

# **Extrêmes hydro-pluviométriques et dégradation des terres autour du fleuve l’Ouémé à Bonou au Bénin**

Dr Cyr Gervais ETENE, Dr Oussemi AROUNA, Dr Blaise T. DONOU, M. Japhet D. KODJA et Prof Michel BOKO

*Laboratoire Pierre Pagney Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE), Université d’Abomey-Calavi, 03 BP 1122, Cotonou, Bénin Email : cyr\_gervais\_etene@hotmail.com, mboko47@live.fr*

## **Résumé**

Le présent travail évalue les implications des pluies extrêmes et les crues exceptionnelles de même que la dégradation des terres autour du fleuve l’Ouémé à Bonou au Bénin. En effet, les perturbations hydro-pluviométriques observées ces derniers temps amplifiées par le phénomène de l’occupation incontrôlée des berges ont contribué énormément à la dégradation et le comblement dudit fleuve.

Pour apprécier les phénomènes extrêmes et le processus d’érodibilité des terres, les données hydro-pluviométriques, démographiques, topographiques, hydrogéologiques, etc. ont été utilisées. Les investigations en milieu réel appuyées des indicateurs ont aidé à apprécier la manifestation du phénomène de la dégradation des terres. De plus, l’étude de la cartographie a permis d’inventorier les secteurs les plus vulnérables à l’érosion et aux inondations. Aussi, les méthodes statistiques ont permis de calculées les paramètres de dispersion et autres.

Il résulte de ce travail que les effets de changements climatiques amplifiés par les actions anthropiques ont accentué les événements pluvieux extrêmes et hydrologiques dans le milieu d’étude. Le bilan de l’occupation du sol a montré qu’entre 2000 et 2013, les espaces agricoles, habités et masse d’eau ont évolué considérablement. Les facteurs explicatifs de cette dégradation sont entre autre l’augmentation des phénomènes extrêmes, les différents types d’aménagement de l’espace, etc.

**Mots clés :** Fleuve Ouémé, extrêmes hydro-pluviométriques, érosion, dégradation

## **Abstract :**

The present work estimates the implications of the extreme rains and the exceptional floods as well as the degradation of lands around the river Ouémé at Bonou in Benin. Indeed, the hydro-pluviometric disturbances observed lately amplified by the phenomenon of the uncontrolled activity of banks contributed enormously to the degradation and the filling of the aforementioned river.

To appreciate the extreme phenomena and the process of érodibilité lands, the hydro-pluviometric, demographic, topographic, hydrogeological data, etc. were used. The investigations in real environment supported indicators helped to appreciate the demonstration of the phenomenon of the degradation of lands. Furthermore, the study of the mapping allowed to inventory sectors the most vulnerable in the erosion and in the floods. So, the statistical methods allowed of calculated the parameters of dispersal and other.

It results from this work that the effects of climate change amplified by the anthropological actions stressed the extreme and hydrological rainy events in the environment of study. The balance sheet of the land use showed that between 2000 and 2013, the agricultural, inhabited spaces and body of water evolved considerably. The explanatory factors of this degradation are among others the increase of the extreme phenomena, the various chaps of space layout, etc.

**Keywords:** River Ouémé, hydro-pluviometric extremes, erosion, degradation

## **1-Introduction et justification**

La récurrence des évènements hydroclimatiques extrêmes n'épargne aujourd'hui aucune région de la planète. Elle ne cesse de susciter la curiosité scientifique des chercheurs dont les résultats montrent que beaucoup de personnes ignorent qu'ils vivent dans un environnement vulnérable aux aléas climatiques.

Les deux dernières décennies ont été marquées par une amplification de la fréquence des phénomènes extrêmes dans certains pays des régions intertropicales avec d'importants impacts sur leur système agricole (IPCC, 2001 ; FAO, 2002). Ces extrêmes climatiques se caractérisent soit par des sécheresses qui se traduisent souvent par des étiages graves dans les bassins versants, soit par des averses génératrices de crues puissantes (Frécaut et Pagney, 1983 ; Donou, 2007 et 2009 ; Amoussou, 2010).

Au Bénin, la vulnérabilité physique est liée aux fortes pluies, aux inondations, aux sécheresses, à l'érosion des terres et aux phénomènes épidémiques. Cette vulnérabilité est accentuée par des facteurs socioéconomiques et environnementaux, en particulier la grande dépendance de l'agriculture à la pluviométrie. L'installation des populations dans les zones inondables ou les lits des fleuves et des lacs, met en évidence le problème d'aménagement du territoire et d'occupation du sol surtout dans le bassin sédimentaire côtier (Totin, 2012).

Située dans la vallée de l'Ouémé en aval du bassin versant, la commune de Bonou, n'est nullement épargnée par ces phénomènes entraînant des crues du fleuve suivies des inondations des champs installés dans les bas de pente et dans la plaine d'inondation (Donou, 2007).

En effet, dans le bassin-versant de l'Ouémé à Bonou, la survenance des crues liée aux événements pluvieux extrêmes causent d'énormes dégâts à leur passage dont la destruction des champs de cultures, des habitations, des infrastructures routières, la dégradation précoce de l'environnement comme le ravinement des versants et des maladies liées à l'eau (Kodja, 2011). Cette situation suscite beaucoup la curiosité scientifique et de manière efficiente se propose de mettre en place des stratégies d'atténuation et d'adaptation pour les risques afin de réduire les peines des populations.

