



## **ANALYSE DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE DANS LE SOUS BASSIN DE NOUHAO AU CENTRE-EST DU BURKINA FASO**

### **CLIMATE VARIABILITY ANALYSIS IN THE NOUHAO SUB-BASIN IN EASTERN CENTER OF BURKINA FASO**

**DOUMOUNIA A.<sup>2,1</sup>, ZEB A.<sup>1</sup>, DAMIBA L.<sup>1</sup>, ZOUGMORE F.<sup>1</sup>, NIKIEMA M.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Université Ouaga I Pr Joseph Ki-ZERBO, Laboratoire des Matériaux et  
Environnement(LAME), Burkina Faso

<sup>2</sup> Institut des Sciences (IDS) 01 BP 1757 Ouagadougou 01, Burkina Faso

<sup>3</sup> Agence Nationale de la Météorologie, Burkina Faso

*doumouniaali@yahoo.fr*

#### **RESUME**

Le changement climatique, une des plus grandes préoccupations actuelles de la planète, suite à leurs répercussions immédiates et durables sur le milieu naturel et sur l'homme. L'étude vise à caractériser la variabilité climatique du sous bassin de la Nouhao dans le centre-Est du Burkina Faso. Pour atteindre cet objectif, les données climatologiques mensuelles et annuelles sont utilisées sur la période 1982-2014. Plusieurs méthodes statistiques (indices centrés réduits, régression linéaire), bilan climatique ont été employées. L'application des indices centrés réduits aux séries pluviométriques, a mis en évidence une variabilité climatique caractérisée par une alternance de phase sèche, normale et humide. La variabilité climatique se manifeste par une dynamique spatio-temporelle progressive des pluies annuelles de 0,45% sur la décennie 1995-2004 contre 4,5% sur la décennie 2005-2014. Elle se manifeste aussi par une augmentation de la température de l'air et une diminution de la durée d'ensoleillement sur la période 1982-2014. Malgré les perturbations des différentes saisons de l'année, les régimes pluviométriques mensuels n'ont pas été changés.

**Mots-clés :** Changement Climatique, Variabilité Climatique, pluviométriques, Nouhao

## **ABSTRACT**

Climate change, is one of the biggest concerns on the planet today, due to its immediate and lasting repercussions on the natural environment and on humans. This study aims to characterize the climate variability in the Nouhao sub-basin in the central-eastern of Burkina Faso. To achieve this objective, monthly and annual climatological data of precipitation, temperature, sunshine and potential evapotranspiration are used over the period 1982-2014. Several statistical methods are used to evaluate the climate balance. The application of the centered indices reduced to the rainfall series highlighted climate variability characterized by an alternation of dry, normal and wet phase. Climate variability manifests itself in a progressive spatio-temporal dynamic of annual rainfall 0.45% over the decade 1995-2004 compared to 4.5% over the decade 2005-2014). It is also manifested by an increase in air temperature and a decrease in the duration of sunshine over the period 1982-2014. Despite the disruptions of the different seasons of the year, the monthly rainfall regimes were not changed.

**Keywords:** Climate Change, Climate Variability, Precipitation, Nouaho

## **INTRODUCTION**

Les pays de l'Afrique de l'ouest et particulièrement ceux de la zone sahélienne connaissent depuis un certain moment un changement anormal du climat dû à une élévation significative de la température moyenne annuelle et une baisse significative des précipitations. Cela provoque de longues périodes de sécheresse ou des phénomènes d'inondation, rendant les populations vulnérables face aux aléas climatiques. L'accentuation de la fragilité ou de la vulnérabilité du milieu s'inscrit dans le contexte de la variabilité climatique. En effet, ce cas se présente aussi au Burkina Faso, notamment dans la région du Sahel, où l'action anthropique s'exerce notamment par l'exploitation des gisements miniers, les pratiques pastorales et la culture attelée. L'ensemble de ces pressions humaines, conjuguées au déficit pluviométrique sur une zone déjà écologiquement fragile, accélère le processus de dégradation de l'environnement. Ainsi, les études d'éventuels « changements climatiques » avec les manifestations extrêmes que cela pourrait entraîner constituent un enjeu important pour la communauté scientifique et les décideurs politiques en raison de leurs conséquences immédiates et durables sur l'environnement. En outre, plusieurs études ont été réalisées au Burkina Faso en vue de comprendre les

