

**ANALYSE DES DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES ET DEBIMÉTRIQUES DANS LE BASSIN VERSANT DU FLEUVE DIANI****Simon Pierre LAMAH<sup>1\*</sup>, Idrissa DIABY<sup>2</sup> et Zoumana BAMBA<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Université de N'Zérékoré, BP 50, République de Guinée<sup>2</sup> Laboratoire d'Enseignement et de Recherche en Energétique Appliquée-UGANC<sup>3</sup> Centre de Recherche pour la Valorisation de l'Invention / Innovation Scientifique et Technologique - MESRS

---

\*Correspondance, e-mail : [simonpierrelamah@gmail.com](mailto:simonpierrelamah@gmail.com)

**RÉSUMÉ**

Le bassin versant de Diani, le plus grand bassin de la Guinée Forestière, est soumis à une forte perturbation de son régime. L'objectif principal de cette étude est la préservation durable des ressources en eau du Diani en vue des aménagements futurs dans le bassin versant de ce fleuve. Les formules d'écart type, de la moyenne arithmétique et d'indice pluviométrique utilisées dans le traitement des données météorologiques et hydrologiques recueillies respectivement aux Directions Nationales de la Météorologie et de l'Hydrologie nous ont permis d'aboutir aux résultats essentiels suivants : Durant les années 1983,1984, 1986,1987, 1990, 1991, 1995,1999, 2008 et 2009, nous avons observé de très faibles précipitations (1939.7 mm en 1995 et 2193.5 mm en 1999)pendant que le débit est croissant (263 m<sup>3</sup>/s en 1990 et 495 m<sup>3</sup>/en 1983). Nous avons également observé une pluviométrie très abondante durant les années 1998, 2002, 2003, 2005,2010 et 2012 (2300.2mm en 2010 et 2559.7mm en 2012) pendant que le débit décroît très considérablement (495 m<sup>3</sup>/s en 1998 et 60.10 m<sup>3</sup>/s en 2012). En outre, pendant les années 1988, 1993, 1994,2000 et 2006, la pluviométrie et le débit varient dans les mêmes proportions ; plus la pluviométrie est abondante, plus le débit croît et vis-versa (2431.6mm contre 554 m<sup>3</sup>/s en 1994 et 2006.4mm contre 44.8 m<sup>3</sup>/s en 2000). Cette importante modification du régime d'écoulement du fleuve Diani est causée par le réchauffement climatique et les activités anthropiques (coupe abusive des bois, extraction des matériaux de construction, implantation anarchique des carrières d'extraction d'argile et de l'or, des habitations et des cultures sur brûlis etc.).

**Mots-clés :** *analyse, pluviométrie, débimétrie, bassin versant.*

## ABSTRACT

### **Analysis of rain-metric data and debitters in the versant river basin Diani**

The Diani watershed, the largest basin in Guinée Forestière, is subject to a major disruption of its regime. The main objective of this study is the sustainable preservation of the Diani's water resources for future developments in the river's watershed. The standard deviation, arithmetic mean and rainfall index formulas used in the treatment of meteorological and hydrological data collected respectively at the National Meteorological and Hydrological Departments allowed us to reach the following key results : the years 1983, 1984, 1986, 1987, 1990, 1991, 1995, 1999, 2008 and 2009, we observed very low precipitation (1939.7mm in 1995 and 2193.5mm in 1999) while the flow is increasing (263 m<sup>3</sup>/s in 1990 and 495 m<sup>3</sup>/s in 1983). We also observed a very abundant rainfall during the years 1998, 2002, 2003, 2005, 2010 and 2012 (2300.2mm in 2010 and 2559.7mm in 2012) while the flow decreases very considerably (495 m<sup>3</sup>/s in 1998 and 60.10 m<sup>3</sup>/s in 2012). In addition, during the years 1988, 1993, 1994, 2000 and 2006, rainfall and flow varied in the same proportions; the more rainfall is abundant, the higher the flow increases and vice versa (2431.6mm against 554 m<sup>3</sup>/s in 1994 and 2006.4mm against 44.8 m<sup>3</sup>/s in 2000). This important change in the flow regime of the Diani River is caused by global warming and human activities (excessive logging, extraction of building materials, uncontrolled establishment of clay and gold quarries, homes and crops on brulis etc.).