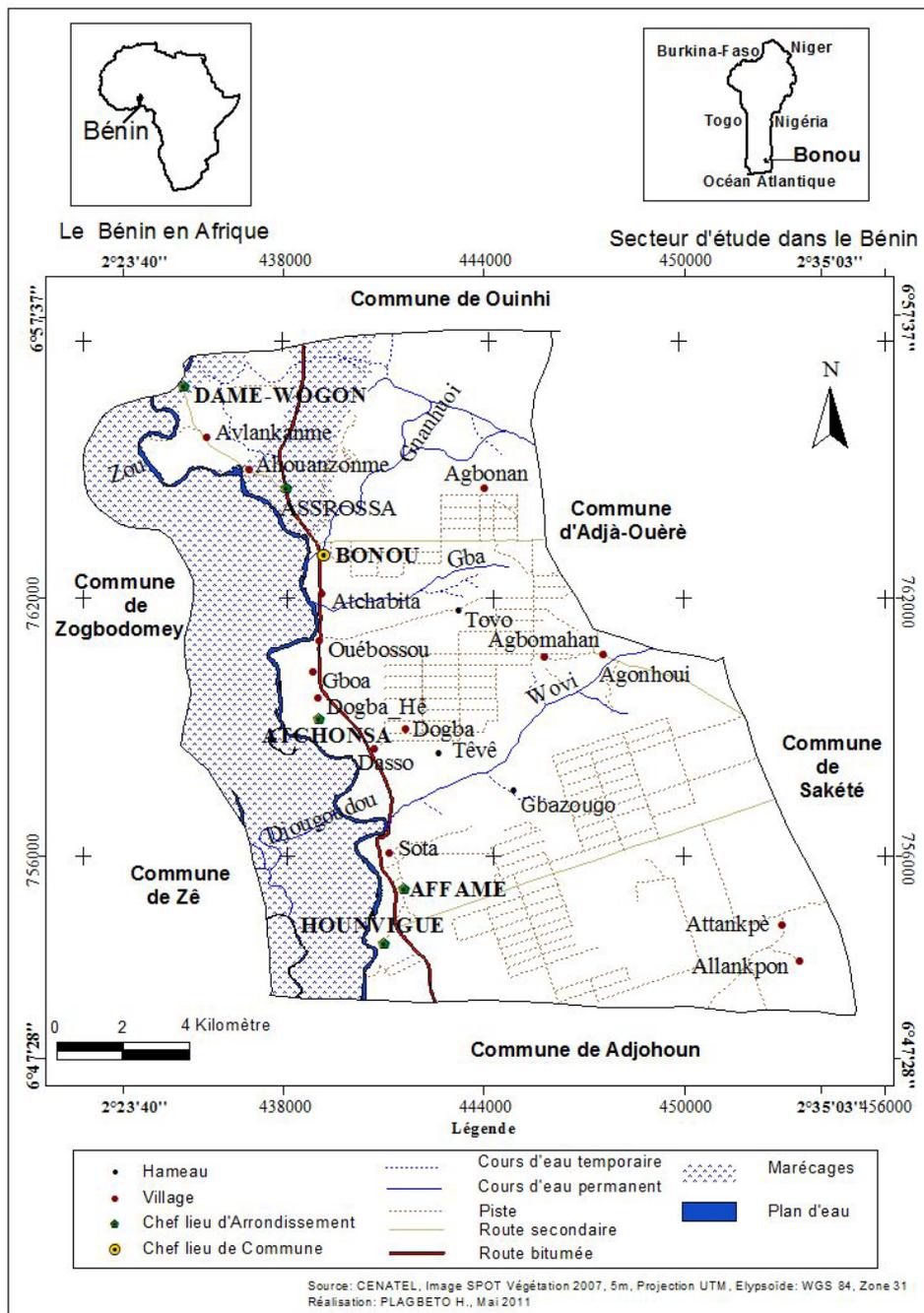
## **2-Secteur d'étude**

Située dans le Département de l'Ouémé entre 6°45' et 6°58' de latitude Nord et entre 2°15' et 2°40' de longitude Est (figure 1), la commune de Bonou est limitée au Nord par la Commune de Ouinhi, au Sud par celle d'Adjohoun, à l'Est par les Communes de Sakété et d'Adja-Ouère et à l'Ouest par celles de Zê et de Zogbodome. Elle est d'une superficie de 250 Km<sup>2</sup> et compte une population de 39640 (projection) habitants répartis dans cinq arrondissements et vingt-huit villages (RGPH, 2002) sur des types de reliefs variés.

Du point de vue climatique, le secteur d'étude est sous l'influence du climat subéquatorial caractérisé par quatre (04) saisons sont deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. La

moyenne pluviométrique annuelle est de 1300 mm. La température quant à elle varie entre 25 et 30°C avec une moyenne annuelle de 27,33°C. Sur le plan hydrologique, la Commune est traversée du Nord au Sud par le fleuve Ouémé sur environ 40 km de long. Ses principaux affluents sont : Gba, Djougoudou, Zou, Gnanhioi, Wovi. La crue du fleuve s’amorce en juillet et atteint son niveau maximal en septembre. Cette crue cause parfois de nombreux dégâts aux cultures par les inondations. Au plan pédologique, la commune de Bonou est caractérisée par :

- les sols ferrallitiques sur le plateau, favorable aux cultures annuelles (maïs, manioc, haricot, patate douce, arachide) et pérennes (palmier à huile, plantation de teck, d’acacia...);
- les sols argilo-sablonneux dans la plaine alluvial assez riches du fait de l’apport en matières organiques par la crue du fleuve Ouémé; ils sont propices aux cultures de contre saison et aux cultures maraîchères ;
- les sols hydromorphes difficiles à travailler et favorables à des cultures comme le riz.



