

Variabilité de certains paramètres climatiques et impacts sur la durée des périodes humides de développement végétal dans une station au centre et une autre au nord du Burkina Faso

Dasmané Bambara, Jacques Sawadogo, Oumar Kaboré and Ablassé Bilgo

Volume 19, Number 1, March 2019

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1065431ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Université du Québec à Montréal
Éditions en environnement VertigO

ISSN

1492-8442 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Bambara, D., Sawadogo, J., Kaboré, O. & Bilgo, A. (2019). Variabilité de certains paramètres climatiques et impacts sur la durée des périodes humides de développement végétal dans une station au centre et une autre au nord du Burkina Faso. *VertigO*, 19(1).

Article abstract

This work is based on weather data from Ouagadougou and Ouahigouya to examine the changes that have affected rainfall, relative humidity (RH) and potential evapotranspiration (FTE) and the impact of these changes on the duration of favorable periods for rainfed crops growth from 1956 to 2015. Pettitt's test and Hubert's segmentation procedure revealed several breaks of homogeneity localized in : (i) 1981 (Ouagadougou), 1973 and 1995 (Ouahigouya) for rainfall, (ii) 1984 (Ouagadougou) for HR, (iii) 1985 and 1994 (Ouagadougou), 1978 and 1992 (Ouahigouya) for ETP. This climatic dynamic goes with a shortening of the wet season duration of -25 % in Ouagadougou and -3 % in Ouahigouya. This shortening is mainly due to the decrease in the duration of the wet periods, which fell by -37 % in Ouagadougou and -12 % in Ouahigouya. Similarly, the duration of the active vegetation period decreased from 102 days before break to 48 days after break (-59 % decrease) in Ouagadougou and from 67 days before break to 21 days after break (-38 % decrease) in Ouahigouya. The diagnosis of climate variability and its impact on the duration of rainfed crops growth periods across the country will better characterize agro-climatic dynamics in order to guide the development of appropriate adaptation strategies.



Variabilité de certains paramètres climatiques et impacts sur la durée des périodes humides de développement végétal dans une station au centre et une autre au nord du Burkina Faso

Dasmané Bambara, Jacques Sawadogo, Oumar Kaboré et Ablassé Bilgo

Introduction

- 1 L'Afrique subsaharienne est particulièrement sensible à la variabilité climatique à cause de la fragilité des écosystèmes (IPCC, 2007). Conjuguées à la pression anthropique, les modifications climatiques notamment la baisse des précipitations s'y traduisent par des déséquilibres écologiques importants (Benoît, 2008 ; Assemian *et al.*, 2013). Au Burkina Faso, comme ailleurs en Afrique subsaharienne, la disponibilité en eau demeure le facteur limitant principal pour le développement de la végétation et de sa diversité floristique (Vennetier et Ripert, 2010 ; AGRHYMET, 2012). Outre la pluviométrie, principale source d'approvisionnement en eau des plantes, l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'humidité relative de l'air (HR) sont des paramètres climatiques ayant des impacts agro-écologiques importants sur le développement végétal (Faurie *et al.*, 2011) et sur les bilans hydrologiques et hygrométriques (Roko, 2007). Les modifications de ces paramètres impliquent donc des conséquences agronomiques, hydrologiques et climatologiques. L'un des risques liés à ces modifications est que les végétaux ne puissent s'adapter aux perturbations écologiques locales induites. C'est particulièrement vrai pour certaines espèces qui ont des cycles de reproduction assez longs (Moorcroft *et al.*, 2006).

- 2 En Afrique de l'Ouest et au Burkina Faso en particulier, la littérature sur l'étude de la variabilité climatique est abondante. On peut citer, pour l'Afrique de l'Ouest, les travaux de Le Barbé *et al.* (2002), de Aguiar (2009), de Oueslati *et al.* (2017). Ces auteurs ont relevé que les pluviométries sont en baisse et les températures en hausse. Au Burkina Faso, les études de Thiombiano (2011), de Ibrahim (2012), de Lodoun *et al.* (2013), de Kaboré *et al.* (2017) ont indiqué que la pluviométrie, l'humidité relative de l'air sont en baisse alors que la température et l'évapotranspiration potentielle sont en hausse. De même, les informations sur les impacts de cette variabilité climatique sur les ressources en eau sont assez fournies. Ainsi, plusieurs auteurs (Goula *et al.*, 2006 ; Jung, 2006 ; Kouassi *et al.*, 2010 ; Thiombiano, 2011 ; Ibrahim, 2012 ; Faye, 2015 ; Fossou *et al.*, 2015) ont trouvé que la variabilité climatique, notamment les récessions pluviométriques ont une répercussion directe sur les ressources en eau de surface et les écoulements souterrains, car, les volumes d'eau mobilisés par les aquifères présentent une évolution liée à celle des précipitations (Yao *et al.*, 2012). N'guessan *et al.* (2015) soulignent que la variabilité climatique notamment la baisse des précipitations et la hausse des températures à Dimbokro (Centre-Est de la Côte d'Ivoire) a entraîné d'importants déficits hydriques avec une diminution substantielle de l'hygrométrie sur la période 1955-2000. Dans le nord-ouest du Bénin, les résultats des travaux d'Agbanou *et al.* (2018) ont indiqué que l'impact de la variabilité climatique (réchauffement climatique) serait une augmentation de la demande en eau pour les plantes. Mais, les informations sur l'impact de la variabilité climatique sur la durée des saisons de croissance optimale des cultures pluviales sont rares. Pourtant, la connaissance de l'évolution de la durée des saisons humides pendant lesquelles se développent en particulier les cultures pluviales dans le contexte de l'Afrique sahélienne, constitue une nécessité, car elle permet de prévoir des ajustements (calendrier cultural, utilisation de variété adaptée, irrigation de complément, etc.) en cas de besoin. Ces ajustements sont le gage d'une résilience appropriée des populations rurales agricoles (Sall *et al.*, 2011).
- 3 Dans ce contexte, faire un diagnostic de l'évolution des paramètres climatiques et de leurs impacts sur la durée des périodes humides de développement des cultures pluviales, constitue un préalable pour l'élaboration de stratégies appropriées d'adaptation. Cet article s'inscrit dans cette optique. Il a pour objectif de déterminer les changements ayant affecté la pluviométrie, l'évapotranspiration potentielle et l'humidité relative de l'air et, subséquemment, d'analyser la dynamique de la durée de la saison humide et de celle de la période de végétation active qui ont affecté en particulier les régions de Ouagadougou et de Ouahigouya entre 1956 et 2015.

Matériel et Méthodes

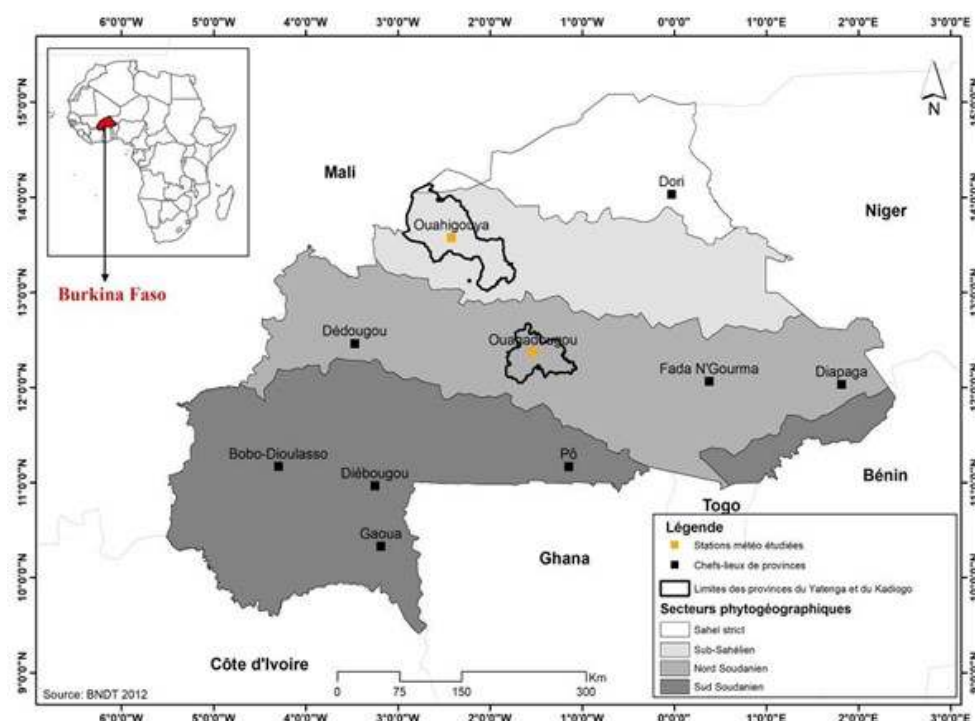
Cadre de l'étude et données

- 4 Pour analyser les variations climatiques et leur impact sur les périodes de croissance végétative, trois variables sont nécessaires : la pluviométrie, l'évapotranspiration potentielle et l'humidité relative de l'air. On ne peut les analyser que sur des postes climatiques disposant de séries d'enregistrement continues sur une longue période, si possible sans lacunes importantes, afin de détecter des évolutions significatives (Baudran *et al.*, 2008 ; Faye, 2015). C'est pourquoi les données utilisées devaient respecter deux critères importants : la longueur des chroniques d'une part (couvrir la plus grande