**Keywords :** *analysis, rainfall, debitimetry, watershed.*

## I - INTRODUCTION

Le dernier rapport du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) fait état d'un réchauffement climatique mondial sans équivoque, caractérisé par une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan. Le continent africain semble particulièrement être touché, puisque la variation de température entre 1970 et 2004 y est estimée entre 0,2 et 2 °C. Selon les prévisions, établies par l'application de modèles de circulation atmosphérique présentant encore bien des incertitudes, la hausse des températures devrait se confirmer dans les années à venir. Le continent africain mérite toutefois une analyse plus fine du changement climatique qui l'affecte, notamment à des échelles régionales, pour perfectionner les modèles de prévision [1 - 4]. Dans les zones arides et semi-arides d'Afrique de l'Ouest, la notion de précarité de la ressource en eau n'est pas récente. Cependant, la sécheresse qui affecte les régions tropicales africaines depuis les deux dernières décennies présente tout à la fois une sévérité, une persistance et une

extension remarquables [5, 6]. En Guinée, le régime hydrologique des cours d'eau se détériore à un rythme inquiétant. Cette détérioration est due généralement aux activités anthropiques et à l'érosion [7]. Le Diani, principal cours d'eau de la région forestière et son affluent (*Oulé*) maintiennent l'équilibre de la vie des êtres humains, aquatiques et des végétaux dans la région. Cependant, son Bassin Versant n'est pas à l'abri de l'exploitation de ses ressources et des changements climatiques. L'intérêt que nous portons au bassin versant de Diani provient du fait de la forte pression démographique qui s'y exerce sur les ressources naturelles de 1984 à ce jour [8, 9] dont les raisons sont d'une part la très forte migration des populations vers la région forestière suite au développement industriel et commercial de la zone ; la fabrication des briques en terre cuite, l'implantation anarchique des habitations, des carrières d'extraction de l'argile et de l'or, la coupe abusive de bois et les feux de brousse. D'autre part, l'approvisionnement en matériaux de construction pour les populations locales, les entreprises et sociétés de construction dégage le lit du fleuve en partie et accélère en même temps le phénomène d'érosion et de