**Figure 1** : Situation géographique de Bonou

### 3-Données et méthodes

Les statistiques pluviométriques (journalières, mensuelles et annuelles) et hydrométriques (débits journaliers et mensuels) couvrant la période 1960-2010 pour les pluies et les débits de 1960-2010, collectées à la Direction Nationale de la Météorologie (DNM) à l'ASECNA et au Laboratoire Pierre PAGNEY : Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE) de l'Université d'Abomey- Calavi et du Service de l'Hydrologie de la Direction Générale de l'Eau à Cotonou ont été utilisées pour déterminer les pluies et les débits extrêmes.

En outre, les investigations de terrain ont permis de délimité les secteurs les plus affectés par l'érosion des terres. A cet effet, la Méthode Active de Recherche Participative (MARF) et les observations directes de terrain ont été mises à contribution.

Pour déterminer les valeurs extrêmes (pluies maxi et débits maxi) la loi de Gumbel utilisée par Gabriele, 1984 ; Slimani, 1985 ; Masson et Lubès, 1991 ; Hubert et Bendjoudi, 1998 ; Bois et al, 2007 ; Goula et al., 2007 ont été utilisée car cette loi statistique ajuste mieux les différentes séries de pluie. En effet, il s'agit d'une loi d'ajustement fréquentielle très souvent utilisée pour décrire le comportement statistique des valeurs extrêmes. Elle sert dans l'analyse fréquentielle des valeurs extrêmes (OMM, 1983) et s'exprime de la manière suivante :

$$F(x) = \exp\left(-\exp\left(-\frac{x-a}{b}\right)\right) \text{ avec la variable réduite suivante : } U = \frac{x-a}{b}$$

où a et b sont les paramètres du modèle de Gumbel. La distribution s'écrit alors de la manière suivante :

$$F(x) = \exp(-\exp(-u)) \text{ et } u = -\ln(F(x))$$

En conséquence, dès lors que les points de la série à ajuster peuvent être reportés dans un système d'axes x-u, il est possible d'ajuster une droite qui passe le mieux par ces points et d'en déduire les deux paramètres a et b de la loi.

Pour apprécier la dégradation des terres dans le secteur d'étude, la démarche adoptée est essentiellement qualitative et consiste en l'intégration dans un SIG, des différents facteurs de l'érosion hydrique qui sont entre autres climatique, topographique, anthropique, etc. Ainsi, pour calculer le rythme d'évolution des unités d'occupation du sol à différentes périodes, il est tenu compte de :

- Soit U<sub>2000</sub> la superficie d'une unité d'occupation des terres en 2000 (U<sub>1</sub>)

U<sub>2013</sub> la superficie de la même unité en 2013 (U<sub>2</sub>)

et ΔU, la variation de la superficie de cette unité d'occupation des terres entre 2000 et 2013.

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

Si ΔU = 0, on conclut qu'il y a stabilité ;

Si ΔU < 0, on conclut qu'il y a diminution de cette unité ;

Si ΔU > 0, il y a extension de cette unité.

En ce qui concerne la végétation naturelle, l'évolution est considérée comme régressive en cas de diminution et progressive en cas d'extension.

La cartographie de l'érosion à l'échelle d'un petit bassin-versant peut se faire à l'aide d'observations directes sur le terrain. Ainsi, pour la vulnérabilité des terres à l'érosion, nous avons utilisé les indices d'agressivité climatique de Fournier (1962) cité par Amoussou (2010), afin de déterminer la capacité érosive du climat.

L'équation donne :

$$F = \frac{P^2}{p}$$

avec  $p$ , la pluviométrie mensuelle la plus élevée, et  $P$ , la moyenne pluviométrique annuelle.

## 4-Résultats et discussion

### 4.1-Physionomie hydro-climatiques de Bonou

Les figures 2 et 3 montrent les caractéristiques hydro-climatiques de la commune de Bonou sur les périodes 1960 à 2012 (pluies) et 1960 à 2010 (débit).

