



CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET DYNAMIQUE EROSIVE AUTOUR DU LAC « AHÈME » AU BENIN EN AFRIQUE DE L'OUEST

Cyr Gervais ETENE

*Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi, 03- BP 1122, Cotonou, Bénin ;
cyr_gervais_etene@hotmail.com*

RESUME

Les effets des changements climatiques et les événements climatiques extrêmes ont des conséquences diverses sur les plans et cours d'eau. Le lac « Ahémé » est exposé ces dernières décennies aux effets néfastes de l'érosion pluviale dont les conséquences directes sont l'érosion des berges, le comblement et la sédimentation du lac. La présente recherche vise à analyser le lien entre les changements climatiques et la dynamique érosive autour du lac « Ahémé » au Bénin. Pour apprécier les effets des changements climatiques et la manifestation de l'érodibilité des terres dans le milieu d'étude, les données pluviométriques, démographiques et occupation du sol sont collectées. Les enquêtes de terrain ont été réalisées pour déterminer les zones dégradées et la perception de la population sur le phénomène de l'érosion pluviale. Les statistiques descriptives ont été également mises à contribution pour analyser les résultats. Il résulte de cette étude que le lac « Ahémé » a été le centre de plusieurs changements climatiques dans le temps. L'étude comparée des données climatologiques entre les normales 1969-2015 et 1961-1968, montre l'augmentation de la fréquence des pluies extrêmes d'environ 16 % dans le secteur d'étude. Ces changements sont à la base de la vulnérabilité du lac à l'érosion pluviale. L'analyse de la dynamique de l'occupation de la terre montre une évolution des agglomérations de 3,2 % en 2015 contre 1,9 % en 1995, une augmentation également des cultures et des jachères de 38 % en 2015 contre 33 % en 1995. Par contre, il est noté une régression de la superficie du lac de 2 % du total entre 1995 à 2015. L'indice d'agressivité climatique est très important pendant les mois de mai (90 %), juin (190 %) et octobre (65 %). Ainsi, le taux d'érodibilité des terres est observé à plus de 70 % pendant le mois de juin.



Mots clés : *Lac Ahiémé, érosion pluviale, changements climatiques, sédimentation*

ABSTRACT

The effects of climate change and extreme weather events have various consequences on bodies of water and water courses. The "Ahémé" lake has been exposed in recent decades to the harmful effects of rain erosion, the direct consequences of which are the erosion of the banks, the filling and the sedimentation of the lake. This research aims to study the link between climate change and erosion dynamics around Lake "Ahémé".

To assess the effects of climate change and the manifestation of land erodibility in the study environment, rainfall, demographic and land use data are collected. Field surveys were used to determine vulnerable areas and the perception of the population on the phenomenon of rain erosion. Descriptive statistics and the PEIR model were used to analyze the results. Vulnerable areas to rain erosion have been mapped.

It results from this study that the region of Lake "Ahémé" has been the center of several climatic changes over time. The comparative study of climatological data between the 1969-2015 and 1961-1968 normals shows an increase in the frequency of extreme rainfall of about 16% in the study area. These changes are the basis of the lake's vulnerability to rainfall erosion. The analysis of the dynamics of land occupation shows an evolution of agglomerations of 3.2% in 2015 against 1.9% in 1995, an increase also in crops and fallow land of 38% in 2015 against 33% in 1995. On the other hand, it is noted a regression of the surface of the lake of 2% of the total between 1995 to 2015. The climatic aggressiveness index is very important during the months of May (90%), June (190%) and October (65%). Thus, the land erodibility rate is observed at more than 70% during the month of June.

Keywords: Lake Ahiémé, rain erosion, climate change, sedimentation



INTRODUCTION

Les effets des changements climatiques et les événements climatiques extrêmes ont des conséquences diverses sur les plans et cours d'eau. La majeure partie des scénarios climatiques projetés, montrent une diminution de 20 à 40 % du débit moyen des cours d'eau d'ici la fin du siècle et une baisse de 0,5 à 1,0 m du niveau d'eau dans le corridor fluvial (Roy A. G., 2011, p. 20). Au Bénin, l'évolution exponentielle de la population et la récession pluviométrique à partir des années 1970 ont eu pour conséquences l'eutrophisation, la fragilisation et la dégradation des écosystèmes aquatiques, l'intensification de l'utilisation des eaux ainsi que l'appauvrissement des cours et plans d'eau en espèces aquatiques (Amoussou E., 2010, p.45). La récession pluviométrique des dernières décennies fait peser une menace sur les ressources en eau du pays. Ainsi, le lac « Ahémé » est exposé ces dernières décennies aux effets néfastes de l'érosion pluviale dont les conséquences directes sont l'érosion des berges, le comblement et la sédimentation de l'écosystème. On note également dans le milieu d'étude, le phénomène de l'érosion accélérée, provoquée par le ruissellement superficiel et la gravité. La dénudation des surfaces agit surtout sur les affleurements des terres de barre, plus érodables (Eténé C. G., 2010, p.86). Les taux d'érosion sont fortement liés non seulement à la géologie, à l'utilisation du sol et aux relations avec les facteurs biotiques mais aussi aux changements climatiques (Buccolini *et al.*, 2010, cité par Giaccone *et al.*, 2015, p. 487). Ainsi, la présente recherche vise à analyser le lien entre les changements climatiques et la dynamique érosive autour du lac « Ahémé » dans le Département du Mono au sud-ouest du Bénin.