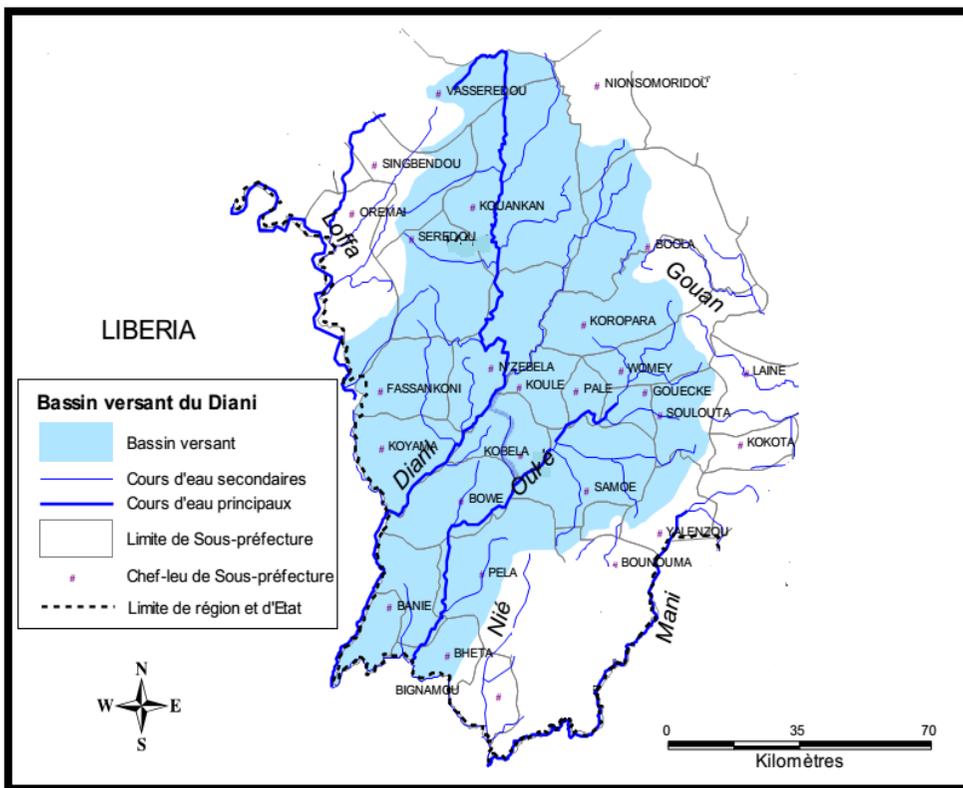
sédimentation dans le lit du fleuve, ce qui augmente les risques d'érosion des rives et d'ensablement du lit et qui constituent des facteurs de fragilisation et de dégradation les plus nocifs des terres, des forêts, de la biodiversité et par extension, de tout l'environnement. Cependant, toute activité qui change la perméabilité du sol, le type et la couverture végétale, la quantité, la qualité et le débit de l'eau à n'importe quel endroit d'un bassin versant peut changer les caractéristiques d'un fleuve en aval [10]. L'accroissement de la population dans le bassin entraîne la pauvreté de ses habitants face à laquelle, les partenaires au développement ont mis en place depuis 2007 un programme conjoint de relance des dynamiques locales de développement durable en Guinée forestière. Ainsi, notre motivation part du fait que la diminution des débits est simultanée avec la baisse de la pluviométrie d'une façon générale tandis que particulièrement ces deux paramètres n'évoluent pas dans les mêmes proportions. L'objectif de cet article est l'évaluation du régime hydrique du fleuve Diani à partir des paramètres météorologiques et hydrologiques en vue des aménagements futurs dans le bassin versant de ce fleuve.

## II - MÉTHODOLOGIE

### II-1. Présentation

Le Diani est le fleuve le plus important de la Guinée forestière et le seul à posséder une station de jaugeage fiable qui se trouve au pont du Diani, à 6 Km de Koulé (*Préfecture de N'Zérékoré*) sur la route nationale reliant Macenta à N'Zérékoré. Il prend sa source dans la forêt classée qui longe le fleuve Milo,

près de Vassérédou (*Préfecture de Macenta*) et délimite la Guinée du Liberia sur un parcours de 50 Km. Le Diani sert de frontière naturelle entre le Liberia et la Guinée et entre en territoire Liberia près de Banié (*préfecture de Yomou*) où il prend le nom de Saint Paul River (**Figure 1**). Le bassin versant de Diani d'une superficie de 5200 Km<sup>2</sup> avec une pente moyenne de 1/1000, est l'un des trois principaux bassins hydrographiques de la Guinée forestière : le bassin de la Makona qui comprend le Mieli, le Mafissia et le Ouao ; le bassin de Diani qui comprend le Oulé et les bassins de l'Est comprenant le Gouan, le Beya, le Djilemba et le Gbé. Nous notons également la présence des bassins intermédiaires constitués de la Loffa, du Mani et du Djougou [11].



**Figure1** : Localisation du bassin versant de Diani [12]

## II-2. Collecte des données

Les données utilisées pour nos travaux de recherche sont notamment celles météorologiques de la région Forestière et hydrologiques du fleuve Diani pour une période de trente (30) ans (1983 à 2012). Elles ont été collectées à la Direction Nationale de la Météorologie (*DNM*) de Conakry (**Tableau 1**).

