

CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET MODÉLISATION HYDROCLIMATIQUE DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OKPARA (AFRIQUE DE L'OUEST)

OGOUALE R.⁽¹⁾, GOMEZ A.C.⁽²⁾, VISSIN E. W.⁽¹⁾, BOKO M.⁽¹⁾

(1) Laboratoire Pierre Pagny Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE)/Université d'Abomey-Calavi, BP 922 Abomey-Calavi, [ogou25@yahoo.fr]

(2) Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT)

Résumé - Cette recherche veut contribuer à une meilleure connaissance des effets potentiels de l'évolution du climat sur la disponibilité des ressources en eau dans le bassin versant de l'Okpara. Pour atteindre ces objectifs, les méthodes de statistique descriptive, de la modélisation climatique et hydrologique, principalement à partir des données climatologiques et hydrologiques, ont été utilisées. Les résultats obtenus montrent que la période 1971-2010 a été marquée par une dynamique climatique avec près de 17 % d'années déficitaires et une hausse des températures moyennes de 1,8°C. A l'horizon 2050, en référence à la période 1971-2000, l'élévation de la température moyenne serait de 2,4 à 3,5°C et la diminution des pluies en moyenne de 43 % avec une variation spatiale de -18 à -37 % selon les résultats des scénarii A1B et B1 du modèle Régional REMO. Tous les scénarii montrent des écarts de hauteur de pluies à l'horizon 2050, qui seront de l'ordre de 60 à 70 % pour le scénario A1B et de 20 à 41 % pour le scénario B1. Cette situation aura des impacts sur l'écoulement de surface (de 35 à 37 %) et de la production moyenne en eau (28 %) avec les scénarii climatiques.

Mots clés : Bassin versant de l'Okpara, changements climatiques, modélisation hydroclimatique.

Abstract - *Climate change and hydroclimatic modeling in the Okpara catchment (West Africa)*. This research aims to contribute to a better understanding of the potential effects of climate change on the availability of water resources in the watershed of the Okpara. To achieve these objectives, descriptive statistical methods, climate and hydrological modeling, mainly from climatological and hydrological data, were used. The results show that the 1971-2010 periods was marked by a climate dynamics with almost 17% of deficit years and an increase in average temperatures of 1.8°C. By 2050, referring to the period 1971-2000, the rise in the average temperature would be 2.4 to 3.5°C and decreased on average by 43% with rainfall spatial variation of -18 -37% depending on the results of the scenarios A1B and B1 of the Regional REMO model. All scenarios show rainy height differences for 2050, which will be of the order of 60-70% for the A1B scenario and 20 to 41% for scenario B1. This will have impacts on surface runoff (35 to 37%) and the average water production (28%) with the climate scenarios.

Keywords : Okpara catchment, climate change, hydroclimatic modeling.

Introduction

Plusieurs travaux scientifiques (Janicot, 1990 ; Paturel, 1998) ont confirmé, s'il en était besoin, la relation entre le climat et la disponibilité des ressources en eau. En Afrique subsaharienne, les dernières décennies de la fin du deuxième millénaire ont été marquées par une évolution rapide des climats (Olaniran, 1991 ; Ogouwalé, 2006). Les recherches effectuées par Sircoulon (1990), indiquent une diminution des précipitations en Afrique de l'ouest. La région ouest-africaine a connu une récession pluviométrique aux ampleurs parfois très accusées, doublée d'une augmentation significative du nombre d'années sèches.

Dans le bassin versant de l'Okpara, les études réalisées par Ogouwalé (2009) ont mis en évidence une baisse des hauteurs de pluie et une augmentation des températures minimales et maximales. Cette situation contribue à une diminution de la disponibilité des ressources en eau en général dans le bassin versant et spécifiquement, celles qui sont mobilisées au niveau de la retenue d'eau de l'Okpara. Or, cette retenue est la principale source d'approvisionnement en eau potable de la ville de Parakou, qui est la deuxième ville du Bénin. Donc, une diminution des ressources en eau dans ce bassin risque d'affecter les populations de cette ville. Le bassin versant de l'Okpara est situé entre 7°30' et 9°54' N d'une part, et 1°30' et 3°18' E d'autre part. Il s'étend sur une superficie évaluée à environ 12710 km² (figure 1).