1-SITE DU LAC AHÉME ET SES CARACTÉRISTIQUES

Situé au sud-ouest de la République du Bénin entre 1° 55' et 2° 00' de longitude ouest et 6° 25' et 6° 35' de latitude nord, le "lac" Ahémé est (figure 1) caractérisé par deux types de relief dont le bassin sédimentaire côtier au sud et les plateaux de terre de barre dans la partie N-E et NW. Il est long de 25 Km et 5 Km de large et couvre 5 communes à savoir Ouidah, Comé, Bopa, Grand-Popo et Kpomassè.

Le lac « Ahémé » a une topographie adoucie du fait de son recouvrement partiel par les alluvions sablo-argileuses. Il présente toutefois les différents



paliers qui marquent sans doute des niveaux de reprise d'érosion. Les faibles pentes (en moyenne 0,71 m) du système fluvio-lagunaire influent sur la vitesse d'écoulement et, par conséquent, sur le rapport débit/charge, sur la géométrie du bassin et la quantité des matériaux charriés (Klassou K. S., 1996, p169 et Amoussou E., 2010, p. 169). Les points les plus hauts au nord-ouest dépassent les 300 m, voire les 400 m d'altitude. Dans la partie sud du lac, l'altitude est inférieure à 200 m. Ces altitudes modérées expliquent les faibles pentes dans le secteur d'étude.

Du point de vue climatique, la pluviométrie dans le secteur d'étude, est fortement liée aux gradients d'énergie entre la plaine côtière et le golfe de Guinée ou encore entre les reliefs du nord-ouest et les zones plus basses. Selon les travaux réalisés par Bokonon-Ganta E.(1987), p. 123 ; Boko M.(1988), p. 452, Afouda F.(1990), p.98, Ogouwalé E.(2006), p.178, Yabi I. (2008), p.126, Amoussou E. (2010), et p.152, ont montré que les précipitations dans la région du Mono et plus précisément du lac « Ahémé » sont contraintes par l'organisation de la circulation atmosphérique ouest-africaine dans son ensemble, à la fois celle des basses couches (flux de mousson et d'harmattan) et celles de moyenne et haute atmosphère (respectivement jet d'est africain et jet tropical d'est).

De façon spécifique, le site du lac « Ahémé » est caractérisé par le climat subéquatorial avec quatre saisons dont une grande saison pluvieuse qui couvre les mois d'avril à juillet avec les précipitations très abondantes. Ensuite la petite saison sèche qui dure en moyenne de la troisième décennie de juillet à mi-septembre. La petite saison des pluies, qui s'étend de mi-septembre à mi-novembre, suivie par la période des plus faibles précipitations, enregistrées dans les mois de décembre à février, parfois mars : c'est la grande saison sèche. Elle est marquée aussi par le souffle de l'harmattan, avec une siccité de l'air, et par moments, par des brouillards côtiers qui influent sur l'évaporation.

Sur le plan hydrogéologique, le milieu d'étude est caractérisé par les formations sédimentaires et de *Terre de barre*. Ces formations géologiques ont une sensibilité différente à l'érosion marquée par les caractères du climat et de l'occupation du sol. Ainsi les roches métamorphiques peu transformées tels que les schistes sont plus sensibles à l'érosion que les roches métamorphiques très transformées (gneiss) du bassin.



statistiques climatologiques des normales (1961-1990) et (1991-2015) sont analysées et comparées. La division de la longue série en deux sous séries (1961-1990) et (1991-2015) a été faite grâce au test de rupture de Mann-Whitney (Pettitt, 1979). Pour relier la pluviométrie avec les taux d'érosion des alentours du lac « Ahémé », l'indice de Fournier (Fournier, 1960), modifié par Arnoldus MJH (1980), p.23 et Amoussou E.(2010), p.152, a été calculé chaque année pour obtenir une donnée moyenne avec la formule:

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

où P_i est la pluviosité moyenne de chacun des 12 mois de l'année et P la pluviosité moyenne annuelle. Ce numéro a été classifié selon la méthodologie CORINE Erosion (EEA, 1994 cité par Giaccone et al., 2015) (Tableau1).