**Tableau 1 : Total pluviométrique moyen dans le BV du Diani et débits moyens du fleuve (1983 à 2012)**

Années	Précipitations /N°Z (mm)	Précipitations /Macenta (mm)	Précip.moy / Bassin Versant (mm)	Débits moyens (m3 / s)
1983	1626,2	2571,3	2098,8	495
1984	1754,8	2322,9	2038,9	283
1985	1776,2	2953,3	2364,8	548
1986	1553,4	2436,4	1994,9	306
1987	1862,7	2080,7	1971,7	313
1988	1910,4	2823	2366,7	430
1989	1943,9	2493,9	2218,9	347
1990	1699,4	2226,5	1963,0	263
1991	1780,1	2159	1969,6	310
1992	1768,4	2728,7	2248,6	412
1993	1712,2	2953,3	2332,8	417
1994	2199,4	2663,7	2431,6	554
1995	1873,3	2000,1	1936,7	369
1996	1917,5	2707,3	2312,4	495
1997	2104,3	2663	2383,7	495
1998	2118,7	2919,7	2519,2	495
1999	1680,1	2706,9	2193,5	466
2000	1878,9	2133,8	2006,4	44,8
2001	1623,5	2610,5	2117,0	120,2
2002	2001,6	2824,3	2413,0	137,4
2003	2092,5	2576,7	2334,6	126,6
2004	1880,7	2268,4	2074,6	129,1
2005	1896,5	3103,2	2499,9	168,2
2006	1511	2370,2	1940,6	132
2007	1978,2	2399	2188,6	207,5
2008	1635,1	2565,7	2100,4	347
2009	1583,1	2577,8	2080,5	275,3
2010	2126,3	2474	2300,2	203,6
2011	2003,8	1929,8	1966,8	131,9
2012	2279,5	2839,9	2559,7	60,1

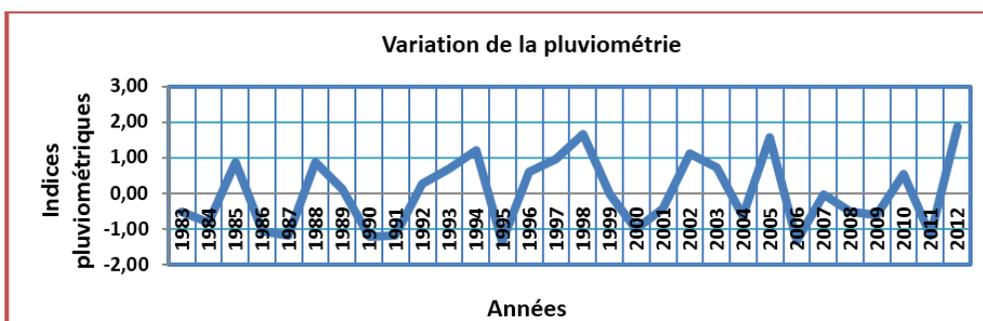
Source : Direction Nationale de la Météorologie, Conakry, Décembre 2011

### II-3. Méthodes de traitement

Sur la base du logiciel Excel, les formules d'écart type, de la moyenne arithmétique et d'indice pluviométrique sont entre autre formules utilisées pour le calcul des données de la série. Ces formules nous ont permis d'apprécier et de caractériser la dispersion des séries statistiques et de distinguer les années excédentaires des années déficitaires.

### III - RÉSULTATS

Sur la base des données recueillies, du calcul des paramètres et des méthodes de traitement de ces données, nous présentons les résultats auxquels nous avons abouti assortis d'une discussion. Les variations interannuelles de la pluviométrie et du débit dans le Bassin du fleuve Diani sont caractérisées par une alternance d'années humides, normales et sèches dont l'illustration est donnée par les **Figures 2, 3 et 4**. Dans la première période décennale (1993-1992), six (6) années ont une pluviométrie déficitaire : 1983, 1984, 1986, 1987, 1990 et 1991 tandis que les autres années sont excédentaires avec la plus forte en 1988. Elle est croissante de 1984 en 1985, de 1987 en 1988 et de 1991 en 1992. Par contre, elle est relativement uniforme de 1986 en 1987 et de 1990 en 1991. Ces résultats rejoignent ceux de [13 - 17] dans l'appréciation des séries pluviométriques. Dans la deuxième période décennale (1993-2002), la pluviométrie est déficitaire pendant les années 1995, 2000 et 2001 tandis que les autres années sont humides avec la plus haute valeur observée en 1998. Elle est décroissante de 1994 en 1995, et de 1998 en 2000. Par contre, elle est croissante pour les autres années de la période. Dans la dernière période décennale (2003-2012), la pluviométrie est déficitaire pour les années 2004, 2006, 2007, 2008, 2009 et 2011 tandis que les autres années sont excédentaires avec la plus forte en 2012. Elle est croissante de 2004 en 2005, de 2006 en 2007, de 2009 en 2010 et de 2011 en 2012. Par contre, elle est relativement uniforme de 2007 en 2009 (**Figure 2**).