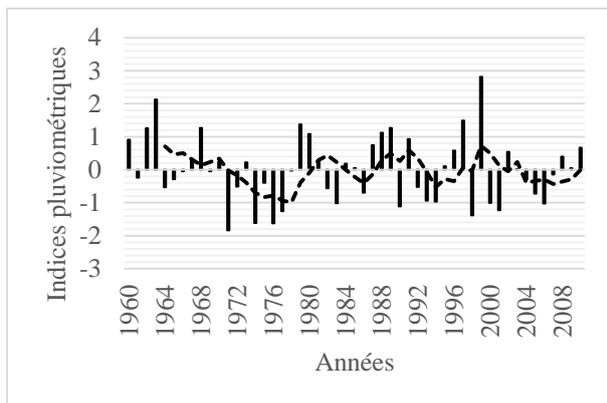


Figure 2 : Evolution Interannuelle des hauteurs de pluie à Bonou de 1960 à 2010

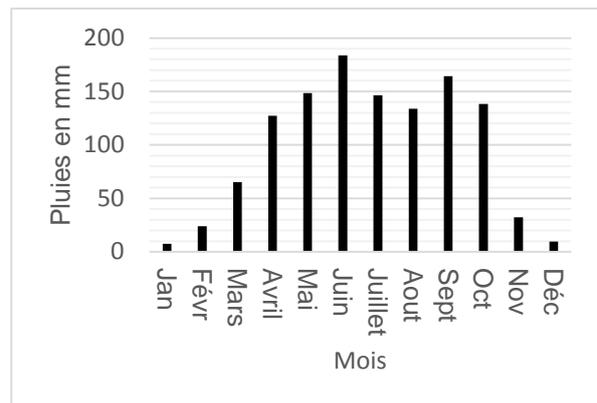


Figure3 : Evolution mensuelle des hauteurs de pluie à Bonou de 1960 à 2010

L'analyse de la figure 2 indique que la décennie 1960 est marquée par une fréquence des années humides au début et plus dominées par des années sèches dans le milieu des années 1970 tandis que la décennie 1980 est plutôt caractérisée par une fréquence des années sèches avec la présence des années humides au début de la période. Les années sèches se manifestent entre autres, par une installation tardive des pluies et/ou rupture pluviométrique au cœur de la saison pluvieuse et une fin précoce des précipitations. Enfin la décennie 2000 est dominée par une forte fréquence des années sèches mais avec une légère reprise des années humides vers la décennie 2010. Les années humides se manifestent entre autres, par l'importance des événements pluvieux et l'occurrence des pluies exceptionnelles. Il convient de signaler, le caractère successif des années humides (2 à 5 années consécutives) qui amplifie les impacts de l'érosion des terres face auxquels des mesures d'adaptation ont été adoptée par les pouvoirs publics et les communautés locales.

Par contre la figure 3 présente le régime pluviométrique mensuel du secteur d'étude. Ce régime est caractérisé par un régime mensuel bimodal (Juin et septembre) dont le plus élevé

s'observe en juin. Ce qui se traduit par la présence de l'eau sur une bonne partie du bassin versant et ce qui explique également la difficulté de gestion des inondations et surtout du phénomène érosif. Il faut noter également que ces deux saisons, sont alternées par deux saisons sèches.

Ces différentes analyses sont en harmonie avec la plupart des régimes pluviométriques des climats de type subéquatorial (Boko, 1993, Amoussou, 2005, Totin, 2010).

Quant aux figures 4 et 5, elles présentent respectivement la variation interannuelle et mensuelle du débit de l'écoulement dans la vallée de l'Ouémé à Bonou.

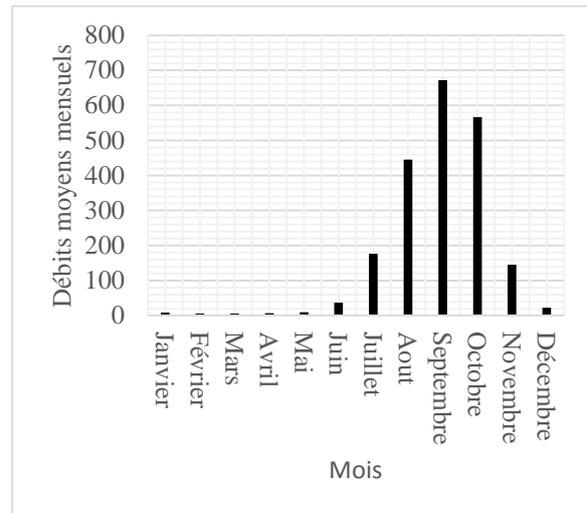
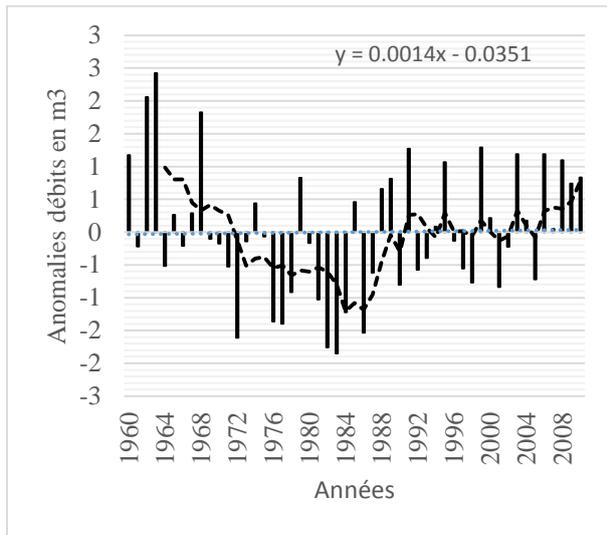


Figure 4 : Variation interannuelle du débit de l'écoulement dans la vallée de l'Ouémé à Bonou de 1960 à 2011

Figure 5 : Variation mensuelle du débit de l'écoulement dans la vallée de l'Ouémé à Bonou de 1960 à 2011

L'analyse de la figure 4 révèle que la vallée de l'Ouémé à Bonou a connu d'importantes périodes d'écoulement au cours des décennies 1960-1970. Ainsi, Les années 1962 (260, mm) et 1968 (230,87 mm) ont été des années marquées par de fortes crues. Les années 1977, 1983, 1992, 1994, 1998, 2001, 2002, 2004, 2009 ont été les années de faible écoulement ce qui confirme que ces années sont vraiment sèches dans la vallée de l'Ouémé à Bonou avec un écoulement qui varie de 31,53 mm à 75,65.