Classe	Description	Rang
1	Très bas	< 60
2	Bas	60 – 90
3	Modéré	90 – 120
4	Haut	120 – 160
5	Très haut	> 160

Source : Corine modifié par Giaccone et al., 2015

Concernant la quantité des matériels emportés par l'action érosive de l'eau unie, deux techniques ont été utilisées :

- a) un monitoring ponctuel a été effectué dès 2009 grâce à des piquets en fer (60 cm de longueur et 1 cm de section) placés dans le terrain sur les versants pour observer les changements du niveau du sol provoqué par l'érosion. Ainsi :
 - 40 piquets environ, ont été mis en place dès 2010 et sont situés les versants de plateaux de Comè et Allada bordant le lac ;
 - 15 piquets ont été placés dans la forêt galérite de la rive gauche du lac.

Les données relatives à l'érosion des années 2009 et 2010, pour lesquelles le plus grand nombre de mesures effectuées existe, ont été mises en relation avec les précipitations journalières cumulées entre deux périodes de mesure. Le coefficient de corrélation a été calculé pour les sites ayant une base de



données relative à l'érosion cohérente afin d'évaluer comment les précipitations influencent l'activité érosive.

b) une analyse numérique de la photogrammétrie a permis d'évaluer l'évolution des versants en raison de l'érosion accélérée de l'eau. Les photos aériennes disponibles, intégrées à des enquêtes de terrain, ont été interprétées.

3-RESULTATS ET DISCUSSION

Le résultat met en exergue les tendances climatiques dans le milieu d'étude, ensuite les modes d'occupation des terres et enfin les liens entre l'indice d'agressivité climatique et la dégradation des terres observée autour du lac.

3.1- Tendances climatiques autour du lac « Ahémé »

Il s'agit de décrire le régime et l'évolution interannuelle des pluies moyennes sur le lac et de déterminer les modalités temporelles sur l'ensemble du milieu d'étude. La figure 2 montre le régime mensuel de pluie dans le milieu d'étude et la figure 3 qui traduit la variabilité interannuelle des précipitations, présente une légère baisse sur la période 1961-2015.

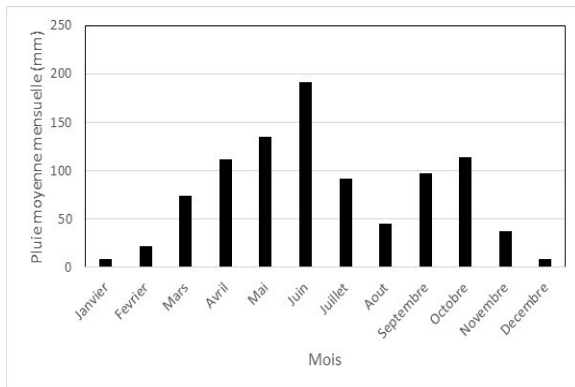


Figure 2: Régime pluviométrique autour du la Ahémé

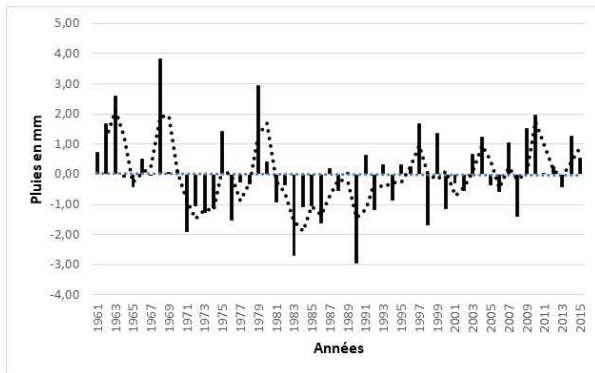


Figure 3 : Variation des pluies autour du lac Ahémé de 1961 à 2015

L'examen de la figure 2 relatives à des moyennes mensuelles de précipitations calculées sur plus de cinquante ans (1961-2015) montrent que le secteur d'étude reçoit une faible quantité de pluie de novembre à mars (moins de 100 mm mensuellement). Cependant, ces précipitations sont plus abondantes au sud qu'au nord du lac. Les précipitations les plus importantes sont enregistrées d'avril à octobre (environ 786,9 mm). Au cours de cette période où les précipitations sont inégalement réparties sur le bassin, le sud est très arrosé en juin, comparativement à la partie nord qui reçoit les pluies les plus abondantes de juillet à septembre, ce qui pourrait s'expliquer par l'effet cumulé de la mousson et du relief. L'analyse de la figure 3 montre l'évolution des indices pluviométriques (SPI) calculés avec une moyenne mobile sur deux (02 ans) sur la période de 1961 à 2015. De cette analyse, il est indiqué que les anomalies pluviométriques positives varient de 0 à 3, caractérisant les périodes pluvieuses, marquées par des indicateurs des événements pluviométriques extrêmes. Alors que celles qui sont inférieures à 0 désignent les anomalies négatives et les indicateurs de la récession pluviométrique. Les anomalies standardisées positives sont observées majoritairement avant les années 1970 (1962, 1963, 1966, 1968) et après 1990 (1991, 1997, 2004, 2010). La fréquence des anomalies négatives entre 1970 et 1990 traduit la péjoration climatique qui a alors affecté la région (Houndénou C., 1999, p.96 et Amoussou E., 2010, p.178). De même Hountondji y. C. *et al.* (2011), p.26, Totin V. S.H. (2012), p.221, Amoussou E. *et al.* (2016), p.2198 ont aussi indiqué que de 1999 à 2010, le Bénin a été marqué par de fortes intensités de pluie de 1999 à 2010 suivies des



