

Article original

Changement climatique et dégradation des terres agricoles autour des petits lacs du plateau de Zagnanado au Bénin

ETENE Cyr Gervais

Laboratoire Pierre Pagney Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE),
Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526, Cotonou, Bénin

Auteur correspondant : cyr_gervais_etene@hotmail.com,
cyr.verane73@gmail.com

Article soumis le 02/08/2021 et accepté 16/12/2021

Résumé : Les perturbations climatiques observées ces dernières décennies, ne demeurent pas sans conséquences sur les terres agricoles de même que les ressources eaux. Au Bénin, les différentes crises climatiques (sécheresse, inondations, etc.) poussent les populations à occuper les berges des cours d'eau pour des activités agricoles. La présente recherche vise à analyser les effets de la dynamique climatique sur les terres agricoles autour des petits lacs du plateau d'Abomey-Zagnanado au Bénin. Pour apprécier les effets des perturbations climatiques autour des petits lacs, les données climatologiques et cartographiques ont été collectées. La statistique descriptive a été mise à contribution de même que l'étude de l'occupation des terres a permis d'apprécier les effets du climat sur les terres agricoles. Il résulte de cette recherche que la chronique des précipitations annuelles (1952-2018) du secteur d'étude est caractérisé par une succession des périodes humides (47 %) et sèches (53 %). La tendance de la température moyenne annuelle est à la hausse de 26,35 à 28,75 °C entre 1952 et 2018 ; soit une augmentation de 1,1 °C sur la période d'étude. Le déficit pluviométrique lié à la fréquence des années sèches, a entraîné l'accentuation des pressions humaines sur les écosystèmes des zones humides, l'aggravation des phénomènes érosifs. L'analyse de la dynamique de l'occupation des terres entre 2005 et 2018 a montré que cette dynamique est marquée par la régression de toutes les formations végétales naturelles (savane boisée et arbustives et forêt galerie) au profit des unités d'occupation anthropique (mosaïque de cultures et jachères (24,04 %), plantation (0,30 %), agglomération (1,65 %)). En 2019 sur un versant, il est enregistré 15,26 cm de terres érodées contre 12 cm en 2018.

Mots clés : Bénin, dynamique climatique, petits lacs, dégradation des terres, stratégie

Abstract: *The climatic disturbances observed in recent decades are not without consequences on agricultural land as well as water resources. In Benin, the various climatic crises (drought, floods, etc.) are pushing populations to storm the banks of rivers for agricultural activities. Thus, this study aims to analyze the effects of climatic dynamics on agricultural land around the small lakes of the Abomey-Zagnanado plateau in Benin. To assess the effects of climatic disturbance around small lakes, climatological and cartographic data were collected. Descriptive statistics were used as well as the study of land use made it possible to assess the effects of the climate on agricultural land. It follows from this study that the chronicle of annual precipitation (1952-2018) shows that the study area is characterized by a succession of wet (47%) and dry (53%) periods. The average temperature trend is increasing from 26.35 to 28.75 ° C between 1952 and 2018; i.e. an increase of 1.1 ° C over the study period. The pluviometric deficit linked to the frequency of dry years has led to an increase in human pressure on wetland ecosystems and an aggravation of erosive phenomena. The analysis of the dynamics of land occupation between 2005 and 2018 showed that this dynamic is marked by the regression of all natural plant formations (wooded and shrub savannah and gallery forest) in favor of anthropogenic occupation units (mosaic of crops and fallows (24.04%), plantation (0.30%), agglomeration (1.65%)). In 2019 on a slope, 15.26 cm of eroded land was recorded against 12 cm in 2018. This is not without consequences on agricultural land.*

Keywords: *Benin, climate dynamics, small lakes, degradation, agricultural strategies.*

1. Introduction

Les perturbations climatiques observées ces dernières décennies, ne demeurent pas sans conséquences sur les terres agricoles de même que les ressources eaux. En effet, la variabilité du climat à travers ses principaux paramètres, notamment les précipitations et les températures constitue aujourd'hui une menace potentiellement majeure pour l'environnement selon S. V. H. Totin et al, 2016, p.166. Les incidences d'événements climatiques extrêmes mettent en évidence la grande vulnérabilité et le degré élevé d'exposition de certains écosystèmes et de nombreux systèmes humains à la variabilité actuelle du climat (GIEC, 2014, p.17). Les communautés pauvres seront les plus vulnérables du fait de leurs capacités d'adaptation limitées et leur grande dépendance de ressources à

forte sensibilité climatique telles que l'eau et les systèmes de production agricole. Ces changements sont une réalité à l'échelle des terres émergées et des océans où la température moyenne est à la hausse et le réchauffement de 0,85 [0,65 à 1,06] °C (GIEC, 2014, p.17).

Au Bénin, comme à l'instar des autres pays du monde, les ressources en eau et en sol sont sérieusement menacées par l'érosion (M. Mazour et E. Roose, 2002, p.326 ; B. Touaibia, 2010, p.3). L'eau et le sol, ressources vitales et de production, connaissent actuellement une dégradation en termes quantitatif et de qualitatif. Les déficits de pluviométrie, la fréquence et l'intensité des sécheresses et les pluies torrentielles accélèrent de plus en plus le stress hydrique et le phénomène érosif. L'avenir et la pérennité des lacs et des territoires ruraux est en jeu. L'érosion hydrique demeure une préoccupation majeure pour les pays en développement. Environ six millions d'hectares sont exposés aujourd'hui à une érosion active (D. Heddadj, 1997, p.172).

Les pertes annuelles d'eaux, dues à l'envasement dans les barrages, sont estimées à environ 20 millions de m³ (B. Remini, 2000, p.570). Avec une érosion spécifique annuelle moyenne variant entre 2 000 et 4 000 t/km², le Bénin est classé parmi les pays où les terres agricoles sont plus exposées au phénomène érosif (C. G. Eétné, 2010, p.27). Les conséquences ne cessent de s'amplifier et se traduisent par un épuisement des ressources en eau et en sol et par l'aggravation des problèmes environnementaux.

Sur le plateau de Zagnanado, les décennies 1970 et 1980 ont été marquées par une baisse considérable des précipitations (G. Atchade 2014, p. 103) et une sécheresse sévère. Ces différentes crises climatiques poussent les populations à occuper les berges des cours d'eau pour des activités agricoles. Ces pratiques, ne demeurent pas sans conséquences sur la vie de ces écosystèmes fragiles.

La présente étude vise à analyser les effets de la dynamique climatique sur les terres agricoles autour des petits lacs du plateau d'Abomey-Zagnanado au Bénin.

2. Présentation de cadre de l'étude

Le secteur d'étude est constitué de l'espace des petits lacs (Azli et Sélé) du plateau de Zagnanado au Bénin (figure 1). Il est compris entre la latitude 6°53' et 7°28 Nord et la longitude 1°58' et 2°29' Est. Le secteur des petits lacs du plateau de Zagnanado est fortement influencé par le climat subéquatorial dont la moyenne pluviométrique annuelle est d'environ 1 137,40 mm avec un régime bimodal. Les pluies sont réparties sur deux saisons dont les maxima culminent à 186,2 mm et 147,4 mm respectivement en juin et octobre ; les températures : moyennes mensuelles varient entre 29,5 °C au mois de mars et 26,9°C au mois d'août (G. Atchadé, 2014, p.96).

Durant la période 1952-2018, le nombre de jours de pluie a constamment baissé dans l'ordre de 11 à 25 % alors que la température a augmenté de 1 °C. Le régime hydrologique des deux lacs est fortement influencé par celui du fleuve Ouémé ; ainsi, les hautes eaux ont lieu en septembre et octobre, en liaison avec les apports du cours supérieur du fleuve, situé en climat soudanien au nord.