**Figure 2 :** *Variation de la pluviométrie*

Dans la première période décennale (1993-1992), le débit est déficitaire pour les années 1984 et 1990 tandis que les autres années sont excédentaires avec la plus forte en 1985. Il est croissant de 1984 en 1985, de 1987 en 1988 et de 1990 en 1992. Par contre, elle est relativement uniforme de 1986 en 1987. Dans la deuxième période décennale (1993-2002), le débit est déficitaire de 2000 en 2000 tandis que les autres années sont excédentaires avec la plus forte en 1994. Il est décroissant pour les autres années de la période. Dans la dernière période décennale (2003-2012), l'année 2008 est la seule année qui a enregistré le plus

grand débit tandis que les autres années sont déficitaires. Le débit est décroissant de 2008 en 2012. Par contre, il est croissant de 2003 en 2008 et relativement uniforme de 2003 en 2006 (*Figure 3*). Ces différents résultats débimétriques du fleuve Diani s’entrecoupent avec ceux de [18 - 21] dans la distribution spatiale des débits.

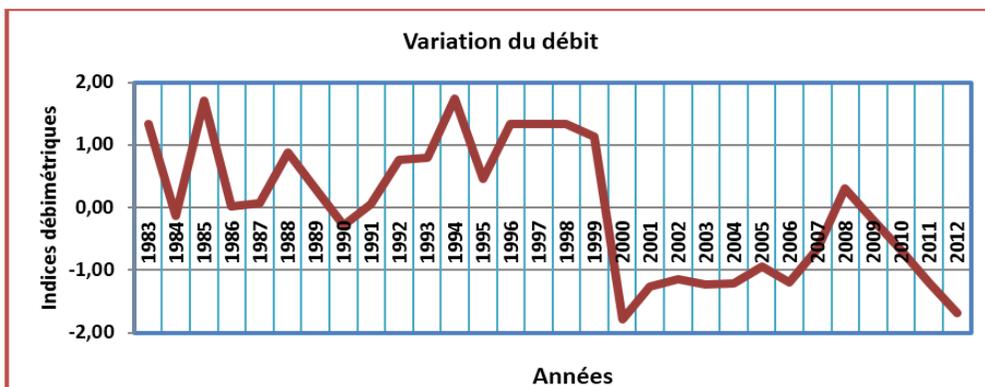


Figure 3 : Variation du débit

Durant les années 1983,1984, 1986,1987, 1990, 1991, 1995, 1999,2008 et 2009 le débit est croissant pendant que les précipitations sont très faibles. Ce qui dénote que les sédimentations exercent peu d’influence sur l’écoulement du fleuve. Nous avons également observé une pluviométrie très abondante durant les années 1998, 2002, 2003, 2005,2010 et 2012 pendant que le débit est resté déficitaire. En outre, pendant les années 1988, 1993, 1994,2000 et 2006, la pluviométrie et le débit varient dans les mêmes proportions ; plus la pluviométrie est abondante, plus le débit croit et vis-versa. Ce qui dénote la régularité et la répartition uniforme de ces paramètres sur tout le bassin versant du Diani durant ces années (*Figure 4*).

