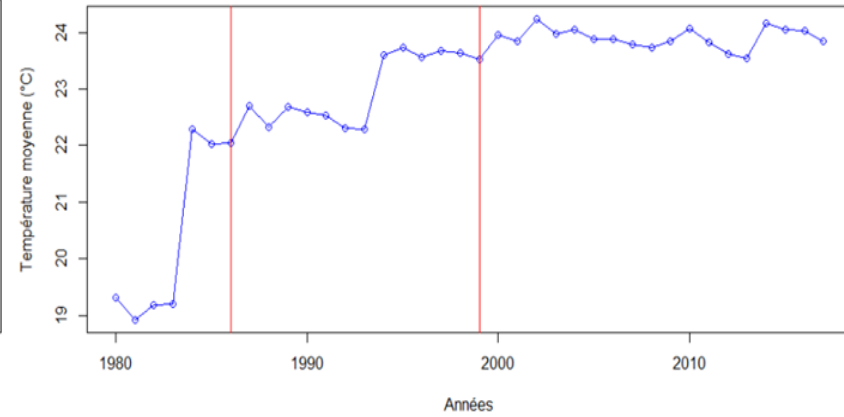


Figure 4: Températures moyennes annuelles de la période 1980-2017.

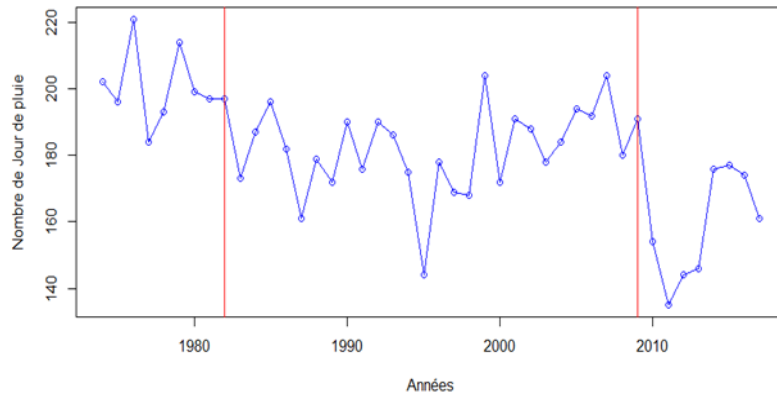


Figure 4: Nombre de jour de pluie par an pour la période 1981-2017.

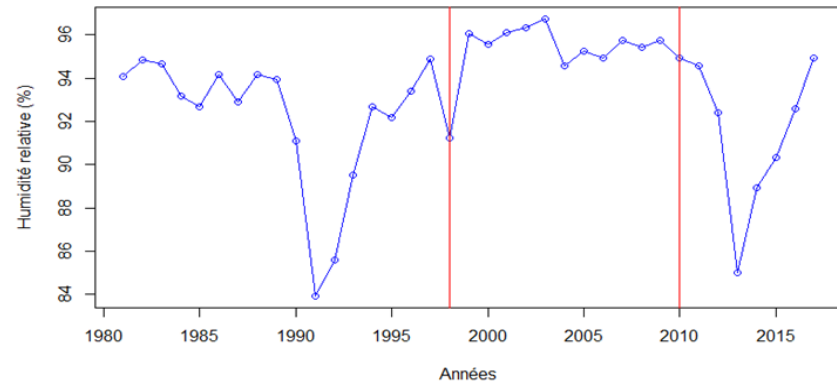


Figure 4: Moyennes annuelles de l'humidité relative pour la période 1981-2017.

**Tableau 2:** Moyennes et amplitude de variation des paramètres météorologiques observées dans les séries de données de 1974-2017 par le test de Pettitt.

	Moyennes		Amplitude
	A	B	
Précipitation	/	/	/
Nombre de jour de pluie	196	175	-21
Température moyenne	22.1	23.9	1.8
Humidité relative	92.1	94	1.9

A : moyenne avant le point de changement ; B : moyenne après le point de changement

**Tableau 3:** Année des ruptures et algorithme de détection des changements multiples dans la série de donnée de 1974-2017.