La population du milieu d'étude a une civilisation agraire exploitant alternativement les ressources du plateau et de la plaine d'inondation au cours de l'année (J. C. Houndagba et A. Akoegninou, G. Danton, G. Zannou 2007, p.172). L'habitat y est groupé et concentré sur les versants de plateau et les bourrelets de berge. Les densités de population (versant et plaine d'inondation) dépassent très souvent 150 habitants au km², ce qui pose le problème de l'adéquation entre les ressources disponibles et les besoins de la population.

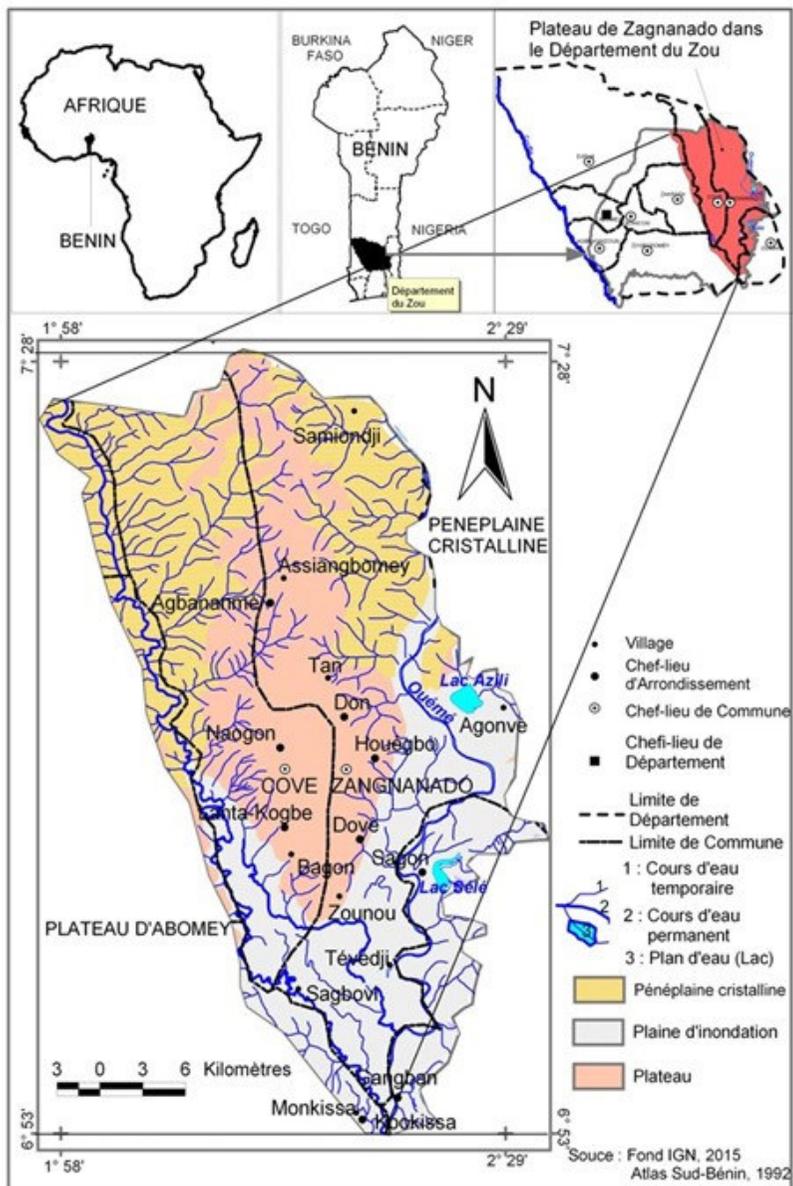


Figure 1 : Situation géographique des lacs Azli et Sélé

3. Données et méthodes

3.1. Données utilisées

Les précipitations et les températures mensuelles de la station synoptique de Bohicon et les hauteurs de pluie du poste pluviométrique de Zagnanado, collectées à l'ASECNA-Cotonou (Bénin) sur la période 1952-2018 ont été utilisées.

Les données obtenues sur ces deux stations ont été régionalisées sur le secteur d'étude qui ne dispose pas d'un réseau d'observation bien fourni.

A partir de l'hypothèse de l'homogénéité spatiale des précipitations mensuelles de Brunet-Moret, 1971 :18, les données manquantes ont été comblées par la méthode des doubles cumuls des stations du même domaine climatique. Soit pour une année i , les précipitations mensuelles x_i et y_i à deux stations x et y peuvent s'écrire :

$$x_i = \frac{\bar{X}}{\bar{Y}} y_i + \varepsilon_i$$

X et Y sont les moyennes inter-mensuelles sur une longue série des stations retenues. La variable ε_i est négligeable et nulle. Ensuite, une reconstitution de ces valeurs manquantes a été faite grâce à la régression linéaire multiple à partir de trois à quatre stations du domaine climatique les plus proches.

Les données cartographiques concernent les images suivantes :

- les images landsat TM (classifiées) de 2005 couvrant les lacs Azili et Sélé ;
- les images landsat 8 (classifiées) de 2018 couvrant les lacs Azili et Sélé.

3.2. Méthodes

3.2.1. Détermination des anomalies climatiques et des classes de régime pluviométrique

La précipitation ou la température centrée réduite, (notée PCR) est calculée à l'aide de la formule :

$$PCR = \frac{x_i - \bar{X}}{\sigma}$$

avec : x_i pluviométrie ou température de l'année i ; \bar{X} et σ respectivement la moyenne et l'écart-type de la pluviométrie ou la température moyenne interannuelle sur la période de référence.

Ces indices de pluie centrée réduite (PCR), correspondant aux indices standardisés de précipitation de McKee *et al.* (1993), ont été utilisés pour déterminer les années excédentaires ou déficitaires. Cinq régimes de pluie ont été ainsi retenus en fonction des classes de PCR. Il s'agit de : régime très humide (PCR maximale), régime humide ($1 < PCR < 1,49$), régime normal (PCR = 0), régime sec ($-1 < PCR < -1,49$) et régime très sec (PCR minimale).

Par ailleurs, le taux de variation (T_v) des totaux pluviométriques annuels des régimes extrêmes par rapport au régime normal est calculé par la formule :

$$T_v(\%) = \left[\frac{M_{\text{extrême}}}{M_{\text{normale}}} - 1 \right] * 100$$

avec $M_{\text{extrême}}$ moyenne de pluie d'un quelconque régime extrême rapportée à un régime normal (M_{normale}).

Les indices calculés de température (TCR) ont permis de déterminer l'évolution thermométrique sur la période 1961-2018 et l'effet du pouvoir évaporant sur les ressources en eau.

3.2.2. Cartographie de l'occupation des terres

Elle permet de mettre en relief, le taux moyen annuel d'expansion spatiale, le taux de conversion et l'intensité des changements. Ces taux ont été calculés sur la base de la matrice de transition, ce qui

a permis de comprendre les différentes mutations intervenues dans le temps autour des lacs Azili et Sélé entre 2005 et 2018.

✓ **Matrice de transition**

C'est un tableau synthétique qui récapitule en termes de superficies, les différentes transformations subies par les formations végétales et les autres unités d'occupations des terres entre deux dates (Arouna, 2012). Elle a permis de décrire les changements d'état des unités d'occupation des terres entre 2005 et 2018.

✓ **Taux moyen annuel d'expansion spatiale**

Le taux moyen annuel d'expansion spatiale exprime la proportion de chaque unité de végétation naturelle qui change annuellement. Ce taux annuel est calculé à partir de la formule suivante :

$$T = \left(\frac{\ln s_2 - \ln s_1}{t \ln e} \right) \times 100$$

Avec **s1** la superficie d'une unité de végétation à la date **t1** et **s2** la superficie de la même unité de végétation à la date **t2** et **t** le nombre d'années d'évolution et **ln** logarithme népérien ; **e** la base des logarithmes népériens (**e** = 2,71828).