Quant à l'analyse de la figure 5 montre que l'écoulement connaît une diminution pendant la phase de récession pluviométrique de 1971-2010.

Les mois de juin à novembre de la période 1960 à 2010 présentent un écoulement qui est excédentaire. Cette situation témoigne que ces mois sont plus humides avec un écoulement élevé en septembre tandis que les mois de décembre à mai présentent la même allure sur la période ce qui illustre le comportement de la vallée de l'Ouémé à Bonou pendant les mois secs ou d'étiage.

Ces phénomènes constituent des aléas dont l'amplification peut conduire à des risques hydro-climatiques avec des conséquences sur le développement local.

#### 4.2- Dynamique de l'occupation des terres à Bonou

Les figures 6 et 7 ont montré la dynamique de l'occupation du sol dans la commune de Bonou entre les années 2000 et 2013.

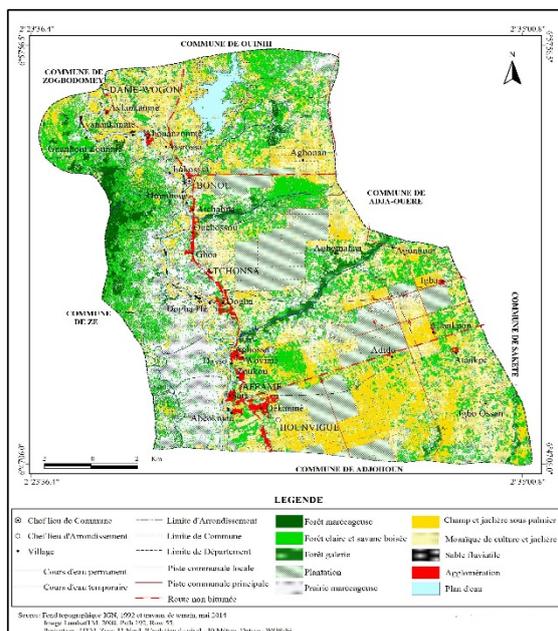


Figure 6 : Occupation du sol à Bonou en 2000

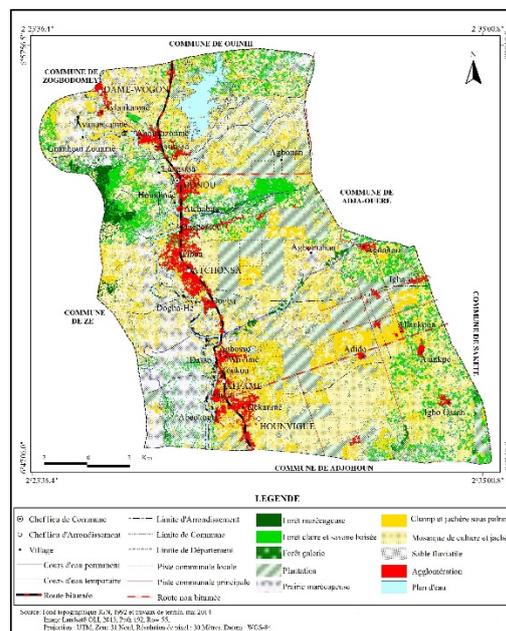


Figure 7: Occupation du sol à Bonou en 2013

De l'analyse comparée des deux cartes d'occupation des sols de 2000 et 2013 (figures 6 et 7), il ressort qu'une forte pression humaine s'exerce sur les écosystèmes et en particulier sur les formations végétales. Ainsi, différentes unités d'occupation du sol ont connu une progression soit une régression (Tableau I).

**Tableau I** : Synthèse des unités d'occupation du sol dans la commune de Bonou

Unités d'occupation du sol	Etats de surface en 2000		Etats de surface en 2013		Bilan Etats de surface 2000-2013	
	Superficie (Ha)	Prop (%)	Superficie (Ha)	Prop (%)	Superficie (Ha)	Prop (%)
Forêt marécageuse	625,513725	2,5	251,228925	1	-374,2848	-1,5
Forêt claire et savane boisée	6244,37335	24,98	2180,7288	8,72	-4063,64455	-16,26
Forêt galerie	630,545275	2,52	196,72695	0,79	-433,818325	-1,73
Plantation	2793,801075	11,18	4540,7012	18,16	1746,900125	6,98
Prairie marécageuse	4142,114075	16,57	5179,5588	20,72	1037,444725	4,15
Champ et jachère sous palmier	3997,894525	15,99	3072,301525	12,29	-925,593	-3,7
Mosaique de culture et jachère	5467,25575	21,87	7697,142375	30,79	2229,886625	8,92
Sable fluviatile	71,64045	0,29	195,6144	0,78	123,97395	0,49
Agglomération	669,2319	2,68	1332,8252	5,33	663,5933	2,65
Plan d'eau	357,633675	1,43	353,175625	1,41	-4,45805	-0,02
<b>Total</b>	<b>25000,0038</b>	<b>100</b>	<b>25000,0038</b>	<b>100</b>		

Source : Travaux de terrain, 2013

Le tableau I montre que les superficies occupées par les champs et jachères sous palmier de même que les mosaïques de culture et jachère ont connu une forte augmentation. Elles passent respectivement de 15,99 % en 2000 et à 21,87 % et 30,79 en 2013, soit une évolution positive de sa superficie totale. De même, les masses d'eau ont vu leur superficie diminuer de 1,43 % et 1,41 entre 2000 et 2013, sur l'ensemble du secteur d'étude.

