



Caractérisations hydro-pluviométriques des inondations dans le bassin versant de Couffo à Lanta

Koumassi Dègla Hervé¹

¹ Laboratoire Pierre Pagney "Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement" (LACEEDE/UAC, Abomey-calavi, Bénin)

RÉSUMÉ

Les inondations constituent l'un des risques majeurs de ces dernières décennies. L'objectif de la présente étude est d'analyser les caractéristiques hydro pluviométriques des inondations dans le bassin versant du Couffo à Lanta.

L'approche méthodologique utilisée a consisté en l'analyse fréquentielle des données génératrices des inondations.

De l'analyse des données il ressort que les aléas de crue de forte probabilité (événement fréquent période de retour entre 2 et 5 ans) c'est-à-dire les événements provoquant les premiers dommages conséquents ont un débit qui se situe entre 65 et 141 m³/s par an.

De même, les inondations pluviales fréquentes dans le bassin sont causées par les aléas (pluies maximales) de forte probabilité (période de retour entre 2 et 5 ans) situés entre 36 et 141 mm par jour. Les inondations pluviale moyennes dans le bassin versant de Couffo (période de retour 10 à 20 ans) sont causées par les pluies maximales dont les valeurs sont comprises entre 99 et 259 mm.

Mots clés : Inondations ; hydro-pluviométriques, bassin versant, caractérisations ; Couffo à Lanta

Hydro-pluviometric characterizations of flooding from Couffo watershed to Lanta

Abstract

Floods are one of the major risks of recent decades. The purpose of this study is to analyze the hydro-rainfall features of floods from Couffo watershed to Lanta.

The methodological approach consisted in generating data for flood frequency analysis.

It appears from the results that the high probability floods events (frequent event return period between 2 and 5 years) i.e the events causing the first damages have a flow between 65 and 141 m³ / s per year.

Similarly, frequent flooding in the basin is caused by high probability (high rainfall) hazards (return period between 2 and 5 years) between 36 and 141 mm per day. The medium-sized rain flooding in Couffo watershed (10 to 20 years return period) is caused by maximum rainfall with values between 99 and 259 mm.

Keywords: flood, hydro-pluviometric, watershed, characterizations, Couffo in Lanta

¹ Corresponding author: kharidad1@gmail.com

INTRODUCTION

Les inondations proviennent en général des phénomènes hydro climatiques extrêmes qui ont marqué toutes les époques et partout dans le monde [1]. Dans le contexte actuel de changements climatiques, il est vraisemblable que les fortes précipitations, les inondations dévastatrices et les vagues de chaleur continueront à devenir plus intense et plus fréquentes dans le monde [2]. Les inondations ont à leur origine des événements météorologiques-hydrologiques qui, à cause de leur nature stochastique, sont très difficiles à prévoir quant à leur période de retour et leur intensité. Les catastrophes naturelles ont toujours posé de graves problèmes à travers le monde parce qu'elles touchent un grand nombre de personnes, les inondations figurent parmi les catastrophes naturelles ayant chaque année l'impact le plus significatif. À l'échelle mondiale, le nombre de personnes touchées et les pertes économiques liées aux inondations sont en augmentation. De 1981 à 1990, 147 millions de personnes ont été touchées en moyenne chaque année par des catastrophes naturelles. Ce nombre a augmenté à 211 millions de personnes par an entre 1991 et 2000 et plus de 30% de ces personnes ont été touchées par les inondations [3]. Entre 2004 et 2005, environ 200 millions de personnes ont été affectées par les inondations et plus de 13 000 en sont mortes [4].

L'Afrique de l'ouest, considérée comme l'une des régions la plus vulnérable au changement climatique où une hausse exponentielle des inondations consécutives à des fortes pluies [5] entraîne des pertes en vies humaines alors que les sécheresses des années 70 et 80 continuent de se faire sentir dans le Sahel [6]. Ces événements climatiques ont exacerbé les inégalités entre les populations et accentué le degré de la pauvreté. La vulnérabilité des communautés locales face à ces risques climatiques devient de plus en plus élevée. Les inondations font partie de ces risques dits "naturels" que l'homme ne peut pas entièrement contrôler, mais qu'il peut analyser rétrospectivement et que des mesures préventives peuvent atténuer. La compréhension et la gestion des inondations sont des problématiques récurrentes dans les sociétés actuelles. La détermination des caractéristiques des phénomènes hydro pluviométriques responsables des inondations est un préalable dans la gestion des risques d'inondation.