1. Démarche méthodologique

1.1. Données utilisées

Les données pluviométriques, thermométriques sur la période 1971-2010 et des résultats de sorties du modèle REMO à l'horizon 2050, sous les scénarios climatiques A1B et B1 sont utilisés. Les sorties de ce modèle ont été déjà comparé à cinq autres modèles (figure 2).

Il ressort des analyses que le modèle REMO demeure le plus fiable dans le contexte ouest africain et béninois, même s'il n'est pas capable de faire des simulations à l'échelle plus fine (Paeth *et al.*, 2005 ; Ibrahim, 2013). Ce modèle a été mis en œuvre afin d'évaluer précisément les variations climatiques spatiales actuelles et futures pour la région tropicale de l'Afrique et au Bénin en particulier (Paeth *et al.*, 2005). Les scénarii de changements d'occupation du sol sont calculés par un modèle stochastique complexe et les simulations du climat régional ont été réalisées pour toute la région de la côte Guinéenne à une résolution de 0,1° pour les années 2000 et 2025 (Paeth *et al.*, 2007). Les données hydrologiques utilisées sont les débits journaliers et mensuels de la rivière Okpara à Kaboua de 1971 à 2010 et ont permis de mettre en évidence le fonctionnement hydrologique du bassin versant.

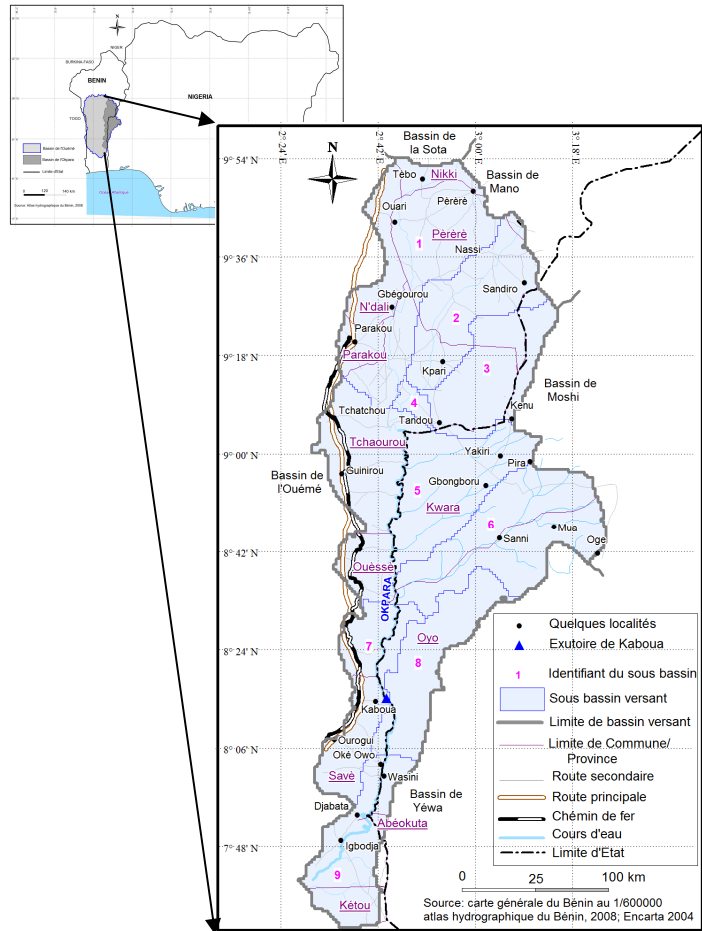


Figure 1. Situation géographique du bassin versant de l'Okpara à l'exutoire de Kaboua.

