



RESEARCH ARTICLE

EVOLUTION DES VARIABLES CLIMATIQUES ET OCCUPATION DU SOL À L'ÉCHELLE DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE AGBADO AU BÉNIN

Vissoh Roch Ignace¹, Avahounlin Ringo F.^{1,2}, Koudérin A. Lucie¹, Danhossou Gilbert¹ and Avahounlin Josaphat¹

1. Chaire Internationale de Physique Mathématique et Applications (CIPMA CHAIRE-UNESCO, FAST, UAC, Rép. du Bénin).
2. Ecole Normale Supérieure (ENS, UNSTIM, Rép. du Bénin).

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 28 November 2022

Final Accepted: 30 December 2022

Published: January 2023

Key words:-

Agbado River Watershed, Hydroclimatic Variability, Hydroclimatic Constraints, Land Use Dynamics

Abstract

This study aims to understand the evolution of climate variables and land use across the Agbado River watershed. The methodological approach is based on the collection and analysis of climatological and hydrometric data from 1986 to 2016 as well as land occupation supplemented by field investigations. It shows that the Agbado River Basin has experienced rainfall variability since 1986, characterized by alternating surplus and deficit years. Also, the study environment is generally characterized by low and medium floods over the study period. As a result, we note that the area of fields and fallow has experienced a strong growth from 76060 ha in 2006 to 424791 Ha, an increase of about 348731 ha in 10 years. The same applies to agglomerations, which increased their area from 7353 ha in 2006 to 9678 ha in 2016, an increase of 2325 ha.

Copy Right, IJAR, 2023,. All rights reserved.

Introduction:-

La situation climatique depuis quelques années en Afrique de l'Ouest est marquée par une sécheresse répétée qui s'est plus exacerbée dans les années 1970 et 1980. Les fleuves, les lacs et les rivières enregistrent leur plus bas niveau, certains s'étant même asséchés (Fink, 2007). Toutefois, différentes études attestent d'une amélioration pluviométrique depuis les années 1990 marquée, cependant par une alternance d'année humide et sèche (Ozer et al., 2005, Ali et Lebel, 2009). Cette tendance au retour à la normale de la pluviométrie n'est cependant pas suivie d'une restauration écologique (Waziri, 2014). Les pratiques actuelles caractérisées par l'agriculture itinérante sur brûlis, continuent de soumettre l'environnement à une pression anthropique importante. Les populations expriment de plus en plus le besoin croissant d'occuper de nouveaux sols. L'importance de ce besoin s'explique surtout par l'introduction et le développement de la culture attelée (Boko, 2005). Le bassin versant de la rivière Agbado se trouve aujourd'hui exposé aux phénomènes hydroclimatiques, et reste donc très vulnérable surtout au niveau du fonctionnement de son écosystème. Cette étude vise à analyser la variabilité hydroclimatique et la dynamique spatio-temporelle intervenue dans l'occupation des terres et les tendances évolutives dans le bassin de la rivière Agbado. Le bassin versant de la rivière Agbado est situé entre 7°4' et 8°22' de latitude nord et entre 1°34' et 2°36' de longitude est (figure 1).

Corresponding Author:- Avahounlin Ringo F.

Address:- Chaire Internationale de Physique Mathématique et Applications (CIPMA CHAIRE-UNESCO, FAST, UAC, Rép. du Bénin).