✓ **Taux de conversion**

Le taux de conversion d'une classe de végétation correspond au degré de transformation subie par cette classe de végétation en se convertissant vers d'autres classes (Arouna, 2012 :8). C'est donc la quantité de changements observés au niveau d'une formation végétale entre deux dates **t0** et **t1**. Il permet ainsi de mesurer le degré de conversion d'une formation végétale en d'autres unités d'occupation des terres. Il est calculé à partir de la formule suivante :

$$TC = \left(\frac{\text{sit} - \text{sis}}{\text{sit}} \right) \times 100$$

Avec : **TC** : taux de conversion ; **sit**: Superficie de l'unité d'occupation des terres **i** à la date initiale **t**; **sis**: Superficie de la même catégorie de cette unité **i** demeurée stable à la date **t₁**.

Analyse de l'intensité des changements

Deux programmes d'analyse "PontiusMatrix41" et "Intensity Analysis03.xlms" de Aldwaik et Pontius (2012), ont permis de mesurer (en %) les intensités des changements selon les intervalles de temps, les unités d'occupation des terres et les transitions entre unités d'occupation des terres.

✓ **PontiusMatrix41**

Le programme "PontiusMatrix41" fournit une variété d'analyses et les sommaires statistiques d'une matrice de tableau-croisé (www.clarku.edu/~rpontius). Ce programme "PontiusMatrix41" s'est basé sur les matrices de transition de 2005 - 2018 pour générer deux graphiques montrant lesdites intensités selon l'intervalle. Le premier graphique présente les intensités des changements survenus au sein de chaque catégorie. Tandis que le deuxième graphique présente les intensités de pertes et de gains par catégorie. A ces niveaux, l'état de rapidité des changements est déterminé grâce à la ligne verticale en tireté bleu, appelée ligne de zone uniforme. Si le graphe est à gauche de cette ligne, le changement est lent ou dormant. Mais si celui-ci est à droite de cette ligne, le changement est rapide ou actif.

✓ **Intensity Analysis03.xlms**

Le programme "Intensity Analysis03.xlms" a permis grâce à la matrice de transition de générer des statistiques pour les transitions selon les intervalles de temps, entre chaque catégorie d'occupation des terres et les autres. Il en est de même pour les pertes et gains survenus lors des transitions entre unités.

3.2.3. Méthode de détermination de l'érosion hydrique

La technique utilisée pour la collecte de ces données est celle du piquet d'érosion. Le piquet est constitué d'une règle en bois de forme parallélépipédique d'une longueur de 50 cm. Il comprend deux parties délimitées par une corde dont :

- la partie inférieure du piquet à bout pointu permet de le fixer au sol sur une profondeur de 25 cm ;
- la partie supérieure graduée en pas de 5 cm par des rayures tout autour de la règle.

Pour faciliter l'identification des piquets sur le terrain, la partie supérieure est peinte en jaune sur une longueur de 5 cm. Le piquet est enfoncé dans le sol par le bout pointu à l'aide d'un marteau ou d'un maillet jusqu'à la première marque rouge. Les piquets sont installés en ligne droite suivant les facettes topographiques, mais avec un décalage de 4 m par rapport au piège à sédiments.

4. Résultats et discussion

4.1-Tendance climatique autours des petits lacs des plateaux Zagnanado

La variabilité du climat autour des petits lacs du plateau de Zagnanado est marquée par une perturbation du régime pluviométrique et thermométrique dont dépend la disponibilité des ressources en eau.

4.1.1. Anomalies et régimes pluviométriques

Les figures 2 et 3 montrent l'évolution de la pluviométrie sur la période 1952-2018 autour des lacs Azli et Sélé. La variabilité pluviométrique dans le secteur d'étude est marquée par des séquences de période humide (1952-1970), sèche (1971-1990) et d'instabilité (2011-2018) pour la station de Bohicon. Par contre, à la station de Zagnanado, les séquences humides couvrent la période (1952-1969), la période sèche (1970-1990) et une période de reprise de (1991-2018). La fin de la période humide est en phase avec la rupture de stationnarité, située entre la fin de la décennie

1960 et le début de la décennie 1970 en Afrique occidentale et centrale, y compris le Sahel. Les conditions climatiques de cette période ont rendu difficile la production agricole par le manque d'eau pour la croissance des plantes.

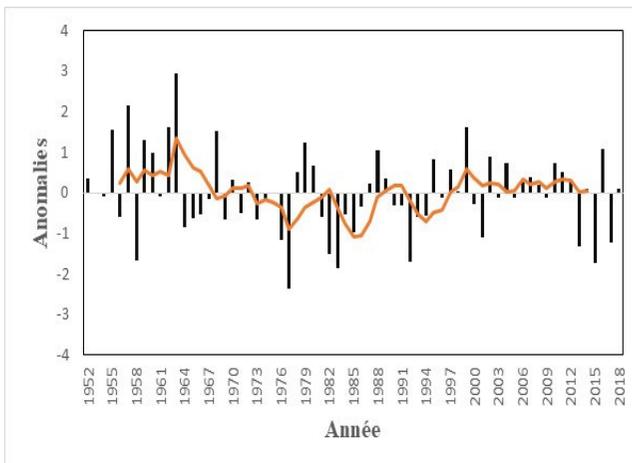


Figure 2 : Variabilité interannuelle de la pluviométrie à Bohicon sur la période 1952-2018

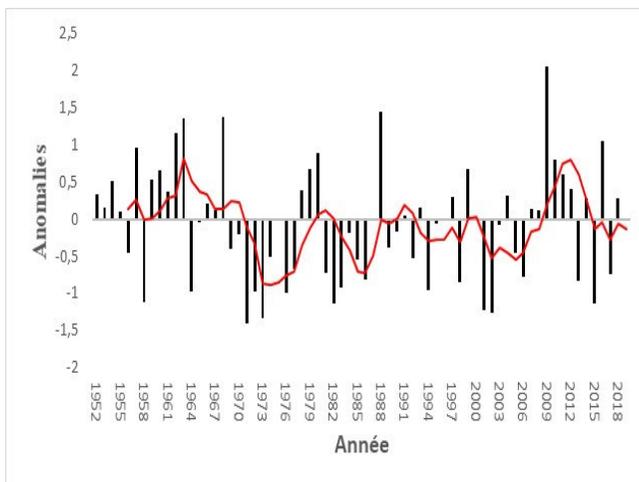


Figure 3 : Variabilité interannuelle de la pluviométrie à Zagnanado sur la période 1952-2018

La récurrence d'années sèches (anomalies négatives de -0,1 à -1,4), soit 53 % de la série d'étude contrarie la proportion de 47 % d'années de pluie excédentaire (+0,1 à +4) et de 4 % seulement d'années normales pour les deux stations retenues pour la présente recherche.

Ce résultat corrobore à celui de A. Atchade, 2014, p.155, qui évoque une tendance à la persistance de la sécheresse progressive dans la partie centrale du Bénin aux confins du début du domaine de la transition climatique entre le subéquatorial et le soudanien. Les ménages agricoles (53 %) évoquent un bouleversement de la durée des saisons agricoles dans ce domaine. Ce qui les oblige à une adaptation du système agricole à la nouvelle donne climatique.

La dominance d'années déficitaires et le nombre très faible d'années normales (anomalies sensiblement égales à 0 permet d'apprécier le niveau du régime de pluie. Les figures 4 et 5 présentent le régime de pluie autour des lacs Azli et Sélé et sur le plateau de Zagnanado.