Dans le même temps, on enregistre une augmentation de la superficie des agglomérations et des plantations dans la commune. Ainsi, on passe respectivement de 2,68 % des agglomérations, 11,18 % des plantations en 2000 et 5,33 % d'agglomérations et 18,16 % en 2013. Cette progression de la superficie des unités anthropisées est liée à l'augmentation de la population et surtout agricole dans le secteur d'étude et aussi par une demande croissante des terres agricoles.

En effet, les habitations implantées sur les versants et aux bords du fleuve l'Ouémé contribuent à l'accélération du phénomène érosif. Ce phénomène est surtout observé à Agbosso, Dogba-Hê, Atchabita et Hounhouè. La population riveraine se fixe près de l'eau ou sur les versants pour pouvoir se rendre le plus rapidement possible à la pêche. Les cases couvertes de tôles ondulées concentrent les gouttes d'eau de pluie et renforcent leur énergie cinétique, ce qui engendre des ravins profonds observables dans les villages (photos 1 et 2). Ainsi, l'homme à travers ses actions, rend vulnérable le sol à l'érosion surtout amplifiée par les extrêmes hydro-pluviométriques et facilite ainsi le drainage d'énormes quantités de sables, argiles, limons vers le fleuve.



*Photo 1 : Ravinement d'un versant à Atchonsa à Bonou*      *Photo 2: Erosion d'un versant à Affame à Bonou*

Les photos 1 et 2 montrent les différentes formes de ravinement dans le milieu d'étude. Or, selon Cerdan (2001) cité par Amoussou (2010) le couvert végétal a une action protectrice sur les sols. Ainsi, une bande enherbée de 6 m avec une pente de 10 % réduit de 76 à 98 % l'érosion. La réduction des formations végétales naturelles autour du fleuve Ouémé à Bonou accélère le ruissellement et par là même l'érosion. Ajoutons, en suivant Toth et Fekete (1974) que la dégradation du couvert végétal dans un bassin-versant suite à une forte emprise agricole a également une influence négative sur la qualité des eaux si rien n'est fait pour la contrôler. C'est le cas sur le bassin-versant du bassin du fleuve l'Ouémé à Bonou.

### 4.3- Evolution des extrêmes pluviométriques et hydrologiques à Bonou

Les figures 8 e t9 ont montré l'évolution des pluies maximales journalières annuelles (1960-2010) de même que les débits maximaux journaliers annuels (1960-2010) dans le secteur d'étude.

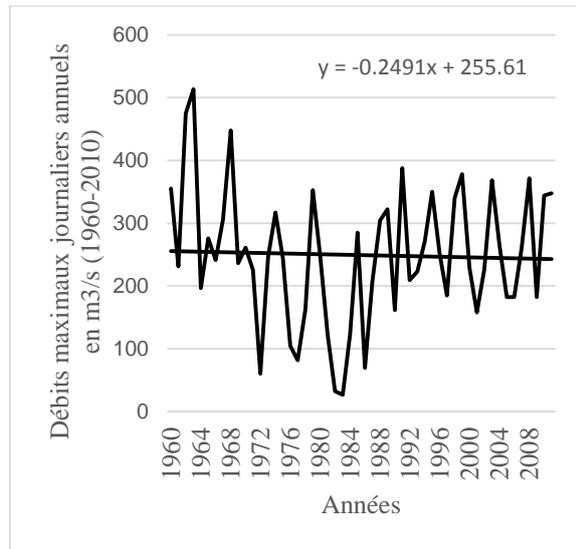
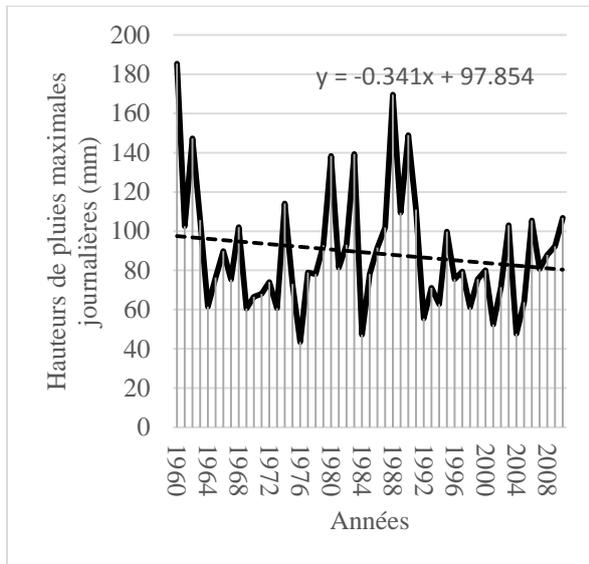


Figure 6 : Variation interannuelle des hauteurs de pluie maximales journalières annuelles à Bonou de 1960 à 2012

Figure 7 : Variation interannuelle des débits maximaux journaliers annuels Bonou de 1960 à 2010

La figure 8 indique les hauteurs de pluie maximales journalières en 24h de la période 1960-2010 dans la vallée de l'Ouémé à Bonou. Cette analyse révèle une tendance à la hausse à partir des décennies 1980 et 1990. Avec cette tendance, il importe d'analyser que la récurrence des hauteurs de pluies extrêmes pouvant contribuer à la dégradation des terres dans le milieu d'étude.