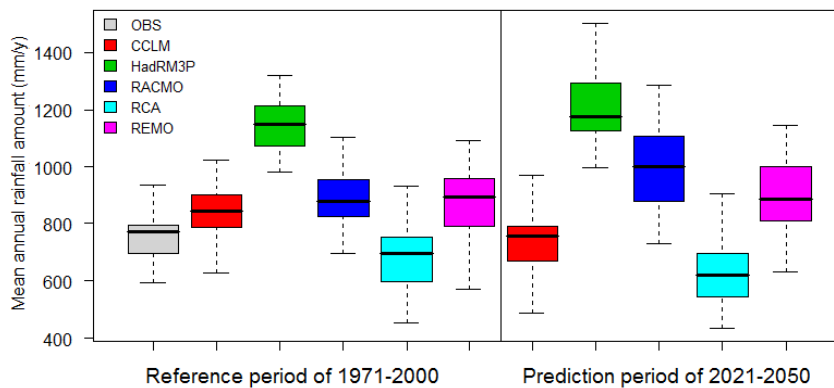


Figure 2. Comparaison des résultats de cinq modèles régionaux.

Source : Ibrahim, 2013.

1.2. Méthodes d'analyse et de modélisation

L'analyse des changements climatiques dans le bassin versant de l'Okpara s'est rapportée aux méthodes de Ardoin (2004) et de Totin (2010) et sont évalués en calculant l'écart (Δ_{horiz})

de la pluie moyenne à différents horizons en rapport avec la moyenne de la période de référence (\bar{P}_{ref}), 1971-2000 et celles futures (\bar{P}_{horiz}), 2020-2050. Cette variation est exprimée en pourcentage pour les hauteurs de pluie et en degrés Celsius pour les températures et calculée la formule :

$$D_{horiz} = \bar{X}_{horiz} - \bar{X}_{ref} \quad (1) \quad \Delta_{horiz} = \left(\frac{\bar{P}_{horiz} - \bar{P}_{ref}}{\bar{P}_{ref}} \right) \quad (2)$$

L'écart correspond à l'augmentation ou à la diminution relative des précipitations ou des températures minimales et maximales et moyennes dans un contexte du climat futur dans le bassin versant de l'Okpara (horizon 2050) comparé à la moyenne de la période de référence (1971-2000).

Dans le cadre de cette étude, il est utilisé le modèle hydrologique CEQUEAU qui est un modèle hydrologique conceptuel spatialisé (Morin, 1981). Ce modèle a été étalonné et validé en considérant la référence 1971-2000. Les périodes de calage et de validation sont respectivement 1971 à 1975 et 1998 à 2003 et ont permis d'apprécier la capacité du modèle CEQUEAU à simuler les débits et à prévoir la disponibilité des ressources en eau future dans le bassin versant de l'Okpara.

2. Principaux résultats

2.1. Configuration climatique actuelle du bassin

Selon Ogouwalé, 2006 et 2009, le bassin versant de l'Okpara est marqué par une forte variabilité des hauteurs des précipitations. L'indice standardisé de précipitation a permis de mieux cerner cette dynamique pluviométrique dans le bassin versant de l'Okpara (figure 3 et 4).

De façon globale, la période 1971-2010 a été marquée par une multiplication d'années sèches telles 1977, 1980, 1983, 1987, 1986, 1989, 2005, etc. Selon les classes de sévérité définies (Mckee *et al.*, 1993) et en utilisant les seuils de sévérité établis par la méthode du nombre d'écart-type (Aghrab, 2003), cette période a connu une année exceptionnellement sèche (1983) avec un indice de -2. En outre, le contexte climatique est caractérisé par une très forte irrégularité et une très mauvaise répartition des précipitations (Ogouwalé, 2006 ; Vissin, 2007). Dans le même temps, on assiste à une augmentation des températures maximales et minimales et de la hausse conséquente du pouvoir évaporant de l'atmosphère et une pression sur les ressources en eaux en particulier celles de surface dans ce bassin versant (Ogouwalé, 2009).