période de temps possible), la qualité des données d'autre part (le moins de données manquantes possible). Ce qui a été le cas dans les stations de Ouagadougou (12°22' N et 01°31' O ; altitude = 304 m, climat soudano-sahélien) et de Ouahigouya (13°35' N et 02°25' O ; altitude = 329 m, climat sahélien), retenues pour cette étude (Figure 1). Ouagadougou est le Chef-Lieu de la province du Kadiogo située dans le secteur phytogéographique nord-soudanien (Ouédraogo, 2006). Ce secteur est caractérisé par des formations de savanes dont le potentiel ligneux représente 31 % des potentialités totales du pays (Fontès et Guinko, 1995). Les précipitations annuelles oscillent entre 571 et 924 mm en 55 à 78 jours et les températures minimales et maximales atteignent respectivement 18,4 °C et 39,2 °C. Ouahigouya est le Chef-Lieu de la province du Yatenga située dans le secteur phytogéographique subsahélien (Ouédraogo, 2006). Ce secteur est marqué par des formations de steppes (arbustives ou arborées) dont les potentialités en bois représentent seulement 3 % des potentialités totales du pays (Fontès et Guinko, 1995). La pluviométrie annuelle varie entre 358 et 893 mm en 48 à 63 jours. Les températures minimales et maximales sont respectivement de 19,1 °C et 40,2 °C.

- 5 Les données, au pas de temps mensuel, ont été obtenues à l'Agence Nationale de la Météorologie (ANAM). Elles couvrent la période 1956-2015, soit deux périodes de 30 ans chacune, recommandé par l'Organisation météorologique mondiale pour les analyses climatiques (OMM, 2011). Les mesures de l'ETP, dans les stations ciblées, n'ont débuté qu'en 1961, ce qui nous a amenés à considérer 1961 comme année de début de cette série dans les deux stations. Le contrôle de la qualité des données a consisté à rechercher les données aberrantes (trop élevées ou trop faibles ou négatives) à l'aide du logiciel XLSTAT-Pro 7.5.2 (Addinsoft, 2004). Mais, aucune donnée aberrante n'a été relevée pour Pt, HR et ETP (hormis les manquants liés à son début de mesure en 1961). Ce résultat de contrôle permet de dire que les séries de données utilisées sont homogènes et de bonne qualité pour les analyses envisagées. La pluviométrie (Pt en mm) est mesurée à l'aide du pluviomètre, l'évapotranspiration potentielle (ETP en mm) est mesurée au moyen du lysimètre tandis que l'humidité relative de l'air (HR en %) est mesurée à l'aide le psychromètre.

Figure 1. Localisation des stations d'étude / Location of study stations.



Méthodes d'analyses

Ruptures

- 6 Les méthodes utilisées pour cette étude sont basées sur la détection de rupture dans les séries chronologiques. Ainsi, les séries ont été soumises aux tests qui permettent d'identifier les années charnières de la variabilité climatique (Kouakou *et al.*, 2007). Deux tests ont été utilisés conjointement, le test de Pettitt (Pettitt, 1979) et la méthode de segmentation de Hubert (Hubert *et al.*, 1989) sur la période de référence. Le test de Pettitt qui détecte une date de rupture au maximum a été considéré comme un test de stationnarité : « la série étudiée est stationnaire » constitue l'hypothèse nulle de ce test (Bedoum *et al.*, 2013). Si son application rejette l'hypothèse nulle, alors la méthode de segmentation d'Hubert qui est adaptée à la recherche de multiples changements de moyenne dans la série est utilisée. Son principe est de « découper » la série en plusieurs segments de telle sorte que la moyenne calculée sur tout segment soit significativement différente de la moyenne du (ou des) segment (s) voisin (s) par application du test de Scheffé (Kendall et Stuart, 1943 ; Kaboré *et al.*, 2015). Le test de Scheffé repose sur le concept de contraste (Dagnélie, 1970). Le logiciel Khronostat 1.01 (Boyer, 1998) regroupant ces tests a été utilisé pour cette analyse. Si dans la série plusieurs dates de rupture en sens inverse (hausse et baisse) ou dans le même sens (hausse ou baisse) sont détectées, alors la tendance globale des moyennes des sous-périodes correspondant aux dites ruptures est considérée.

Saison humide et période de végétation active

- 7 La saison humide a été analysée à l'aide du diagramme climatique Pt-ETP-ETP/2 tandis que la période de végétation active a été analysée à l'aide du climatogramme ETP-HR.
- 8 Le diagramme Pt-ETP-ETP/2 consiste en la construction sur une même figure les courbes de la pluviométrie, de l'évapotranspiration potentielle et de la demi-évapotranspiration potentielle mensuelles en fonction des mois de l'année. Appelée courbe de Franquin (Franquin, 1969), il permet de caractériser la saison humide (bilan des apports et des pertes en eau). Cette saison humide comprend trois périodes : (i) période pré-humide : c'est la période avant la période humide où la pluviométrie est comprise entre la moitié de l'ETP et l'ETP, (ii) période humide : c'est la période où la pluviométrie est supérieure à l'ETP, (iii) période post-humide : c'est la période après la période humide où la pluviométrie est comprise entre la moitié de l'ETP et l'ETP (mm).
- 9 Le diagramme climatique ETP-HR représente les variations mensuelles de l'évapotranspiration potentielle (ETP mm) et de l'humidité relative de l'air (HR %) selon des gradations standardisées : une gradation de l'échelle de l'ETP (mm) correspond à deux gradations de l'échelle de l'HR (ETP = 2HR). L'ETP (mm) est indiquée à gauche et l'HR (%) est indiquée à droite en ordonnée et, en abscisse, sont reportés les mois de l'année. Cette courbe permet de déterminer la période où les conditions hydriques sont optimales pour la croissance des plantes (moment où HR > ETP). C'est en cette période (encore appelée période de végétation active) que la circulation de la sève est abondante (Gnanglè, 2005). Ces courbes se construisant avec deux variables distinctes, nous avons considéré d'abord la variable pour laquelle il y a au moins une rupture (première variable) et nous scindons la deuxième variable en sous périodes identiques à celles de la première, au cas où cette deuxième variable ne présente aucune rupture ou présente des ruptures à des dates discordantes avec la première variable. Cette procédure vise à adopter les mêmes laps de temps pour les variables considérées. Ainsi, pour le tracé des graphiques reliant la pluviométrie et l'ETP, nous avons considéré la pluviométrie comme première variable et pour celui reliant l'ETP et l'HR de l'air, c'est l'ETP qui a été considérée comme première variable.
- 10 À l'aide de ces graphiques, une comparaison intra et inter station sur la variabilité de la durée de la saison humide et de celle de la période de végétation active entre les sous-périodes détectées a été réalisée.

Variabilité interannuelle et évolution mensuelle

- 11 L'analyse de la variabilité interannuelle a consisté à déterminer les variations d'une année à l'autre des paramètres retenus sur la période de référence 1956 à 2015. Dans cette perspective, les tracés de graphiques avec détermination de droite de régression ont été réalisés. De même, les moyennes des variables dans les laps de temps correspondant aux ruptures détectées et les moyennes globales de ces variables sur la période de référence ont été représentées.
- 12 Pour l'évolution mensuelle des variables, il s'est agi d'analyser la dynamique mensuelle des paramètres au cours des laps de temps correspondant aux ruptures détectées. Si plus d'une rupture est enregistrée, nous considérons la moyenne globale des moyennes des sous-périodes correspondant aux dites ruptures. En cas d'absence de rupture, l'analyse mensuelle est faite sur toute la période de référence. Par analyse graphique, les

dynamiques mensuelles des paramètres des sous-périodes détectées ont été comparées entre elles dans la même station et entre les stations.

Résultats

Ruptures climatiques

- 13 Plusieurs dates de rupture ont été enregistrées au niveau des variables climatiques sur la période de référence. Certaines variables telles que la pluviométrie totale annuelle (Pt mm), l'évapotranspiration potentielle (ETP mm) ont présenté plusieurs ruptures, soit à la hausse soit à la baisse, soit les deux à la fois, à des dates différentes et à des degrés divers. À Ouagadougou, comme à Ouahigouya quatre dates de rupture ont été enregistrées, mais à Ouahigouya, l'humidité relative de l'air a été presque stable (Tableau 1). Les différences entre les valeurs moyennes de ces variables dans les fourchettes de temps (segments) correspondants à ces ruptures ont été significatives ($p < 0,05$) à hautement significatives ($p < 0,001$) (Tableau 1).

Tableau 1. Années de ruptures et tendances des variables climatiques à Ouagadougou et Ouahigouya entre 1956 et 2015/ Years of breaks and trends of climatic variables in Ouagadougou and Ouahigouya between 1956 and 2015.