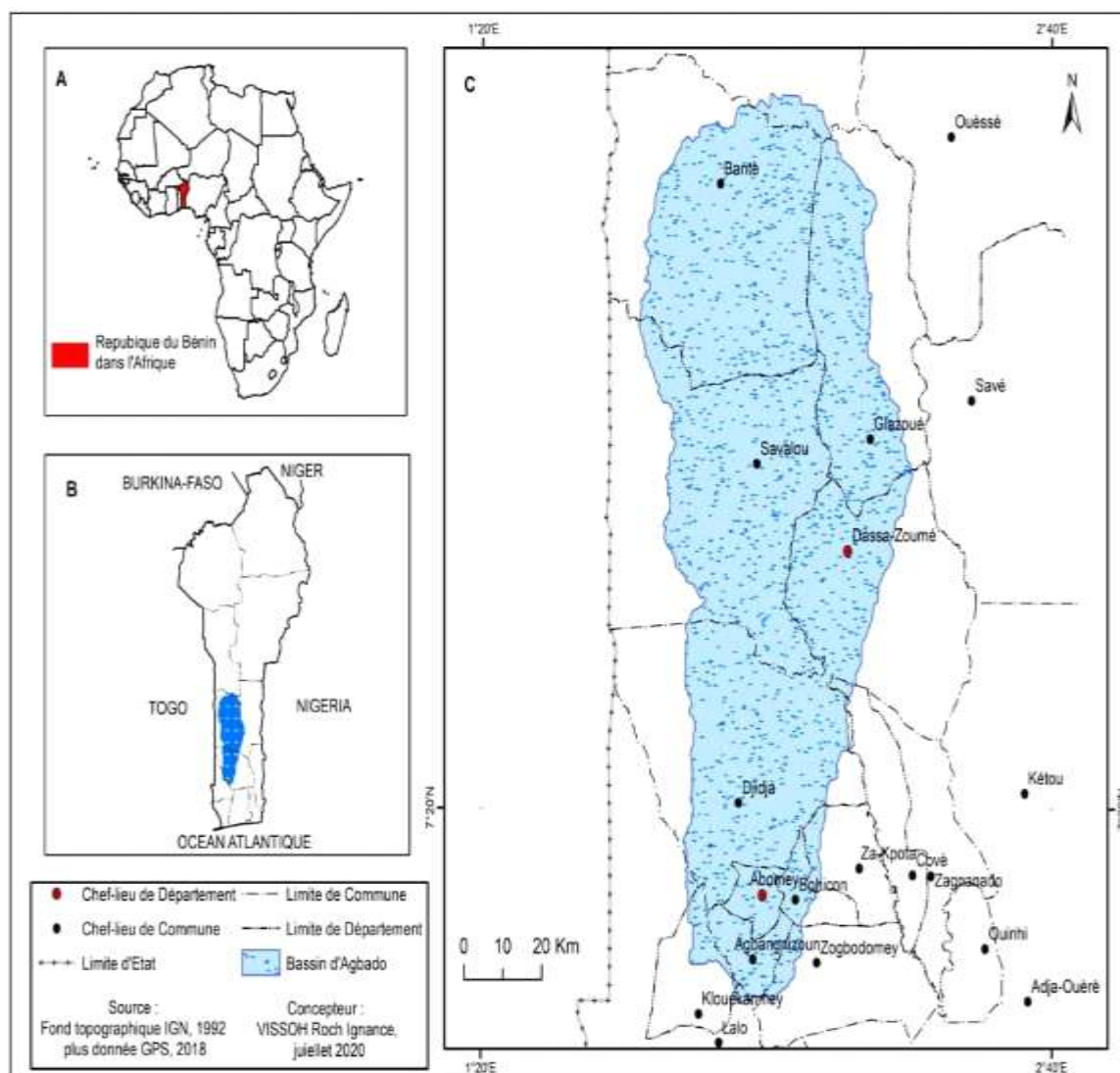


Figure 1:- Localisation du bassin de la rivière Agbado.

Données et méthodes utilisées

Données d'étude

Les données utilisées pour cette étude sont de nature climatologique, hydrologique, qualitative, planimétrique et quantitative. Les chroniques climatologiques utilisées dans le cadre de cette étude sont: les hauteurs de pluie (mensuelle et annuelle) des stations pluviométriques situées dans les environnements immédiats du bassin de la rivière Agbado. Il s'agit des stations de Dassa-zoumè et de Bohicon sur la période 1986-2016. Les données hydrologiques utilisées proviennent de la station de Atchérigbé, située au niveau du pont de la route inter-état Cotonou-Parakou. Il s'agit des mesures de hauteurs d'eau et jaugeage qui ont permis de définir, les courbes de tarage utilisées pour transformer les hauteurs d'eau en débits par le Service d'Hydrologie de la Direction Générale de l'Eau (Le Barbé et Borel, 1987, Atchadé, 2014). Les chroniques hydrologiques couvrant la période allant de 1986 à 2016 ont été tirées des bases de données du Service d'Hydrologie de la Direction Générale de l'Eau. Les données socioéconomiques sont collectées auprès des populations se rapportant aux informations relatives aux contraintes climatiques et hydrologiques, à la perception des populations sur les phénomènes hydroclimatiques dans le milieu d'étude. Le questionnaire d'enquête est constitué de questions ouvertes, semi-ouvertes et fermées et est adressé à 917 agriculteurs. La taille de l'échantillonnage constituée a été déterminée par la méthode de Schartz (2002). Les données planimétriques sont les fonds topographiques (IGN 2016) et les images Landsat ETM+ (1995; 2006 et 2016) qui ont permis d'apprécier les unités occupations du sol à différentes années dans le bassin.