phénomènes intervenants dans le changement du climat (Ouédraogo et al, 2010), (Sarr, 2011), (Traore, 2012), (Bationon, 2009). Cependant des questions restent toujours sans réponses parce que les données pour l'analyse du climat ne sont pas toujours disponibles pour permettre la compréhension de cette situation (Doumounia et al. 2014). Outre ces manifestations, le changement climatique au Burkina Faso est marqué par la migration des Isohyètes du Nord vers le Sud, la forte variabilité du régime pluviométrique, l'augmentation de la température avec les conséquences sur les ressources en eau et s'accroît d'année en année. Cette situation plombe les efforts de développement du pays dont 80% de la population vivent que de l'agriculture pluviale. Une meilleure connaissance des caractéristiques de la variabilité climatique au Burkina Faso servirait de base pour les décisions et recommandations avisées sur les mesures d'adaptation et de renforcement de la résilience des populations du sahel. Cette étude permettra de caractériser les variabilités du climat dans le sous bassin de la Nouhao du Bassin de Nakambé afin de contribuer dans la recherche de moyen d'adaptation au changement climatique et de renforcement de la résilience face aux effets néfastes du changement climatique.

## **MATERIELS ET METHODES**

Cette analyse sur des variables climatiques sera effectuée dans la région de Centre-Est du Burkina dans le bassin de la Nouhao représenté par la figure 1. La « Nouhao » est en langue nationale « bissa » et signifie « grande rivière ». Le sous bassin de la Nouhao est un bassin hydrographique du bassin national du Nakambé où vivent près de 271013 habitants. Ce sous bassin couvre une superficie totale de 4081 km<sup>2</sup> et s'étend du Nord au Sud dans la région du Centre-Est à cheval entre les provinces du Kouritenga, du Koulpélogo, de Boulgou et la province de la Kompienga dans la région de l'Est. Il est limité au nord par le sous bassin de la Sirba Gourbi, à l'Est par le sous bassin de la Pandjari Kompienga, à l'Ouest par la vallée du Nakambé et au Sud par la frontière du Ghana. Le sous bassin de la Nouhao couvre principalement les communes Bissiga, Algale, Tenkodogo, Dourtenga, Tensobtenga, Gounghin, Dialgaye, Ouargaye, Bané, Yargatenga, Sangha, Bittou dans le Centre-Est et Diabo dans la région du Centre Est. Le sous bassin de la Nouhao est compris entre les isohyètes 850 mm au Nord et 950 mm au Sud. Il appartient à la zone soudano-sahélienne, caractérisé par l'alternance de deux saisons bien distinctes : une saison sèche de six mois allant de novembre à avril et une saison de pluie de mai à octobre. Les principaux facteurs de variations du climat sont le vent, la température et la pluviométrie. Le réseau hydrographique est composé de cours

d'eau secondaires et tertiaires dont les crues se situent entre les mois d'Aout et Septembre. Ces cours d'eau sont les affluents de la Nouhao, dont le plus important est le Sablogo (Fiédi H., 2011). La population vit essentiellement de l'agriculture familiale.

Les données météorologiques utilisées dans cette étude ont été fournies par l'Agence Nationale de la Météorologie du Burkina Faso. Ce sont principalement les séries pluviométriques mensuelles et l'évapotranspiration potentielle des stations de Bogandé, de Fada, d'Ouargaye sur la période de 1981-2015 et de Tenkodogo, Garango Sangha sur la période de 1982-2014. Les données de températures ont été collectées sur la période 1987-2016, et l'insolation sur la période de 1987-2011 à la station synoptique de Fada. Ces données ont été utilisées à l'échelle annuelle et mensuelle. Ces différents relevés climatiques n'ont pas les mêmes longueurs de séries car elles sont de diverses générations.