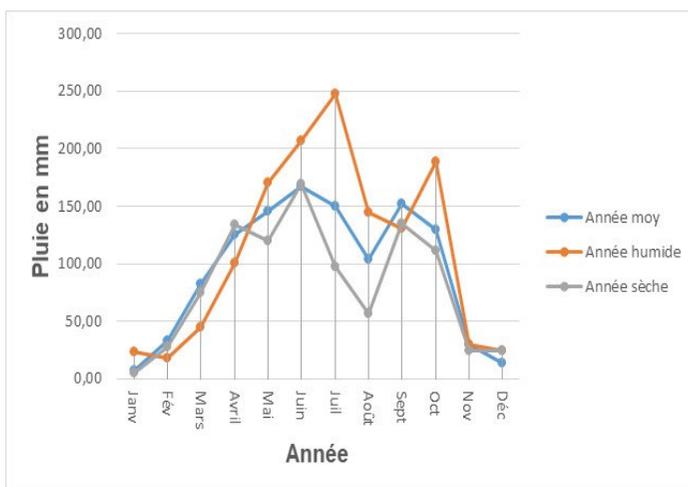


Figure 4 : Régime de pluie à Bohicon sur la période (1952-2018)

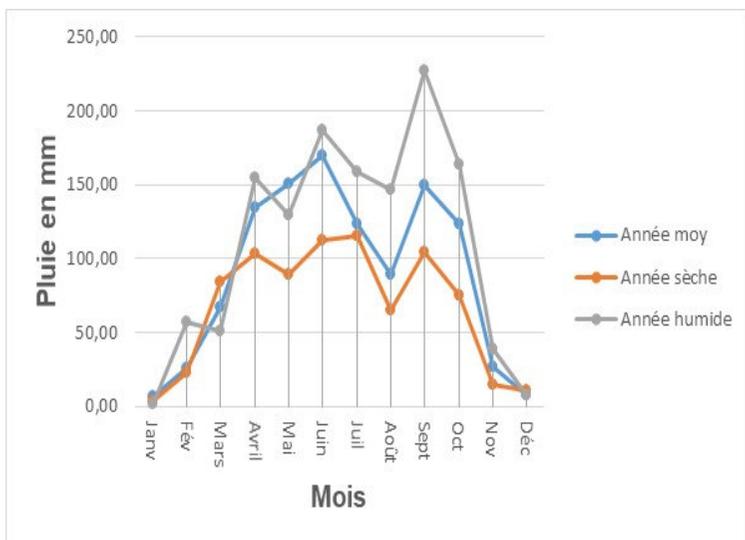


Figure 5 : Régime de pluie à Zagnanado sur la période (1952-2018)

L'analyse des figures 4 et 5 montre que la hauteur de pluie annuelle moyenne est d'environ 1328,96 mm en régime humide. A l'opposé, la pluviométrie annuelle moyenne est de 976,40 mm en régime sec. Au regard des conditions climatiques, le plateau de Zagnado connaît, un régime pluviométrique subéquatorial (pluie > 1200 mm).

L'instabilité du régime pluviométrique compromet, dans une certaine mesure l'intégrité des écosystèmes, source nécessaire pour la production agricole. Les cumuls annuels de pluie des régimes humide et sec sont très variables par rapport à celui du régime normal. Les taux sont de +55,5 % en régime humide à -44,5 % en régime sec, comparé à un régime climatique normal.

A l'échelle saisonnière, les lames d'eau précipitées peuvent varier de 97 à 100 %. Ainsi, de la saison pluvieuse à la saison sèche, les hauteurs de pluie peuvent passer de 1328,96 mm à 54,45 mm en régime humide, de 1137,40 mm à 11,2 mm en régime normal, de 976,40 mm à 8,3 mm en régime sec. Cela dénote de la variabilité pluviométrique du milieu subéquatorial du Bénin et parfois un fort contraste saisonnier des précipitations. La combinaison de la baisse

de la pluviométrie et de sa forte variabilité a un effet plus que proportionnel sur les systèmes de production, surtout autour des petits lacs du plateau de Zagnanado.

4.1.2. Variation thermométrique

La tendance de la température annuelle moyenne est à la hausse (figure 6), de 26,35 à 28,75 °C entre 1952 et 2018 ; soit une augmentation de 0,03 °C/an (1,1 °C sur la période d'étude).

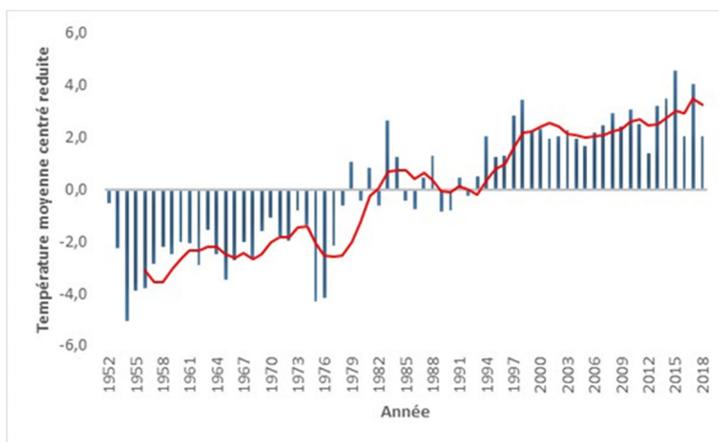


Figure 6 : Variabilité interannuelle des anomalies de température (1952-2018)

A l'échelle mensuelle, les températures varient de 22,57 °C (décembre) à 23,54 °C (avril) pour les minima, de 29,45 °C (juillet) à 35,84 °C (février) pour les maxima et 25,59 °C (août) à 30,3 °C (février) pour les moyennes. En général, le mois de février est le plus chaud de l'année et constitue dans le milieu subéquatorial, celui de « présaison » avec des valeurs élevées d'évapotranspiration.

Le renforcement du pouvoir évaporant de l'air en février correspond à une pression climatique sur les ressources en eau du milieu d'étude. Cette influence du climat suite à la sécheresse absolue des mois de janvier-février induit une intensification des activités agricoles (65 % des enquêtés) surtout celle des cultures de contre saison.

4.2. Dynamique de l'occupation des terres autour des lacs Azli et Sélé

4.2.1. Etats de l'occupation des terres autour des lacs Azli et Sélé en 2005 et en 2018

L'observation des cartes d'occupation des terres en 2005 (figures 7 et 8) montre que, les formations végétales naturelles dominantes sont les savanes arborées et arbustives qui s'observent principalement dans les parties nord, nord-est et nord-ouest du lac Azli. Cette même formation végétale naturelle est observée également vers le nord-ouest et le sud-ouest du lac Sélé. Ces formations végétales sont suivies des formations marécageuses tout autour du lac Azli. Les cultures et jachères sous palmiers et les formations marécageuses sont surtout présentes dans la partie sud et ouest du lac Sélé. Les minces forêts galeries du bassin sont situées le long des différents cours d'eau dont le plus important est l'Ouémé. Les agglomérations sont très faiblement représentées au sud du lac Azli, à l'ouest et sud du lac Sélé.

En 2018 (figure 7), les savanes arborées et arbustives ont connu une régression très significative (0,95 %) autour des deux lacs. On remarque la présence des plantations au niveau du lacs Azli et la présence des forêts claires et savanes boisées de même que la forêt galerie au niveau du lac Sélé. Les savanes arborées et arbustives sont devenues des formations naturelles et plus répandues autour de deux lacs. Par contre, les mosaïques de cultures et jachères ont connu une forte extension (65 %). Elles se rencontrent un peu partout autour des lacs. Les sols dénudés et les plantations se sont étendus.