	Détection multiple non paramétrique	
	Date de rupture	Méthode
Précipitation	/	PELT
Nombre de jour de pluie	1982 2009	PELT
Température moyenne	1986 1999	PELT
Humidité relative	1998 2010	PELT

**Tableau 4:** Moyennes et Amplitudes de variation des paramètres météorologiques observées dans les séries de données de 1974-2017 selon la méthode PELT.

	Moyenne			Amplitude	
	A	B	C	E	F
Précipitation	/	/	/	/	/
Nombre de jour de pluie	200	182	162	-18	-20
Température moyenne	19,1	22,37	23,83	2,5	0,9
Humidité relative	92,1	93,4	91,7	1,3	-1,7

A : moyenne avant le premier point de changement ; B : moyenne avant le deuxième et après le premier point de changement ; C : moyenne après le deuxième point de changement ; E : B-A et F : C-B

**Tableau 5:** Comparaison des deux périodes de 30 ans pour les différentes variables météorologiques de la station de Nkongsamba.

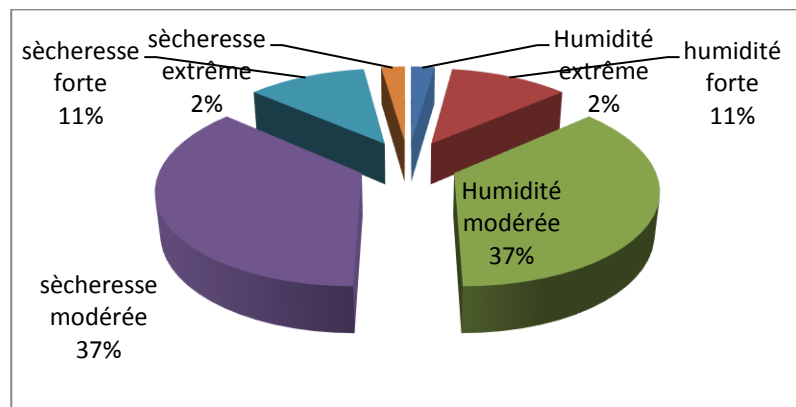
	Test de Student	Test de Wilcoxon's
	P-value	
Précipitation	0,32	/
Nombre de jour de pluie	0,028*	/
Température moyenne	/	0,023*
Humidité relative	/	0,64

\*(p<0.05) ; \*\*(p<0.01) ; \*\*\*(p<0.001)

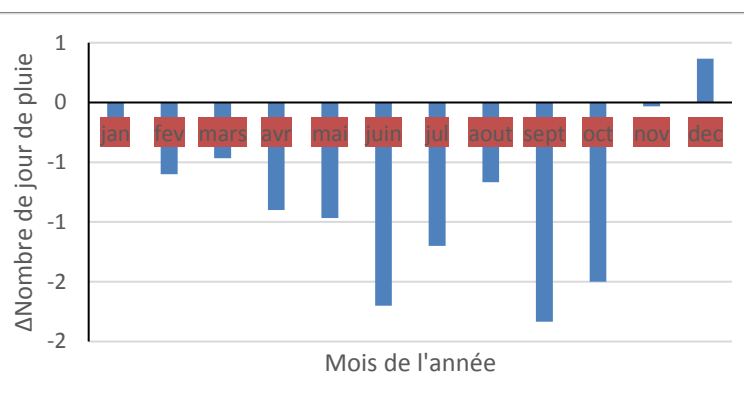
**Tableau 6:** Moyenne et amplitude de variation entre les deux périodes de 30 ans pour chaque variable.

	Moyennes		Amplitude
	Période 1	Période 2	
Précipitation (mm)	2476,9	2575,2	98,3
Nombre de jour de pluie	185	175	-10
Température moyenne (°C)	22,7	23,5	0,8
Humidité relative (%)	93,5	92,9	-0,6