inondations et de forts taux d'érodibilité des terres. Cette période de 1999 à 2010, est en phase avec les résultats de cette étude qui ont relevé que les années 1988, 1999, 2009, 2010 et même au-delà y compris 2012, 2013 ont été des années humides dans le milieu d'étude. La figure 4 présente le test de Pettitt à partir des hauteurs de pluie annuelle autour du la « Ahémé ».

Identification : Eopa;
Variable étudiée : pluie;
Unité : mm;
Chronique de : 1961 à 2015

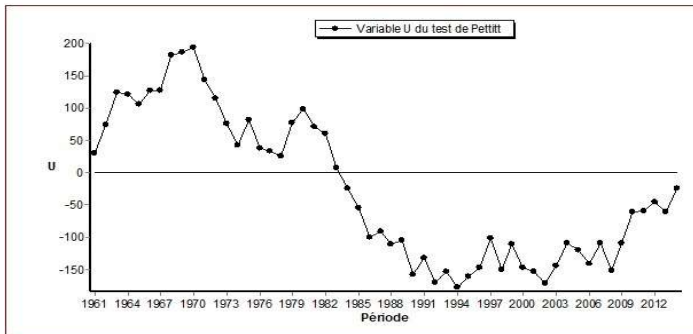


Figure 4 : Test de Pettitt

Il ressort de cette étude qu'au seuil de 99 % selon le test de Pettitt, les hauteurs de pluies annuelles présentent une variabilité interannuelle avec une rupture pluviométrique en 1968. Cette année de rupture pluviométrique est observée au nord du bassin versant du lac. À partir de l'année 1968 de la rupture pluviométrique, il se dégage deux sous-périodes : 1961-1968 et 1969-2015. Ce qui est confirmé par le test de Scheffé. Selon ces tests, la sous-période 1961-1968 a une moyenne pluviométrique annuelle de 1155,1mm. Cette moyenne pluviométrique est supérieure à celle de la période 1969-2015 (906,7 mm) soit un écart négatif de 18 %. Ces changements observés au niveau du climat ne sont pas le seul élément explicatif de la dynamique érosive. Mais il est associé avec les modes d'occupation des terres.

3.2- Etat de l'occupation des terres autour du lac « Ahémé »



La dynamique d'occupation du sol autour du lac est appréciée par la comparaison des photos aériennes des missions de 2006 et 2016. Les figures 5 et 6 présentent l'évolution des unités paysagères en 1995 et en 2015 autour du lac, un secteur où la pression anthropique et la dégradation de l'environnement sont les plus manifestes.