Méthodes de traitement des données et d'analyse des résultats

Les informations recueillies au cours des enquêtes ont été traitées avec le logiciel Sphinx. Le résultat du traitement réalisé par ce logiciel, a permis de procéder à l'harmonisation des réponses avant de les traiter avec le logiciel Word 2010. Le logiciel Excel 2010 est utilisé pour la réalisation des différents calculs et la transformation des données pluviométriques journalières en données mensuelles puis annuelles afin de les transformer en tableaux et graphiques pour les analyses et interprétations.

Etude de la variabilité hydroclimatique

De tous les paramètres climatiques, la pluie est le plus déterminant en milieu tropical et en Afrique de l'Ouest en particulier (Vissin, 2007). L'étude de la variation du climat à l'échelle du bassin versant de la rivière Agbado a été effectuée à travers les hauteurs pluviométriques, et débits.

Moyennes arithmétiques des données hydroclimatiques

La moyenne arithmétique est l'outil statistique le plus fréquemment utilisé dans les études de climatologie (Houndénou, 1999). Dans cette étude, elle a été calculée sur une série de 45 ans, et elle demeure représentative du climat sur une longue période (Choisnel, 1991). Les totaux pluviométriques permettent d'étudier les quantités de pluies et leurs rythmes. Ils sont calculés par la méthode du simple cumul: $n_1 + n_2 + \dots + n_{45}$ avec n_i = valeurs journalières et mensuelles. Paramètre de tendance centrale, la moyenne arithmétique $\bar{X}$ est utilisée pour étudier les régimes pluviométriques sur une période de 45 ans.

Etude des tendances hydroclimatiques

Il s'agit de déterminer par la méthode de régression les tendances thermométriques, pluviométriques de 1971-2016 et hydrologiques de 1971 à 2016. Elle consiste en une représentation graphique de droite de régression de type affine qui présente l'évolution linéaire et permet de déceler la tendance. L'équation de la droite de tendance est sous la forme: $y = at + b$; a est le coefficient directeur et représente la pente et b une constante, telles que :

$$a = \frac{(\sum y)(\sum t^2) - (\sum t)(\sum ty)}{N\sum t^2 - (\sum t)^2} \quad b = \frac{N(\sum yt) - (\sum t)(\sum y)}{N\sum t^2 - (\sum t)^2}$$

Ainsi :

Si $a > 0$, on a une tendance à la hausse;

Si $a < 0$, on a une tendance à la baisse

Aussi, la longue série climatologique (1960-2017) a été divisée en deux sous séries, grâce à la méthode non paramétrique de Pettitt cumulé avec le test de segmentation de Buishand, réalisé avec le logiciel Khronostat 1.01. La mise en évidence de l'indice pluviométrique a permis de caractériser les anomalies et d'identifier les périodes de crues et d'étiages dans le bassin versant de la rivière Agbado.

Indice de précipitations standardisé (SPI)

L'indice standardisé de précipitations « SPI » (Standardised Precipitation Index) peut caractériser les déficits de précipitation pour une période donnée. Il se fonde d'une part, sur la définition d'un seuil pour se prononcer sur l'état ou non de sécheresse en déclarant la période, objet de l'étude, sèche ou pas et présuppose d'autre part, l'identification de l'année normale ou moyenne. A l'issue de cette opération, il est possible de déterminer le nombre d'années par gamme SPI et la signification correspondante en terme d'ampleur du phénomène climatique (Tableau I) à partir de l'équation suivante: $SPI = (p_i - p_m)/\sigma$

P_i est la Précipitation de l'année i , P_m la Précipitation moyenne et σ la Déviation standard ou écart type.