Variables climatiques	Ouagadougou				Ouahigouya					
	Années de rupture	Segments	Moyennes ± ET	Tendances globales	Années de ruptures	Segments	Moyennes ± ET	Tendances globales		
Précipitations annuelles moyennes (Pt en mm)	1981 ↓ **	1956-1980	874 ± 156	-16,6 % (-145 mm)	1973 ↓ ** 1995 ↑ *	1956-1972	742 ± 90	-4,5 % (-69 mm)		
						1973-1994	562 ± 139			
		1981-2015	729 ± 114				1995-2015		673 ± 135	
Humidité relative de l'air (HR en %)	1984 ↓ *	1956-1983	50,40 ± 1,99	-2,7 %	Absence de rupture	-	-	Stabilité		
		1984-2015	49,02 ± 1,62							
Évapotranspiration potentielle (ETP en mm)	1985 ↓ * 1994 ↑ **	1961-1984	1957 ± 66,2	+5 % (+71,3 mm)	1978 ↓ ** 1992 ↑ *	1961-1977	2141,2 ± 75,6	-2,6 % (-70,1 mm)		
		1985-1993	1759,7 ± 191,4							
		1994-2015	2028,3 ± 123,2			1978-1991	1941,5 ± 151,7			
						1992-2015	2071,1 ± 64,1			

$\downarrow$ = baisse, $\uparrow$ = hausse ; * et ** = tendances significatives ($P < 0,05$) et hautement significatives ($P < 0,001$) (respectivement). ET = écart type.

- 14 La pluviométrie totale annuelle (Pt mm) a montré une rupture, à la baisse de -16,6 % (-145 mm), localisée en 1981 à Ouagadougou. À Ouahigouya, deux ruptures, en sens inverse de Pt, ont été relevées. La première, à la baisse de -24,3 % (-180 mm) survenue en 1973, la seconde rupture, à la hausse de +19,8 % (+111 mm) survenue en 1995. La tendance résultant de ces deux ruptures en sens inverse correspond à une baisse globale de -4,5 % (-69 mm) (Tableau 1).
- 15 À Ouahigouya, aucune cassure relative à l'humidité relative de l'air (HR %) n'a été mise en évidence alors qu'à Ouagadougou, HR a été marquée par une cassure à la baisse de -2,7 % en 1984.
- 16 L'évapotranspiration potentielle (ETP mm) a montré deux dates de rupture en sens inverse sur la période de référence dans les deux stations. À Ouagadougou, une première rupture à la baisse de -197,3 mm (-10 %) localisée en 1985 a été observée. Une seconde rupture à la hausse de +268,6 mm (+15 %) localisée en 1994 a été mise en évidence. La tendance globale est une hausse de +5 % (+71,3 mm). À Ouahigouya, la première rupture à

la baisse de -199,7 (-9,3 %) mm a été localisée en 1978. La seconde rupture localisée en 1992 est caractérisée par une augmentation de l'ETP de +129,6 mm (+6,7 %). La tendance globale de l'ETP résultant de cette évolution en sens inverse est une baisse de -2,6 % (soit -70,1 mm). Le lien entre HR et Pt est plus fort à Ouagadougou tandis que la relation entre HR et ETP est plus forte à Ouahigouya (Tableau 2).

Tableau 2. Matrice de corrélations (r de Pearson) entre les variables climatiques / Correlation matrix (r of Pearson) between climate variables.

Variables	Stations	Pt	ETP	HR
Pt	Ouagadougou	1		
	Ouahigouya	1		
ETP	Ouagadougou	-0,09	1	
	Ouahigouya	-0,09	1	
HR	Ouagadougou	0,49	0,36	1
	Ouahigouya	0,35	0,48	1

Pt : Pluviométrie totale (mm), ETP : évapotranspiration potentielle (mm), HR : humidité relative de l'air (%). Les valeurs en Italique indiquent une corrélation significative entre les variables (seuil $\alpha = 0,05$)

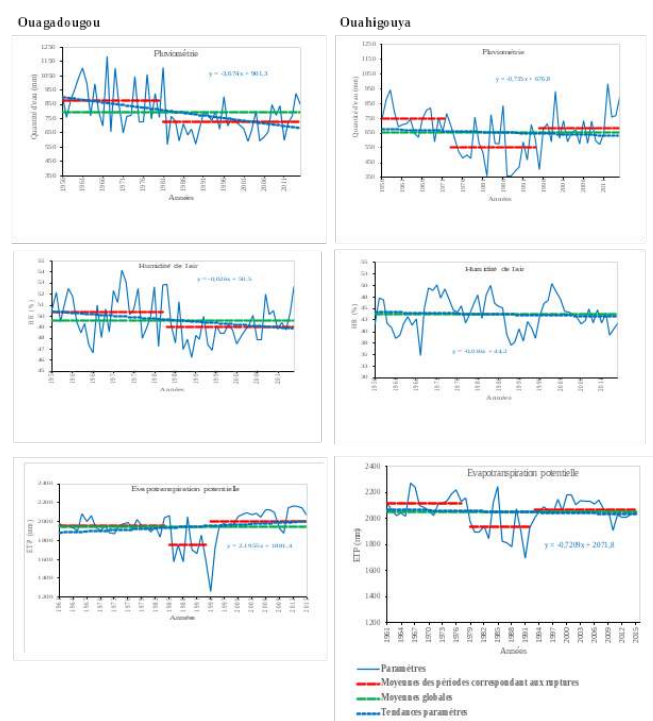
Évolution annuelle des paramètres

- 17 À Ouagadougou (Figure 2), les valeurs annuelles des Pt et HR manifestent une tendance à la baisse entre 1956 et 2015. La droite de régression entre la Pt et les années a une pente forte ($a = \text{pente} = -3,674$). Cette pente est faible ($a = -0,026$) pour la droite de régression entre l'HR et les années, en raison des fluctuations interannuelles assez importantes. Quant à l'ETP, les valeurs annuelles manifestent une tendance à la hausse entre 1961 et 2015, la pente de la droite de régression associée est forte ($a = 2,1955$).
- 18 À Ouahigouya, la même tendance à la baisse de Pt et de HR est constatée (Figure 2). La pente de la droite de régression entre la Pt et les années est de -0,735. Cette pente est de -0,016 pour l'HR. Quant à l'ETP, contrairement à Ouagadougou, les valeurs manifestent une tendance à la baisse dont la pente de la droite de régression vaut -0,7209.
- 19 Les quantités d'eau précipitées (Pt) et l'humidité relative de l'air (HR) ont été plus élevées à Ouagadougou qu'à Ouahigouya (789,3 mm et 49,66 %, contre 654,4 mm et 43,74 %) sur la période de référence. Par contre, l'évapotranspiration potentielle (ETP) a été plus élevée à Ouahigouya (2051,7 mm) qu'à Ouagadougou (1942,9 mm).

Figure 2. Évolution des moyennes annuelles des paramètres (Pt, HR, ETP) sur la période de 1956 à 2015 à Ouagadougou et à Ouahigouya / Evolution of annual averages of parameters (Pt, HR, FTE) over the period 1956 to 2015 in Ouagadougou and Ouahigouya.

Image

1008A2D400004A3A00004C20B4661BCC8EBA628B.emf



Évolution mensuelle des paramètres

- 20 Les courbes d'évolution mensuelle de la pluviométrie, de l'humidité de l'air et de l'évapotranspiration potentielle des sous-périodes correspondant aux ruptures ont les mêmes allures traduisant des dynamiques qualitatives presque identiques dans le temps, avec cependant quelques variations quantitatives (Figure 3, Tableau 3). Ainsi, à Ouagadougou, les quantités d'eau des mois de mai à septembre (période de la saison pluvieuse au Burkina Faso) de la sous-période 1981-2015 sont inférieures à celles de la sous-période 1956-1980. Les mois de mai et de juin (mois de début de saisons des pluies) ont enregistré les forts taux de baisse (environ -29 %).
- 21 À Ouahigouya, les volumes d'eau des mois de mai à octobre de la sous-période 1973-1994 sont inférieurs à ceux de la sous-période 1956-1972. Les mois de septembre et d'octobre (mois de fin de saison des pluies) ont montré les taux de baisse les plus élevés ($\geq -30\%$). Dans cette station, les quantités d'eau des mois de mai à octobre recueillies au cours de la sous-période 1995-2015 sont supérieures à celles enregistrées pour la sous-période 1973-1994. Le mois d'octobre ayant montré le plus important taux de hausse (+69 %) relativement aux autres mois pluvieux ($+7,1 \leq \text{taux} \leq +27,7$). Dans les deux stations, la pluviométrie maximale a toujours été enregistrée pendant les mois de juillet et d'août pour toutes les sous-périodes détectées.
- 22 Les volumes mensuels d'eau précipités ont été plus élevés à Ouagadougou comparativement à Ouahigouya au cours des mois des périodes pré et post-ruptures.