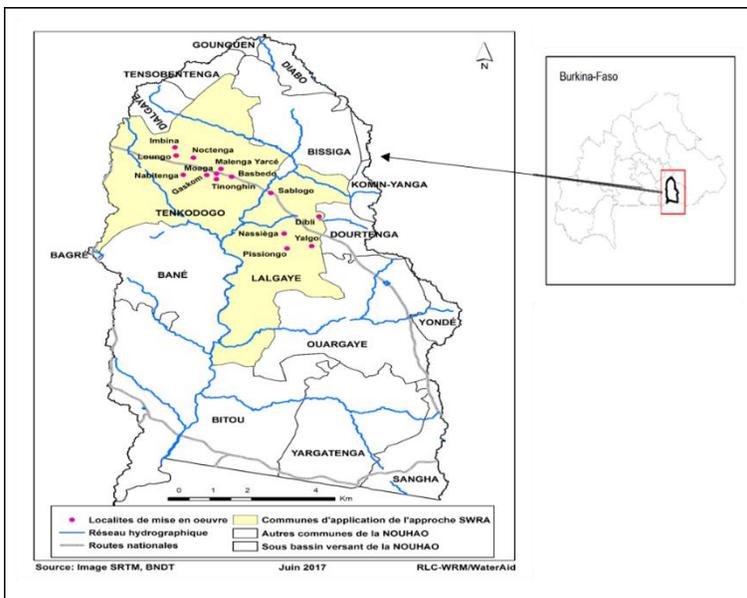


Figure 1 : Site d'étude, carte de bassin de la Nouhao

La méthodologie utilisée repose sur l'analyse statistique des paramètres à diverses échelles précitées, effectuée à l'aide du logiciel R.

Indices pluviométriques, c'est le rapport de l'écart à la moyenne interannuelle sur l'écart type des hauteurs Cette méthode permet de mettre en évidence les périodes sèches ou déficitaires, les périodes humides ou excédentaires et les

périodes moyennes ou normales, ainsi que la variabilité interannuelle (Paturel et al. 1998). Ainsi, pour chacun des postes pluviométriques retenus, un indice de pluie interannuelle a été déterminé.

La régression linéaire simple, pour mieux observer la fluctuation pluviométrique, la méthode de régression linéaire simple a été utilisée pour rechercher des tendances dans la série. Elle consiste en une représentation graphique de droite de régression de type affine qui présente l'évolution linéaire et permet de déceler la tendance. L'équation de la droite de tendance est sous la forme :

Le Déficit pluviométrique, permet de voir l'évolution des pluviométries entre deux périodes, une antérieure et une récente. Dans notre étude, nous avons considéré respectivement les périodes de 1986-1995 et 1996-2015.

Bilan climatique, le bilan climatique permet d'établir l'évolution de la demande atmosphérique en eau à partir de la différence entre les apports pluvieux et les pertes partielles par évaporation. Il a été appliqué à des régions ayant une saison sèche et une saison humide (Vissin, 2007).

En effet, pour déterminer les années ou les mois secs et humides, les pluies mensuelles ou annuelles ont été comparées avec l'Evapotranspiration Potentiel (ETP) mensuelle ou annuelle

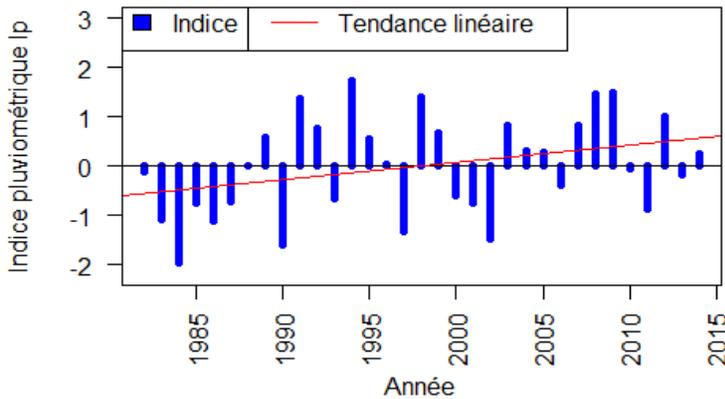
La température de l'air et l'insolation sont analysées à partir de statistique descriptive (valeurs moyennes, variance et écart) et de représentations graphiques, afin de visualiser leur variabilité dans le temps.