Tableau I:- Classification de la sécheresse en rapport avec la valeur du SPI.

Classe SPI	Interprétation
$SPI > 2$	Humidité Extrême
$1 < SPI < 2$	Humidité Forte
$0 < SPI < 1$	Humidité modérée

-1<SPI<0	Sécheresse Modérée
-2<SPI<-1	Sécheresse Forte
SPI<-2	Sécheresse Extrême

Les avantages de cet indice résident dans le fait qu'il est simple (utilise seulement les précipitations) et qu'il peut être calculé pour différentes échelles de temps, utilisé dans l'alerte précoce à la sécheresse et aider dans l'évaluation de sa sévérité.

Résultats et Discussion:-

Régime pluviométrique du bassin de la rivière Agbado

Le bassin de la rivière Agbado est soumis à un climat de transition intermédiaire entre le subéquatorial à deux saisons humides et le tropical de type soudanien à une seule saison humide (Adam et Boko, 1993). La figure 2 présente le régime pluviométrique dudit bassin.

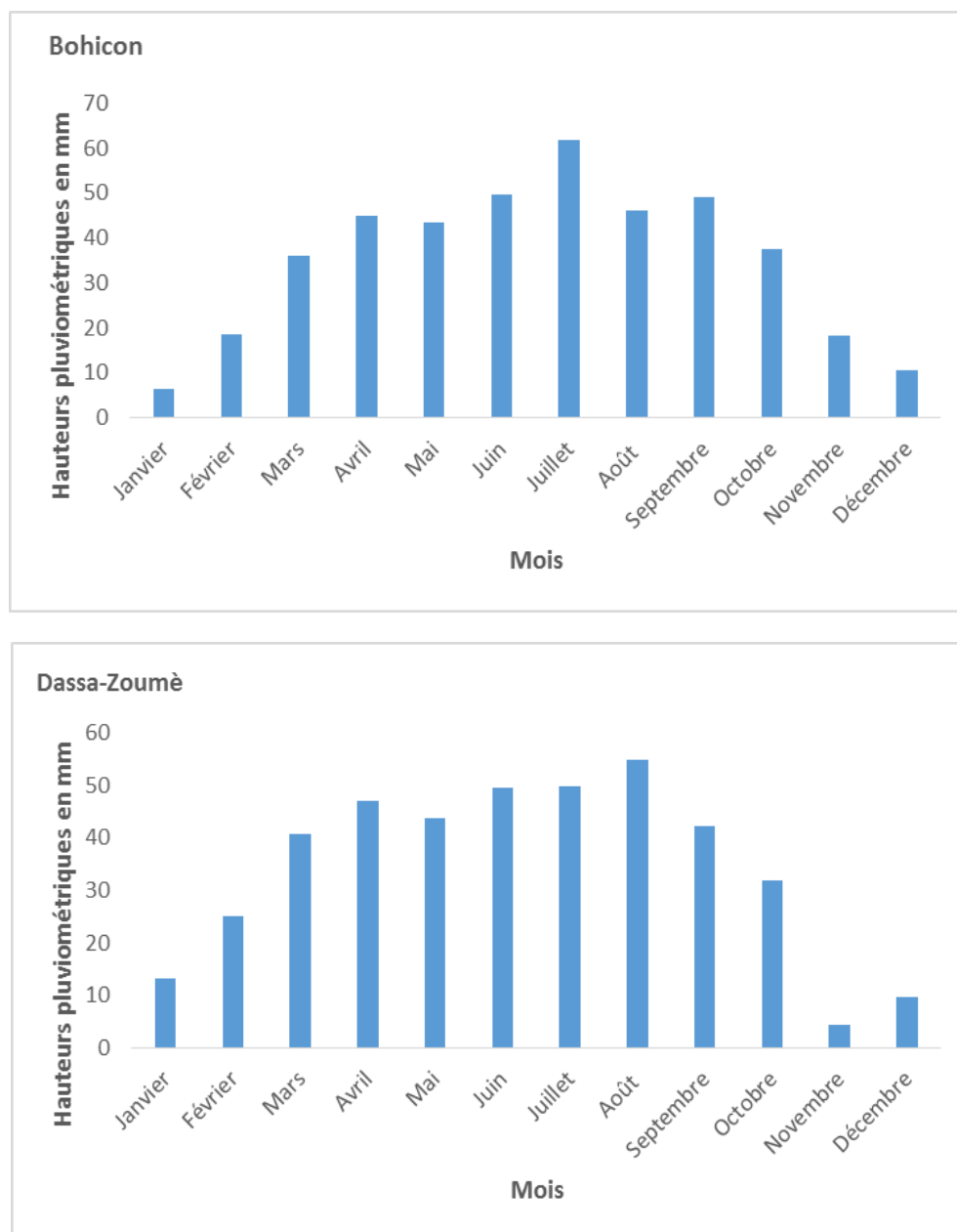


Figure 2:- Régime pluviométrique du bassin de la rivière Agbado de 1986 à 2016.

L'analyse de la figure 2 permet de constater que la saison pluvieuse s'étend sur sept mois, de mi-mars à fin octobre. Quant à la saison sèche, elle s'étend sur cinq mois (novembre à mars). Cette période est influencée par l'arrivée de l'alizé boréal ou vent sec du Nord-ouest (harmattan) de décembre à février. Cette saison est favorable à la survenance des risques d'incendie et de feu de végétation. Les hauteurs moyennes de pluie au niveau des trois stations étudiées de 1986 à 2016 ont faiblement varié. La moyenne des hauteurs de pluie