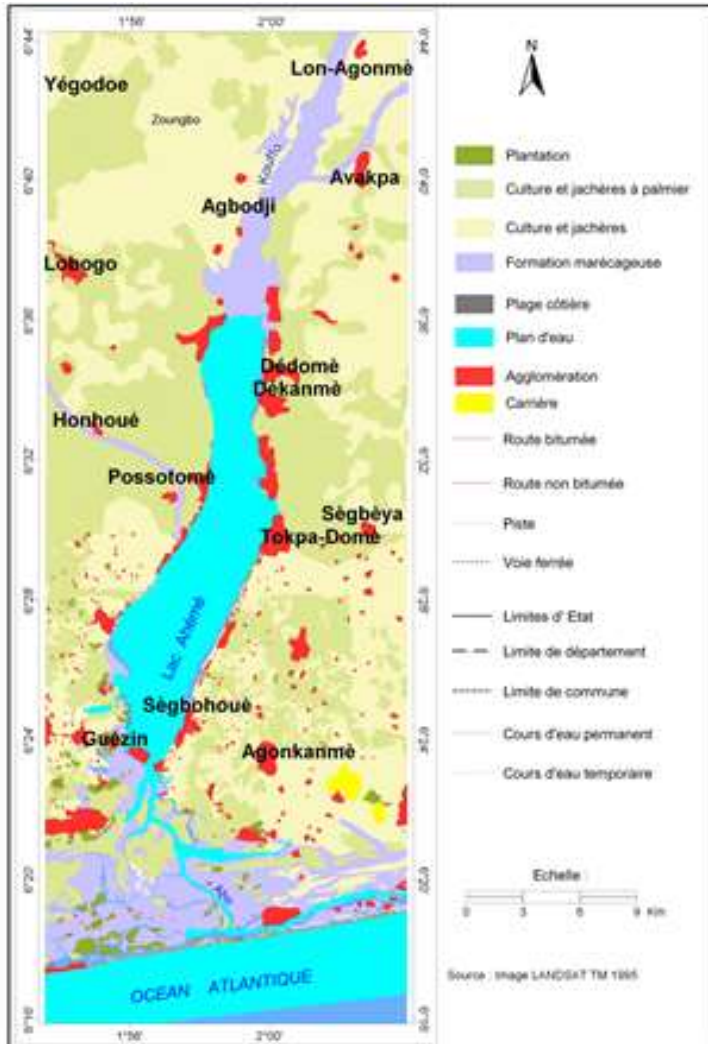
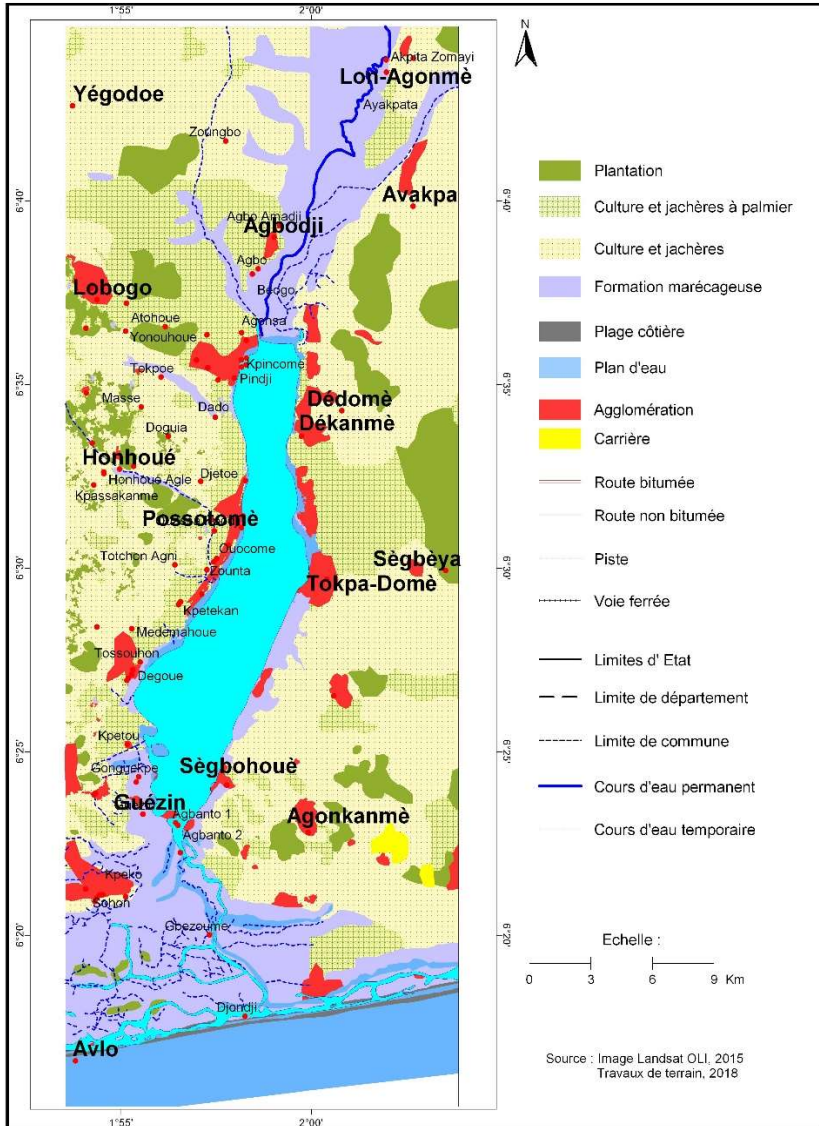


Figure 5: Occupation des terres en 1995 autour du lac Ahémé



**Figure 6:** Occupation des terres en 2015 autour du lac Ahémé

L'analyse de la figure 5 montre que les cultures et jachères (33,5 %) dominent la rive droite du lac plus précisément dans les arrondissements des Dédomè, Dékanmè, Tokpa-Domè et Sègbohòuè. Les formations de cultures et jachères à palmier (24, 3%), occupent la seconde place et sont plus étendues le long de la rive gauche du lac dans les localités de Logbogo, Honhoué et Possotomè. Le plan d'eau occupe 17,7 % de la superficie totale du complexe. Les formations marécageuses occupent 12 % de la superficie totale par contre les agglomérations sont de 1,9 %.