## **RESULTATS**

### **Analyse de la variabilité pluviométrique**

L'étude de la variabilité interannuelle de la pluviométrie du sous bassin de la Nouhao mets en évidence trois sous périodes 1982-1992, 1993-2003 et 2004-2014 avec une tendance à la hausse. La figure 2 représente l'évolution interannuelle de l'indice pluviométrique de la pluie moyenne des six stations pluviométriques de la zone d'étude (Tenkodogo, Sangha, Bogandé, Fada, Ouargaye, Garango) de 1982 à 2014. L'analyse de la figure montre un déficit pluviométrique sur la période de 1982-1992 est fortement déficitaire avec cependant quelques années excédentaires (1982, 1983, 1988, 1991 et 1992 à Tenkodogo ; 1987, 1991 et 1992 à Sangha ; 1989, 1991, et 1992 à Fada ; 1982, 1989, 1991 et 1992 à Ouargaye ; 1985, 1989, 1991 et 1992 à Garango). La sous

période 1993-2003 est marqué par une alternance d’années sèches et humides ; Par contre, la sous période de 2004-2014 est fortement excédentaire. Les statistiques caractéristiques de ces périodes sont consignées dans le tableau 1. Ce tableau montre que l’ensemble des six stations a connu plus d’année déficitaire que excédentaire avec un pourcentage de 48,5% contre 45,45%. Nous remarquons que la période 1982-1992 est déficitaire, la période 1993-2003 est autant excédentaire que déficitaire ; la période 2004-2014 est excédentaire. Ce qui confirme la tendance à la hausse de la figure 2.



**Figure 2 : Variation interannuelle de la pluviométrie moyenne des stations de Bogandé, Fada, Ouargaye, Garango, Tenkodogo, Sangha sur la période de 1982-2014**

**Tableau 1 : Les années exceptionnelles enregistrées de la moyenne des six stations de 1982 à 2014**

Sous période	Année déficitaire	Année normale	Année excédentaire
1982-1992	1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1990	1988	1989, 1991, 1992
1993-2003	1993, 1997, 2000, 2001, 2002	1996	1994, 1995, 1998, 1999, 2003
2004-2014	2006, 2010, 2011, 2013		2004, 2005, 2007, 2008, 2009, 2012, 2014
	48,5%	6%	45,45%

Le climat du bassin de la Nouhao est de type soudano-sahélien caractérisé par l’alternance d’une saison sèche allant de 6 à 7 mois (Novembre à Avril) et d’une

saison pluvieuse de 5 à 6 mois (Mai à Octobre). Les mois de Juin, Juillet, Aout et Septembre sont les mois les plus pluvieux avec une moyenne qui ne dépasse pas 250,3 mm de pluie par mois pour l'ensemble des stations. Le tableau 2, montre la hausse de la hauteur moyenne pluviométrique de l'ensemble des six stations et le déficit pluviométrique. L'analyse du tableau révèle que les décennies 1995-2004 et 2005-2014 ne présentent pas de déficits pour l'ensemble des six stations. Ce qui permet de confirmer la tendance à la hausse de la pluviométrie au cours des décennies 1995-2004 et 2005-2014.