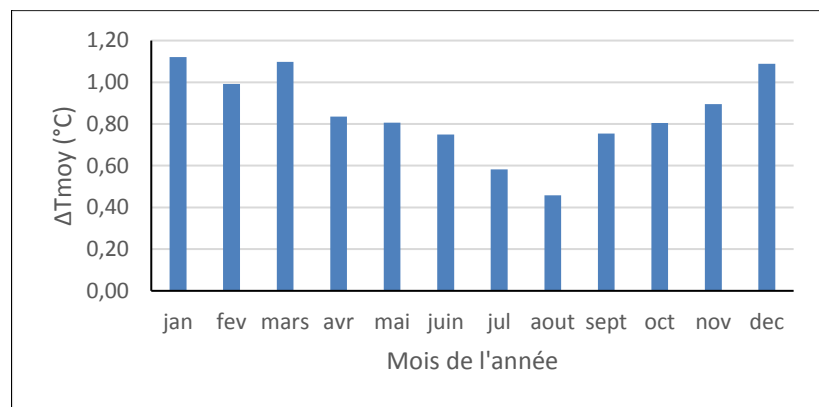




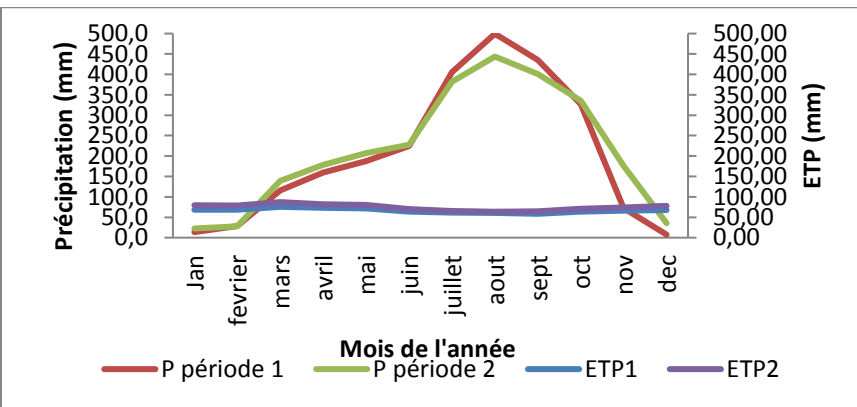
**Figure 6:** Variabilité climatique du bassin de production de Nkongsamba période 1974-2017.



**Figure 5:** Amplitude de la variation du nombre de jours de pluie dans le mois entre les deux périodes de 30 ans (1974-2003) et (1988-2017).



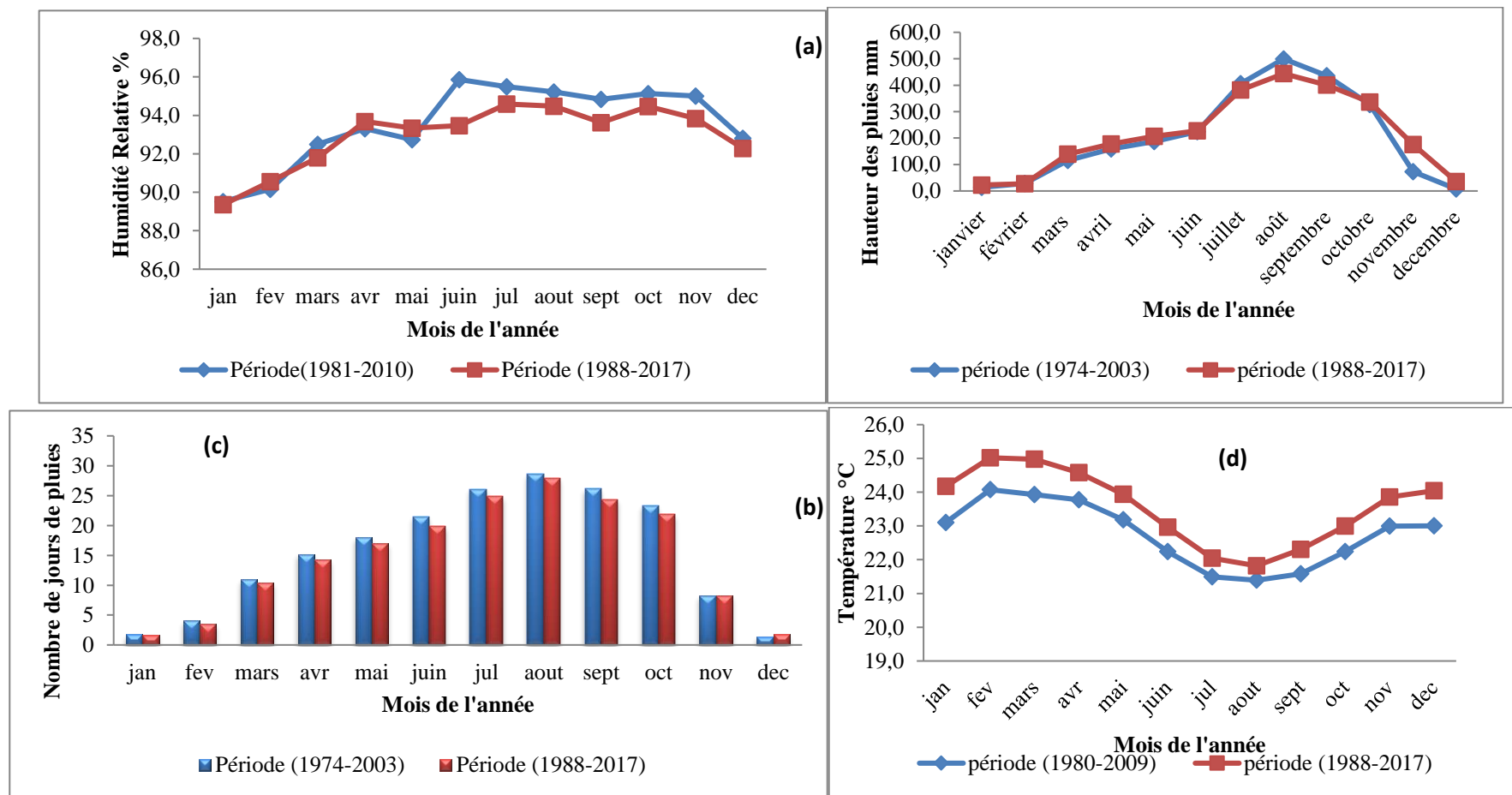
**Figure 7:** Amplitude de la variation mensuelle des températures moyenne entre les deux période (1980-2009) et (1988-2017).