- 23 À Ouagadougou, les humidités relatives de l'air de tous les mois de l'année de la sous-période 1984-2015 ont été en baisse par rapport à celles de la sous-période 1956-1983. À l'exception des mois de février et de mars pour lesquels les taux de baisse mensuels ont atteint -6 % et -7 %, ces taux ont été presque identiques pour les autres mois de l'année ($-2 \% \leq \text{taux} \leq -4 \%$). À Ouahigouya, aucune rupture dans cette série n'a été détectée sur la période de référence. L'HR maximale a été enregistrée dans le mois d'août pour les deux sous-périodes à Ouagadougou et la période de référence à Ouahigouya.
- 24 L'humidité relative mensuelle de l'air est restée plus élevée à Ouagadougou comparativement à Ouahigouya, en raison sans doute de la proximité du Sahara/Sahel et de la latitude.
- 25 Dans le site de Ouagadougou, les ETP mensuelles des mois de janvier-avril et d'octobre-décembre de la sous-période 1985-1993 ont été inférieures à celles des mois de la sous-période 1961-1984. Les baisses ont été plus importantes pour les mois de janvier-mars ($-12,1 \% \leq \text{taux} \leq -13,8 \%$). Mais, les ETP mensuelles des mois de mai-septembre de 1985-1993 ont été supérieures à celles des mois de 1961-1984. Les hausses ont été plus élevées pour les mois de juin et de juillet ($+25,7 \% \leq \text{taux} \leq +30,3 \%$). Par contre, les ETP mensuelles des mois de janvier et décembre de la sous-période 1994-2015 ont été supérieures à celles de tous les mois de la sous-période 1985-1993. Les hausses ont été plus élevées pour les mois de février et de mars ($+10,9 \% \leq \text{taux} \leq +12 \%$).
- 26 À Ouahigouya, la dynamique a été semblable à celle de Ouagadougou pour les ETP des mois de la sous-période 1978-1991 comparativement à celles des mois de 1961-1977. Dans ce cas-ci, les taux de baisses mensuels des ETP qui ont concerné les mois de janvier-avril et d'octobre-décembre ont atteint au plus -11,6 %. Cependant, les ETP mensuelles des mois de mai-septembre de 1978-1991 ont été supérieures aux ETP mensuelles des mois de la sous-période 1961-1977. Les hausses ont été plus élevées pour les mois de juillet et d'août ($+25 \% \leq \text{taux} \leq +28,6 \%$). Quant à la deuxième rupture, il ressort que les ETP mensuelles des mois d'avril-août de la sous-période 1992-2015 ont été supérieures aux ETP des mêmes mois de la sous-période 1978-1991. Les hausses ont été plus élevées pour les mois de juin et de juillet ($+6,1 \% \leq \text{taux} \leq +7,8 \%$). Par contre, les ETP mensuelles des mois de janvier-mars et de septembre-décembre de la sous-période 1992-2015 ont été inférieures aux ETP mensuelles des mêmes mois de la sous-période 1978-1991. Les baisses ont été plus importantes pour les mois de janvier et de février ($-6 \% \leq \text{taux} \leq -7,7 \%$). Les ETP minimales ont été enregistrées pendant les mois de juillet et d'août au cours des sous-périodes détectées dans les deux stations.
- 27 L'évapotranspiration potentielle mensuelle est restée toujours plus élevée à Ouahigouya qu'à Ouagadougou, moins aride et plus éloigné du Sahara/Sahel.

Figure 3. Évolution des moyennes mensuelles des paramètres (Pt, HR, ETP) au cours des périodes de ruptures à Ouagadougou et à Ouahigouya entre 1956 et 2015 / Evolution of the monthly averages of the parameters (Pt, HR, FTE) during the break periods in Ouagadougou and Ouahigouya between 1956 and 2015.

Image

100782E400003E83000047D765BDEB43372BED3C.emf

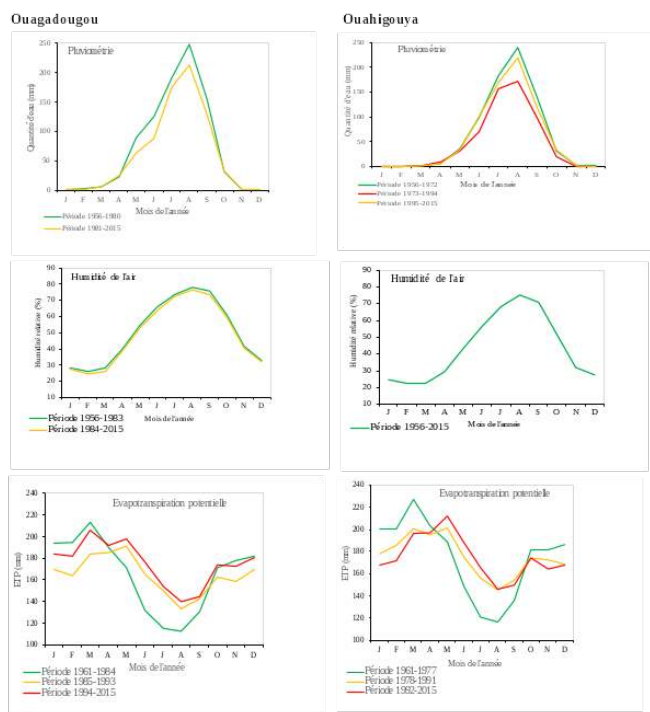


Tableau 3. Taux de variation (%) des paramètres climatiques mensuels correspondant aux ruptures à Ouagadougou et à Ouahigouya entre 1956 et 2015 / Rate of change (%) of monthly climatic parameters corresponding to breaks in Ouagadougou and Ouahigouya between 1956 and 2015.

Variables	Stations	Périodes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pt (mm)	Ouag.	1956-1980 et 1981-2015	-	-	-	-	-28,8	-29,8	-8,1	-13,9	-16,8	+0,9	-	-
		1956-1972 et 1973-1994	-	-	-	-	-14,2	-29,2	-14,1	-28,6	-30,0	-36,3	-	-
	Ouah.	1973-1994 et 1995-2015	-	-	-	-	+7,1	+5,3	+7,6	+27,7	+21,2	+69,0	-	-
HR (%)	Ouag.	1956-1983 et 1984-2015	-3	-6	-7	-3	-3	-4	-2	-2	-3	-2	-3	-2
	Ouah.	1956-2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ETP (mm)	Ouag.	1961-1984 et 1985-1993	-12,1	-15,7	-13,8	-2,3	+11,9	+25,7	+30,3	+18,2	+9,3	-5,1	-11,1	-6,8
		1985-1993 et 1994-2015	+8,2	+10,9	+12,0	+3,5	+3,3	+6,9	+3,0	+5,2	+1,6	+6,8	+9,1	+6,3
	Ouah.	1961-1977 et 1978-1991	-11,3	-7,4	-11,6	-4,1	+6,6	+17,5	+28,6	+25,0	+13,6	-3,7	-5,1	-9,2
		1978-1991 et 1992-2015	-6,0	-7,7	-2,2	+1,1	+5,3	+7,8	+6,1	+0,4	-2,9	-0,1	-4,6	-0,9

Pt : Pluviométrie totale, HR : Humidité relative de l'air, ETP : Évapotranspiration potentielle, Ouag. : Ouagadougou, Ouah. : Ouahigouya

Impacts de la variabilité des paramètres sur les conditions hydriques

Impacts sur les saisons humides

- 28 Selon Franquin (1969), en fonction des événements remarquables A1, B1, B2, A2, les trois périodes de la saison humide (A1-A2) sont représentées par les segments suivants : (i) période pré-humide : A1B1, (ii) période humide : B1B2, (iii) période post-humide : B2A2 (Figure 4).
- 29 Au regard des ruptures relevées sur la période de référence, la dynamique de la saison humide se traduit par un raccourcissement de la durée à Ouagadougou et par un raccourcissement suivi d'une hausse de la durée à Ouahigouya.
- 30 Ainsi, à Ouagadougou, en 1961-1980, la période pré-humide couvrait « mi-mai à mi-juin » (environ 30 jours), contre « mi-juin à première décennie de juillet » (environ 25 jours) en 1981-2015 (soit une diminution de 5 jours, baisse de -17 %). La période humide allait de « mi-juin jusqu'au début de la troisième décennie de septembre » (environ 97 jours), contre « première décennie de juillet à première décennie de septembre » (environ 61 jours) en 1981-2015 (soit une diminution de 36 jours, baisse de -37 %). La période post-humide allait du « début de la troisième décennie de septembre à début octobre » (environ 15 jours), contre « première décennie de septembre à fin septembre » (environ 20 jours) en 1981-2015 (soit une augmentation de 5 jours, hausse de +33 %). Ainsi, la durée de la saison humide est passée de 142 jours avant la rupture (1961-1980) à 106 jours après la rupture (1981-2015), soit un raccourcissement de 36 jours (baisse de -25 %).
- 31 À Ouahigouya, les évolutions des périodes de la saison humide ont été les suivantes : (i) Période pré-humide en 1961-1972 : « début de la deuxième décennie de juin à fin juin » (environ 20 jours) contre « troisième décennie de juin à mi-juillet » (environ 25 jours) en 1973-1994 (soit une augmentation de 5 jours, hausse de +25 %) et « mi-juin à mi-juillet » (environ 30 jours) en 1995-2015 (soit une augmentation de 5 jours, hausse de +20 %). La tendance globale est une augmentation de 10 jours (hausse de +45 %) sur la période de

