

Nature des évènements pluviométriques sur le bassin versant de la rivière Bia en Côte d'Ivoire

[Nature of rainfall events in the catchment area of the Bia river in Ivory Coast]

Kouassi K. Martin¹⁻³, Meledje N. Herman³, Ahoussi K. Ernest¹, Kouassi K. Lazare²⁻³, Koffi Y. Blaise¹, Oga Y. Marie Solange¹, Biemi Jean¹, and Soro Nagnin¹

¹Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan - Cocody, Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM), Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LSTEE), 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Unité de Formation et de Recherche en Environnement (UFR-Environnement), 12 BP V 25 Daloa 12, Côte d'Ivoire

³Université Nangui Abrogoua Abidjan, Centre de Recherche en Ecologie (CRE), 08 BP 109 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Rainfall-related phenomena affect the hydroelectric dams functioning and productivity. In Côte d'Ivoire the trans boundary Bia River basin, hydroelectric aménagements of Ayamé 1 and 2, is no exception. Flooding has caused extensive damage in recent years to these two (2) aménagements. However, the rains nature that caused these events is statistically unknown. This study objective is to identify the rainfall events nature in the Bia basin. The statistical modelling approach has been adopted. The daily rainfall from 1941 to 2000 and rainfall higher threshold than 100 mm from 2001 to 2015 available at the Aboisso, Adiaké, Bianouan, Ayamé and Agnibilékro stations has been used.

The results show that the minimum threshold for abnormal rainfall in the Bia basin is 103 mm. The rains nature identification between 2001 and 2015 reveals, eight (08) rainfall events with an occurrence probability greater than 6 years are observed. These events are consisted of four (4) abnormal rains, three (03) very abnormal rains and one (1) exceptional rainfall observed during the years 2004, 2007, 2009 and 2015.

KEYWORDS: Abnormal rains threshold, Statistic law, Bia watershed, Return period.

RESUME: Les phénomènes liés à la pluviométrie affectent le fonctionnement et la productivité des ouvrages hydroélectriques. En Côte d'Ivoire le bassin transfrontalier de la rivière Bia qui abrite les aménagements hydroélectriques d'Ayamé 1 et 2 n'échappe pas à cet état de fait. Les inondations causent de nombreux dégâts depuis quelques années sur ces deux (2) aménagements. Cependant, la nature des pluies à l'origine de ces évènements sont statistiquement méconnus. L'objectif de cette étude est d'identifier la nature des évènements pluvieux sur le bassin de la Bia. La démarche adoptée est celle de la modélisation statistique. Les données utilisées sont constituées de pluie journalière de 1941 à 2000 et de pluie supérieure à 100 mm de 2001 à 2015 disponibles aux stations d'Aboisso, d'Adiaké, de Bianouan, d'Ayamé et d'Agnibilékro. Les résultats montrent que le seuil de pluie anormale sur le bassin de la Bia est de 103 mm. L'identification de la nature des pluies entre 2001 et 2015 révèle, huit (08) évènements pluviométriques de probabilité d'occurrence supérieure à 6 ans. Ces évènements sont constitués de quatre (4) pluies anormales, trois (03) pluies très anormales et une (1) pluie exceptionnelle survenues au cours des années 2004, 2007, 2009 et 2015.

MOTS-CLEFS: Seuil de pluie anormale, Lois statistique, Bassin versant de la Bia, Période de retour.

1 INTRODUCTION

Les évènements climatiques extrêmes liés à la pluviométrie ont pris l'allure de catastrophes naturelles. Ces phénomènes se réalisent avec une plus grande fréquence et leurs impacts sont de plus en plus considérables depuis les années 2000. Ces phénomènes affectent les pays surtout en voies de développement constituant ainsi une contrainte majeure aux développements économiques et social.