**Tableau 2 : Déficit de la pluviométrie mensuelle pour la moyenne des six stations**

	Pluviométrie moyenne en mm			Evolution pluviométrique	
	1985-1994	1995-2004	2005-2014	1995-2004	2005-2014
Mai	64,26	73,53	71,03	12,60%	9,53%
Juin	110,86	116,9	108,76	4,63%	-1,93%
Juillet	183,83	165,9	175,56	-10,8%	-4,71%
Aout	231,05,2	220,96	254,66	-4,56%	9,27%
Sep	130,85	147,51	144,81	11,29%	9,64%
<b>Total</b>	<b>720,85</b>	<b>724,15</b>	<b>754,82</b>	<b>0,45%</b>	<b>4,5%</b>

Le bilan climatique réalisé au pas de temps mensuel dans le sous bassin de la Nouhao est illustré sur la figure 3. L'analyse de cette figure permet de distinguer deux périodes différentes dans une même année à savoir : une période de 6 mois allant de novembre en avril ou l'ETP mensuelle est supérieure à la pluie mensuelle et une autre période de 6 mois allant de mai en octobre ou l'ETP mensuelle est inférieure à la pluie mensuelle.

Les mois de juin à septembre, mois humides parmi les mois pluvieux, sont ceux qui fournissent d'importantes quantités d'eau de pluie et favorisent l'écoulement dans les rivières et l'alimentation des réservoirs souterrains dans le bassin. Alors que les mois de novembre – avril sont les mois où la demande évaporatoire de l'atmosphère est très élevée et entraîne un fort amenuisement rapide des réserves d'eau du sol et l'assèchement précoce des cours d'eau.

Les valeurs moyennes mensuelles de l'évapotranspiration potentielle (ETP) obtenues durant la période de 1981 à 2011 se répartissent inégalement au cours de l'année. L'ETP croît à partir de décembre pour atteindre une valeur maximale en mars et décroît ensuite d'avril en aout. Elle croît à nouveau d'août à novembre.

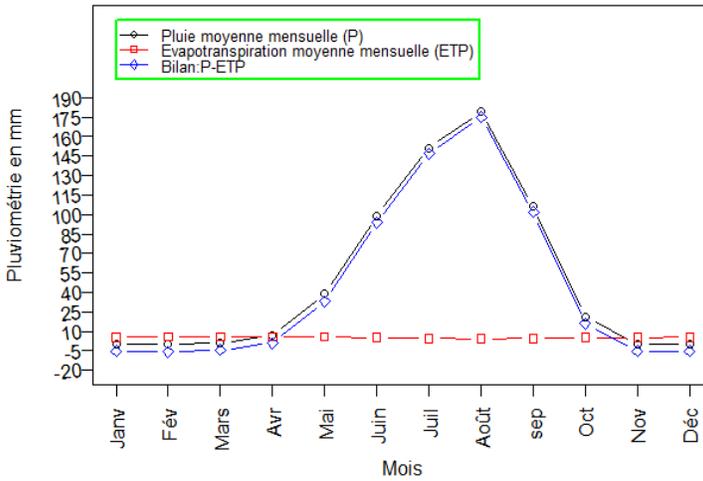
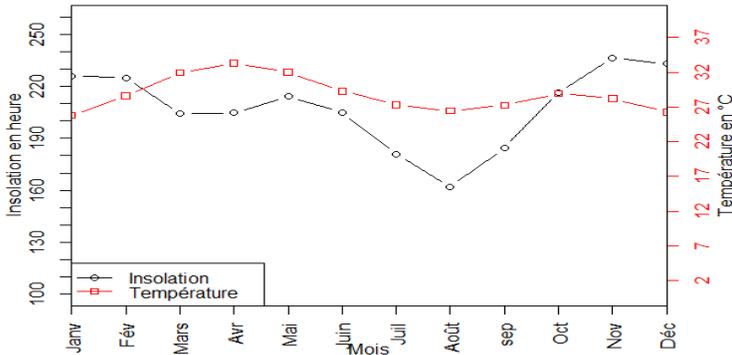