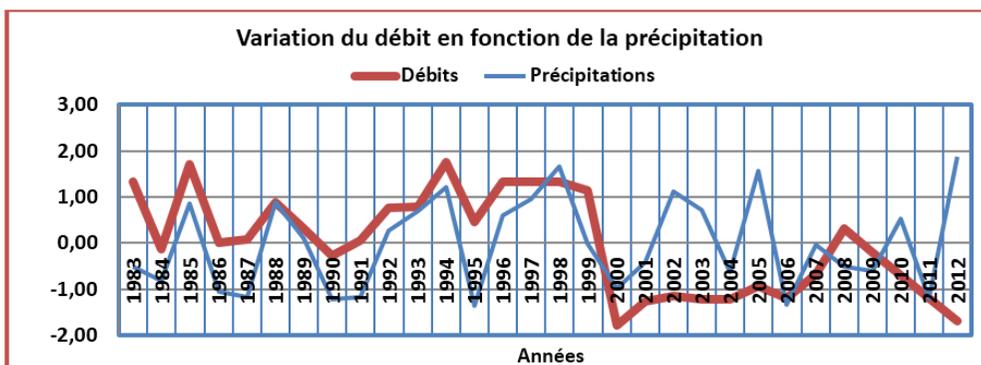


Figure 4 : Variation du débit en fonction de la précipitation

## **IV - DISCUSSION**

Depuis un certain temps, les ressources en eaux du bassin versant de Diani présentent des fluctuations interannuelles très marquées avec une tendance perceptible à la baisse. Les variations interannuelles de la pluviométrie et du débit dans le Bassin du fleuve Diani sont caractérisées par une alternance d'années humides, normales et sèches.

### **IV-1. Variation de la pluviométrie**

Pendant les années normales, les sédiments ont peu d'influence sur l'écoulement du fleuve, la hauteur d'eau dans le lit est relativement uniforme comme le cas de la pluviométrie de l'année 2007 dans le Bassin versant. Par ailleurs, les années 1984, 1987, 1990, 1991, 1995, 2000, 2006 et 2011 sont sèches et enregistrent peu de précipitations sur le Bassin versant tan disque celles 1994, 1998, 2005 et 2012 sont humides avec des précipitations plus ou moins abondantes.

### **IV-2. Variation de débit**

La baisse du débit malgré d'intenses précipitations se justifie par l'observation de la pluviométrie à l'amont du bassin dont les effets sont peu remarquables au niveau de la station de jaugeage et aussi par les activités anthropiques qui ont tout à fait favorisé la dégradation des berges en obstruant le lit par l'ensablement et les débris végétaux. De même, le système racinaire des végétaux et la nature du sol favorisent d'une façon générale un taux d'infiltration très élevé diminuant ainsi le débit d'écoulement [22 - 26]. Il faut toutefois noter que la baisse des débits n'est pas liée qu'à la pluviométrie. D'autres facteurs, tels que les prélèvements d'eau pour l'agriculture, l'augmentation de la population rurale, concourent à la diminution des écoulements. En plus de ces facteurs, la déforestation intense que connaissent les zones tropicales humides contribue également à modifier la relation pluie-débit et donc les caractéristiques de l'écoulement. Dès lors, les conditions de ruissellement et d'infiltration s'en trouvent profondément modifiées [27 - 31].

## **V - CONCLUSION**

L'analyse des paramètres météorologiques et hydrologiques sur l'ensemble du bassin pendant les trente années d'observation (1983 en 2012) montre une modification importante du régime hydrologique. Durant les années 1983, 1984, 1986, 1987, 1990, 1991, 1995, 1999, 2008 et 2009, nous avons observé de très faibles précipitations (1939.7mm en 1995 et 2193.5mm en 1999)