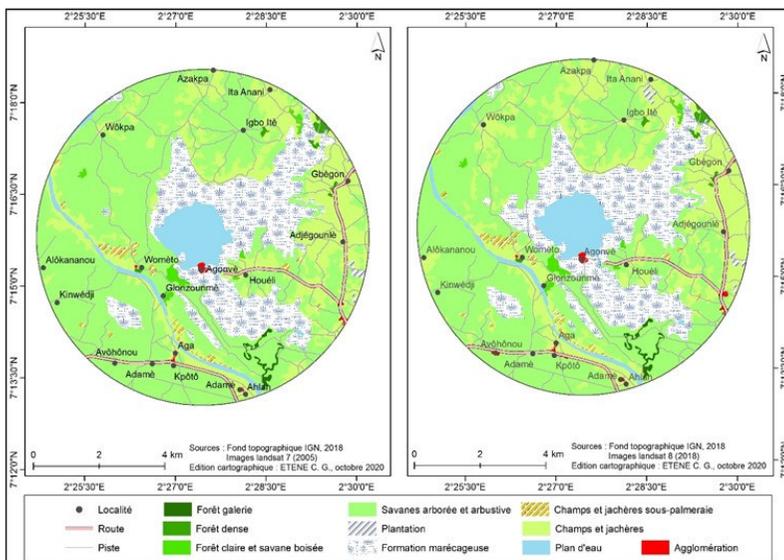


Figure 7 : Dynamique des unités d'occupation des terres autour du lac Azili entre 2005 et 2018

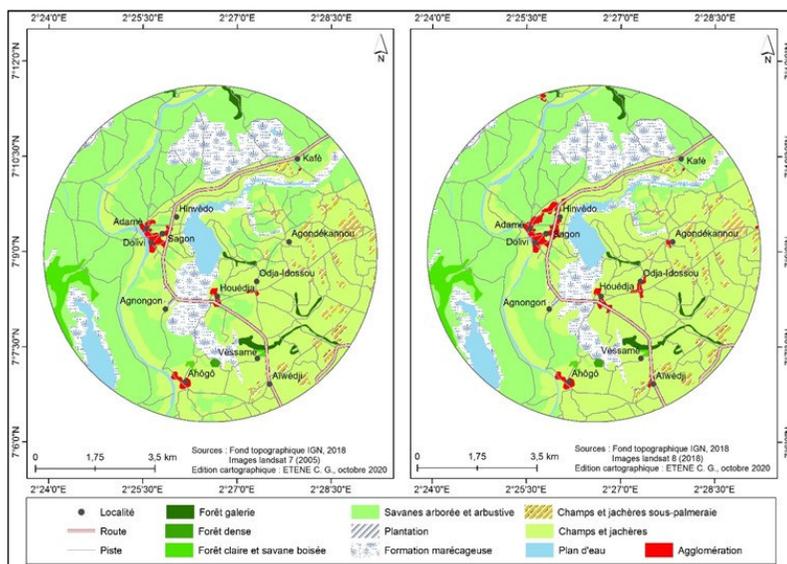


Figure 8 : Dynamique des unités d'occupation des terres autour du lac Sélé sur le plateau de Zagnanado entre 2005 et 2018

4.2.2. Mutation dans l'occupation des terres autour des lacs Azli et Sélé

Le tableau 1, présente la matrice de transition des unités d'occupation des terres autour des lacs Azli et Sélé entre 2005 et 2018.

Tableau 1 : Matrice de transition des unités d'occupation des terres autour du lac Azli

UOT en 2005	UOT en 2018										Sup (ha) en 2005
	FG	FD	FCSB	SASA	PL	CJP	CJ	FM	PE	HA	
FG	30,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30,5
FD	0	28,37	0	0	0	0	0	0	0	0	28,37
FCSB	0	0	48,86	0	0	0	0	0	0	0	48,86
SASA	0	0	0	3509,66	0	0	542,07	106,9	0	6,89	4165,52
PL	0	0	0	0	14,92	0	1,97	0	0	0	16,89
CJP	0	0	0	0	0	75,42	0	0	0	0	75,42
CJ	0	0	0	342,69	11,48	0	1336,44	0	0	5,9	1696,51
FM	0	0	0	0	0	0	0	1523,39	6,07	0	1529,46
PE	0	0	0	0	0	0	0	0	429,91	0	429,91
HA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26,73	26,73
Sup (ha) en 2018	30,5	28,37	48,86	3852,35	26,4	75,42	1880,48	1630,29	435,98	39,52	8048,17

Forêt galerie (FD), Forêt dense (FD), Forêt claire et savane boisée (FCSB), Savane arborée et arbustive (SAA), Plantation (P), Formation marécageuse (FM), Champs et jachère (CJ), Champs et jachères sous-palmeraie (CJSP), Plan d'eau (PE) et Agglomération (A).

Entre 2005 et 2018, les FG, FD, FCSB et CJP n'ont pas connu de mutation autour du lac Azli. Les SASA qui occupaient une superficie de 4165,52 ha ont connu une régression de 542,07 ha au profit des CJ ; 106,90 ha au profit des FM et 6,89 ha au profit des HA avec 3509,66 ha de superficie restée stable entre 2005 et 2018. Le taux de conversion et le taux moyen annuel d'expansion spatiale des SASA sont respectivement 15,74 % et - 0,60 %. Les PL ont connu une évolution régressive (1,97) de leur superficie au profit des CJ entre 2005 et 2018 avec un taux de conversion de 11,66 % et un taux moyen annuel d'expansion spatiale de 3,44 %. Les CJ ont connu une évolution régressive de leur superficie au profit des SASA (342,69 ha), des PL (11,48 ha) et des HA (5,90 ha) avec 1336,44 ha de superficie resté stable. Le taux de conversion des CJ et le taux moyen annuel d'expansion spatiale sont respectivement de 21,22 % et 0,79 %. Les FM qui occupaient une superficie de 1529,46 ha en 2005, ont connu une évolution régressive (6,07 ha)

de leur superficie au profit des PE avec un taux de conversion de 0,40 % et un taux moyen annuel d'expansion spatiale de 0,49 %. Les PE occupaient une superficie de 429,91 ha en 2005, ont connu une évolution progressive de leur superficie et occupent 435,98 ha en 2018 avec un taux moyen annuel d'expansion spatiale de 0,11 %.

Entre 2005 et 2018, les HA sont passées de 26,73 ha à 39,52 ha avec un taux moyen annuel d'expansion spatiale de 3,01 %.

Le tableau 2, montre la transition qui avait eu lieu dans les unités d'occupation des terres autour du lac Sélé entre 2005 et 2018.

Tableau 2 : Matrice de transition des unités d'occupation des terres autour du lac Sélé

UOT en 2005	UOT en 2018										Sup (ha) en 2005
	FG	FD	FCSB	SASA	PL	CJP	CJ	FM	PE	HA	
FG	78,96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78,96
FD	0	5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	5,5
FCSB	0	0	120,81	0	0	0	0	0	0	0	120,81
SASA	0	0	0	2406,02	0	0	327	0	0	6,41	2739,43
PL	0	0	0	0	7,33	0	0	0	0	0	7,33
CJP	0	0	0	0	0	203,59	0	0	0	0	203,59
CJ	0	0	0	39,1	0	0	2856,73	0	5,5	45,21	2946,54
FM	0	0	0	0	0	0	40,02	911,97	1,07	0	953,06
PE	0	0	0	0	0	0	15,43	15,88	345,18	0	376,49
HA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65,22	65,22
Sup (ha) en 2018	78,96	5,5	120,81	2445,12	7,33	203,59	3239,18	927,85	351,75	116,84	7496,93

Forêt galerie (FD), Forêt dense (FD), Forêt claire et savane boisée (FCSB), Savane arborée et arbustive (SAA), Plantation (P), Formation marécageuse (FM), Champs et jachère (CJ), Champs et jachères sous-palmeraie (CJSP), Plan d'eau (PE) et Agglomération (A).

Entre 2005 et 2018, les unités d'occupation des terres telles que les FG, FD, FCSB, CJP et PL n'ont pas connu de mutation autour du lac Sélé.