En Côte d'Ivoire, les récurrentes inondations et éboulements de terrains survenus entre 2008 et 2014 ont entraîné au moins 142 décès et des dégâts matériels considérables ainsi que des centaines sans abris dans la zone d'Abidjan au sud de la Côte d'Ivoire [1]. Ces évènements à forts impacts socio-économiques n'épargnent pas les bassins versants aménagés. Ainsi sur le barrage de Fayé, les inondations de 2003 ont causées des dégâts sur la végétation et une partie de la ville de San Pedro. Le bassin transfrontalier de la rivière Bia qui héberge les plus vieux barrages hydroélectriques (Ayamé 1 & 2) de la Côte d'Ivoire a enregistré des inondations à forts impacts socio-économique en 1966 et 1975 puis en 2018 et 2019.

Les réflexions quant aux causes réelles de ces phénomènes attribuent systématiquement leurs avènements à des précipitations journalières dites exceptionnelles, car, les catastrophes pour la plupart surviennent après un épisode de pluie diluvienne. Pourtant, la nature d'un évènement pluvieux ne pourrait se définir par rapport aux dommages causés par l'évènement [2]; [3]. En effet une pluie peut avoir un impact considérable sur la population sans être statistiquement extrême. Dès lors, l'identification de la nature de tout évènement pluvieux s'avère nécessaires. Cette connaissance permet de mieux appréhender les phénomènes liés à la pluie et d'identifier les mesures concernant la réduction de son impact. C'est dans ce contexte que situe la présente étude. Elle a pour objectif de mettre en évidence la nature des évènements pluvieux sur le bassin versant de la rivière Bia. L'approche utilisée est la modélisation statistique. Elle consiste à associer à une variable de pluie ou de débits extrêmes une période de retour permettant d'identifier la nature exceptionnelle ou non [4]; [5].

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La Bia est une rivière transfrontalière entre la Côte d'Ivoire et le Ghana. La présente étude porte sur la partie ivoirienne du bassin qui couvre une superficie de 3905 Km² (figure 1). Le relief de la Bia est défini par des côtes variant de 98 à 119 m à dans la zone de Bianouan et parcourt les vallées en recoupant tous les alignements de collines. Cette altitude reste plus ou moins constante sur une dénivellation de 25 m jusqu'au barrage d'Ayamé 1 ou les altitudes atteignent 98 m. Le lit inférieur au barrage enregistre des altitudes allant de -4 à 43 m dans les localités d'Adaou et d'Aboisso jusqu'à l'embouchure (lagune Aby).