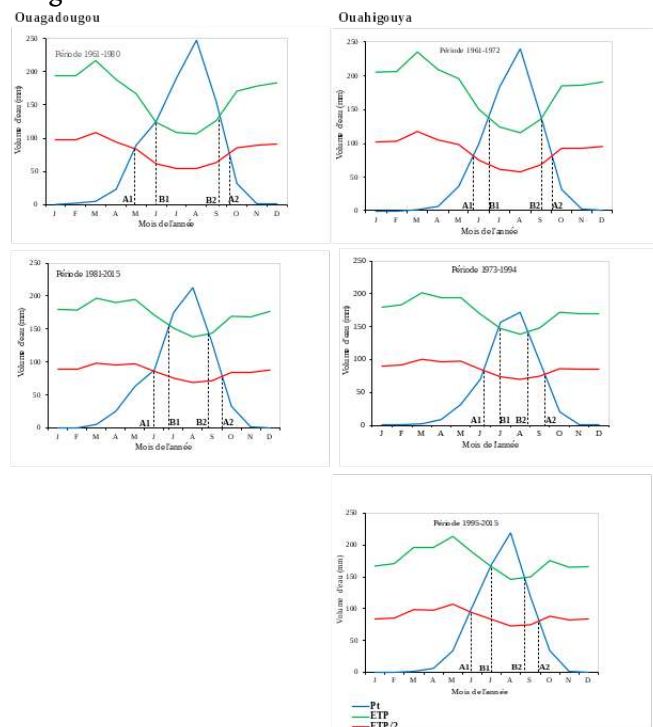
référence. (ii) Période humide en 1961-1972 : « juillet à mi-septembre » (environ 77 jours) contre « mi-juillet à fin août » (environ 44 jours) en 1973-1994 (soit un raccourcissement de 33 jours, baisse de -43 %) et « mi-juillet à première décennie de septembre » (environ 52 jours) en 1995-2015 (soit une augmentation de 8 jours, hausse de +18 %). La tendance globale est un raccourcissement de 25 jours (baisse de -25 %). (iii) Période post-humide en 1961-1972 : « mi-septembre à fin septembre » (environ 15 jours) contre « fin août à milieu de la troisième décennie de septembre » (environ 27 jours) en 1973-1994 (soit une augmentation de 12 jours, hausse de +80 %) et « première décennie de septembre à fin septembre » (environ 25 jours) en 1995-2015 (soit un raccourcissement de 2 jours, baisse de -7 %). La tendance globale est une augmentation de 10 jours (hausse de +73 %).

- 32 Les durées des saisons humides ont été plus longues à Ouagadougou qu'à Ouahigouya, tant pour les périodes pré-ruptures (142 jours contre 112 jours) que pour les périodes post-ruptures (106 jours contre 96 jours). La deuxième rupture survenue à Ouahigouya en 1995 s'y est traduite par une augmentation de la durée de la saison humide passant de 96 jours à 107 jours (+11 % de hausse). Mais cette hausse n'a pas permis d'atteindre la durée de la période pré-rupture. À l'issue des deux ruptures enregistrées, la durée de la saison humide est passée dans un premier temps de 112 jours à 96 jours et dans un second temps de 96 jours à 107 jours, soit un raccourcissement de 16 jours suivi d'une augmentation de 11 jours. La synthèse est un raccourcissement de la durée de la saison humide de 5 jours (baisse de -3 %).

Figure 4. Évolution de la saison humide au cours des périodes de ruptures à Ouagadougou et Ouahigouya entre 1956 et 2015 / Evolution of the wet season during break periods in Ouagadougou and Ouahigouya between 1956 and 2015.

Image

1007468C00003F75000049B1F899F15BD880F572.emf



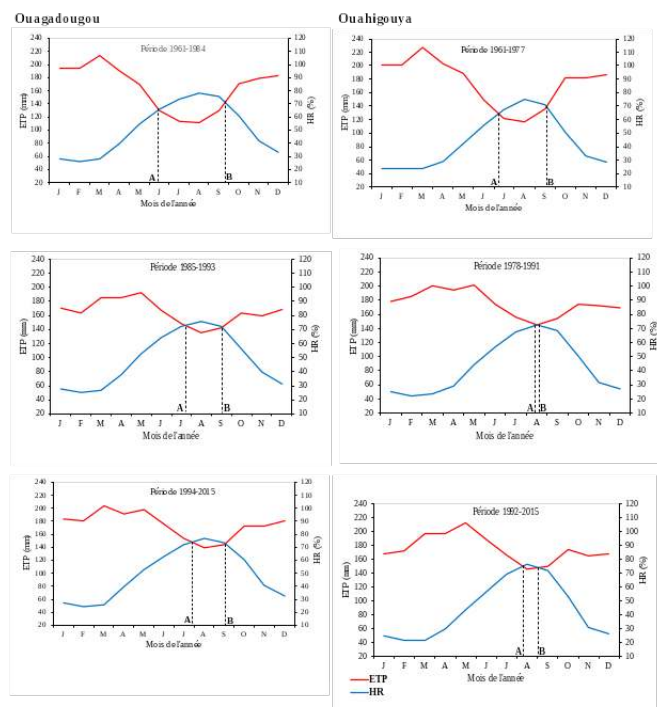
Impacts sur les périodes de végétation active

- 33 Les ruptures survenues au niveau de l'ETP et de l'HR ont influencé différemment les durées des périodes de végétations actives intra et inter stations. La dynamique globale de ces durées étant à la baisse (Figure 5, segment AB).
- 34 À Ouagadougou, la durée de la période de végétation active allait de « mi-juin à dernière décade de septembre » (environ 102 jours) sur la période 1961-1984, contre « fin deuxième décade de juillet à mi-septembre » (environ 56 jours) sur la période 1985-1993 (soit une diminution de 46 jours, baisse de -45 %) et « fin juillet à début troisième décade de septembre » (environ 48 jours) en 1994-2015 (soit une diminution de 8 jours, baisse de -14 %). La tendance globale est un raccourcissement de la durée de 48 jours (baisse de -59 %).
- 35 À Ouahigouya, en 1961-1977, la durée de la période de végétation active couvrait « fin première décade de juillet à mi-septembre » (environ 67 jours), alors qu'en 1978-1991, elle se limitait seulement à la « mi-août » (environ 15 jours) (soit une diminution de 52 jours, baisse de -78 %) et en 1992-2015, après la deuxième rupture, elle est repassée à « début deuxième décade d'août à début septembre » (environ 21 jours) (soit une augmentation de 6 jours, hausse de +40 %). La tendance globale, sur la période de référence, est un raccourcissement de la durée de 46 jours (baisse de -38 %).
- 36 À Ouagadougou, les durées des périodes de végétation active correspondant aux périodes pré-rupture et post-rupture de l'ETP ont été plus longues qu'à Ouahigouya (avec 102 jours, 56 jours, 48 jours, contre 67 jours, 15 jours, 21 jours respectivement). La première rupture de l'ETP survenue en 1978 à Ouahigouya, s'est traduite par une baisse très importante (-78 %) de la durée de la période de végétation active comparativement à la première rupture de 1985 à Ouagadougou pour laquelle la baisse a été de -45 %. La deuxième rupture de l'ETP en 1992 à Ouahigouya a été marquée par une reprise de la durée de la période de végétation active de +40 % alors que cette seconde rupture, survenue à Ouagadougou en 1994, est toujours une diminution de cette durée de -14 %.

Figure 5. Évolution de la période de végétation active au cours des périodes de ruptures entre 1956 et 2015 à Ouagadougou et à Ouahigouya / Evolution of the active vegetation period during break periods between 1956 and 2015 in Ouagadougou and Ouahigouya.

Image

100D72C400003FD4000049B1E8C4B022F39D45D4.emf



Discussion

- 37 Les tests de Pettitt et de Hubert ont permis de déceler plusieurs ruptures. La pluviométrie a montré une rupture à la baisse en 1981 à Ouagadougou, alors que deux ruptures ont été détectées à Ouahigouya dont la première à la baisse est survenue en 1973 et la seconde à la hausse en 1995. À Ouagadougou, le recul pluviométrique annuel observé semble être lié aux déficits pluviométriques des mois de mai à septembre (période de la saison pluvieuse au Burkina Faso) avec un accent pour les mois de début de saisons de pluie (mai-juin) pour lesquels les forts taux de baisse ont été enregistrés. À Ouahigouya, le déficit pluviométrique annuel qui a affecté la période 1973-1994 par rapport à 1956-1972 est lié à la diminution du volume d'eau de tous les mois pluvieux notamment les mois de juin, août-octobre pour lesquels les taux de baisse ont atteint au moins -28 %. Par contre, le retour à des conditions plus humides au cours de 1995-2015 comparé à 1973-1994 s'expliquerait par un regain d'activité pluvieuse au cours des mois pluvieux notamment le mois de fin de saison pluvieuse (octobre) pour lequel le taux de hausse a atteint +69 %. Kaboré *et al.* (2017) ont montré, pour la région du Centre-Nord du Burkina Faso, que la pluviométrie annuelle a connu une alternance de périodes humides et sèches avec une tendance générale à la baisse entre 1961 et 2015. Ils ont indiqué une forte disparité spatiale dans l'évolution des pluies et trouvé que la fin des années 1980 et surtout les décennies 1990 et 2000 marquaient un « retour de la pluviométrie » vers des années plus humides dans cette région. Ces auteurs ont précisé que cette reprise semblait plus

prononcée dans la zone sahélienne que dans la zone soudano-sahélienne. Nos résultats corroborent ces constats notamment pour la station de Ouahigouya en zone sahélienne. Les légères différences relevées par rapport à nos résultats, au niveau des dates de rupture et des taux de variation, pourraient être partiellement en lien avec les stations étudiées et les périodes couvertes par les séries. Des études menées dans la zone ouest-africaine par Mahé et Paturel (2009) ont montré que la pluviométrie était en régression, avec cependant des possibilités de retour à des conditions plus humides notamment dans la partie sahélienne. Selon Panthou *et al.* (2014), Bamba *et al.* (2015) cette amélioration de la pluviométrie constatée autour des années 1990 dans le Sahel ouest-africain serait due essentiellement à une augmentation des événements pluvieux quotidiens de forte intensité.