Concernant la figure 9, il est constaté que les débits annuels obtenus suivant les différents événements hydrologiques extrêmes dans la vallée de l'Ouémé à Bonou ont tendance à mieux s'ajuster à la loi de Gumbel avec un intervalle de confiance de 95 %. Les récurrences des débits extrêmes sont également de 2, 5, 10, 20, 50, 100 et 200 ans et permet de dire que le secteur d'étude peut être en proie à des crues exceptionnelles susceptibles d'occasionner des inondations qui ne seront pas sans conséquences sur le phénomène érosif.

Quant aux figures 10 et 11, elles montrent les pluies et débits extrêmes en fonction de temps de retour dans la commune de Bonou selon les travaux de Codja (2013).

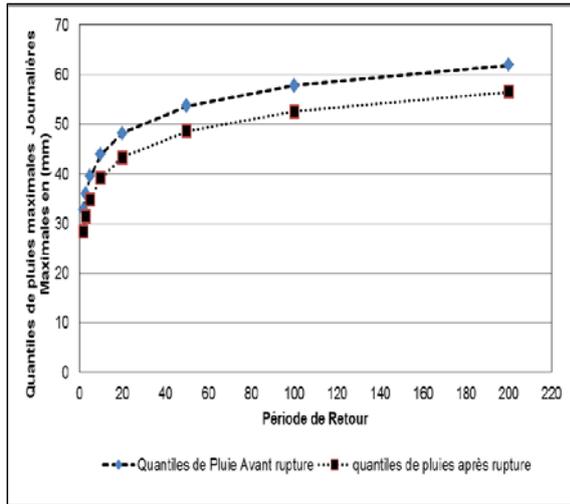


Figure 8 : Evolution des pluies journalières maximales en fonction de période de retour à Bonou de 1960-2010

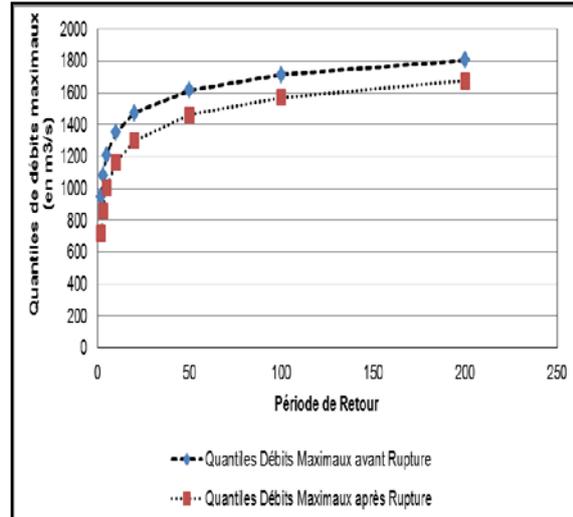


Figure 9 : Evolution des débits journaliers maximaux en fonction de période de retour à Bonou de 1951-2012

L'examen de la figure 10 montre que les pluies extrêmes ont tendance à mieux s'ajuster à la loi de Gumbel avec un intervalle de confiance à 95 %. Quant aux hauteurs maximales de pluies, elles augmentent suivant les périodes d'occurrence de 2 ans, 5 ans, 10 ans et 100 ans. Cette situation amène à dire que les hauteurs de pluies maximales sont en augmentation. Il faut noter que les temps de retour des pluies journalières extrêmes, présentent quasiment la même allure.

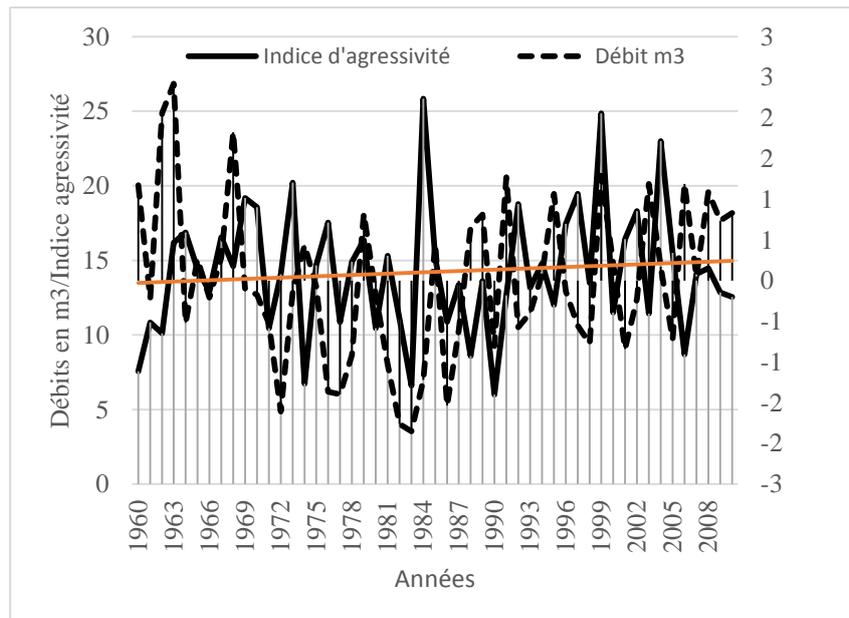
Il faut donc retenir que l'ajustement à la loi de Gumbel et la récurrence des pluies extrêmes laissent présager que les pluies à Bonou peuvent contribuer à une forte crue voire exceptionnelle occasionnant des dégâts dans le secteur surtout sur les terres agricoles. La prise en compte de ces résultats permet de prendre des décisions pour tous travaux d'aménagement hydroagricoles et pour la réalisation des systèmes d'alerte précoce inhérents aux risques d'inondations dans la vallée de l'Ouémé à Bonou.