Figure 3 : Bilan climatique intra mensuel

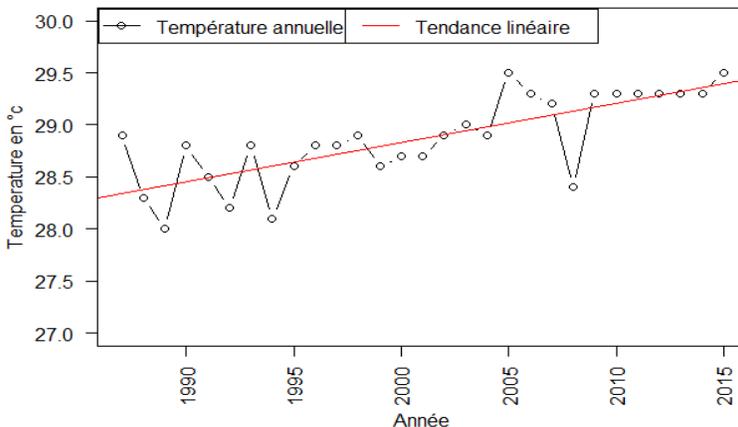
### Analyse de la température et de l’insolation

Les températures moyennes mensuelles de la station de Fada sur la période de 1987-2015 ont été considérés comme représentatives de la zone d’étude. La température varie entre 25,8°C en janvier à 33,3°C en avril. La température moyenne annuelle est de 28,9 °C sur la période 1987-2015 dans le sous bassin de la Nouaho. Les températures les plus élevées s’observent en mars, avril et mai et les plus basses en décembre et janvier. Les températures sont élevées dans leur ensemble, mais varient peu au sein de l’année. En général les températures maximales sont élevées toute l’année et varient entre 27,4 °C et 34,5 °C. En revanche les températures minimales varient entre 23,2 °C et 32,2 °C. Quant à la durée de l’insolation, les moyennes mensuelles de l’insolation varient entre 162,05 heures en Août et 236,32 heures en Novembre et la moyenne annuelle est de 207,65 heures. La figure 4 présente les variations mensuelles de la température et de l’insolation de la station de Fada. On peut remarquer sur la figure que les mois de mars, avril, et mai sont les plus chauds avec une température moyenne autour de 32.5°C et avec une insolation de 207,8 heures en moyenne. Par contre les mois les moins chauds sont décembre et janvier avec une température moyenne de 26.1°C et une insolation autour de 229.44 heures en moyenne. La combinaison de la température et de l’insolation constitue l’un des facteurs conditionnant la disponibilité de l’eau dans l’atmosphère à la surface de la terre (Idieti, 2009). Elles sont à l’origine de l’évapotranspiration et de la formation des nuages qui donnent les précipitations.



**Figure 4: Variations inter-mensuelles de la température de l'air et de l'insolation moyenne à Fada sur la période de 1987 à 2011**

La Variation interannuelle de la température est illustrée sur la figure 5. Elle montre une tendance à la hausse sur la période 1987 à 2015 avec un écart moyen de 0,33 et une moyenne de 28,8 °C. La température est restée inférieure à 28,8 °C avant 2001 et supérieure à 28,8 °C après 2001. Ces températures ont atteint les plus fortes valeurs au cours de l'année 2005. En général, les températures moyennes maximales sont élevées sur toute l'année et varient entre 32,2 °C et 34,5 °C. En revanche, les moyennes minimales s'échelonnent entre 23,2 °C et 26,2 °C. Des valeurs supérieures à la moyenne ont été enregistrées à partir de 1998. Cette tendance a été accentuée à partir de l'année 2002 avec des températures supérieures à 28,8 °C en moyenne. Ces températures ont atteint de fortes valeurs au cours des années 2005 et ne semblent pas régresser.



**Figure 5: Variabilité interannuelle de la température de l'air à la station de Fada de 1987 à 2015**

L'évolution de la température au cours des dernières décennies montre que la température moyenne mensuelle des décennies 1997-2006 et 2007-2016 est plus élevée que celle de la décennie 1987-1996. Ce qui confirme la tendance à la hausse de la température sur ces dernières décennies. En plus les mois de mars, avril et mai restent les mois les plus chauds sur toute la période tandis que les mois de décembre, janvier sont les moins chauds, tel qu'illustré sur la figure