**Figure 8:** Evolution de la période végétative dans le bassin de production du Moungo.

**Tableau 8 :** Evaluation de l'aptitude climatique pour les deux périodes climatique station météorologique de Nkongsamba.

Caractéristiques climatiques	Période 1		Période 2	
	Valeur	Valeur paramétrique	Valeur	Valeur paramétrique
Précipitation annuelle	2476,9	85	2575,2	83
Longueur saison sèche	3	60	3	60
Température moyenne annuelle	22,7	86	23,5	90
Température maximale moyenne annuelle	27,4	87	27,6	88
Température moyenne du mois le plus froids	21,4	100	21,8	100
Humidité relative moyenne des mois sec	91,5	57	91,3	57
n/N 5 mois sec	0,25	72,5	0,31	75,5
<b>IC</b>		<b>34,9</b>		<b>36,0</b>
<b>Ica</b>		<b>48</b>		<b>49</b>



**Figure 9 :** Evolution de quelques variables climatiques dans le bassin de production du Moungo.

## DISCUSSION

Le bassin de production du Mounjo ne présente pas un déficit pluviométrique sur la période de 44 ans analysée soit 1974 en 2017. Ces résultats sont en accord avec ceux d'Aguilar et al. (2009) qui font état d'un arrêt des baisses des hauteurs des précipitations à partir de l'année 1990 pour le sud du Cameroun. En effet dans leurs travaux il n'y a pas de différence de hauteurs des pluies dans la période 1974 à 1990, et l'absence de rupture dans les hauteurs des précipitations après 1990 explique bien cette tendance à la stationnarité (homogénéité) dans la zone d'étude et pour la période considérée. La diminution de 20 jours, du nombre total de jour de pluie pour la période d'étude est en accord avec les résultats d'Aguilar et al. (2009). Cependant la baisse étant bien répartie sur le nombre de mois de l'année, ses répercussions sur la culture du café seraient difficiles à mettre en relief et même peuvent ne pas exister. Toutefois l'augmentation des précipitations pour le mois de novembre en deuxième période peut entraîner un retard dans le processus de floraison, et avoir une incidence sur le rendement (DaMatta et al., 2007). La qualité des baies peut être influencée par le temps de séchage en saison de pluie. L'augmentation de la température moyenne de 0,8 °C entre les deux périodes d'étude, est en accord avec les résultats d'Aguilar et al. (2009). En effet ces auteurs mettent en exergue une augmentation de 0,25°C par décennie, soit 0,75°C pour les trois décennies considérées. Cette augmentation de la température n'induit pas une modification importante du potentiel climatique du café robusta. Il est dès lors clair que ces changements n'induisent pas de risques directs sur la culture. En effet, les températures, les précipitations ainsi que l'humidité relative et le nombre de jour de pluie restent favorables au bon développement de la culture (DaMatta et Ramalho, 2006 ; Camargo, 2009 ; Animkwapong et al., 2011). Cependant, ces changements sont favorables au développement du principal ravageur du café robusta *Hypothenemus hampei* (Jaramilo et al., 2009 ; 2011). Une augmentation de 1 à 2°C pour des températures moyennes mensuelles