- 38 Ibrahim *et al.* (2012) ont trouvé que l'évolution de la pluviométrie au Burkina Faso sur la période 1961-2009 se caractérisait par une subdivision de cette période en trois sous-périodes de pluviométries annuelles moyennes significativement différentes : 1961-1969, 1970-1990 et 1991-2009. Ils ont montré que ces changements de moyenne entre les trois sous-périodes mettaient en évidence une baisse de la pluviométrie de 20 % au cours de 1971-1990 par rapport à 1961-1969, et une hausse de 15 % de la pluviométrie au cours de 1991-2009 par rapport à 1971-1990. Ces auteurs ont indiqué que ces changements seraient liés à la variabilité de la fréquence des pluies tout comme ce qui fut démontré par Le Barbé *et al.* (2002) à l'échelle de la zone sahélienne. Nos résultats obtenus à partir de données actualisées (1956-2015) qui montrent une baisse de la pluviométrie annuelle suivie d'une hausse de cette pluviométrie à Ouahigouya confortent les observations de Ibrahim *et al.* (2012). Ces ruptures, souvent en sens inverse, pour la même variable dans le même site climatique, renforceraient le caractère plus ou moins variable certes, mais aléatoire et en dégradation du climat aride (Le Houérou, 1989).
- 39 L'évolution de l'ETP a presque suivi la même dynamique que celle des précipitations totales annuelles notamment à Ouahigouya. À Ouagadougou, la hausse des températures (De Longueville, 2016 ; Bambara *et al.*, 2018) en plus de la diminution de l'humidité relative de l'air relevée, devrait conduire à une forte demande évaporative. Paradoxalement, nos résultats ont montré une chute de l'ETP sur la période 1985-1993 comparativement à 1961-1984. Cela s'expliquerait par les données manquantes de 1956 à 1960 (lié à l'année du début de relevé de cette variable = 1961) qui ont dû influencer les résultats d'analyse. Mais cette baisse de l'ETP pourrait aussi être en lien avec la dégradation croissante du couvert végétal (FAO, 2010) qui influence l'ETP par la transpiration végétale (Faurie *et al.*, 2011). Elle pourrait aussi être une conséquence de la diminution du volume d'eau des précipitations. La hausse de l'ETP constatée à partir des années 1990 dans les deux stations (précisément en 1994 à Ouagadougou et en 1992 à Ouahigouya) s'expliquerait par le regain d'activité pluvieuse constatée à cette même période dans ces sites. Cette tendance à la hausse de l'ETP a aussi été présentée par Jung (2006) sur le bassin de la Volta dans une étude d'impact du changement climatique avec un modèle SVAT (Soil Vegetation Atmospher Transfer) et des modèles climatiques régionaux. Ardoïn-Bardin (2004) et Ruelland *et al.* (2012) ont également indiqué (à l'aide des simulations climatiques de MCGs = Modèles de Circulation Générale) une augmentation de l'ETP annuelle de plus de 2 % à l'horizon 2050 par rapport à la période 1966-1995 dans la zone sahélienne. Cette hausse de l'ETP serait subséquente à la hausse de la température qui contribue à plus de 80 % de la variance de l'ETP annuelle (Ibrahim, 2012).

- 40 La rupture à la baisse de l'humidité relative de l'air, relevée en 1984 à Ouagadougou est liée à une baisse des HR de tous les mois de l'année de la période 1984-2015 par rapport à 1956-1983. Cette tendance pourrait être une conséquence de la rupture à la baisse des précipitations totales annuelles, enregistrée autour des années 1981 dans ce site. À Ouahigouya, elle aurait été compensée par la hausse des précipitations totales annuelles observée à partir des années 1995, d'où l'absence de rupture pour cette variable sur la période de référence. Par ailleurs, l'étude de la corrélation entre les variables a montré qu'il y a un lien fort entre la pluviométrie totale et l'humidité relative de l'air. Cette liaison avait été relevée par Kouassi *et al.* (2010) en Côte d'Ivoire.
- 41 La pluviométrie et l'humidité relative de l'air ont été plus élevées à Ouagadougou qu'à Ouahigouya, par contre l'évapotranspiration potentielle a été plus élevée à Ouahigouya comparativement à Ouagadougou. Cette observation pourrait être en partie liée au potentiel ligneux qui est plus important à Ouagadougou qu'à Ouahigouya. En effet, la couverture végétale a une influence directe sur la pluviométrie et l'humidité de l'air qu'elle contribue à accroître (Faurie *et al.*, 2011). Mais cette forte valeur de l'ETP à Ouahigouya pourrait s'expliquer aussi par l'absence d'une couverture du sol (sol nu) en lien avec la forte dégradation du couvert végétal. Cet état de la végétation expose le sol à une forte évaporation de l'eau (Maïga *et al.*, 2007).
- 42 Cette dynamique de la pluviométrie, de l'humidité relative de l'air et de l'évapotranspiration potentielle sur la période de référence 1956-2015 a conduit à un raccourcissement de la longueur de la saison humide de 36 jours (-25 %) à Ouagadougou et de 5 jours (-3 %) à Ouahigouya. De même, la durée de la période de végétation active a diminué de 54 jours (-59 %) à Ouagadougou et de 46 jours (-38 %) à Ouahigouya. Le raccourcissement des durées des saisons humides semble être lié essentiellement à celui des périodes humides qui ont chuté de -37 % à Ouagadougou et de -12 % à Ouahigouya, dans la mesure où, les durées des périodes post-humides y ont augmenté de +25 % et de +33 % alors que la période pré-humide a baissé à Ouagadougou (-17 %) et augmenté à Ouahigouya (+25 %). Soulignons qu'à ce niveau, Goula *et al.* (2006), Kouassi *et al.* (2010), Thiombiano (2011), Faye (2015), N'guessan *et al.* (2015), sans faire le lien entre variabilité climatique et durée des périodes humides de développement végétal, ont tout de même relevé que les récessions pluviométriques et les hausses de température entraînaient d'importants déficits hydriques, notamment une baisse : des ressources en eau de surface, des écoulements souterrains et du taux d'humidité atmosphérique. Mais Dao *et al.* (2010) rapportent dans leurs travaux sur la variabilité climatique et réponse hydrologique du bassin versant transfrontalier de Kolondieba au sud du Mali qu'il y a une non-linéarité de la relation entre pluviométrie et débit hydrique en milieu tropical. L'augmentation de la demande en eau des plantes, conséquence de la variabilité climatique, relevée par Agbanou *et al.* (2018) est une observation qui va en droite ligne avec nos résultats, car elle est une conséquence du raccourcissement de la durée des périodes humides de croissance végétative lié à la variabilité climatique.

Conclusion

- 43 Cette étude a permis de constater que les sites de Ouagadougou et de Ouahigouya sont, comme la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest, confrontés à la variabilité climatique, avec cependant, des différences entre les deux zones. En effet, les tests de détection de rupture (tests de Pettitt et Segmentation de Hubert) ont permis de relever plusieurs

modifications dans les séries météorologiques. Les volumes d'eau précipités ont baissé dans les deux sites avec un écart plus marqué à Ouahigouya, site où une reprise de la pluviosité à partir des années 1995 est observée. L'humidité relative de l'air est en baisse à Ouagadougou alors qu'elle est restée stable à Ouahigouya. L'ETP est caractérisée par une baisse à la première rupture (en 1985 à Ouagadougou et en 1978 à Ouahigouya) puis la seconde cassure (en 1994 à Ouagadougou et en 1992 à Ouahigouya) est marquée par une hausse de l'ETP dans les deux sites. Cette évolution des variables météorologiques a entraîné une réduction de la durée de la saison humide de -25 % à Ouagadougou et de -3 % à Ouahigouya. De même, la durée de la période de végétation active a diminué de -59 % à Ouagadougou et de -38 % à Ouahigouya. Dans ce contexte, nous proposons la promotion de l'adoption de variétés végétales améliorées à cycle court et résistant à la sécheresse, l'irrigation de complément, la diversification des cultures, etc. comme pratiques d'adaptation pour une meilleure résilience des populations agricoles.