pendant que le débit est croissant ( $263 \text{ m}^3/\text{s}$  en 1990 et  $495 \text{ m}^3/\text{s}$  en 1983). Ce qui dénote que les sédimentations exercent peu d'influence sur l'écoulement du fleuve. Nous avons également observé une pluviométrie très abondante durant les années 1998, 2002, 2003, 2005, 2010 et 2012 ( $2300.2 \text{ mm}$  en 2010 et  $2559.7 \text{ mm}$  en 2012) pendant que le débit décroît très considérablement ( $495 \text{ m}^3/\text{s}$  en 1998 et  $60.10 \text{ m}^3/\text{s}$  en 2012). Cette baisse du débit est due à l'observation de la pluviométrie à l'amont du bassin dont les effets sont peu remarquables au niveau de la station de jaugeage, du taux d'infiltration élevé à travers le système racinaire des végétaux et de la nature du sol et de la forte sédimentation du lit du cours d'eau. En outre, pendant les années 1988, 1993, 1994, 2000 et 2006, la pluviométrie et le débit varient dans les mêmes proportions ; plus la pluviométrie est abondante, plus le débit croît et vis-versa ( $2431.6 \text{ mm}$  contre  $554 \text{ m}^3/\text{s}$  en 1994 et  $2006.4 \text{ mm}$  contre  $44.8 \text{ m}^3/\text{s}$  en 2000). Ce qui dénote la régularité et la répartition uniforme de ces paramètres favorisant un meilleur aménagement hydro agricole dans le bassin versant du Diani durant ces années.

## RÉFÉRENCES

- [1] - B. C. BATES, Z. W. KUNDZEWICZ, S. WU et J. P. PALUTIKOF, Le changement climatique et l'eau, document technique publié par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Secrétariat du GIEC, Genève, (2008) 236 p.
- [2] - F. J. ACERO, J. A. GRACIA et M. C. GALLEGO, Peaks-over-threshold study of trends in extreme rainfall over the Iberian Peninsula. *Journal of Climate*, Vol. 24, N° 4 (2011) 1089 - 1105 p.
- [3] - V. HOMAR, C. RAMIS, R. ROMERO et S. ALONSO, Recent trends in temperature and precipitation over the Balearic Islands (Spain).; *Climatic Change*, Vol. 98, (2010) 199 - 211 p.
- [4] - L. AMRAOUI, Évolution climatique récente en Afrique du Nord-Ouest (Maroc, Mauritanie et leur proche océan entre 1950 et 2008), Thèse de l'Université Jean Moulin - Lyon III, (2011)
- [5] - L. AMRAOUI, Caractérisation du tournant climatique des années 1970 en Afrique du Nord-Ouest. *Publication IAHS*, Vol. 340, (2010) 513 - 520 p.
- [6] - M. A. SARR, Évolution climatique récente et dynamique de la végétation par l'imagerie satellitaire (Ferlo, Sénégal), Thèse en cotutelle de l'Université Jean Moulin - Lyon III et de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, (2009-a) 403 p.
- [7] - G. E. AKE, "Impacts de la variabilité climatique et des pressions anthropiques sur les ressources hydriques de la région de Bonoua (Sud-est de la Côte d'Ivoire)". Thèse Unique, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, (2010) 200 p.