Milieu d'étude

Le bassin versant de Couffo est situé entre 6°30' et 7° 35' de latitude nord et 1°38' et 1° 07' de longitude est (fig 1). Il est limité au nord par les bassins versants de Mono et du Zou ; à l'est par les bassins versants du Zou, de Hlan et la rivière des cinq doigts ; à l'ouest et au sud par le bassin versant de Mono. Le bassin versant du Couffo est caractérisé par un climat de type subéquatorial avec deux saisons de cultures dont une principale allant d'Avril à Juillet et une petite allant d'Octobre à Novembre. Ce climat a mis en place un réseau hydrographique assez dense dominé par le fleuve Couffo long de 190 km. Il prend sa source au Togo à 240 m d'altitude, à proximité de la frontière, près du village de Tchetti. Il suit d'abord une direction NW-SE. Après 100 km de parcours, il entaille les formations du Continental Terminal et prend progressivement une direction N-S. 54 km plus loin, il se jette dans le Lac Ahémé long de 24 km et dont l'exutoire est le complexe lagunaire de la "Bouche du Roi". Ce cours d'eau alimente plusieurs types de sols que sont : - Les vertisols sont des sols noirs montmorillonitiques, très fertiles, sur les formations marneuses ou calcaires du Paléocène et de l'Eocène de la dépression médiane de Tchi-Ahomandégbé. Avec une profondeur de 1 m, ces sols sont médiocres du point de vue perméabilité et quantité d'eau réellement disponible pour les plantes. Ils subissent un engorgement en période pluvieuse et deviennent plus ou moins asphyxiants aux cultures. Ils sont formés sur les alluvions des basses vallées et le taux d'argile varie de 60 à 75% tandis que les taux en limons et en sable sont faibles, entre 7 et 16% [7].

- Les sols hydromorphes sont des sols dont l'évolution et la classification sont liées à la présence et à l'action de l'eau : eau pluviale, eau de débordement des fleuves, eau de remontée de la nappe phréatique très superficielle qui créent des situations d'engorgement périodique de durée variable. Ils sont très fertiles mais inondés de façon saisonnière par les crues du fleuve Couffo.

- les sols peu évolués ou sols minéraux bruts, caractérisés par un minimum de différenciation des horizons de surface et profonds. On les rencontre dans les cordons littoraux. Ce sont des sols très perméables avec une capacité de rétention en eau très faible

- les sols faiblement ferrallitiques, ils se développent sur n'importe quelle roche suffisamment riche en fer et constituent un milieu bien drainé. Ce sont des formations argilo-sableuses du Continental terminal à structure bien nette dans les horizons profonds et à structure assez poreuse dans les horizons supérieurs, en liaison avec une intense activité biologique. Ils doivent leur perméabilité et drainage aux sables mais surtout à la bonne répartition des sables à l'intérieur de l'ensemble.

Ils sont fertiles mais très sensibles à la dégradation anthropique, au feu et à l'érosion. Parmi les sols exondés, les sols ferrallitiques apparaissent sur le plan physique comme d'excellents supports des formations forestières denses humides.