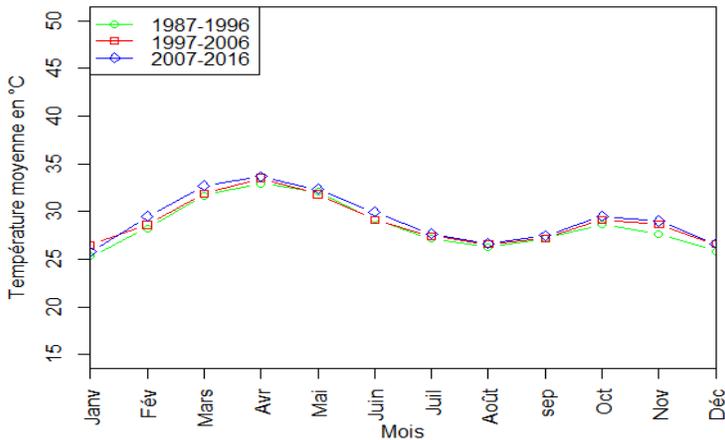


Figure 6 : Variabilité mensuelle de la température moyenne de Fada sur les décennies 1987-1996, 1997-2006, 2007-2016

## DISCUSSION

La représentation des indices pluviométriques du sous bassin de la Nouhao a permis de mettre en évidence les années excédentaires et déficitaires sur la période de 1982 à 2014 avec une tendance générale à la hausse. La période de 1982 à 1990 est déficitaire ; ces résultats sont en accord avec les travaux de (Paturel *et al.* 1998) ont montré que le nombre de jours de pluie a diminué en Afrique de l'Ouest à partir de la décennie 1970. Le phénomène s'est poursuivi jusqu'à la décennie des années 1980. A partir de la décennie 1990, la pluviométrie a connu une tendance à la hausse. Cette variabilité se manifeste par une hausse de la température et une baisse de l'insolation. La combinaison de la température et de l'insolation constitue l'un des facteurs conditionnant la disponibilité de l'eau dans l'atmosphère à la surface de la terre (Idiéti, 2009). Elles sont à l'origine de l'évapotranspiration et de la formation des nuages qui donnent les précipitations. Le calcul du déficit pluviométrique entre la période antérieure 1986-1995 et la période récente 1996-2015 a permis de confirmer la tendance à la hausse de la pluviométrie. Le bilan climatique a permis d'établir

l'évolution de la demande atmosphérique en eau à partir de la différence entre les apports pluvieux et les pertes partielles par évaporation. Les mois de juin à septembre, mois humides parmi les mois pluvieux, sont ceux qui fournissent d'importantes quantités d'eau de pluie et favorisent l'écoulement dans les rivières et l'alimentation des réservoirs souterrains dans le bassin. Alors que les mois de novembre en avril sont les mois où la demande évaporatoire de l'atmosphère est très élevée et entraîne un fort amenuisement rapide des réserves d'eau du sol et l'assèchement précoce des cours d'eau.

## **CONCLUSION**

Cette étude a permis de caractériser la variabilité climatique dans le bassin de la Nouhao du bassin National de Nakambé. La pluviométrie annuelle a connu une alternance de périodes sèches et humides avec une tendance générale à la hausse entre 1981-2015. L'analyse de la variabilité climatique dans le bassin de la Nouhao a été faite à trois niveaux d'échelles temporelles : mensuelle, annuelle et décennal. Les méthodes de tendance linéaire ont permis de démontrer une évolution à la hausse. L'analyse des variations interannuelles de l'insolation met en évidence une baisse. Les températures moyennes mensuelles de la station de Fada sur la période de 1987-2015 varient de 25,8°C en janvier et de 33,3°C en avril. Les variations interannuelles de la température de l'air montrent que la température de l'air connaît une hausse régulière. Les mois de juin, juillet, août et septembre sont les mois les plus pluvieux fournissant d'importantes quantités d'eau de pluie. Le bilan climatique a permis d'identifier deux périodes opposées au cours d'une année. Au terme de cette étude, il est à reconnaître que certaines méthodes, processus et facteurs de la variabilité climatique n'ont pas été abordés. Ainsi, nos travaux de recherche future prendront en compte l'infiltration, le bilan hydrologique, et l'écoulement dans le bassin de la Nouhao.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