La figure 6 présente les superficies des unités paysagiques en 2015. Les étendues de cultures et de jachères (38,3 %) sont présentes un peu partout autour du lac, dominant surtout sur les plateaux des deux rives et elles sont en augmentation par rapport à 1995. Les cultures et jachères à palmier, occupent la deuxième place et également en augmentation, s'étendent plus sur la rive droite dans les localités de Agonkanmè, Tokpa-Domè et Sègbohòuè.. Les cours et plans d'eau occupent 15,5 % de la superficie totale en 2015. On remarque que la région environnante de l'exutoire du lac Ahémé à Guézin a connu une dégradation plus poussée de sa couverture végétale. L'anthropisation des milieux est donc très forte autour du Lac. Enfin les agglomérations ont connu une progression de 3,2 % de la superficie totale du territoire.

Au total, on constate une disparition complète en 2015 des formations végétales naturelles des plateaux, en particulier ceux encadrant le lac Ahémé au profit des mosaïques de cultures, jachères et des habitations. On note ainsi une installation grandissante des agglomérations en bordure du lac, avec la disparition par endroits de la mangrove. Ainsi, il est à constater qu'une diminution de la superficie du lac de 4 % (soit 2 116 hectares) au cours de la période 1995-2015.

La réduction des formations végétales naturelles dans le bassin-versant accélère le ruissellement et par là même l'érosion et la sédimentation. Elle est sans doute un des facteurs les plus importants du comblement du lit de lac. L'intensification de l'érosion latérale sur les berges et les versants (photo 1), accroît le volume de charges solides (photo 2) dans le lac. Elle modifie les biotopes des espèces halieutiques, d'où la disparition de certaines espèces aquatiques sensibles (Amoussou E. *et al.*, 2006, p8).



Photo 1 : Erosion des berges à Bopa



Photo 2 : Erosion des berges à Dékamè

L'érosion des berges est amplifiée par l'absence de la végétation pouvant réduire au niveau des versants et berges la capacité des crues ou des lâchers d'eau à éroder les particules et déraciner les arbres. Le rôle de la végétation est donc capital dans la dynamique hydro-sédimentaire du bassin. L'augmentation des précipitations dans un espace sans couverture végétale ne peut qu'accroître le ruissellement de surface et par là l'écoulement et l'érosion. Ainsi, l'évolution de la relation écoulement/agressivité climatique permet de déduire la variation des particules charriées lors du ruissellement superficiel.

3.3- Relation indice d'agressivité climatique et érosion des terres autour du lac « Ahémé »

L'augmentation des précipitations dans un espace sans couverture végétale ne peut qu'accroître le ruissellement de surface et par là l'écoulement et l'érosion. Ainsi, l'évolution de la relation écoulement/agressivité climatique permet de déduire la variation des particules charriées lors du ruissellement superficiel. Les figures 7 et 8 donnent la variation mensuelle de l'indice d'agressivité climatique et la corrélation pluie-érosivité des terres autour du lac.

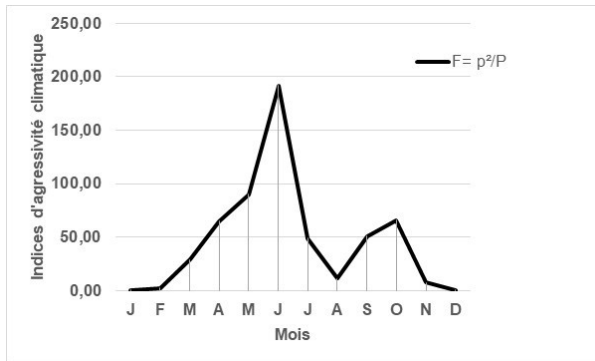


Figure 7: Valeurs mensuelles des indices d'agressivité climatique entre 1961 à 2015

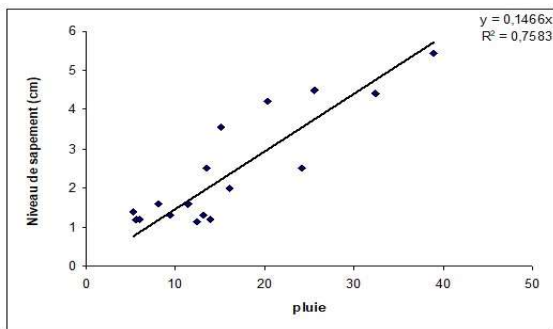


Figure 8: Corrélation entre la pluie et érosivité de terre autour du Lac Ahémé



La quantification de l'indice agressivité (figure 7) montre que les mois d'avril (65 %), mai (90 %), juin (190 %), septembre (51 %) et octobre (65 %) sont les mois où l'érosivité de pluie est important surtout à l'agressivité du fait de la dégradation du couvert végétal, à l'occupation des versants et les berges du lac par la population et les infrastructures, de l'imperméabilisation du sol, et également de la texture et structure du sol. Ces résultats sont conformités avec les résultats de Quantin P. et Combeau A., 1962, p125 ; Morel R. et Quantin P., 1972, p 675 ; Gac J. Y., 1980, p162 ; Orange D. *et al*, 1993, p152, Eténé C. G., 2010, p192 et Amoussou E., 2010, p142.