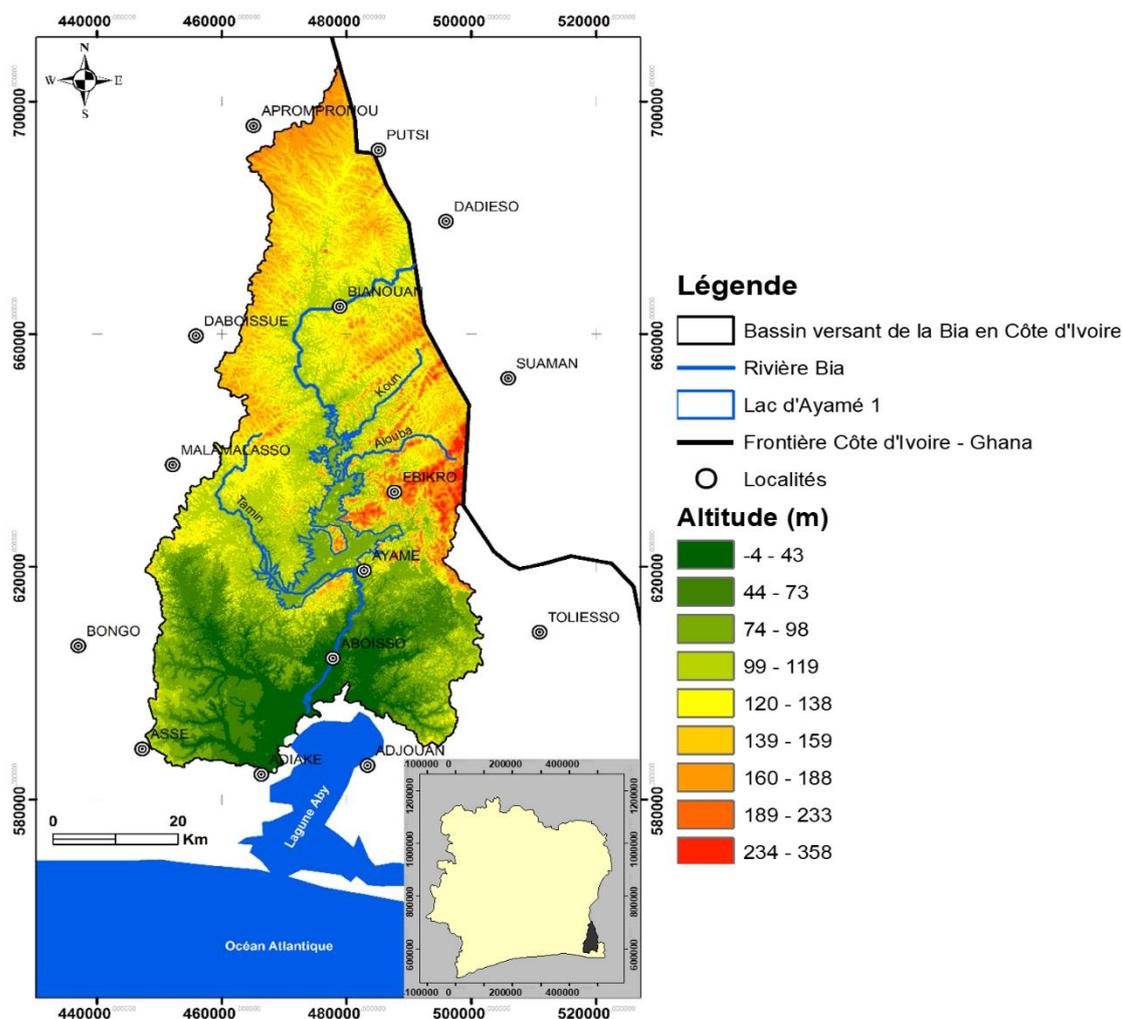


Fig. 1. Présentation du bassin versant de la Bia

Le lit majeur de la partie supérieure au lac d'Ayamé 1 enregistre des altitudes comprises entre 120 m et 138 m. Dans, l'extrême centre est (Ebikro) et nord (Diamarakrou) les altitudes sont les plus importantes et atteignent 358 m.

L'analyse pluviométrique faite par [6] met en évidence deux (2) zones climatiques sur le bassin de la Bia. Une zone tropicale humide (1460 mm) correspond au nord du bassin avec une seule saison des pluies et une zone subéquatoriale (1870 mm) correspond au Sud du bassin avec deux saisons des pluies distinctes.

3 DONNEES

Les données de pluies utilisées dans cette étude sont issues des stations d'Aboisso, d'Adiaké, d'Agnibilékro, d'Ayamé et de Bianouan. Elles sont constituées de pluie journalière disponible du 1^{er} janvier 1941 au 31 décembre 2000 et de pluie supérieure à 100 mm de 2001 à 2015. Les pluies journalières sont utilisées pour l'estimation des quantiles de pluie maximale alors que les pluies supérieures à 100 ont servi à analyser de la nature de la pluviométrie. Le choix du seuil de 100 mm a été guidé par les conclusions des travaux de [7]. En effet, ces auteurs ont révélé que le seuil minimal d'observation de la pluie anormale sur le bassin versant de la Bia est autour de 100 mm.

4 METHODE

4.1 ESTIMATION DES QUANTILES DE PLUIE JOURNALIERE EXTREME

La méthode de modélisation statistique est adoptée dans cette étude pour estimer les quantiles de pluie extrême. Elle se décline au choix des extrêmes de pluies et des lois statistiques ainsi qu'à l'estimation des fréquences empiriques et des paramètres des lois.

Les extrêmes de pluies choisies sont les pluies maximales journalières extraites à partir de la pluie journalière de 1941 à 2000 issues des différentes stations.