De l'analyse de la figure 11, il faut retenir que les débits maximums annuels évoluent au même rythme que les pluies. Face à cette fluctuation et grâce à l'analyse de l'ajustement à la loi de Gumbel, les périodes de récurrences des débits extrêmes sont également de 2, 5, 10, 20, 50, 100 et 200 ans. Aussi, constate-t-on que les valeurs les plus exceptionnelles 1206,9 à 1002,5 m<sup>3</sup>/s sont les valeurs dont les périodes de retour sont au-delà de 5 ans sur la période. Une telle situation peut engendrer des mutations socioéconomiques dans la commune.

#### 4.4-Relation entre pluies, débits extrêmes et dégradation des terres à Bonou

L'augmentation des précipitations dans un espace sans couverture végétale ne peut qu'accroître le ruissellement de surface et le phénomène d'érodibilité des terres. Ainsi, l'évolution de la relation écoulement/agressivité climatique permet d'apprécier l'ampleur de la dégradation du milieu.

La figure 12 montre la variation interannuelle des débits et de l'indice d'agressivité climatique dans le bassin au niveau de Bonou.



**Figure 12 :** Variation interannuelle des débits et d'indice d'agressivité climatique à Bonou De 1960 à 2010

La figure 12 montre une tendance à la hausse des deux paramètres par rapport aux décennies 1990 et 2000 où on a enregistré une forte diminution des superficies de formations naturelles et une légère reprise pluviométrique. La dégradation du couvert végétal sous l'effet des actions anthropiques laisse le sol nu ce qui d'emblée expose au phénomène du ruissellement et de l'érosion des terres.

Le lien entre l'agressivité de pluie avec l'érosion du sol dans le secteur est dû surtout à la montée des eaux du fleuve pendant la période de crue. Ainsi, plus de 70 % des terres érodées dans le milieu d'étude sont dues à l'action des eaux d'écoulement.

En effet, les fortes valeurs des indices de l'érosivité des pluies sont enregistrées durant les années 1984, 1999 et 2004 avec respectivement 42 %, 16 % et 19 % comparativement aux autres années, ou souvent l'érosion est faible ou quasi nul. Ce qui témoigne de l'inégale répartition de la pluie, conséquence de la variabilité pluviométrique et du réchauffement global (GIEC, 2007).

Au total, l'extension des superficies cultivables associée à l'augmentation de l'intensité des pluies maximales est responsable de la destruction des terres agricoles dans le secteur d'étude. Cette destruction provoque une érosion rapide et le comblement du fleuve.

## Conclusion

Les extrêmes pluvio-hydrologiques ont connu une augmentation sur la période 1960-2010 dans le bassin versant du fleuve Ouémé à Bonou. Les hauteurs des pluies maximales journalières annuelles en 24 ont connu une évolution significative à partir de 1990 de même que les débits maximaux. Il faut noter que les pluies extrêmes ont tendance à mieux s'ajuster à la loi de Gumbel avec un intervalle de confiance à 95 %. Quant aux débits maximaux annuels, ils évoluent au même rythme que les pluies.

Quant à la dégradation des terres, elle est plus traduite par la dynamique de l'occupation de l'espace dans le milieu d'étude. Ainsi entre 2000 et 2013, on a constaté une forte augmentation des différentes unités d'occupation du sol. Toutefois une telle dégradation du couvert végétal surtout dans un contexte de l'augmentation des pluies et débits extrêmes ne peut qu'amplifier le phénomène de l'érodibilité des terres.

### **Références bibliographiques**

Amoussou E., 2005. Variabilité hydroclimatique et dynamique des états de surfaces dans le bassin versant du Couffo. DEA FLASH/UAC, 105 pages

Amoussou E., 2010. Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin-versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest) Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, 313 p.

Boko M., 1987. Etude sur la variabilité pluviométrique au Bénin. Centre de Recherche de Climatologie, URA 909 du CNRS, Dijon., pp 41-50.

Boko M., 1988. Climats et communautés rurales du Bénin : Rythmes climatiques et rythmes de développement. Thèse de Doctorat d'Etat ès Lettres et Sciences Humaines. Université de Bourgogne, Dijon. 2 volumes, 608 p.

Donou B. et Boko M., 2007 : Impacts de la variabilité pluviométrique sur les évènements hydrologiques extrêmes : cas des crues du fleuve Ouémé dans son bassin à Bonou, 10 pages.

Lawin Agnidé Emmanuel, Afouda Abel et Lebel Thierry, 2011: Analyse de la variabilité du régime pluviométrique dans la région agricole d'Ina au Bénin. European Journal of Scientific Research, ISSN 1450-216X Vol.50 No.3, pp.425-439.

Kodja D. J., 2013 : Etude des risques hydroclimatiques dans la vallée de l'Ouémé à Bonou. Mémoire de DEA en Géosciences de l'Environnement EDP/FLASH/ UAC, 108p.

Vodounnon A. J., 2008. Contribution à l'étude de la caractérisation hydropluviométrique du bassin de l'Ouémé avec le modèle GR2M. Mémoire de maîtrise de géographie, DGAT/FLASH/ UAC, 83 pages.