- 44 Ces mêmes variables peuvent ne pas présenter les mêmes évolutions dans tout le Burkina Faso, car l'ensemble du territoire ne présente pas les mêmes caractéristiques biophysiques. À cet effet, un travail similaire dans les zones Sud, Est et Ouest du pays serait aussi intéressant. Aussi, il est nécessaire de se pencher sur l'évolution climatique des prochaines décennies en ayant recours à des modèles permettant de prédire avec une forte probabilité le climat de demain. C'est de cette façon que les résiliences des populations face aux conséquences de la variabilité climatique pourraient être mieux maîtrisées.

Remerciements

- 45 Les auteurs remercient l'Agence nationale de la météorologie (ANAM) du Burkina Faso et singulièrement M. Adama Zongo et M. Ernest Ouedraogo (actuel Directeur général de la météorologie nationale du Burkina Faso) pour leurs appuis dans l'acquisition des données climatiques. Nous exprimons notre gratitude au Dr Kangbéni Dimobe de l'Université Ouaga I Pr Joseph Ki-Zerbo (UFR/SVT, Laboratoire de Biologie et Écologie végétales) pour son appui technique.

BIBLIOGRAPHIE

Addinsoft, 2004, *XLSTAT-Pro 7.5.2, User's manual*, Addinsoft, 230 p.

Agbanou, T.B., D. Abdoulaye, G.A. Sabi Orou Bogo, M. Paegelow et B. Tente, 2018, Variabilité pluviométrique et son impact sur le couvert végétal dans le secteur Natitingou-Boukombé au nord-ouest du Bénin, *Afrique Science*, 14, 3, pp. 182-191.

AGRHYMET, 2012, *Le Sahel face aux changements climatiques. Enjeux pour un développement durable*, Centre Régional AGRHYMET, Numéro spécial, Niamey, Niger, 43 p.

Aguiar, L.A.A., 2009, *Impact de la variabilité climatique récente sur les écosystèmes des Niayes du Sénégal entre 1950 et 2004*, Thèse de Doctorat en Sciences de l'Environnement, Université du Québec, Montréal, Canada, 208 p.

Ardoïn-Bardin, S., 2004, *Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne*, Thèse Université Montpellier II, France, 440 p.

Assemian, E.A., F.K. Kouamé, E.V. Djagoua, K. Affian, J.P.R. Jourda, M. Adja, T. Lasm et J. Biemi, 2013, Étude de l'impact des variabilités climatiques sur les ressources hydriques d'un milieu tropical humide : Cas du département de Bongouanou (est de la Côte d'Ivoire), *Revue des sciences de l'eau*, 26, 3, pp. 247-261.

Bamba, A., B. Dieppoiss, A. Konaré, T. Pellarin, A. Balogun, N. Dessay, B. Kamagaté, I. Savane et A. Diédhiou, 2015, Changes in vegetation and rainfall over West Africa during the last three decades (1981-2010), *Atmospheric and climate Sciences*, 5, pp. 367-379.

Bambara, D., H. Compaoré et A. Bilgo, 2018, Évolution des températures au Burkina Faso entre 1956 et 2015 : cas de Ouagadougou et de Ouahigouya, *Physio-Géo* [en ligne], 12, pp. 23-41, URL : <http://journals.openedition.org/physio-geo/5688>, DOI : 10.4000/physio-geo.5688, consulté le 17 avril 2018.

Baudran, C., P. Blanchard et S. Loyer, 2008, *Caractérisation et évolution du climat quelles conséquences pour la végétation forestière ?* ONF-CRPF, Région Loire, France, 44 p.

Bedoum, A., C.B. Biona, M. Alladoun, I. Adoum et L. Baohoutou, 2013, Variabilités climatiques et ruptures dans les séries des précipitations en République du Tchad, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 21 et 22, pp. 187-208.

Benoît, E., 2008, Les changements climatiques : vulnérabilité, impacts et adaptation dans le monde de la médecine traditionnelle au Burkina Faso, *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 8 Numéro 1 | avril 2008, URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/1467>; DOI : 10.4000/vertigo.1467

Boyer, J.F., 1998, *Khronostat- Statistical time series analyses software*, IRD, Montpellier, UMR 5569, Hydrosociétés. *C. R. Geosci.*, 337, pp. 29-38.

Dagnélie, P., 1970, *Théories et méthodes statistiques*, Duculot (eds.), vol. 1 et 2, Gembloux, Belgique, 451 p.

Dao, A., B. Kamagaté, A. Mariko et B.T.A. Goula, 2010, Variabilité Climatique et Réponse Hydrologique du Bassin Versant Transfrontalier de Kolondieba au Sud du Mali, *European Journal of Scientific Research*, 43, 4, pp. 435-444.

De Longueville, F., Y.C. Hountondji, I. Kindo, F. Gemenne et P. Ozer, 2016, Long-term analysis of rainfall and temperature data in Burkina Faso (1950-2013), *Int. J. Clim.*, 36, 13, DOI : 10.1002/joc.4640.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2010, *Évaluation des ressources forestières mondiales : Rapport national Burkina Faso*, FAO, FRA2010/032, Rome, Italie, 70 p.

Faurie, C., C. Ferra, P. Médori, J. Dévaux et J.L. Hemptinne, 2011, *Écologie - Approche scientifique et pratique*, 6e édition, Tec & Doc (eds.), ISBN, 978-2-7430-1310-3, 507 p.

Faye, C., 2015, Impact du changement climatique et du barrage de Mantali sur la dynamique du régime hydrologique du fleuve Sénégal à Bakel (1950-2014), *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 64, pp. 69-82.

- Fontès, J. et S. Guinko, 1995, *Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Note explicative*, ministère de la Coopération française, Projet Campus 88 313 101, 67 p.
- Fossou, R.M.N, T. Lasm, N. Soro, T. Soro, G. Soro, O.Z. De Lasme, D. Baka, O.Z. Onetie et R. Orou, 2015, Variabilité climatique et son impact sur les ressources en eaux souterraines : cas des stations de Bocanda et de Dimbokro au Centre-Est de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest), *Larhyss Journal*, 21, pp. 87-110.
- Franquin, P., 1969, Analyse agro climatique en régions tropicales saison pluvieuse et saison humide, applications, *Cah. ORSTOM, Série Biol.*, 9, pp. 65-95.
- Gnanglè, P.C., 2005, *Parcs à karité (Vitellaria paradoxa) (Gaertn. C. F.) (Sapotaceae) au Bénin : Importance socio-culturelle, caractérisations morphologique, structurale et régénération naturelle*, Mémoire de DEA, UAC-FSA, Cotonou, Bénin, 193 p.
- Goula, B.T.A., I. Savané, B. Konan, V. Fadika et G.B. Kouadio, 2006, Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'Zo et N'Zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide), *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 7 Numéro 1 | avril 2006, URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/2038>; DOI : 10.4000/vertigo.2038
- Hubert, P., J.P. Carbonnel et A. Chaouche, 1989, Segmentation des séries hydrométéorologiques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest, *Journal of Hydrology*, 110, pp. 349-367, DOI : 10.1016/0022-1694(89)90197-2.
- Ibrahim, B., 2012, *Caractérisation des saisons de pluies au Burkina Faso dans un contexte de changement climatique et évaluation des impacts hydrologiques sur le bassin du Nakanbé*. Hydrologie, Thèse de Doctorat, UPMC, Paris VI, France, 246 p, [En ligne] URL : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00827764>, Consulté le 10 février 2018.
- Ibrahim, B., J. Polcher, H. Karambiri et B. Rockel, 2012, Characterization of the rainy season in Burkina Faso and its representation by regional climate models, *Clim Dyn*, 39, 6, pp. 1287-1302.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007, The physical science basis. In : Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. Averyt, M. Tignor, H. Miller (eds), *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press : Cambridge, 996 p.
- Jung, G., 2006, Regional climate change and the impact on hydrology in the Volta Basin of West Africa, *Wissenschaftliche Berichte FZKA*, 7240, pp. 1-147.
- Kaboré, N.P., A. Ouédraogo, L. Somé et J. Millogo-Rasolodimby, 2015, Les facteurs déterminants de la production de céréales sèches en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 11, 1, pp. 214-230.
- Kaboré, P.N., A. Ouédraogo, M. Sanon, P. Yaka et L. Somé, 2017, Caractérisation de la variabilité climatique dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso entre 1961 et 2015, *Climatologie*, 14, pp. 82-95.
- Kendal, S.M. et A. Stuart, 1943, *The advanced theory of statistics*, Charles Griffin (Eds), Londres, UK, 1, 2 et 3, 472 p., 723 p., 585 p.
- Kouakou, K.E., B.T.A. Goula, I. Savane, 2007, Impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau de surface en zone tropicale humide : cas du bassin versant transfrontalier de la Comoé (Côte D'Ivoire - Burkina Faso), *Euro. J. Sci. Resear.*, 16, pp. 31-43.
- Kouassi, A.M., K.F. Kouamé, Y.B. Koffi, K.B. Dje, J.E. Paturel et S. Oularé, 2010, Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique

de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire, *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Article 513, URL : <http://cybergeo.revues.org/index23388.html>, Consulté le 28 novembre 2017.