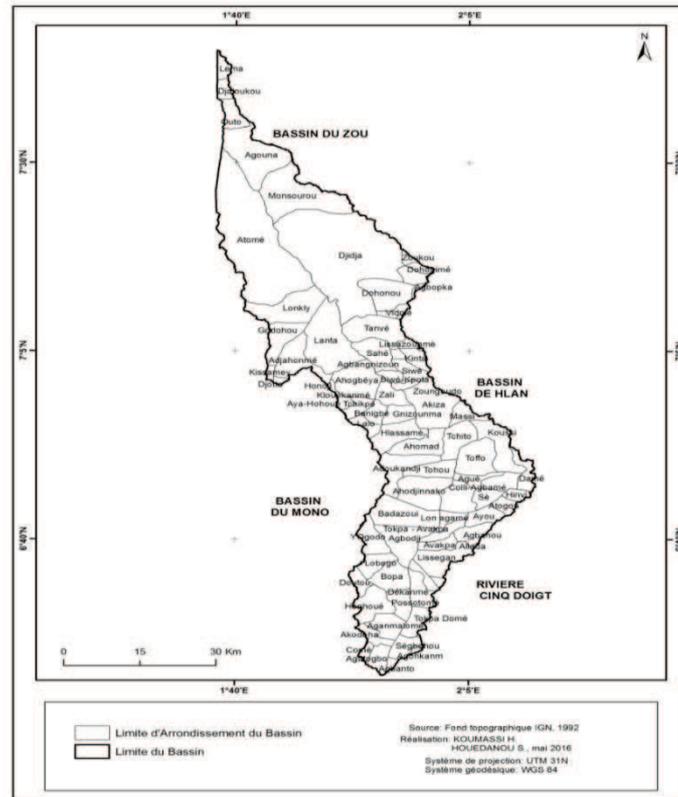


Figure 1 : Situation du bassin versant du Couffo

METHODE D'ETUDE

Les données utilisées dans la présente étude concernent les données pluviométriques issues des stations pluviométriques du Bassin de Couffo sur la période 1965 - 2015; les données hygrométriques extraites du fichier de la DG-Eau sur la période 1965-2015 les données pédologiques, planimétriques, hydrographique; les données socio-agricoles relatives aux systèmes et techniques de culturales de la maïsiculture dans le bassin versant du Couffo. Ces informations ont été obtenues respectivement à l'ASCENA, auprès des agriculteurs et des agents du développement rural.

Méthode d'analyse fréquentielle des séries hydro-pluviométriques

L'évaluation des caractéristiques des hydro pluviométriques des inondations à consister en détermination des paramètres comme la période de retour de crues (fréquentes, moyennes, exceptionnelles et maximale vraisemblable) ; la hauteur et la durée de crue ; la vitesse d'écoulement [8]; [9]. Dans la présente étude, la période de retour des crues et des hauteurs de pluies maximales ont été estimées. En effet, l'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné (hydrologique ou autre), afin d'en définir les probabilités d'apparition future. L'analyse fréquentielle a pour but d'estimer les probabilités d'occurrence d'un phénomène donné à partir de relevés hydrologiques. Les données utilisées dans cette analyse doivent être évaluées en tenant compte des objectifs, de la durée et de l'exhaustivité des relevés disponibles. Elles doivent aussi satisfaire à certains critères statistiques, notamment en ce qui concerne leur caractère aléatoire, leur indépendance, leur homogénéité et leur stationnarité. C'est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné (hydrologique ou autre), afin d'en définir les probabilités d'apparition future. L'analyse fréquentielle est utilisée, en particulier, pour estimer l'ampleur de l'événement temporel T_x auquel est associé un période de retour T (quantile de période de retour T ou de probabilité au dépassement $p = 1/T$).

L'analyse fréquentielle des séries pluvio hydrologiques journalière permet d'estimer le temps de retour d'une valeur maximale annuelle journalière. Cette prédiction repose sur la définition et la mise en œuvre d'un modèle fréquentiel qui

est une équation décrivant (modélisant) le comportement statistique d'un processus. Ces modèles décrivent la probabilité d'apparition d'un événement de valeur donnée. C'est du choix du modèle fréquentiel (et plus particulièrement de son type) que dépendra la validité des résultats de l'analyse fréquentielle. La figure 2 résume les différentes étapes de l'analyse fréquentielle.