Les SASA par contre ont connu une régression de 327 ha et de 6,41 ha respectivement au profit des CJ et HA avec 2406,02 ha de superficie restée stable. Le taux de conversion et le taux moyen annuel d'expansion spatiale des SASA est respectivement de 12,17 % et de - 0,87 %. Les CJ ont connu une mutation de leur superficie au profit des SASA (39,10 ha), des PE (5,50 ha) et des HA (45,21 ha) avec 2856,73 ha de superficie resté stable. Le taux de

conversion de cette unité et le taux moyen annuel d'expansion spatiale sont respectivement 3,05 % et 0,73 %. Les FM qui occupaient une superficie de 953,06 ha en 2005 ont connu une évolution régressive de leur superficie au profit des CJ (40,02 ha) et PE (1,07) avec un taux de conversion de 4,31 % et un taux moyen annuel d'expansion spatiale de -0,21 %. En 2005, les PE occupaient une superficie de 376,49 ha. 15,88 ha se sont convertis en FM et 15,43 ha en CJ avec 345,18 ha de superficie restée stable. Le taux de conversion et le taux moyen annuel d'expansion spatiale sont respectivement de 8,32 % et -0,52 %.

Entre 2005 et 2018, les HA sont passées de 65, 22 ha à 116,84 ha avec un taux moyen annuel d'expansion spatiale de 4,48 %.

4.2.3. Intensité des changements des unités d'occupation des terres autour des lacs Azli et Sélé

Les figures 9 et 10 présentent l'intensité des changements des unités d'occupation des terres entre 2005 et 2018 autour des lacs Azli et Sélé.

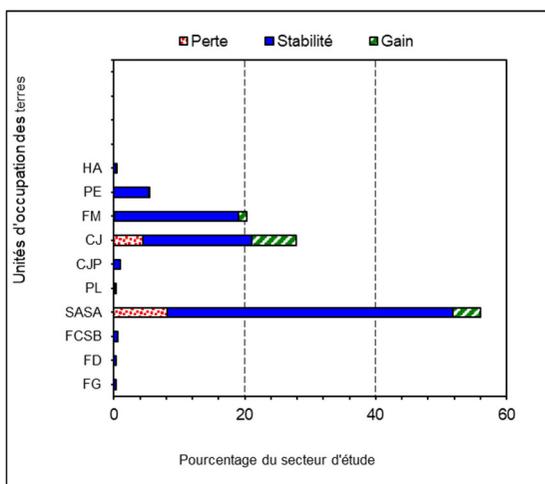


Figure 9 : l'intensité des changements des unités d'occupation des terres entre 2005 et 2018 autour du lac Azli

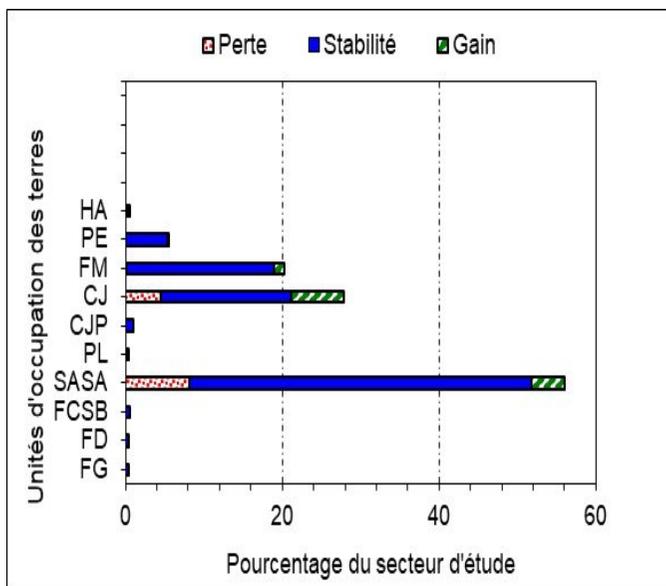


Figure 10 : Intensité des changements des unités d'occupation des terres entre 2005 et 2018 autour du lac Sélé

L'observation de la figure 9 indique que les FG, FD, FCSB et CJP n'ont enregistré aucun gain ni perte entre 2005 et 2018 autour du lac Azili. Par contre, les SASA sont les unités qui ont le plus connu de mutation en termes de perte de superficie alors que les CJ ont enregistrés le plus de gain de superficie. L'intensité des changements en gain et perte de superficie au niveau des autres unités d'occupation des terres est faible autour du lac Azli.

Au niveau du lac Sélé, il indique que les FG, FD, FCSB, PL et CJP n'ont enregistré aucun gain ni perte entre 2005 et 2018. Par contre, les SASA sont les unités qui ont le plus connu de mutation en termes de perte de superficie au profit des CJ, PE et FM. L'intensité des changements en gain et perte de superficie au niveau des autres unités d'occupation des terres est faible autour du lac Sélé.

La figure 12 met en relief l'intensité et la vitesse des changements d'occupation des terres entre 2005 et 2018 autour des petits lacs du plateau de Zaganado.

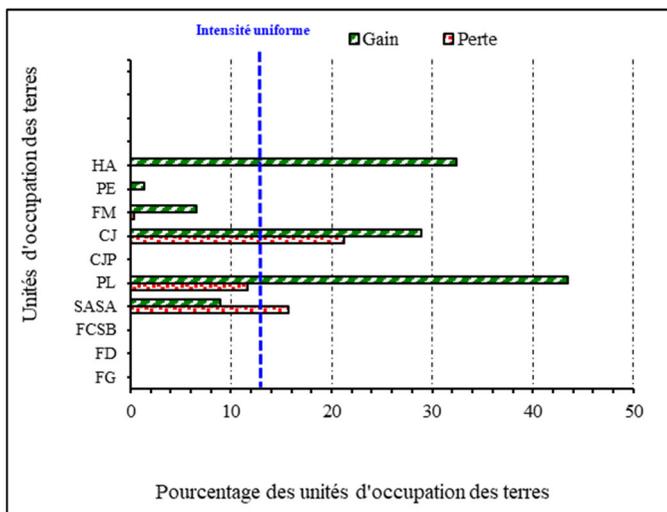


Figure 12a: Intensité et vitesse des changements des unités d'occupation des terres entre 2005 et 2018 autour du lac Azli

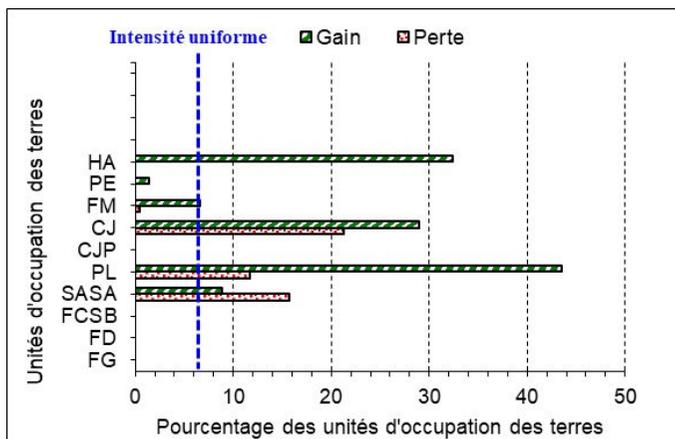


Figure 12b: Intensité et vitesse des changements des unités d'occupation des terres entre 2005 et 2018 autour du lac Sélé

Au niveau de la figure 12a, il est montré que des unités d'occupation FG, FD, FCSB, CJP, FM et PE. Les gains et perte sont dormants. Par contre au niveau des PL, HA et CJ, l'intensité et la vitesse des changements en termes de gain sont rapides. On observe la même

tendance pour les pertes aux seins des SASA et des CJ autour du lac Azli.

L'examen de la figure 12b montre qu'au niveau des FG, FD, FCSB, CJP et PE, les gains et pertes sont dormants. Au niveau des SASA, PL et CJ, l'intensité et la vitesse des changements en termes de gain et de perte de superficie sont rapides. Par contre, On observe des gains rapides aux seins HA et des FM autour du lac Sélé.