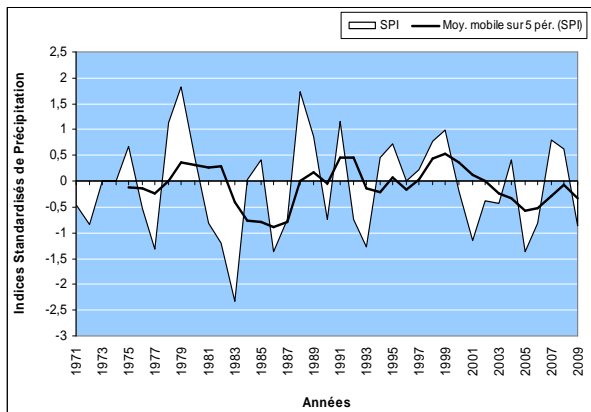


Figure 3. Indice standardisé de précipitations dans le bassin versant de l'Okpara.

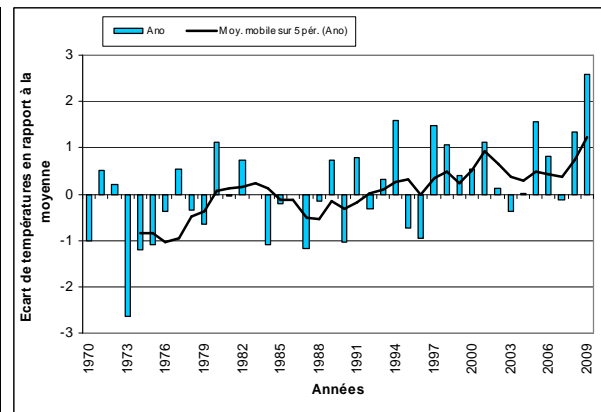


Figure 4. Anomalies thermométriques dans le bassin versant de l'Okpara de 1971 à 2010.

2.2. Scénarios climatiques dans le bassin versant de l'Okpara

La figure 5 indique globalement une évolution très peu contrastée des hauteurs pluviométriques à l'horizon 2050 dans ce bassin versant.

Le premier quartile (q1), la médiane (q2) et le troisième quartile (q3) sont respectivement représentés par les barres horizontales inférieure, centrale et supérieure. Les points inférieur, central et supérieur de chaque boîte représentent respectivement les valeurs minimum, moyenne et maximale de chaque scénario. Les valeurs du premier quartile (q1) sont respectivement de 953 ; 780 (réf), 922 ; 925 (B1), 899 ; 317 (A1B). La valeur médiane confirme cette décroissance pluviométrique supra évoquée.

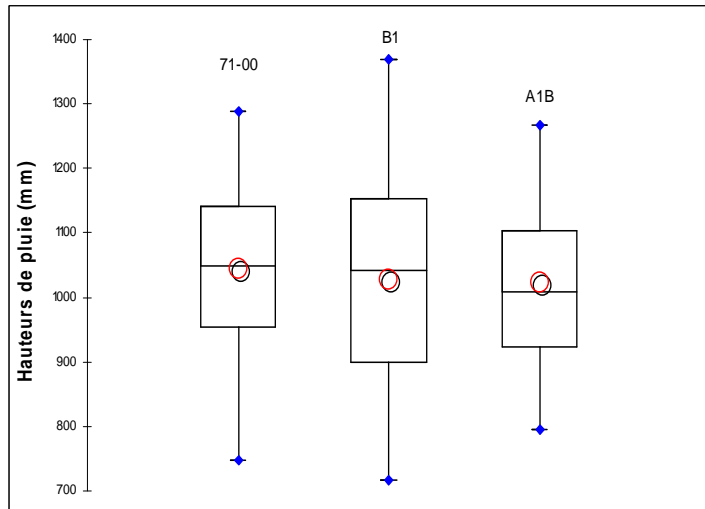


Figure 5 : Hauteurs de pluie moyennes comparées de la normale de référence (71-00) et l'horizon 2050 sous les scénarios B1 et A1B dans le bassin versant de l'Okpara.