inférieures à 26°C, entraîne une augmentation du nombre de génération du ravageur ainsi que les dégâts causés à la culture (Jaramilo et al., 2009). En effet les pestes et maladies causent des pertes dans le rendement de l'ordre de 26 à 38% (Cerdeira et al., 2017), conduisant ainsi à la baisse des revenus des ménages agricoles. Les risques sont donc indirects et essentiellement focalisés sur la gestion des parcelles. La gestion intégrée des pestes dans les parcelles de caféier à travers des systèmes d'association culturales, la lutte chimique et biologique permet de baisser la population du ravageur en dessous du seuil de dégât économique (DaMatta et al., 2003 ; 2007).

## Conclusion

Le changement climatique est réel dans le bassin de production du Mounjo, il est caractérisé par une augmentation des températures moyenne de 0,9°C, une réduction de 20 jours de pluie dans l'année et une réduction de l'humidité relative de 1,3%. Ses risques sur la culture de café sont faibles. Il est important de déterminer les risques liés à la gestion des parcelles, car ces derniers pourraient mieux expliquer le niveau de productivité actuel des vergers.

## CONFLIT D'INTÉRÊTS

Il n'y a pas de conflit d'intérêt entre les auteurs de ce manuscrit.

## CONTRIBUTION DES AUTEURS

Les auteurs ont participé ensemble dans la conception du projet de recherche la collecte de donnée, les analyses la rédaction et la relecture.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à la conception du document.

## REFERENCES

- Aguilar E, Barry AA, Brunet M, Ekang L, Fernandes A, Massoukina M, Mbah J, Mhanda A, do Nascimento DJ, Peterson TC, Umba OT, Tomou M, Zhang X. 2009. Changes in temperature and

- precipitation extremes in western central Africa, Guinea Conakry, and Zimbabwe, 1955-2006. *Journal of Geophysical Research*, **114**: 1-11. DOI: 10.1029/2008JD11010
- Anim-Kwapong E, Anim-Kwapong GJ, Adomako B. 2011. Indirect Versus Direct Selection of Adaptable Genotypes of *Coffea canephora* for Drought Stress and Non-Stress Conditions, *Journal of Crop Improvement*, **25**(4): 356-370. DOI: 10.1080/15427528.2011.569474
- Beermaert F, Bitondo D. 1993. Land evaluation manual part 3. Departement of soil science CUDs. 398p.
- Cerda R, Avelino J, Gary C, Tixier P, Lechevallier E, Allinne C. 2017. Primary and Secondary Yield Losses Caused by Pests and Diseases: Assessment and Modeling in Coffee. *PLoS ONE*, **12**(1): e0169133. DOI: 10.1371/journal.pone.0169133
- DaMatta F, Ronchi PC, Maestri M, Barros MS. 2007. Ecophysiology of coffee growth and production. *Braz. J. Plant Physiol.*, **19**(4): 485-510. DOI: 10.1590/S1677-04202007000400014
- DaMatta FM, Avila RT, Cardoso AA, Martins SCV, Ramalho JC. 2018. Physiological and Agronomic Performance of the Coffee Crop in the Context of Climate Change and Global Warming: A Review. *J. Agric. Food Chem.*, **66**: 5264–5274. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b04537
- DaMatta MF 2003. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: A review. *Field Crops Research*, **86**: 99–114. DOI: 10.1016/j.fcr.2003.09.001
- DaMatta MF, Ramalho JDC. 2006. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: A review. *Braz. J. Plant Physiol.*, **18**(1): 55-81. DOI: 10.1590/S1677-04202006000100006
- Davis AP, Gole TW, Baena S, Moat J. 2012. The Impact of Climate Change on Indigenous Arabica Coffee (*Coffea arabica*): Predicting Future Trends and Identifying Priorities. *PLoS ONE*, **7**(11): e47981. DOI: 10.1371/journal.pone.0047981
- DeCamargo MBP. 2009. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in brazil. *Agrometereologica. Bragantia, Campinas*, **69**(1): 239-247. DOI: 10.1590/S0006-87052010000100030
- Djoufack V. 2011. Étude multi-échelles des précipitations et du couvert végétal au Cameroun : Analyses spatiales, tendances temporelles, facteurs climatiques et anthropiques de variabilité du NDVI. Océan, Atmosphère. Université de Bourgogne.
- Fisher DK, Pringle III HC. 2013. Evaluation of alternative methods for estimating reference evapotranspiration. *Agricultural Science*, **4**(8A): 51-60. DOI: 10.4236/as2013.48A008
- Gnangle CP, Egah J, Baco NM, Gbemavo, DSJC, Kakaï GR, Sokpon N. 2012. Local perceptions of climate change and adaptation measures in the management of shea parklands in northern Benin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**(1): 136-149. DOI: http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i1.13
- Haidu L. 2006. Comparison between statistical test concerning global climate change. XIXth colloquium of the International Association of Climatology. Theft: Climate and weather related risks.
- Hawey T, Sitou L, Manssour MA, Soumana I, Massaoudou M, Zoubeirou MA. 2020. Rainfall risks, source of food and nutritional insecurity in Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(2): 452-464. DOI: https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i2.12
- IPCC 2007. Summary for Policymakers. In *Climate Change 2007, Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press: Cambridge; 2–18.
- Jaramillo J, Muchugu E, Vega FE, Davis A, Borgemeister C, Chabi-Olaye A. 2011. Some Like It Hot: The Influence and Implications of Climate Change on Coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampei*) and Coffee Production in East