Au total, il est retenu que l'analyse de la dynamique de l'occupation des terres entre 2005 et 2018 est marquée par la régression de toutes les formations végétales naturelles au profit des unités d'occupation anthropiques. Entre ces deux dates, les champs et jachères ont connu la plus grande expansion (72 %). Ce qui contribue énormément à la dégradation des terres agricoles.

4.3. Dégradation des terres agricoles autour des lacs

La dynamique érosive est observée le long des transects établis dans la zone d'étude. Les quantités des matières en mouvement des sommets vers les bas de pentes varient selon la position topographique, la nature des roches et la force de l'agent érosif. Les tableaux 3 et 4 renseignent sur la quantité des terres érodées le long de deux écosystèmes lacustres.

Tableau 3 : Relevé des piquets d'érosion à Sélé

Piquets	Pente (%)	Hauteur de terre enlevée en cm				Position topographique
		Enlèvement		Sédimentation		
		2018	2019	2018	2019	
Piquet 1	1	0	2	0	0	Sommet
Piquet 2	7	12	15,26	0	0	Versant
Piquet 3	4	8,24	9,3	0	0	Versant
Piquet 4	2	2,6	1,3	0	0	Versant
Piquet 5	0,5	0	0,6	0	0	Bas de pente

Source : Travaux de terrain, juillet, 2019

Orienté NE-SW du lac Sélé, le transect établi, est long de 900 m. Le transect présente 3 versants dont les pentes sont respectivement 7, 4 et 2 %, un sommet avec une pente de 1 % et un bas de pente

de 0,5 % (Tableau 3). Il résulte des données du tableau 3 que les versants sont marqués par un phénomène érosif très important (12 cm en 2018 et 15,26 cm en 2019) (Planche 1).



Planche 1: Phénomène de rigole et du sapement dans un champ de maïs sur versant du lac Sélé

Prise de vue : Etene, juillet 2020

Ce départ se traduit surtout par l'importance de la pluviométrie observée ces années. Par contre, l'érosion est moins importante dans le bas de pente et le sommet de l'interfluve. Ce qui permet d'affirmer que la position topographique intervient en grande partie dans le départ des sédiments. Le ruissellement étant les principales causes de l'érodibilité du sol, les forts mouvements des matériaux sont généralement observés au niveau des piquets où la végétation est faible ou quasi nulle. Situé presque en amont du lac Azli et orienté NE-SW, ce transect a une longueur 500 m (Tableau 4).

Tableau 4 : Relevé des piquets d'érosion à Azli

Piquets	Pente (%)	Hauteur de terre enlevée en cm				Position topographique
		Enlèvement		Sédimentation		
		2018	2019	2018	2019	
Piquet 1	0,5	0	1	0	0	Sommet
Piquet 2	6,4	13,5	14	0	0	Versant
Piquet 3	4	6,75	8,4	0	0	Versant
Piquet 4	2,5	0,6	1,3	0	0	Versant
Piquet 5	0,3	0	0,4	0	0	Bas de pente

Source : Travaux de terrain, juillet, 2019

Ledit transect présente dans l'ensemble un sommet d'interfluve suivi d'un long versant légèrement convexe qui draine les eaux pluviales vers le lac. Les pentes au niveau des différentes facettes topographiques sont comprises entre 0,5 à 1 % sur le sommet, 1 à 6,4 % sur le versant et 0,1 à 0,3 % dans le bas de pente. L'occupation humaine en terme d'espace agricole de ce sous bassin est estimée à 70 %. Les plus importants mouvements de particules sont observés au niveau des piquets 2 et 3 qui sont installés sur les versants. Cet important départ des sédiments s'explique par la présence d'une forte pente, de surface imperméabilisée et de l'absence du couvert végétal.

Toutefois, il est important de rappeler que pendant la saison pluvieuse, les deux lacs bénéficient énormément des apports hydriques et sédimentologies substantiels de l'Ouémé, puis du Zou. Ces apports peuvent être bénéfiques mais aussi dramatiques pour les champs et les cultures (planche 2).



Planche 2: Inondation d'un champ de maïs du lac Sélé

Prise de vue : Etene, juillet 2020

4.3. Discussion

La connaissance du comportement possible du climat d'une région donnée en cas des perturbations climatiques, est un élément de base pour toute évaluation de la vulnérabilité de cette localité. La variabilité climatique dans le secteur d'étude est marquée par des séquences humides (1952-1970), séquences sèches (1971-1990) et la période d'instabilité (2011-2018) sur le plateau de Zagnanado où est localisé les lacs Azli et Sélé.

Les pluies annuelles en régime normal/moyen sont de 1157 à 1262 mm et confirment l'appartenance de cette région à un domaine climatique subéquatorial comme l'ont montrée M. Boko, 1988, p.320 et C. Houndéou, 1999, p.195. L'instabilité du régime pluviométrique compromet, dans une certaine mesure l'intégrité des écosystèmes, substrat pour les activités agricoles. Les cumuls annuels de pluie des régimes irréguliers (sec et humide) sont très variables par rapport à celui du régime normal.

En effet, le plateau de Zagnanado a connu entre les années 1971 et 1990 une phase de sécheresse qui peut être interprétée comme une manifestation de la grande sécheresse qui a frappé l'Afrique de l'Ouest à partir de la fin des années 1960 (J. P. Bricquet et F. BAMBA, G. MAHE, M. TOURE et J. C. OLIVRY 1997, p.329). Ce déficit pluviométrique a été également mis en évidence, dans le Bénin méridional et central (E. Ogouwalé, 2006, p.225) et dans le bassin du Zou (G. Atchade, 2014, p.155).

La période des années 70 qui est caractérisé par la séquence sèche coïncide également avec l'époque de la révolution au Bénin, qui a fragilisé les réglementations traditionnelles en matière de gestion et de protection des écosystèmes. Ainsi, le point de départ de la régression rapide des lacs devrait être situé au début des années 70 avec la conjonction de la sécheresse ayant entraîné la destruction de nombreuses forêts sacrées (J. C. Houndagba, 2007, p.202).

Ce résultat est conforme au résultat de G. Mahé et J. C. Olivry, 1995, p.216, en étudiant les variations des précipitations et des écoulements entre 1951 et 1989 en Afrique de l'ouest et du centre dans 34 bassins hydrographiques dont ceux de l'Ouémé et du Mono au Bénin. Ces auteurs ont, en effet, montré que le déficit pluviométrique persistant des années 70 et 80 ont engendré un tarissement progressif des fleuves, particulièrement prononcé au cours des années 80 en Afrique de l'ouest, et qui s'est traduit par une diminution des coefficients d'écoulement. Au total, le tarissement des lacs Azli et Sélé, mis en évidence par les données de télédétection, doit être considéré comme un phénomène à caractère régional, amplifié par les facteurs locaux (J. C. Houndagba et al, 2007, p.8).

Les cartes d'occupation des terres réalisées ont permis de mettre en évidence la tendance générale de la dynamique de l'occupation des terres. Cette tendance générale révèle une augmentation de la superficie des formations anthropiques (cultures et jachères, agglomérations, plantations) au détriment des formations végétales naturelles (forêts, savanes boisées). Les auteurs comme G. Atchade

2014, p.103 et J. C. Houndagba et A. Akoegninou, G. Danton, G. Zannou 2007, p.172, étaient déjà parvenus à la même conclusion concernant le bassin versant de la rivière Zou et l'étude de la dynamique des petits bassins lacustres du Sud-Bénin. Plus inquiétant, cette tendance de dégradation de la couverture végétale n'épargne même pas les terres agricoles dans le milieu d'étude.