de la série est de 422,09 mm avec un écart-type de 70,25 mm à Bohicon. Elle est de 1068,32 mm avec un écart-type de 211,85 mm à Dassa-Zoumè et est de 1064,49 mm avec un écart-type de 192,93 mm à Savè. Ces moyennes annuelles enregistrées sont en dessous de la hauteur moyenne qu'on devrait obtenir dans les conditions normales qui est de 1200 mm par an. Cette baisse des hauteurs de pluies impacte les écosystèmes notamment ceux aquatiques. Dans le secteur d'étude, les mois de juin à septembre sont plus arrosés que les autres. La hauteur moyenne mensuelle de pluie, la plus élevée, est enregistrée dans le mois d'Août à Dassa-Zoumè avec une hauteur de 54,86 mm. Mais à Bohicon et à Savè, c'est le mois de juillet qui enregistre la hauteur moyenne la plus élevée respectivement 61,78 mm et 49,84 mm. Il est noté dans le secteur d'étude une mobilité des saisons agricoles grâce au dynamisme des paramètres climatiques. Selon Yabi (2010), le phénomène de perturbation climatique noté dans ce secteur depuis quelques décennies, fait penser au passage d'un régime pluviométrique bimodal à un régime unimodal. Depuis ces dernières années, on assiste à un retard dans le démarrage des pluies et souvent à une précocité de la saison des pluies.

Evolution annuelle des précipitations dans le bassin versant de la rivière Agbado

Le dynamisme des paramètres climatiques inflige une variabilité aux hauteurs de pluie enregistrées. La figure 3 montre la variation interannuelle des hauteurs de pluie sur la normale 1986-2016 dans le bassin de la rivière Agbado.