La figure 8 indique le lien entre l'agressivité de pluie avec l'érosion des terres dans le secteur d'étude. Ainsi, plus de 70 % des terres érodées dans le milieu d'étude sont dues à l'action des eaux de ruissellement, de l'écoulement et des inondations pendant la période de crue. Les fortes valeurs des indices de l'érosivité des pluies sont enregistrées durant les mois de mai, de juin septembre et d'octobre comparativement aux autres mois de l'année (janvier, février, mars, novembre et décembre), 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, p15).

4-DISCUSSION

Cette étude sur les changements climatiques et dynamique érosive autour du lac « Ahémé » au Bénin, nous a permis de voir les liens entre les modifications du climat avec les phénomènes érosifs. Il résulte de cette recherche que les moyennes mensuelles de précipitations calculées sur plus de cinquante ans (1961-2015) montrent que le espace d'Athiémé reçoit une faible quantité de pluie de novembre à mars (moins de 100 mm mensuellement) et des précipitations plus abondantes au sud qu'au nord du lac soit environ 786,9 mm entre avril à octobre. Cette situation s'explique par l'inégalement réparties des pluies sur l'ensemble du bassin, et aussi par l'effet cumulé de la mousson et du relief. Ce résultat est confirmé par les travaux des Houndéou, 1999 et amoussou, 2010 sur la zone d'étude surtout sur la question de la péjoration climatique qui a affecté cette région du Bénin. S'agissant de la dégradation des terres autour du lac, il est noté le



rôle important de mode d'occupation des terres dans le milieu. Ainsi il est constaté une disparition complète en 2015 des formations végétales naturelles des plateaux, en particulier ceux encadrant le lac Ahémé au profit des mosaïques de cultures, jachères et des habitations. On note ainsi une installation grandissante des agglomérations en bordure du lac, avec la disparition par endroits de la mangrove. Ainsi, il est à constater qu'une diminution de la superficie du lac de 4 % (soit 2 116 hectares) au cours de la période 1995-2015. Ce qui explique le fort taux d'indice d'agressivité climatique dans le milieu d'étude. La quantification de l'indice agressivité montre que les mois d'avril (65 %), mai (90 %), juin (190 %), septembre (51 %) et octobre (65 %) sont les mois où l'érosivité de pluie est important surtout à l'agressivité du fait de la dégradation du couvert végétal, à l'occupation des versants et les berges du lac par la population et les infrastructures, de l'imperméabilisation du sol, et également de la texture et structure du sol. Ces résultats sont en conformité avec les résultats de Quantin P. et Combeau A., 1962, p125 ; Morel R. et Quantin P., 1972, p 675 ; Gac J. Y., 1980, p162 ; Orange D. *et al*, 1993, p152, Eténé C. G., 2010, p192 et Amoussou E., 2010, p142.

CONCLUSION

Au terme de ce travail, il faut noter que les anomalies standardisées positives sont observées majoritairement avant les années 1970 (1962, 1963, 1966, 1968) et après 1990 (1991, 1997, 2004, 2010). La fréquence des anomalies négatives entre 1970 et 1990 traduit la péjoration climatique qui a alors affecté la région. En cette période, le Bénin a été marqué par de fortes intensités de pluie surtout de 1999 à 2010 suivies des inondations et de forts taux d'érodibilité des terres. La réduction des formations végétales naturelles constaté dans le bassin-versant accélère le ruissellement et par là même l'érosion et la sédimentation. Elle est sans doute un des facteurs les plus importants du comblement du lit de lac. L'intensification de l'érosion latérale sur les berges et les versants, accroît le volume de charges solides dans le lac. Elle modifie les biotopes des espèces halieutiques, d'où la disparition de certaines espèces aquatiques sensibles. L'étude de l'indice agressivité climatique montre que les mois d'avril (65 %), mai (90 %), juin (190 %), septembre (51 %) et octobre (65 %) sont les mois où l'érosivité de pluie est important surtout du fait de la dégradation du couvert végétal, à l'occupation des versants et les berges du lac par la population et les



infrastructures. Enfin l'analyse des liens entre l'agressivité de pluie avec l'érosion des terres dans le secteur d'étude montre que plus de 70 % des terres érodées dans le milieu d'étude sont dues à l'action des eaux de ruissellement, de l'écoulement et des inondations pendant la période de crue. Ce qui interpelle les différents utilisateurs de cet écosystème à une prise de conscience aux fins d'une perspective d'aménagement durable.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