L'analyse de l'étude de la dégradation des terres ont montré que les versants sont marqués par un phénomène érosif très important (12 cm en 2018 et 15,26 cm en 2019) au niveau du lac Sélé. Par contre au niveau du lac Azli, l'occupation humaine en termes d'espace agricole est estimée à 70 %. Les plus importants mouvements de particules sont observés au niveau des versants. Ce résultat peut être comparé à celui M. Boutkhil, H. Mohammed, et M. Mohamed, 2013, p.96 et B. Morsli et M. Mazour, N. Medejel, M. Arabi et E. Roose 2005, p.111 qui ont montré que la dégradation est le résultat des incendies et des défrichements qui se sont succédé tout au long de l'histoire. Suite à cette dégradation, le sol a subi à son tour une modification. Situé sur pente forte et occupé par une végétation clairsemée, le sol est très affecté par l'érosion en nappe. Il en résulte un décapage des horizons de surface, une charge colluviale importante de 30 %, un tassement du sol et une diminution d'activité biologique. Le décapage du sol est si important que l'érosion a fini par affleurer la roche-mère gênant ainsi fortement l'infiltration des eaux.

Conclusion

La présente recherche a permis de caractériser la dynamique climatique et l'évolution de l'occupation des terres dans autour des petits lacs sur le plateau de Zagnanado au Bénin. Sur le plan pluviométrique, à partir de la chronique des précipitations annuelles (1952-2018), on note que le secteur d'étude est caractérisé par une succession de phases humides (47 %) et sèches (53 %). La tendance de la température moyenne est à la hausse de 26,35 à 28,75 °C entre 1952 et 2018 ; soit une augmentation de 1,1 °C sur la période d'étude.

Le déficit pluviométrique lié à la fréquence des années sèches, a entraîné l'accentuation des pressions humaines sur les écosystèmes des zones humides, l'aggravation des phénomènes érosifs, dont les conséquences sont la dégradation des terres agricoles.

L'analyse de la dynamique de l'occupation des terres entre 2005 et 2018 à partir des cartes d'occupation des terres a montré que cette dynamique est marquée par la régression de toutes les formations végétales naturelles (forêt galerie, et savane boisée) au profit des unités d'occupation anthropiques (mosaïque de champs et jachères, plantation, agglomération). Ce qui ne demeure pas sans conséquence sur les terres agricoles.

Références bibliographiques

ATCHADE Gervais. 2014, *Impacts de la dynamique du climat et de l'occupation des terres sur les ressources en eau du bassin versant de la rivière Zou dans le Bénin Méridional*. Thèse de doctorat unique de Géographie, EDP-FLASH-UCA, 235 pages.

ARDOIN-BARDIN Sandra. 2004, *Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne*. Th. de Doct., Univ. de Montpellier II, Montpellier, France, 440 p.

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.

BOUTKHIL Morsli., MOHAMMED Habi., et MOHAMED Meddi. 2013, *Dynamique de l'érosion en zone méditerranéenne algérienne : facteurs explicatifs de variation du ruissellement et de l'érosion sous différentes occupations du sol*. Revue des sciences de l'eau, volume 26, numéro 2, pp 89-105.

BRUNET-MORET Yves. 1971, *Etude de l'homogénéité de séries chronologiques de précipitations annuelles par la méthode des doubles masses*. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol.VIII, (1) : 3-31.

BRICQUET Jean. Pierre., BAMBA Fatogoma., MAHE Gil., TOURE Mamadou. et OLIVRY Jean. Claud. 1997, *Evolution récente des ressources en eau de l'Afrique atlantique*. Rev. Sci. Eau, 3, pp. 321-337.

GIEC. 2014, *Changements climatiques 2014 : Incidences, adaptation et vulnérabilité – Résumé à l'intention des décideurs*. Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [sous la direction de Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S.

HOUNDAGBA Jean. Claude., AKOEGNINO Akpovi., DANTON Georges, ZANNOU G. 2007, *Etude de la dynamique des petits bassins lacustres du sud-Bénin : cas des lacs hlan et sele*. Revue des Sciences de l'Environnement, Laboratoire de Recherches Biogéographiques et d'Études Environnementales (Université de Lomé), pp.199-213.

HOUNDENOU Constant. 1999, *Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide. L'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation*. Th. de Doct. de l'Univ. de Bourgogne, Dijon, France, 390 p.

HEDDADJI Djilali. 1997, *La lutte contre l'érosion en Algérie*. Bull. Res. Éros., 17, 168-175.

IDANI Mindri., AKINDELE A. Akibou., MEDEOU Fidèle. K., OGOUWALE Euloge. 2013, *Stratégies d'adaptation paysannes aux changements climatiques dans l'arrondissement de Dassari (Bénin, Afrique de l'Ouest)*. Actes du XXVIème Colloque de l'AIC, 291-294.

KOUASSI Amani. Michel., KOUAME Koffi. Fernand, AHOUSI Kouassi. Ernest, OULARE Sékouba. et BIEMI Jean. 1992, *Impacts conjugués des changements climatiques et dépressions anthropiques sur*

les modifications de la couverture végétale dans le bassin versant du N'zi-bandama (Côte d'Ivoire). Rev. Ivoir. Sci. Technol., Vol. 20, pp. 124-146, 2012. B. Bernier, Introduction à la macroéconomie. Dunod, Paris.

MAHE Gil., OLIVRY Jean.Claud., WOTLING Geoffroy., 2001, *Trends and discontinuities in regional rainfall of west and central Africa - 1951-1989. Hydrol. Sci. J., (2), 211-226.*

MAINGUET Monique. 1995, *L'homme et la sécheresse. Paris, Masson, 335 p.*

MAZOUR Mohamed. et ROOSE Eric. 2002, *Influence de la couverture végétale sur le ruissellement et l'érosion des sols sur parcelles d'érosion dans des bassins versants du Nord-Ouest de l'Algérie. Bull. Réseau Eros., 21, 320-330.*

McKEE Thomas.B., DOESKEN Nolan.J., KLEIST John. 1993, *The relationship of drought frequency and duration to time scale. Report of the eighth Conference on Applied Climatology. Anaheim (California), 6 p.*

MORSLI Boutkil., MAZOUR Mohamed., MEDEJEL Nadia., AARABI Mohammad. et ROOSE Eric. 2005, *Influences of land uses, soils and cultural practices on carbon eroded and carbon stocks in soils of Mediterranean mountains of northern Algeria. Dans : Soil Erosion & Carbon Dynamics, ADV. SOIL SCI. (éditeur), CRC Publisher, Boca Raton, FL, USA, Chap. 8, pp. 103-124.*

OGO UWALE Euloge. 2006, *Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et perspectives de la sécurité alimentaire. Thèse de Doctorat unique, Université d'Abomey-calavi, Bénin 302p.*

OMM. 2005, *Le climat et la dégradation des sols. OMM-N° 989, 34 p*

REMINE Boualem. 2000, *L'envasement des barrages. Bull Réseau Eros., 20, 165-171. Rev. Agron. Afrique du Nord, pp 567-576.*

TOTIN VODOUNON Sourou. Henri., DJOHY Gildas Louis, AMOUSSOU Ernest. et BOKO Michel. 2016, *Instabilité du régime climatique et dynamique des systèmes pastoraux dans la commune de Sinende au Nord-Bénin*. Revue des Sciences de l'Environnement, Laboratoire de Recherches Biogéographiques et d'Etudes Environnementales (Université de Lomé), pp.157-178.

VISSIN Expédit. Wilfried. 2007, *Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger*. Th. de Doct. de l'Univ. de Bourgogne Dijon, France, 280 p.

TOUBIA Bénina. 2010, *Problématique de l'érosion et du transport solide en Algérie septentrionale*. *Sécheresse*, 21,1-6.

YABI Ibouaïma, AFOUDA Fulgence., ZAKARI Soufiane., BOKO Michel. 2013, *Quelques caractéristiques de la seconde saison agricole dans le département des collines (Bénin)*. *Actes du XXVIème Colloque de l'AIC, Cotonou, Bénin*, pp 530-535.