- [8] - ABOUBACAR CAMARA, Etude de l'impact des réfugiés en Guinée Forestière et de données Guinée Forestière, (2000)
- [9] - M. Frédéric KONOMOU, Occupation des sols Guinée Forestière, Etude de l'impact des réfugiés en Guinée Forestière, (2000)
- [10] - D. SOTO, Analyse et réinterprétation des variations climatiques lors du Tardiglaciaire würmien dans l'espace Nord-Atlantique. Thèse de l'Université Jean Moulin - Lyon III, (2011)
- [11] - Plan Général d'Aménagement Hydraulique de la Guinée Forestière, Rapport Général, Vol. 1, (2006)
- [12] - Landsat 1999-2002, Adaptation et reproduction : Simon Pierre Lamah, assisté de Dr. Daniel Lamah. Université Sonfonia /Ckry, (Août 2014)
- [13] - F. SERINALDI et C. G. KILSBY, Rainfall extremes: toward reconciliation after the battle of distributions. *Water Resources Research*, Vol. 50, N° 1 (2014) 336 - 352 p.
- [14] - F. DRIOUECH, Distribution des précipitations hivernales sur le Maroc dans le cadre d'un changement climatique. Thèse de Doctorat de l'Institut national polytechnique de Toulouse, (2010)163 p.
- [15] - Z. NOUACEUR, Évolution des précipitations depuis plus d'un demi-siècle en Mauritanie. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Vol. 22, (2009) 361 - 366 p.
- [16] - M. A. SARR, Tournant dans l'évolution des précipitations et des températures au Ferlo (Sénégal) : deux paramètres traduisant une tendance au réchauffement. Actes de colloque de l'AIC, (2009-b) 425 - 430 p.
- [17] - S. H. MKHANDI, Discharge Measurement. Principles of Hydrology Module, Department of Water Resources Engineering, College of Engineering and Technology, Dar es Salaam, Tanzania, (2012)
- [18] - ANSOUMANA BODIAN, HONORE DACOSTA et ALAIN DEZETTER, Caractérisation spatio-temporelle du régime pluviométrique du haut bassin du fleuve Sénégal dans un contexte de variabilité climatique, *article*, (2014)
- [19] - B. SORAYA, L'eau c'est la vie. Université du Québec. Département des Sciences de l'éducation DID2590 - Session Hiver, (2008) 48 p.
- [20] - CLAIRE LANG-DELUS, DIDIER FRANÇOIS et EMMANUEL GILLE, Quel est le débit le plus fréquent d'un cours d'eau ? *Article*, (2010)
- [21] - FLORINA GRECU, ION ZAVOIANU, LILIANA ZAHARIA et LAURA COMANESCU, Analyse quantitative du réseau hydrographique du bassin versant du Slănic (Roumanie), *article*, (2015)
- [22] - M. R. TSHIMANGA, Hydrological uncertainty analysis and scenario-based stream flow modelling for the Congo River Basin. Online PhD thesis, www.ru.ac.za, Rhodes University, South Africa, (2012)

- [23] - A. M. KOUASSI, K. F. KOUAME, B. T. A. GOULA, T. LASM, J. E. PATUREL, J. BIEMI, « Influence de la variabilité climatique et de la modification de l'occupation du sol sur la relation pluie-débit à partir d'une modélisation globale du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire », *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, Vol. 11, (2008) 207 - 229
- [24] - M. R. TSHIMANGA, *Hydrologie Générale*, Cours inédit, 1<sup>er</sup> Grade, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, (2013)
- [25] - H. DUPRIEZ et P. DE LEENER, *Le chemin de l'eau (ruissellement-irrigation-drainage)*, manuel tropical 2<sup>ème</sup> éd., (2010) 480 p.
- [26] - G. LIENOU, *Impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau et les transports de matières en suspension de quelques bassins versants représentatifs au Cameroun*. Thèse en Sciences de l'eau. Université de Yaoundé I, (2007) 169 p.
- [27] - M. G ADJA, "Etude de l'état hydrique saisonnier du bassin versant de la Bagoé dans un contexte de variabilité climatique. Département de Boundiali et Tengrela (milieux soudano-sahéliens au Nord-Ouest de la cote d'ivoire)". Thèse Unique de Doctorat, Université de Cocody, (2009) 184 p.
- [28] - K. F. KOUAME, "Influences de la variabilité climatique et de la dégradation environnementale sur le fonctionnement de l'hydrosystème du N'zo dans la région guinéenne humide et semi-montagneuse de la Côte d'Ivoire. Contribution de la télédétection, des Systèmes d'Informations Géographiques et du modèle hydrologique HYDROTEL". Thèse d'Etat ès sciences naturelles. Université de Cocody, Abidjan, (2011) 379 p.
- [29] - B. SULTAN et S. JANNICOT, "La variabilité climatique en Afrique de l'Ouest aux échelles saisonnières et intra saisonnières". *Revue Sécheresse*, Vol. 15, N°4 (2005) 1 - 10 p.
- [30] - F. J. ACERO, J. A. GRACIA et M. C. GALLEGO, Peaks-over-threshold study of trends in extreme rainfall over the Iberian Peninsula. *Journal of Climate*, Vol. 24, N° 4 (2011) 1089 - 1105 p.
- [31] - D. X. BANGABUTU, "Impact de changement et variabilité climatique sur le régime pluviométrique de la ville province de Kinshasa. De 1961-2006 (Profil et perspective à l'horizon 2050), (2010), <http://www.memoire online.com 05/10/3457>