À l'échelle mensuelle (figure 6), les mois de janvier et novembre pourraient connaître une augmentation pluviométrique d'environ 61 % et 70 % selon le scénario B1 et 42 % et 19 % selon le scénario A1B par rapport à la référence 1971-2000. Quant aux mois de juin et juillet, les mois au cours desquels, les pluies s'installent dans le bassin versant, ils pourraient connaître respectivement une diminution de (-15 ; -3 %) pour le scénario B1 et (-20 ; -10 %) pour A1B. Le mois d'août se singularise avec une augmentation de 5 % pour le scénario A1B.

Tous les scénarios montrent des écarts de hauteur de pluie à l'horizon 2050 (figure 7). En effet, ces écarts seront de l'ordre de 20 à 41 % pour le scénario B1 et de 60 à 70 % pour le scénario A1B. Cette situation pluviométrique dans le bassin à l'horizon 2050 semble être une extension de la zone climatique humide de l'Afrique centrale vers l'Afrique de l'ouest (Totin, 2010). Et c'est dans ces conditions, qu'on assisterait à une augmentation probable des températures minimales et maximales.

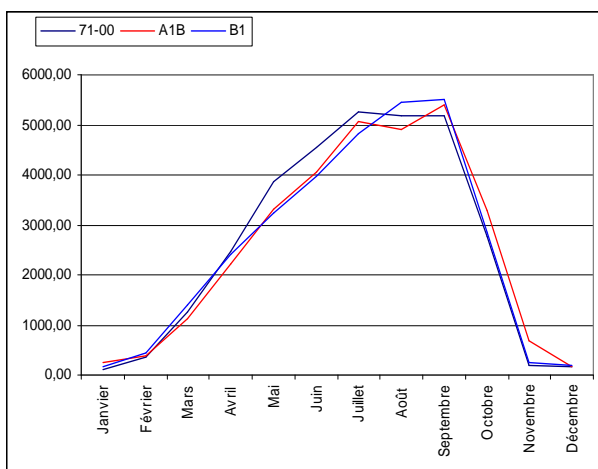


Figure 6. Moyenne mensuelle des hauteurs de pluie à l'horizon 2050.

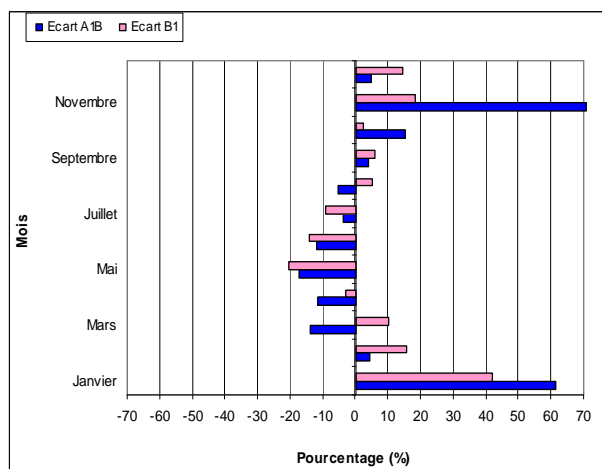


Figure 7. Ecart de hauteur de pluie (%) dans le bassin à l'horizon 2050.

En effet, les températures maximales et minimales mensuelles vont augmenter partout dans le bassin versant.

Les mois de février et de mars connaîtront une augmentation inférieure à 1°C selon le scénario B1, soit respectivement 0,2 et 0,3 à Parakou et 0,1 et 0,6 à Savè. Sur base des modèles climatiques actuels, le GIEC prévoit un réchauffement de la planète de 1,4 à 1,6 °C d'ici 2050, avec un taux de réchauffement d'environ 0,2 °C par décennie (figure 8).

Cette projection thermométrique dans le bassin versant de l'Okpara appréhendée à travers les analyses statistiques est confirmée par les enquêtes auprès des personnes ressources.