Le Barbé, L., T. Lebel et D. Tapsoba, 2002, Rainfall variability in West Africa during the years 1950-90, *Journal of climate*, 15, 2, pp. 187-202.

Le Houérou, H.N., 1989, *The grazing land ecosystems of the African Sahel*, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 282 p.

Lodoun, T., A. Giannini, P.S. Traoré, L. Somé, M. Sanon, M. Vaksman et J. Millogo-Rasolodimby, 2013, Changes in seasonal descriptors of precipitation in Burkina Faso associated with late 20th century drought and recovery in West Africa, *Environmental Development*, 5, pp. 96-108.

Mahé, G. et J. Paturel, 2009, 1896-2006 sahelian annual rainfall variability and runoff increase of Sahelian Rivers, *C R Géosciences*, 341, 7, pp. 538-546.

Maïga, A.H., Y. Konaté, K. Denyigba, H. Karambiri et J. Wethe, 2007, *Eutrophisation et comblement des petites retenues d'eau en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso*, Acte des JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre, 6 p.

Moorcroft, P.R., S.W. Pacala, et M.A. Lewis, 2006, Potential role of natural enemies during tree range expansions following climate change, *Journal of Theoretical Biology*, 241, 3, pp. 601-616.

N'guessan, J.A., Y.B. Kouadio et R. N'daoulé, 2015, La variabilité pluviométrique et ses impacts sur l'alimentation en eau des milieux ruraux du département de Dimbokro (Centre-Est de la Côte d'Ivoire), *European Scientific Journal*, 35, 11, pp. 36-57.

Organisation Météorologique Mondiale (OMM), 2011, *Guide des pratiques climatologiques*, Édit. Organisation Météorologique Mondiale, Genève, Suisse, n° 100, 152 p, [En ligne] URL : <https://dokupdf.com/downloadFile/5a3b90f7d64ab2a614f0481f>, Consulté le 10 janvier 2018.

Ouédraogo, A., 2006, *Diversité et dynamique de la végétation ligneuse de la partie orientale du Burkina Faso*, Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 230 p.

Oueslati, B., P. Camberlin, J. Zougrana, P. Roucou et S. Diallo, 2017, Variability and trends of wet season temperature in the Sudano-Sahelian zone and relationships with precipitation, *Clim Dyn*, pp. 1-24. DOI : 10.1007/s00382-017-3661-6.

Panthou, G., T. Vischel et T. Lebel, 2014, Recent trends in the regime of extreme rainfall in the Central Sahel, *International Journal of Climatology*, 34, 15, pp. 3998-4006, DOI : 10.1002/joc.3984.

Pettitt, A.N., 1979, A non-parametric approach to the change-point problem, *Applied Statistics*, 28, 2, pp. 126-135.

Roko, F.B.A., 2007, *Évolution des variables météorologiques sur le haut bassin de l'Ouémé et leurs influences sur l'évapotranspiration de référence*, Mémoire de Master II, UAC-CIFRED/CUSTE, Cotonou, Bénin, 81 p.

Ruelland, D., S. Ardoin-Bardin, L. Collet et P. Roucou, 2012, Simulating future trends in hydrological regime of a large Sudano-Sahelian catchment under climate change, *Journal of Hydrology*, 424-425, pp. 207-216.

Sall, M., S.M. Tall, A. Tandian et A.A. Samb, 2011, *Changements climatiques, stratégies d'adaptation et mobilités. Evidence à partir de quatre sites au Sénégal*, Human Settlements Group, iied, ISBN 978-1-84369-832-6, 49 p.

Thiombiano, A.N., 2011, *Variabilité climatique et impacts sur les ressources en eau au Burkina Faso : étude de cas du bassin hydrographique du fleuve Nakanbé*, Mémoire de Maîtrise en études de l'environnement, Université de Moncton, 96 p.

Vennetier, M. et C. Ripert, 2010, Impact du changement climatique sur la flore méditerranéenne : théorie et pratique, dans : Barbault R., A. Foucault, coordinateurs « Changement climatique et biodiversité », Editions Vuibert, Paris, pp. 75-87, [En ligne] URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00504471>, Consulté le 7 mars 2018.

Yao, A.B., B.T.A. Goula, Z.A. Kouadio, K.E. Kouakou, A. Kané et S. Sambou, 2012, Analyse de la variabilité climatique et quantification des ressources en eau en zone tropicale humide : cas du bassin versant de la lobo au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 19, pp. 136-157.

RÉSUMÉS

Ce travail se base sur les données météorologiques de Ouagadougou et de Ouahigouya pour examiner les changements qui ont affecté la pluviométrie, l'humidité relative de l'air (HR) l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'impact de ces changements sur la durée des périodes favorables au développement des cultures pluviales de 1956 à 2015. Le test de Pettitt et la procédure de segmentation de Hubert ont permis de mettre en évidence plusieurs ruptures d'homogénéité localisées en : (i) 1981 (Ouagadougou), 1973 et 1995 (Ouahigouya) pour la pluviométrie, (ii) 1984 (Ouagadougou) pour l'HR, (iii) 1985 et 1994 (Ouagadougou), 1978 et 1992 (Ouahigouya) pour l'ETP. Cette dynamique climatique est accompagnée d'un raccourcissement de la durée de la saison humide de -25 % à Ouagadougou et de -3 % à Ouahigouya. Ce raccourcissement est lié essentiellement à la diminution de la durée des périodes humides qui ont baissé de -37 % à Ouagadougou et de -12 % à Ouahigouya. De même, la durée de la période de végétation active a diminué, passant de 102 jours avant rupture à 48 jours après rupture (baisse de -59 %) à Ouagadougou et de 67 jours avant rupture à 21 jours après rupture (baisse de -38 %) à Ouahigouya. Le diagnostic de la variabilité climatique et de son incidence sur l'étendue des périodes humides de développement des cultures pluviales à travers tout le pays permettra de mieux caractériser la dynamique agro-climatique aux fins d'orienter l'élaboration de stratégies appropriées d'adaptation.

This work is based on weather data from Ouagadougou and Ouahigouya to examine the changes that have affected rainfall, relative humidity (RH) and potential evapotranspiration (FTE) and the impact of these changes on the duration of favorable periods for rainfed crops growth from 1956 to 2015. Pettitt's test and Hubert's segmentation procedure revealed several breaks of homogeneity localized in : (i) 1981 (Ouagadougou), 1973 and 1995 (Ouahigouya) for rainfall, (ii) 1984 (Ouagadougou) for HR, (iii) 1985 and 1994 (Ouagadougou), 1978 and 1992 (Ouahigouya) for ETP. This climatic dynamic goes with a shortening of the wet season duration of -25 % in Ouagadougou and -3 % in Ouahigouya. This shortening is mainly due to the decrease in the duration of the wet periods, which fell by -37 % in Ouagadougou and -12 % in Ouahigouya. Similarly, the duration of the active vegetation period decreased from 102 days before break to 48 days after break (-59 % decrease) in Ouagadougou and from 67 days before break to 21 days after break (-38 % decrease) in Ouahigouya. The diagnosis of climate variability and its impact on the duration of rainfed crops growth periods across the country will better characterize agro-climatic dynamics in order to guide the development of appropriate adaptation strategies.

INDEX

Keywords : Climate, breaks, wet seasons, trends, rainfed crops, Burkina Faso

Mots-clés : climat, ruptures, saison humide, tendances, cultures pluviales, Burkina Faso

AUTEURS

DASMANÉ BAMBARA

Chargé de recherche en agroécologie, Centre national de la recherche scientifique et technologique, Institut de l'environnement et de recherches agricoles (CNRST/INERA), 01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso, téléphone : 00 226 25 31 92 02 ; 00226 66 10 11 77, Fax : 00 226 25 34 02 71, courriel : das.bambara@coraf.org ou bambaradasmane@yahoo.fr

JACQUES SAWADOGO

Chargé de recherche en chimie de l'environnement, Centre national de la recherche scientifique et technologique, Institut de l'environnement et de recherches agricoles (CNRST/INERA), 01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso, téléphone : 00 226 25 31 92 02, Fax : 00 226 25 34 02 71, courriel : jacquischimie@gmail.com

OUMAR KABORÉ

Chargé de recherche en sciences de l'environnement et S.I.G., Centre national de la recherche scientifique et technologique, Institut de l'environnement et de recherches agricoles (CNRST/INERA), 01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso, téléphone : 00 226 25 31 92 02, Fax : 00 226 25 34 02 71, courriel : oumarkabore@hotmail.com

ABLASSÉ BILGO

Maître de recherche en agroécologie et pédologie, Centre national de la recherche scientifique et technologique, Institut de l'environnement et de recherches agricoles (CNRST/INERA), 01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso, téléphone : 00 226 25 31 92 02, Fax : 00 226 25 34 02 71, courriel : ablassebilgo@yahoo.fr