En ce qui concerne les lois statistiques, aucune règle n'existe dans la littérature permettant de justifier le choix d'un modèle statistique par rapport à un autre. Cependant, ce choix peut être guidé par les résultats des études antérieures. Ainsi, pour la présente étude, le choix des lois a été guidé par les conclusions des travaux menées en Côte d'Ivoire [8]; [9]; [10] et sur le bassin de la Bia [7]. En effet, ces auteurs ont révélé que les pluies extrêmes s'estiment de façon adéquate avec les lois de Fréchet, de Gumbel et Log normale 2 dont les fonctions de densité de probabilité sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1. Modèles statistiques présélectionnées pour l'ajustement des extrêmes de pluie

Modèles statistiques	Fonction de densité de probabilité	Paramètres
Gumbel	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[-\frac{x-u}{\alpha} - \exp \left(\frac{x-u}{\alpha} \right) \right]$	α, u
Fréchet	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left(1 - \frac{x-u}{\alpha} \right) \exp \left\{ - \left[1 - k \left(\frac{x-u}{\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{k}} \right\}$	α, u et k
Lognormale 2	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right\}$	μ et σ

Le choix des modèles statistiques est suivi de l'estimation de la fréquence empirique et des paramètres.

L'estimation de la fréquence empirique consiste pour chacune des lois sélectionnées à l'estimation la probabilité de non dépassement F_i qu'il convient d'attribuer à chaque valeur de pluie maximale. Il existe de nombreuses formules d'estimation de la fonction de répartition à l'aide de la fréquence empirique. Elles reposent toutes sur un tri de la série par valeurs croissantes permettant d'associer à chaque valeur son rang i . Dans cette étude, la méthode retenue pour les trois (3) lois est celle de Cunnane [11]. Cette probabilité empirique a l'avantage d'être moins biaisée sur les valeurs extrêmes [12].

$$F_i = \frac{i - 0,4}{n + 0,2}$$

Les paramètres de toutes ces lois sont déterminés par la méthode du maximum de vraisemblance car cette méthode a l'avantage de produire une faible variance d'échantillonnage des paramètres estimés et par conséquent une faible variance des quantiles [13] et [14].

Les quantiles de pluies maximales journalières sont estimés selon des périodes de retour de 6, 10, 30 et 100 ans. Ces périodes correspondent respectivement à des événements de nature anormale et très anormale puis exceptionnelle et très exceptionnelle. Tout événement de période de retour inférieur à 6 ans est par conséquent normal [4].

4.2 NATURE DES EVENEMENTS PLUVIOMETRIQUES DE 2001 A 2015

La nature de la pluie est mise en évidence en comparant la pluviométrie d'une station *i* aux quantiles de pluies de cette même station estimés par les différentes lois aux différentes périodes de retour. Par exemple, une pluie supérieure à 100 mm de la station d'Aboisso sera de nature anormale si son intensité est supérieure au quantile de pluie de période de retour de 6 ans mais inférieur à celui correspondant à la période retour de 10 ans de cette même station. Par cette démarche, on pourra distinguer les pluies de nature normale, anormale et très anormale puis les pluies exceptionnelles et très exceptionnelles.

5 RESULTATS

5.1 ESTIMATION DES QUANTILES DE PLUIE JOURNALIERE EXTREME

Le tableau 2 résume les quantiles de pluie journalière extrême estimés avec les lois de Fréchet (Fre), Log normale 2 (LN2) et de Gumbel (Gu) pour aux différentes périodes de retour. Les résultats montrent que les quantiles de pluie augmentent proportionnellement avec les périodes de retour. Dans la majorité des cas, les faibles valeurs de quantiles sont observées avec la loi de Gumbel à Agnibilékro alors que les plus fortes valeurs s'enregistrent avec la loi de Fréchet à Adiaké. En outre, le seuil minimal d'occurrence de la pluie anormale (pluie de période de retour de 6 ans) et très anormale (pluie de période de retour de 10 ans) est respectivement de 103 mm et 116 mm tandis que la pluie exceptionnelle (pluie de période de retour de 30 ans) et très exceptionnelle (pluie de période de retour de 100 ans) survient selon une hauteur minimale de pluie respectives 143 mm et 171 mm. A l'extrême, la pluie exceptionnelle et très exceptionnelle s'observe pour une pluviométrie respective de 321 mm et 361 mm alors que la pluie anormale et très anormale, sont observées selon des seuils respectifs de 186 mm et 208 mm.