- Africa. *PLoS ONE*, **6**(9): 14p. DOI: 10.1371/journal.pone.0024528
- Jaramillo J, Chabi-Olaye A, Kamonjo C, Jaramillo A, Vega FE, Poehling HM, Borgemeister C. 2009. Thermal Tolerance of the Coffee Berry Borer *Hypothenemus hampei*: Predictions of Climate Change Impact on a Tropical Insect Pest. *PLoS ONE*, **4**(8): 11p. DOI: 10371/journal.pone.0006487
- Kate S, Azontonde AH, Dagbenonbakin GD, Sinin B. 2016. Effects of climate change and management methods on soil fertility in the commune of Banikoara in northwestern Benin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(1): 120-133. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i1.9>
- Killick R, Eckley IA. 2014. ChangePoint: An R Package for ChangePoint Analysis. *Journal of Statistical Software*, **58**(3): 1-18. DOI: 10.18637/jss.v058.i03
- Martin D. 1965. Les sols du Mungo et leurs utilisations. ORSTOM; 1-27.
- Oerke EC. 2006. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, **144**: 31-43. Cambridge University Press 31. DOI: 10.1017/S0021859605005708
- Rodrigues WP, Vieira HD, Campostrini E, Figueiredo FA, Ferraz TM, Partelli FL, Ramalho JC. 2016. Physiological aspects, growth and yield of *coffea* spp. In areas of high altitude. *Australian Journal of Crop Science*, **10**(5): 666-674. DOI: 10.21475/ajcs.2016.10.05.P7366
- Sarr B, Kafando L, Atta S. 2011. Identification of climatic risks of maize cultivation in Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **5**(4): 1659-1675. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i4.28>
- Seguin B. 2003. Adaptation des systèmes agricoles au changement climatique. *C.R. Geoscience*, **335** : 569-575.
- Servat E, Paturel JE, Kouame B, Travaglio M, Ouedraogo M, Boyer JF, Lubes-Niel H, Fritsch JM, Masson JM, Marieu B. 1998. Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et centrale. *IAHS Publication*, **252** : 323-337.
- Soro TD, Soro N, Marie-Solange Y, Lasm T, Soro G, Ernest K, Biemi J. 2011. La variabilité climatique et son impact sur les ressources en eau dans le degré carré de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Physio-Géo*, **5**: 55-73. DOI: 10.4000/physio-geo.1581
- Van den Burg GJJ, Williams CKI. 2020. The Turing change point Dataset (v1.0.0). DOI: 10.5281/ZENODO.371342.