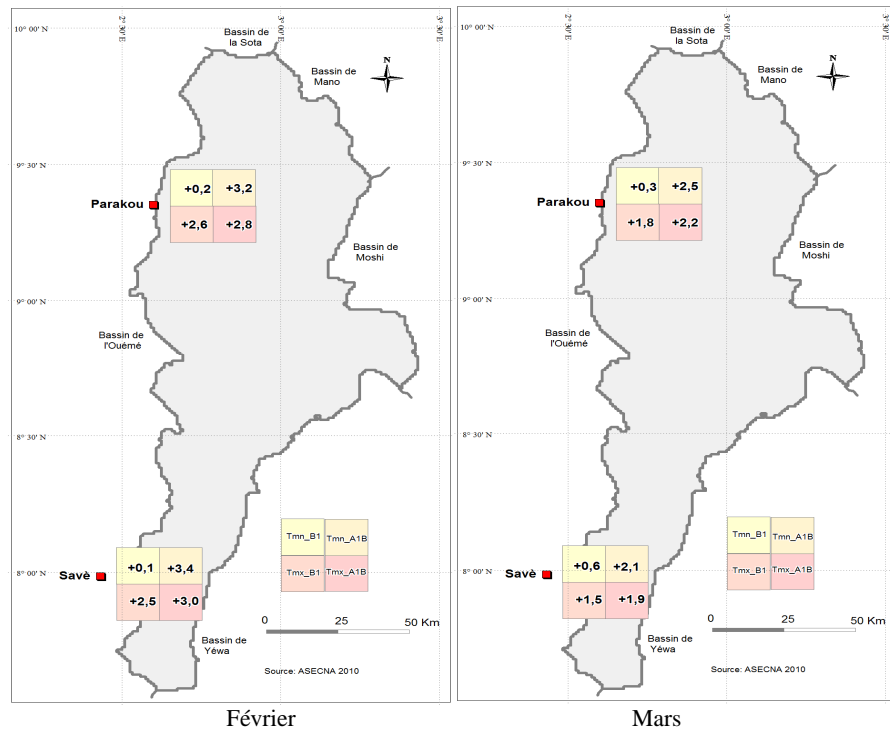


Figure 8. Projection thermométrique minimale et maximale à l'horizon 2050 en référence à 1971-2000.

2.3. Scénarios de disponibilité des ressources en eau à l'horizon 2050

L'écart des débits cumulés des mois de juillet, août, septembre et octobre entre ces deux périodes est de 35 % du fait de l'augmentation de la température et donc de la demande évaporatoire. Cette situation a des impacts sur la disponibilité des ressources en eau dans le bassin versant. Il est clair que, dans un scénario de climat sec, les difficultés d'approvisionnement en eau s'aggravaient dans le bassin versant de l'Okpara. Par ailleurs, les simulations sous les scénarii climatiques A1B et B1 en référence à la normale 1971-2000 ont permis d'obtenir les résultats des figures 9.