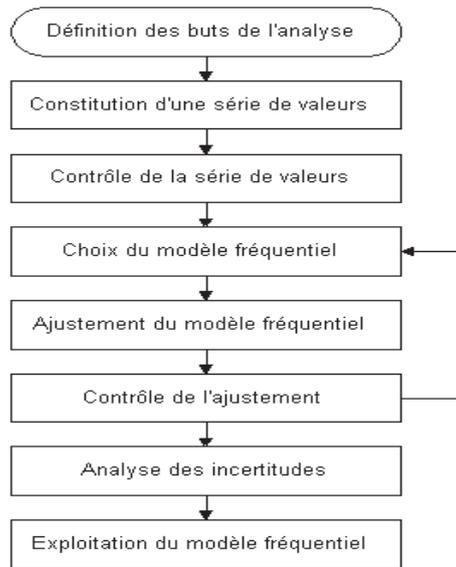


Figure 2: Principales étapes de l'analyse fréquentielle Source : [10]

RESULTATS

Caractérisation hydrologique des crues d'inondation

La caractéristique hydrologique des crues consiste à estimer les débits de pointe responsables des crues dans le bassin. Pour parvenir, il faut s'assurer l'indépendance, la stationnarité et l'homogénéité des données. Le tableau 1, présente les résultats des tests statistiques d'indépendance, de stationnarité et d'homogénéité appliqués aux débits maximaux dans le bassin de Couffo à Lanta.

Table 1: Statistiques des tests d'indépendance, de stationnarité et d'homogénéité des données de débit dans le Couffo à Lanta.

Stations	Paramètres	d'homogénéité de Wilcoxon Valeurs	d'indépendance de Wald-Wolfowitz Valeurs
Lanta	K	0,197	0,645
	Sigma	36	-0,459

Ajustement aux lois des débits maximaux

La figure 3 traduit un ajustement des séries hydrologiques par la loi de normale sur la période 1965-2007.

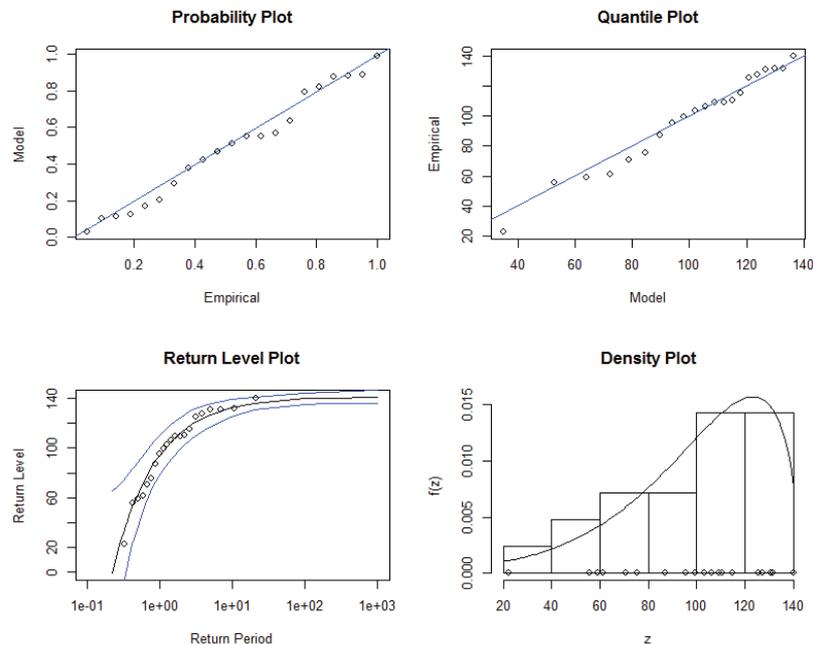


Figure 3: Ajustement de la loi GEV aux débits maximaux à Lanta Source: traitement des données, 2016

La figure 3 montre les graphiques sortis du traitement des débits de pointe par la loi GEV. Les diagrammes probability-plot et quantile plot sont des outils graphiques permettant d'évaluer la pertinence de l'ajustement d'une distribution donnée à un modèle théorique. Ceci permet une appréciation graphique de la concordance entre une distribution observée et un modèle théorique.