Tableau 2. Quantiles de pluie journalière extrême

Stations	Lois	Nature de pluie maximale journalière			
		Très exceptionnelle	Exceptionnelle	Très anormale	Anormale
Aboisso	Fre	247	205	168	150
	LN2	243	205	169	151
	Gu	243	204	168	150
Adiaké	Fre	361	321	208	185
	LN2	301	253	208	186
	Gu	299	251	206	184
Agnibilékro	Fre	173	144	116	103
	LN2	174	144	117	104
	Gu	171	143	116	103
Ayamé	Fre	258	200	154	134
	LN2	223	186	153	136
	Gu	216	182	149	134
Bianouan	Fre	337	263	202	175
	LN2	322	260	204	178
	Gu	298	246	198	175

5.2 NATURE DES EVENEMENTS PLUVIEUX DE 2001 A 2015

Le tableau 3 résume la nature de la pluviométrie aux différentes stations de 2000 à 2015. Les résultats mettent en évidence huit (08) évènements pluvieux ayant une probabilité d'occurrence supérieure à 6 ans. Ces évènements sont constitués de quatre (04) pluies

anormales, trois (03) pluies très anormales et une (01) pluie exceptionnelle. Les pluies anormales ont été observées à Aboisso les 09 et 10 juin 2009 et à Adiaké le 04 octobre 2007 et 11 juin 2009. Les pluies très anormales sont survenues à Adiaké et à Agnibilékro respectivement les 03 juin et 19 mai 2004 puis à Ayamé le 07 octobre 2015. L'unique pluie exceptionnelle a été enregistrée à Bianouan le 28 juillet 2007.

Tableau 3. Nature des évènements pluvieux de 2001 à 2015

Année	Lois	Aboisso	Adiaké		Agnibilékro	Ayamé	Bianouan
		Pluie anormale (en jour)	Pluie anormale (en jour)	Pluie très anormale (en jour)	Pluie très anormale (en jour)	Pluie très anormale (en jour)	Pluie exceptionnelle (en jour)
2004	Fre	0	0	1	1	0	0
	LN2	0	0	1	1	0	0
	Gu	0	0	1	1	0	0
2007	Fre	0	1	0	0	0	1
	LN2	0	1	0	0	0	1
	Gu	0	1	0	0	0	1
2009	Fre	2	1	0	0	0	0
	LN2	2	1	0	0	0	0
	Gu	2	1	0	0	0	0
2015	Fre	0	0	0	0	1	0
	LN2	0	0	0	0	1	0
	Gu	0	0	0	0	1	0