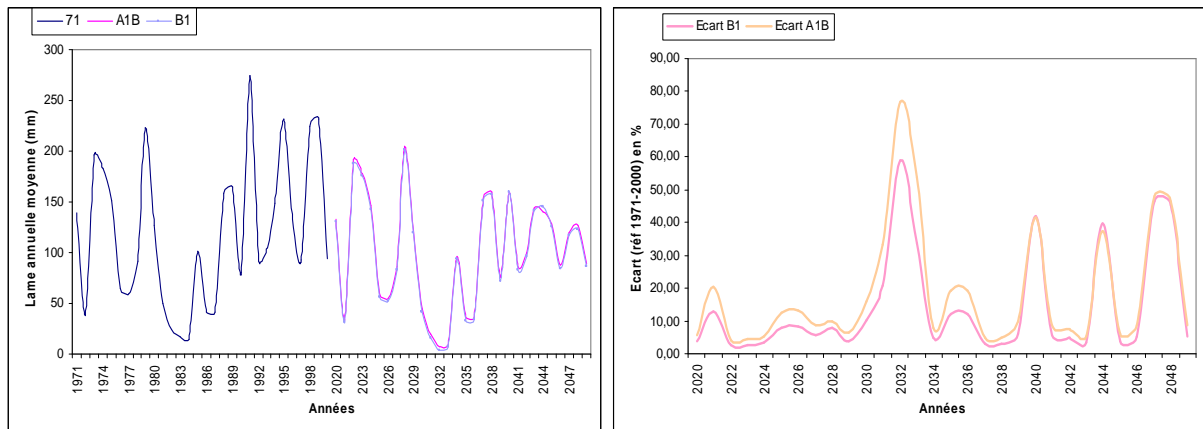


Figure 9. Lame annuelle moyenne et écart de la disponibilité des ressources en eau à l'horizon 2050.

Les ressources en eau connaîtraient une baisse à l'horizon 2050 dans le bassin versant quels que soient les scénarii. Mais, cette baisse serait plus significative sous le scénario A1B. En effet, les écarts en référence à la normale 1971-2000 seraient d'environ 15 à 60 % sous le scénario B1 et de 20 à 70 % sous le scénario A1B.

Conclusion

L'analyse des conditions hydrologiques dans le bassin de l'Okpara montre que la forte variabilité des hauteurs de pluie au cours de la période 1971-2010 a eu des répercussions sur l'écoulement moyen du bassin versant de l'Okpara. A l'horizon 2050, cette situation devra être plus difficile sous la triple menace, d'une baisse des hauteurs de précipitation, d'une augmentation des températures et d'une pression accrue de populations, sur les ressources naturelles en général et les ressources en eau en particulier. Les conclusions de cette restent des prédictions des modèles climatiques et hydrologiques, donc, il est nécessaire de tenir compte des incertitudes.

Références bibliographiques

- Aghrab A., 2003 : *Caractérisation de sécheresse et élaboration des indicateurs climatiques pour son alerte précoce dans la région du Sais*. Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, Maroc, 109 p.
- Ardoin S., 2004 : *Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins versants hydrographiques en zone soudano-sahélienne*. Thèse de doctorat. Université de Montpellier II, 437 pp.
- Ibrahim S., 2013 : *Caractérisation des saisons de pluies au Burkina Faso dans un contexte de changement climatique et évaluation des impacts hydrologiques sur le bassin du Nakanbé*, Thèse de doctorat, 264p.
- Janicot S., 1990 : *Variabilité des précipitations en Afrique de l'Ouest et circulations quasi-stationnaires durant une phase de transition climatique*. Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, 600 p.
- Mckee T., Doesken J., Kleist J., 1993 : The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology*, 17-22 January 1993, Anaheim, CA. American Meteorological Society, 179-184.
- Olaniran, 1991 : Evidence of climatic change in Nigeria based on annual series of rainfall of different daily amounts, 1919-1985. *Clim. Change* **19** : 319-341.
- Ogouwalé E., 2006 : *Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire*. Thèse présentée pour obtenir le Diplôme de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, 302 p.
- Ogouwalé R., 2009 : *Ressources hydro-pluviométriques : état et tendance dans le bassin versant supérieur de l'Okpara*. Mémoire du Diplôme d'Etudes approfondies (DEA), 75 p.
- Paeth H., Born K. Girmes R. Podzun R., Jacob D., 2005 : Regional climate change in tropical and northern Africa due to greenhouse forcing and land-use changes. *J. Climate*, **22**(1), 114-132.
- Paturel J.E., 1998 : Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique. *Journal des Sciences Hydrologiques*, **43**(6) : 937-946.
- Sircoulon J., 1990 : *Impact possible des changements climatiques à venir sur les ressources en eau des régions arides et semi-arides*. WMO, 87 p.
- Totin V.S.H., 2010 : *Sensibilité des eaux souterraines du bassin versant sédimentaire côtier du Bénin à l'évolution du climat et aux modes d'exploitation : Stratégies de gestion durable*. Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi. 272 p.
- Vissin E.W., 2007 : *Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin versant béninois du fleuve Niger*. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne. Dijon, France, 285 p.