A partir de l'équation de la droite de la loi GEV, les quantiles des débits maximaux ont été calculés pour différentes périodes de retour et leurs intervalles de confiance (Tableau 2)

Table 2: Quantile de débits de pointe et leurs périodes de retour à Lanta

2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
85	120	140	157	176	189
[65-98]	[99-141]	[116 -165]	[129-185]	[144-208]	[154-224]

De l'analyse du tableau, il ressort que les aléas de crue de forte probabilité (événement fréquent période de retour entre 2 et 5 ans) c'est-à-dire les événements provoquant les premiers dommages conséquents ont un débit qui se situe entre 65 et 141 m³/s par an. Les crues moyennes (période de retour de 10 à 20 ans) responsables des inondations fluviales sont causées par les débits dont les valeurs sont situées entre 116 et 185 m³/s par an et plus loin les événements rares c'est-à-dire les événements de faible probabilité (période de retour de 50 à 100 ans) sont causés par les aléas de crue dont les valeurs se situent entre 144 et 224 m³/s par an. Dans le cadre de l'élaboration des politiques de gestion des risques d'inondation, les aléas de probabilité moyenne correspondent dans la plupart des cas à l'aléa de référence choisi.

Caractérisation pluviométrique d'inondation

Le tableau 3, présente les résultats des tests statistiques d'indépendance, de stationnarité et d'homogénéité appliqués aux pluies maximaux dans le bassin de Couffo à Lanta.

Table 3: Statistiques des tests d'indépendance, de stationnarité et d'homogénéité des données des pluies maximales dans le Couffo à Lanta.

Stations	aramètres	d'homogénéité	d'indépendance
		de wilcoxon	Wald-Wolfowitz
		Valeurs	Valeurs
Aplahoué	K	0,042	0,169
	Sigma	257	-1,373
Pobè	K	0,986	0,027
	Sigma	379,5	-2,198
Athiéme	K	0,623	0,71
	Sigma	125	-0,371
Grand_Popo	K	0,948	0,575
	Sigma	342	-560
Lokossa	K	0,874	1
	Sigma	167,5	0
Abomey	K	0,036	0,169
	Sigma	253	-1,373
Djakotomey	K	0,519	0,073
	Sigma	245	-1,789
Tchètti	K	0,903	0,748
	Sigma	225,5	-0,32

Ajustement aux lois des pluies maximales

Les figures 4 et 5 présentent un ajustement des séries hydrologiques par la loi de distribution GEV sur la période 1965-2008. Les ajustements sont faits sur l'ensemble des stations du bassin. Mais pour des raisons de représentativité, deux sont présentées ici c'est-à-dire une station au sud et une au nord du bassin.

Les graphiques Probabilité (P-plot) ou Quantile – Quantile (Q- plot) sont utilisés pour tester l'adéquation des modèles des valeurs extrêmes. Ces outils graphiques simples permettent de comparer la fonction de répartition empirique (pour un P- plot) ou les quantiles (pour un Q-plot) d'un échantillon de données à ceux d'un échantillon issu d'une loi théorique (ici GEV). Si la loi observée est la même la loi que la loi théorique, les points sur ces graphiques doivent être confondus avec la première bissectrice du plan. En théorie, si les observations sont issues de la loi théorique, alors les points du graphique doivent se situer le long de la première bissectrice. En pratique, à l'exception de quelques points extrêmes, la plupart des autres points doivent se situer autour de cette droite. Un tel graphique peut nous aider à choisir une loi pour ajuster à nos observations.

A partir de l'équation de droite, les quantiles de pluie maximales ont été estimés pour différentes périodes de retour. Le tableau 4, présente les quantiles de pluies estimés sur plusieurs périodes de retour dans les stations de Couffo à Lanta.