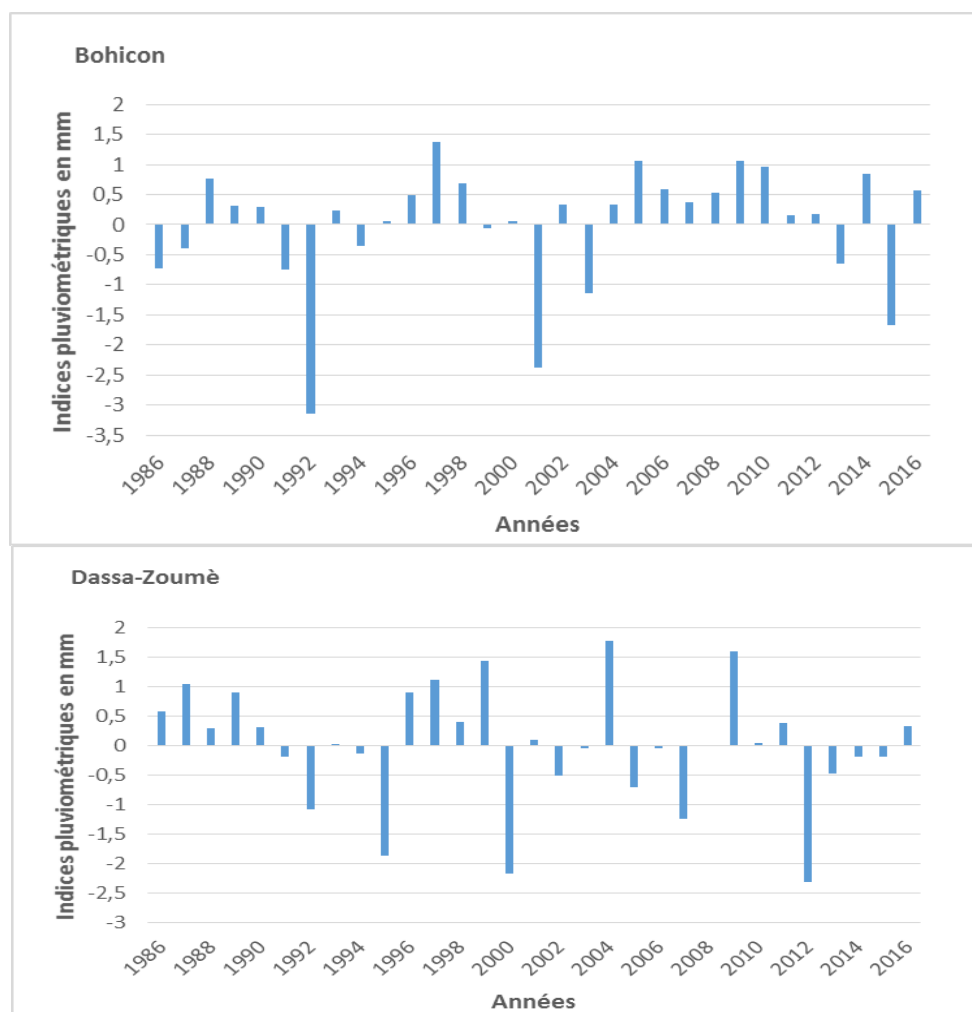


Figure 3:- Indices de précipitations standardisées au cours de la période de 1986-2016 dans le bassin de la rivière Agbado.

La figure 3 traduit l'évolution des indices pluviométriques sur la période de 1986 à 2016. Elle montre que le bassin de la rivière Agbado connaît depuis 1986 une variabilité pluviométrique caractérisée par une alternance d'années excédentaires à Savè (1995, 1999, 2000, 2003, 2007, 2010), à Dassa-Zoumè (1987, 1997, 1999, 2004, 2009) et à Bohicon (1997, 2005, 2009). Aussi, le bassin enregistre des années déficitaires en 1992, 1995, 2000, 2007, et 2012 à Dassa-Zoumè et en 1992, 2001, 2003, 2015 à Bohicon. Le nombre relativement faible d'années déficitaires à Bohicon, est dû au fait que cette zone bénéficie d'un régime bimodal toute l'année. Les années excédentaires créent de graves dommages aux écosystèmes. De même, la survenance des années déficitaires ne met pas les écosystèmes à l'abri des risques de sécheresse. Soixante pour cent (60 %) des interrogés se souviennent encore de ces années. L'influence de la variabilité pluviométrique sur les ressources hydriques superficielles et souterraines est mise en évidence par les fluctuations hydrologiques (figure 4).