6 DISCUSSION

La nature des précipitations, a été analysée sur le bassin versant de la Bia de 2001 à 2015 à partir des quantiles de pluie estimés par les lois de Fréchet, de Gumbel et Log normale 2 de 1941 à 2000. Ainsi, les quantiles estimés révèlent que le seuil minimal d'observation de la pluie anormale est autour de 100 mm. Cette valeur a été identifiée comme seuil minimale de risque d'inondation de la ville d'Abidjan [15]. Par ailleurs, du 1^{er} janvier 2001 au 31 décembre 2015, les trois (3) modèles mettent en exergue huit (08) évènements pluvieux dont la probabilité d'occurrence excède 6 ans sur le bassin de la Bia. Ces évènements sont constitués de quatre (4) pluies de nature anormale dont deux (2) à Aboisso et deux (2) Adiaké, de trois (3) pluies très anormales survenues à Adiaké, à Ayamé et à Agnibilékro puis une (1) pluie exceptionnelle observée à Bianouan. Ainsi, de 2001 à 2015 sur le bassin versant de la rivière Bia, la zone d'Aboisso a enregistré des évènements pluviométriques de période de 6 ans. À Adiaké, à Ayamé et à Agnibilékro les pluies extrêmes sont survenues selon une période de retour de 10 ans alors qu'à Bianouan les évènements extrêmes liés à la pluie ont une période de retour de 30. Cependant, une absence de pluie de nature très exceptionnelle ($T = 100$ ans) est donc observée. Ces résultats montrent que les évènements pluviométriques extrêmes entre 2001 et 2015 n'ont pas affecté le bassin de la Bia de la même manière. Cette différence dans la répartition de la pluie extrême a été déjà mise en exergue dans plusieurs études [6]; [16] sur ce même bassin versant. En effet, selon ces auteurs une décroissance est observée sur le bassin versant de la Bia du Sud vers le Nord. Cette évolution a été mise en évidence dans la présente étude dans la mesure où sur les huit (8) pluies statistiquement extrêmes observées, cinq (5) sont survenues à au sud du bassin (Aboisso et à Adiaké). Aussi, les pluies du 09, 10 et 11 juin 2009 qui ont été anormales à Adiaké et Aboisso se sont avérées normales sur le reste du bassin de la Bia. La proportion annuelle des évènements pluviométriques observés pour les différentes stations de 2001 à 2015, reste inférieure à 1 évènement par an. Cette faible proportion montre que la pluie a été majoritairement normale entre 2001 et 2015 révélant ainsi une baisse des extrêmes [17]. ont observés une tendance en baisse des extrêmes de pluie aux sud-est de la Côte d'Ivoire. En outre les trois (3) modèles convergent dans l'estimation des évènements pluviométrique extrême aux différentes stations. Cette convergence s'explique par les faibles erreurs relatives (inférieure à 10%) observées entre les quantiles estimés de 1941 à 2000 [7]. Ainsi, sur le bassin versant de la Bia l'un des trois (3) modèles (Fréchet, Gumbel et Log normale 2) utilisés dans la présente étude peut servir dans l'estimation de la nature des pluies liée aux phénomènes extrêmes. Une telle observation pourrait justifier la préférence de la loi de Gumbel au profit des autres lois [18]; [18] et [19]. En effet, la simplicité de sa formulation et l'aisance dans la détermination de ses paramètres sont de nature à privilégier ce modèle au profit des autres dont la complexité justifie une rare utilisation [18].

7 CONCLUSION

Les résultats de cette ont montré à partir des quantiles estimés que le seuil minimale de pluie anormale sur le bassin de la Bia est de 103 mm. Une convergence des trois (3) lois (Gumbel, Fréchet et Log normale 2) dans l'identification de la nature de la pluviométrie a été

observée. Ainsi, ces quantiles ont permis de mettre en évidence huit (8) événements pluviométriques de période de retour excédant 6 ans en évidence. Ces événements sont composés de quatre (4) pluies de nature anormale dont deux (2) à Aboisso (09 et 10 juin 2009) et deux (2) Adiaké (11 juin 2009 et 04 octobre 2007), trois (3) pluies très anormales survenues à Adiaké (03 juin 2004), à Ayamé (07 octobre 2015) et à Agnibilékro (19 mai 2004) puis une (1) pluie exceptionnelle observée à Bianouan (28 juillet 2007).

C'est donc dire que de 2001 à 2015, sur le bassin versant de la Bia, la pluie a été majoritairement normale (période de retour inférieur à 6 ans). En outre aucun événement pluviométrique très exceptionnel (période de retour supérieur ou égale à 100 ans) n'a été observé.