Koumassi Dégla Hervé / JISTEE, Vol. (v), No. 2, December 2020, pp. 20-27

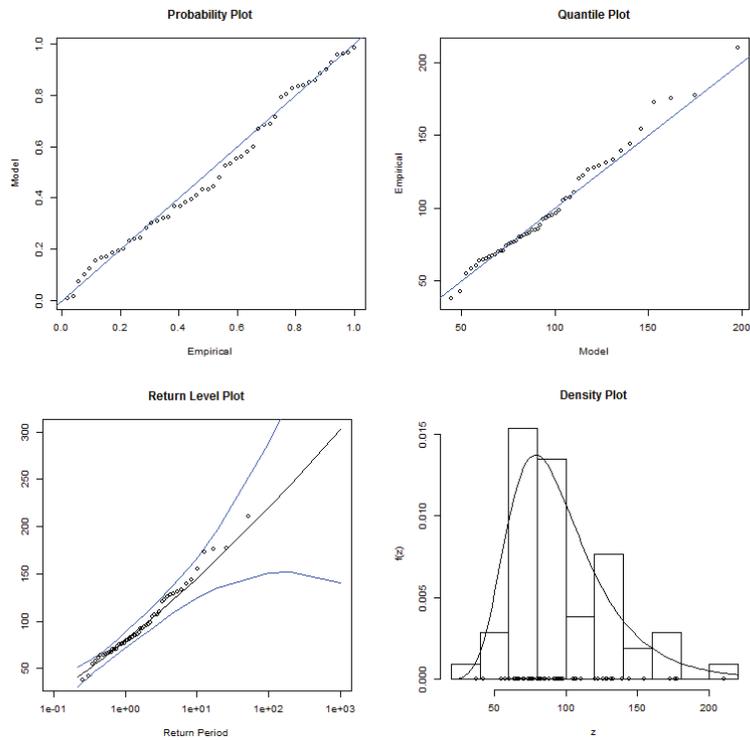


Figure 4 : Ajustement des pluies max par la loi GEV à Bopa

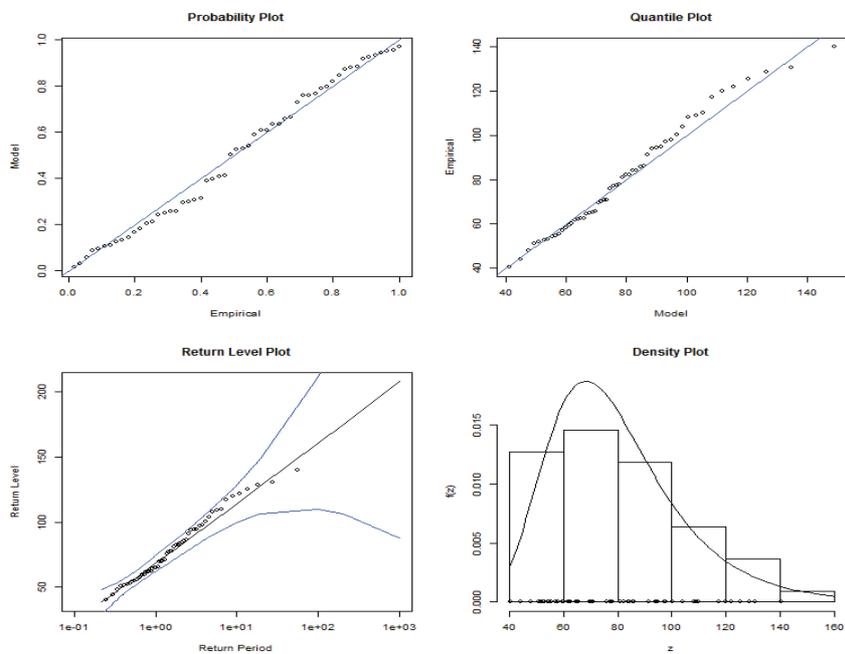


Figure 5 : Ajustement des pluies max par la loi GEV à Tchetti

Table 4: Quantile de débits et leurs périodes de retour à Lanta

Période de retour (ans)	Aplahoué	Athiémé	Bopa	Grand-Popo	Lokossa	Abomey	Djakotomey	Tchetti
	78	48	82	89	77	77	94	76
2	[72-84]	[36-60]	[74-89]	[78-100]	[69-85]	[72-83]	[85-103]	[63-88]
	100	82	109	131	101	97	107	122
5	[91-110]	[71-93]	[97-120]	[113-149]	[88-113]	[89-106]	[96-118]	[102-141]
	115	97	127	159	116	111	124	153
10	[103-127]	[86-108]	[112-141]	[136-181]	[100-132]	[100-122]	[109-138]	[127-178]
	129	108	144	185	131	124	140	182
720	[115-144]	[99-119]	[126-162]	[157-213]	[112-151]	[110-137]	[121-158]	[151-213]
	148	118	166	220	151	140	160	220
50	[129-166]	[108-129]	[144-189]	[185-257]	[126-175]	[123-157]	[138-183]	[182-259]
	162	124	183	245	165	153	176	249
100	[140-183]	[113-135]	[157-209]	[206-285]	[137-193]	[133-172]	[150-202]	[205-293]

De l'analyse de ce tableau, il ressort que les inondations pluviales fréquentes dans le bassin sont causées par les aléas (pluies maximales) de forte probabilité (période de retour entre 2 et 5 ans) situés entre 36 et 141 mm par jour. Les inondations pluviales moyennes dans le bassin versant de Couffo (période de retour 10 à 20 ans) sont causées par les pluies maximales dont les valeurs sont comprises entre 99 et 259 mm. De même, les inondations pluviales rares ou exceptionnelles sont quant à elles causées par les pluies journalières dont les hauteurs sont situées entre 108 et 293 mm par an.

CONCLUSION

Il ressort de cette étude que deux types d'inondation se situaient dans le bassin de Couffo à Lanta. Il s'agit des inondations pluviales et fluviales. Les crues responsables des inondations fluviales fréquentes varient entre 65 et 141 m³/s par an alors celles exceptionnelles se situent entre 116 et 185 m³/s par an. Dans le même ordre d'idée les inondations pluviales responsables des inondations fréquentes varient entre 36 et 141 mm