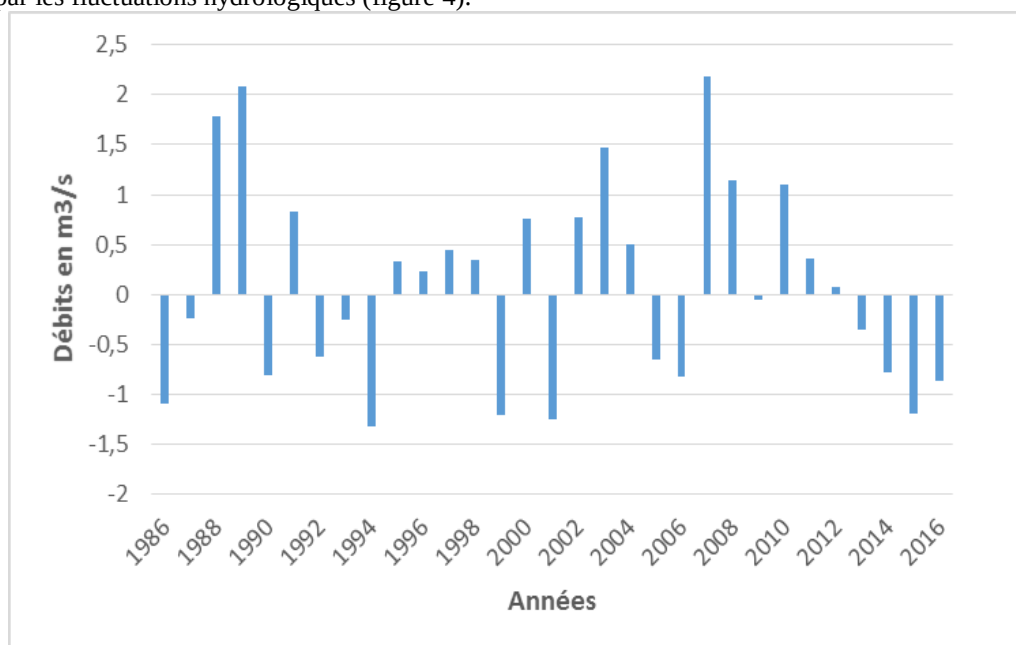


Figure 4:- Variabilité interannuelle des débits à la station de Atchérigbé.

L'analyse de la figure montre que le milieu d'étude est en général caractérisé par les faibles crues et les moyennes crues sur la période d'étude. Elle permet de déduire que les crues observées dans le milieu d'étude sont des crues moyennes ayant occasionnées des inondations surtout au cours des années 1989 avec un indice de $2,08 \text{ m}^3/\text{s}$ et 2007 avec un indice de $2,13 \text{ m}^3/\text{s}$ qui correspondent respectivement aux périodes d'humidités extrêmes et sévères selon les résultats de la classification indices pluviométriques standardisés.

Contraintes hydroclimatiques vécus par les paysans et leur fréquence

A la question de savoir les principaux contraintes hydroclimatiques qui assaillent les activités des populations et limitent les possibilités d'une condition de vie décente, les populations en ont cités plusieurs. Le tableau II expose ces contraintes hydroclimatiques bien reconnus par les populations.

Tableau II:- Typologie et proportion des risques climatiques selon les paysans.

Contraintes climatique	Proportion	Fréquence
Excès de pluie	91 %	Parfois
Retard des pluies	94,42 %	Ces dernières années
Poche de sécheresse en saison des pluies	82,29 %	Parfois
Pluie précoce	63,66 %	Parfois
Vent violent	26,66 %	Très fréquente au début de la saison des pluies
Chaleur excessive	67,58 %	Depuis toujours mais très importantes ces dernières années

Source : Enquêtes de terrain, 2020

Dans le bassin de la rivière Agbado, il faut noter que l'excès de pluie (cités par 91 % des enquêtés), retard des pluies (94,42 %), poche de sécheresse en saison des pluies (82,29 %), pluie précoce (63,33 %), vent violent (26,66 %), chaleur excessive (67,58 %) sont les contraintes hydroclimatiques bien connus par les paysans. Ainsi de tous les risques énumérés, il est remarqué que dans le bassin de la rivière Agbado le retard des pluies et la poche de sécheresse sont les deux contraintes les plus vécues par la population ces dernières années.

Effets de la variabilité hydroclimatique sur l'occupation du sol dans le bassin de la rivière Agbado

Il est présenté dans cette partie l'évolution des unités d'occupation du sol en 1995, en 2006 et en 2016 dans le bassin de la rivière Agbado.