AMANI MICHEL KOUASSI (2010). Analyse de la variabilité climatique et ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'Zi (Bandama) en Côte d'Ivoire, *Revue Européenne de Géographie, Environnement, Nature, Paysage*, DOI : <https://doi.org/10.4000/cybergeogeo.23388>

- ARDOIN-BARDIN S. (2004), variabilité hydro climatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne. Thèse de l'université de Montpellier II, sciences et techniques du Languedoc, 437 p.
- AWA OUOBA, (2013), Changements climatiques, dynamique de la végétation et perception paysanne dans le sahel burkinabè, Thèse de l'université de Ouagadougou, lettres, sciences humaines et communication.
- BATIONON YIDOUREGA DIEUDONNE, (2009), Changements climatiques et cultures maraichères, Université de Ouagadougou - Master de Recherche en géographie.
- BOUBACAR IBRAHIM, (2012), Caractérisation des saisons de pluies au Burkina Faso dans un contexte de changement climatique et évaluation des impacts hydrologiques sur le bassin du Nakambé, pour l'obtenir le grade de Docteur ès Sciences de l'Université Pierre et Marie Curie et de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2ie) à Ouagadougou
- DOUMOUNIA A., GOSSET MARIELLE, CAZENAVE FRÉDÉRIC, KACOU M., ZOUGMORÉ F. (2014), Rainfall monitoring based on microwave links from cellular telecommunication networks: first results from a West African test bed, *Geophysical Research Letters*, Vol.41, Issue 16, pp. 6016-6022
- EXPEDIT WILFRID VISSIN, (2007), Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surfaces sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger, pour l'obtention du grade de Docteur de l'université de Bourgogne.
- FIEDI AKIEKOU, (2011), Etude de l'impact des activités agro-sylvo-pastorales sur le sous bassin versant de Nouhao Nord au Burkina-Faso : Proposition de modèle de gestion durable des ressources hydriques, pédologiques et végétales au profit des communautés locales dans le contexte des changements climatiques, Mémoire pour l'obtention du Master spécialisé en gestion intégrée des ressources en eau, (2iE).
- GIEC, (2007) : Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, p.103.
- HONORINE OUOBA, (1998), L'aménagement de la zone pastorale de la Nouhao (province du Boulgou), mémoire de maîtrise en géographie rurale de l'Université de Ouagadougou.
- MATHIEU OUEDRAOGO ET AL. (2010), Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations cas des paysans du Burkina Faso, article de recherche, INERA, p.96.
- M'PO EDOUARD EDIETI, (2009), variabilité hydro climatique dans le bassin versant de la Pendjari au Bénin (Nord-Ouest du Bénin), Master 2 à l'Université d'Abomey Calavi au Bénin.

- NEBIE OUSMANE, (2005), Expérience de peuplement et stratégies de développement dans la vallée du Nakambé au Burkina Faso, pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences humaines de l'université Neuchatels.
- PATUREL J. E., E. SERVAT, M. O. DELATTRE & H. LUBES-NIEL, (1998), Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique, *Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques*, p.43.
- SARR BENOIT, (2009), Evaluation du changement climatique en agriculture : étude de cas de l'Afrique de l'ouest, Centre régionale Agrhymet / CILSS, Nyamei- Niger, p.46.
- TOE CHARLENE LAWALI, (2014), Perception des variations climatiques et stratégies d'adaptions des populations de Bobo-Dioulasso et de sa banlieue en vue d'une gestion durable des ressources édaphiques et hydriques, master en Gestion et Aménagement de l'Ecosystème Forestière, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso.
- WENNEGOUDA JEAN PIERRE SANDWIDI, (2007), Groundwater potential to supply population demand within the Komienga dam basin in Burkina Faso, Eriangung des grades doktor der Agrarwissenschaften, Rheinischen Friedrich-Wilhelms- Universität.