REFERENCES

- [1] Hauhouot et Tamboura, "Analyse du risque pluvial dans les quartiers précaires d'Abidjan: Etude de cas à Attécoubé. *Geo-Eco-Trop*, 32, p. 75 – 82, 2008.
- [2] S. Sene et P. Ozer, Évolution pluviométrique et relation inondations – événements pluvieux au Sénégal. *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 42, p. 27-33, 2012.
- [3] G. Panthou, Analyse des extrêmes pluviométriques en Afrique de l'Ouest et de leurs évolutions au cours des 60 dernières années. Thèse de Doctorat Université de Grenoble, 283p, 2013.
- [4] B. Monhymont et G. R. Demaree, Courbes intensité-durée-fréquence des précipitations à Yangambi, Congo, au moyen de différents modèles de type Montana. *Journal des Sciences Hydrologiques*, 51 (2), pp. 239 – 253, 2006.
- [5] N. B. Nnomo, Contribution à l'actualisation des normes hydrologiques en relation avec les changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest. Thèse unique de doctorat, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, France, 254p, 2016.
- [6] N. H. Meledje, K. L. Kouassi, Y. N. N'go et I. Savane, Caractérisation des occurrences de sécheresse dans le bassin hydrologique de la Bia transfrontalier entre la Côte d'Ivoire et le Ghana: contribution des chaînes de Markov. *Cah Agric*, 24 (3): 186 -197. Doi: org/10.1684/agr.2015.0755, 2015.
- [7] K. M. Kouassi, K. B. Yao, N. H. Meledje, K. L. Kouassi, N. Soro et J. Biemi, Extreme rainfall estimation on Bia Watershed River in south-eastern of Côte d'Ivoire: theoretical and practical approaches application. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 6 n° 2, p. 24 – 28, 2019.
- [8] B. T. A. Goula, B. Konan, Y. T. Brou, I. Savane Fadika V. et Srohourou B, Estimation des pluies exceptionnelles journalières en zone tropicale: cas de la Côte d'Ivoire par comparaison des lois Lognormale et de Gumbel. *J. des Sc. Hydrologiques*, 52 (2), p. 49 – 67, 2007.
- [9] G. E. Soro 2011. Modélisation statistique des pluies extrêmes en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat Universtisé Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 192p.
- [10] A. M. Kouassi, R. A. Nassa, K. B. Yao, K. F. Kouame, et J. Biemi, Modélisation statistique des pluies maximales annuelles dans le district d'Abidjan (sud de la Côte d'Ivoire). *Revue des sciences de l'eau*, 31 (2), p. 147–160, 2018b.
- [11] C. Cunnane, Unbiased plotting position. *Journal of Hydrology*, 37, p. 205 – 222, 1978.
- [12] S. Guo, A discussion on unbiased plotting positions for the extreme value distribution. *Journal of Hydrology*, 121 (1-4), p. 33 – 44, 1990.
- [13] J. Greenwood, J. Landwehr, N. Matalas et J. Wallis, Probability weighted moments: definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form. *Water Resources Research*, 15, p. 1049 – 1054, 1979.
- [14] P. Meylan, A. C. Favre et A. Musy, Hydrologie fréquentielle, une science prédictive. 1ere Edition. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 174p, 2008.
- [15] L. Konate, B. H. Kouadio, B. K. Dje, G. E. Ake, B. V. H. N'guessan, L. Gnagne, Caractérisation des pluies journalières intenses et récurrences des inondations: apport des totaux glissants trois (3) jours à la détermination d'une quantité seuil d'inondation (District d'Abidjan au Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 17 No. 3, p. 990-1003, 2016.
- [16] K. M. Kouassi, K. L. Kouassi, K. B. Yao, N. H. Meledje, J. Biemi, T. Lasm et R. Nathalie, Variabilité des extrêmes pluviométriques sur le bassin versant de la rivière Bia (Sud-Est, Cote d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 14 (2), p. 1857 – 7881, 2018a.
- [17] A.B.T. Goula, G. E. Soro, W. Kouassi, et B. Srohourou Tendances et ruptures au niveau des pluies journalières extrêmes en Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *Journal-des Sciences Hydrologiques*, Vol. 57, No. 6, p. 1067–1080, 2012.
- [18] A. I. Ague et A. Afouda, Analyse fréquentielle et nouvelle cartographie des maxima annuels de pluies journalières au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9 (1), p. p121-133, 2015.
- [19] J.-M. Fallot et J.-A., Hertig, Détermination des précipitations extrêmes en Suisse à l'aide d'analyses statistiques et augmentation des valeurs extrêmes durant le 20ème siècle. *Mémoire de la Société vaudoise des Sciences naturelles*, p. 23-34, 2013.