par jour alors celles exceptionnelles se situent entre 108 et 293 mm par an. Les inondations sont aggravées par d'autres facteurs dont notamment les actions anthropiques. Une connaissance des caractéristiques des inondations dans bassin constitue un outil d'aide à décision. Les différentes mesures de réduction des risques d'inondation se baseront sur ces caractéristiques pour la prise de décision.

Références

- [1] OMM. 2006. Temps-Climat-Eau : la prévention des catastrophes naturelles et l'atténuation de leurs effets. OMM-N°993, Genève, 34 p
- [2] GIEC. 2007. Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Résumé à l'intention des décideurs, 12 p
- [3] Pilon, P. J. 2001. Guidelines for Reducing flood losses. International Strategy for Disaster Reduction, United Nations.
- [4] Luong A. T. 2012. Flood risks evaluation for Huong river basin, ThuaThien Hue province, Centre of Vietnam; Doctorat en science de l'environnement; 325p
- [5] Sarr M.A. 2011. Variabilité pluviométrique en Afrique de l'ouest : dynamique des espaces végétaux à partir des images satellitales. Exemple du bassin versant du Ferlo (Sénégal), Journées de climatologie, Nantes, 13-14 mars 2008, Climat et sociétés. Climat et végétation, pp 57-76
- [6] Sircoulon J. 1994. Impact possible des changements climatiques à venir sur les ressources en eau des régions arides et semi-arides. WMO/TD-n°380, 87 p.
- [7] Boko M. 1988. Climats et communautés rurales au Bénin: rythmes climatiques et rythmes du développement. Thèse de Doctorat d'Etat. 2 tomes, CRC, URA 909 CNRS, Université de Bourgogne, Dijon 601 p.
- [8] Dauphine, A. 2001. Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer, Armand Colin, coll. «U », 288 p.
- [9] Tacnet, J.M , et Burnet, R. 2007. Risques naturels Organisation de la gestion et de la prévention en France : Eléments pour une comparaison transfrontalière Version 1.3. PRINAT-Action n°2-Panorama de l'organisation de la gestion des risques naturels en France, 55 p.
- [10] Benyahya L, Anik D, Daniel C, Dan B, Andre ST- H. 2009. Caractérisation du régime naturel du débit des bassins versants de l'Est du Canada. Rapport de recherche. 67p