1. AFOUDA Fulgence, 1990, L'eau et les cultures dans le Bénin central et septentrional : étude de la variabilité des bilans de l'eau dans leurs relations avec le milieu rural de la savane africaine. Thèse de Doctorat nouveau régime, Univ. Paris IV (Sorbonne), Institut de Géographie, 428 p.
2. AMOUSSOU Ernest, TOTIN VODOUNON Sourou. Henri, TOHOZIN Yves Antoine, OYEDE Marc. Lucien et BOKO Michel. 2006, « *Productivité biologique et gestion endogène durable du 'lac' Ahémé au Bénin* ». In "Climat et Développement", LECREDE/FLASH/UAC, vol. n° 2 pp 1-12.
3. AMOUSSOU Ernest, 2010, Variabilité pluviométrique et dynamique hydrosédimentaire du bassin versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat Unique, Université de Bourgogne Centre de Recherches de Climatologie (CRC) CNRS – UMR 5210, 315 p.
4. AMOUSSOU Ernest., TOTIN VODOUNON Sourou. Henri, HOUGNI A., VISSIN Expédit. Wilfried., HOUNDENOU Constant., MAHE Gil., et BOKO Michel. 2016, « *Changements environnementaux et vulnérabilité des écosystèmes dans le bassin-versant béninois du fleuve Niger* ». Int. J. Biol. Chem. Sci. 10(5), pp. 2183-2201.
5. ARNOLDUS H.M.J, 1980, « *An approximation of the rainfall factor in the USLE* », Assessment of Erosion, Wiley, Chichester, England, pp. 127-132.
6. BOKONON-GANTA Eustache, 1987, Les climats de la région du Golfe du Bénin. (Afrique Occidentale). Thèse de doctorat du 3^{ème} cycle, Paris IV, Sorbonne, 248 p + Annexes.
7. BOKO Michel. 1988, *Climats et communautés rurales du Bénin : Rythmes climatiques et rythmes de développement*. Th. de Doct. d'Etat



- ès Lettres et Sc. Hum. Univ. de Bourgogne, Dijon. France, 2 volumes. 601 p.
8. BUCCOLINI Marcello., GENTILI Bernardino., MATERAZZI Marco., PIACENTINI Tommaso., 2010, Late Quaternary geomorphological evolution and erosion rates in the clayey peri-Adriatic belt (central Italy). *Geomorphology* 116(1-2) pp .145-161. DOI
 9. FOURNIER Frédéric, 1960, Climat et érosion : la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques. Presses universitaires de France. Paris : 201 p.
 10. GAC, Jean. Yve., 1980, Géochimie du bassin du Lac Tchad. Bilan de l'altération, de l'érosion et de la sédimentation. Coll. ORSTOM, Travaux et Documents, 123, 250 p.
 11. GIEC, 2007, Changements climatiques : Impacts, Adaptation et Vulnérabilité, Résumé à l'intention des décideurs, GIEC Cambridge, 22 p.
 12. GIACCONE Elisa., VERGARI Francesca., DEL MONTE Maurizio., et FRATIANNI Simona., 2015, « *L'impact du climat sur les dynamiques morphologiques en toscane (Italie centrale)* », XXVIII^e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège 2015, pp 485-490.
 13. HOUNTONDI Yvon. Carmen., De Longueville Florence., Ozer Pierre., 2011, « *Trends in extreme rainfall events in Benin (West Africa)* », 1960-2000. Proceedings of the 1st International Conference on Energy, Environment and Climate Change. Ho Chi Minh City, Vietnam, pp. 26-27,
 14. MOREL Robert et QUANTIN Paul, 1972, Observation sur l'évolution à long terme de la fertilité des sols cultivés à Grimari (RCA). *Agron. Tropicale*, 27 (6), pp 667-739.
 15. QUANTIN Paul. et COMBEAU A., 1962, Erosion et stabilité structurale du sol. *AISH*, 59, pp 124-130.
 16. ROY André. G., 2011, « *Impacts des changements environnementaux sur les tributaires de Saint-Laurent* ». Colloque en agro climatologie, 24 pages.
 17. KLASSOU Komi Selom, 1996, Evolution climato-hydrologique récente et conséquences sur l'environnement : l'exemple du bassin versant du fleuve Mono (Togo-Bénin). Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux III, 472 p.
 18. OGOUWALE Euloge, 2006, Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité



- alimentaire. Thèse de doctorat unique École Doctorale Pluridisciplinaire d'Université d'Abomey-Calavi, 302 p.
19. Orange Didier., Olivry Jean-Claude et Censier Claude., 1993, Variations et bilans des flux de matières particulaires et dissoutes de l'Oubangui à Bangui. In : Grands bassins fluviaux périatlantiques : Congo, Niger, Amazone., Coll. Colloques & Séminaires, ORSTOM, Paris.pp 147-158.
 20. TOTIN VODOUNON Sourou Henri, 2012, Analyse de l'existant en matière de systèmes d'alerte et de produits de vigilance face aux risques climatiques en Afrique Subsaharienne, p221
 21. YABI Ibouaïma, 2008, Etude de l'agroforesterie à base de l'anacardier et des contraintes climatiques à son développement dans le Centre du Bénin. Thèse de Doctorat Unique. EDP/FLASH/UAC, 235 p.