Tendances des unités d'occupation du sol dans le secteur d'étude en 1995

Les figures 6, 7 et 8 présentent successivement l'évolution de l'occupation des sols dans le bassin de la rivière Agbado entre les années 1995, 2006 et 2016.

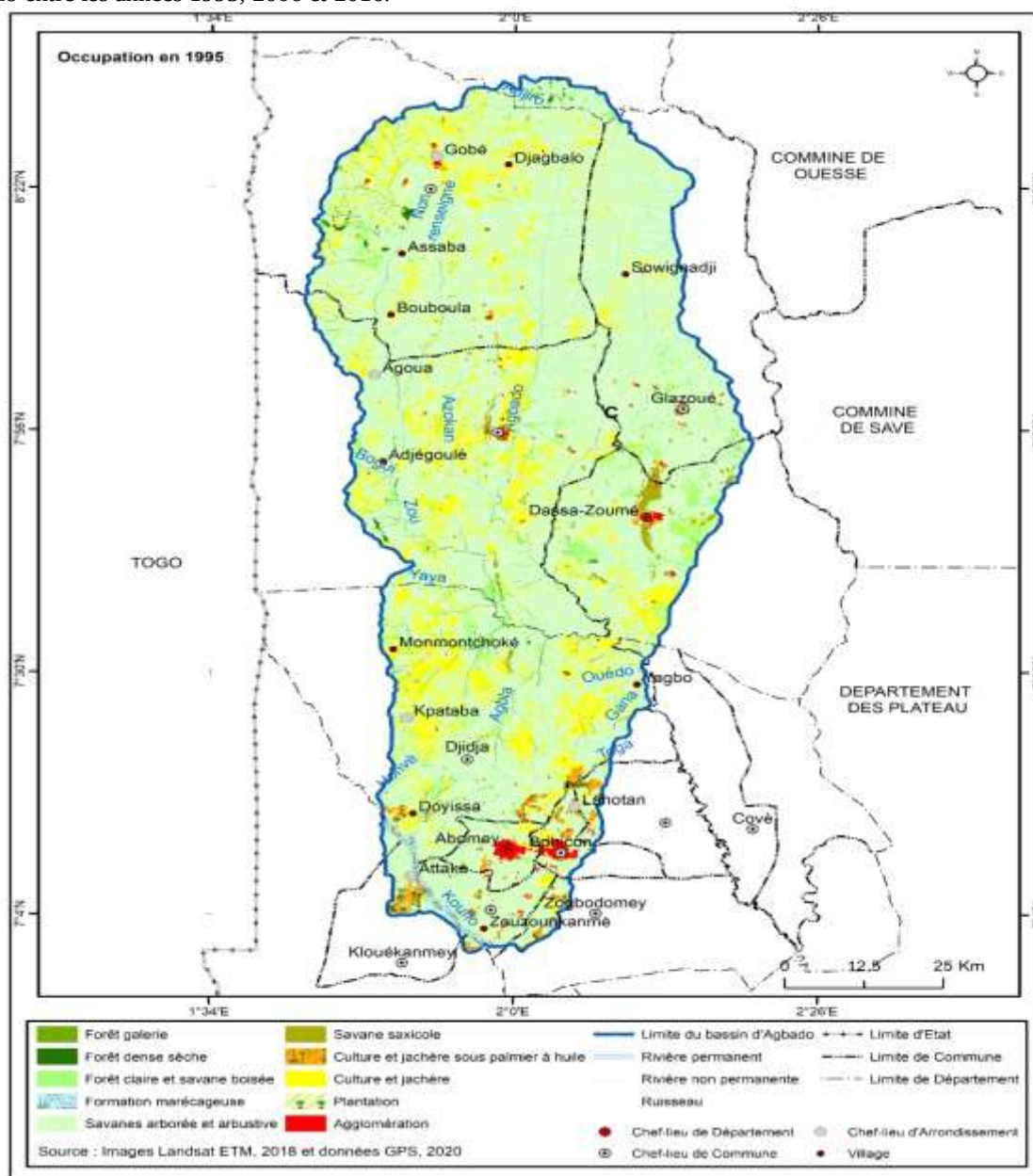


Figure 6:- Occupation des terres du bassin de la rivière Agbado en 1995.

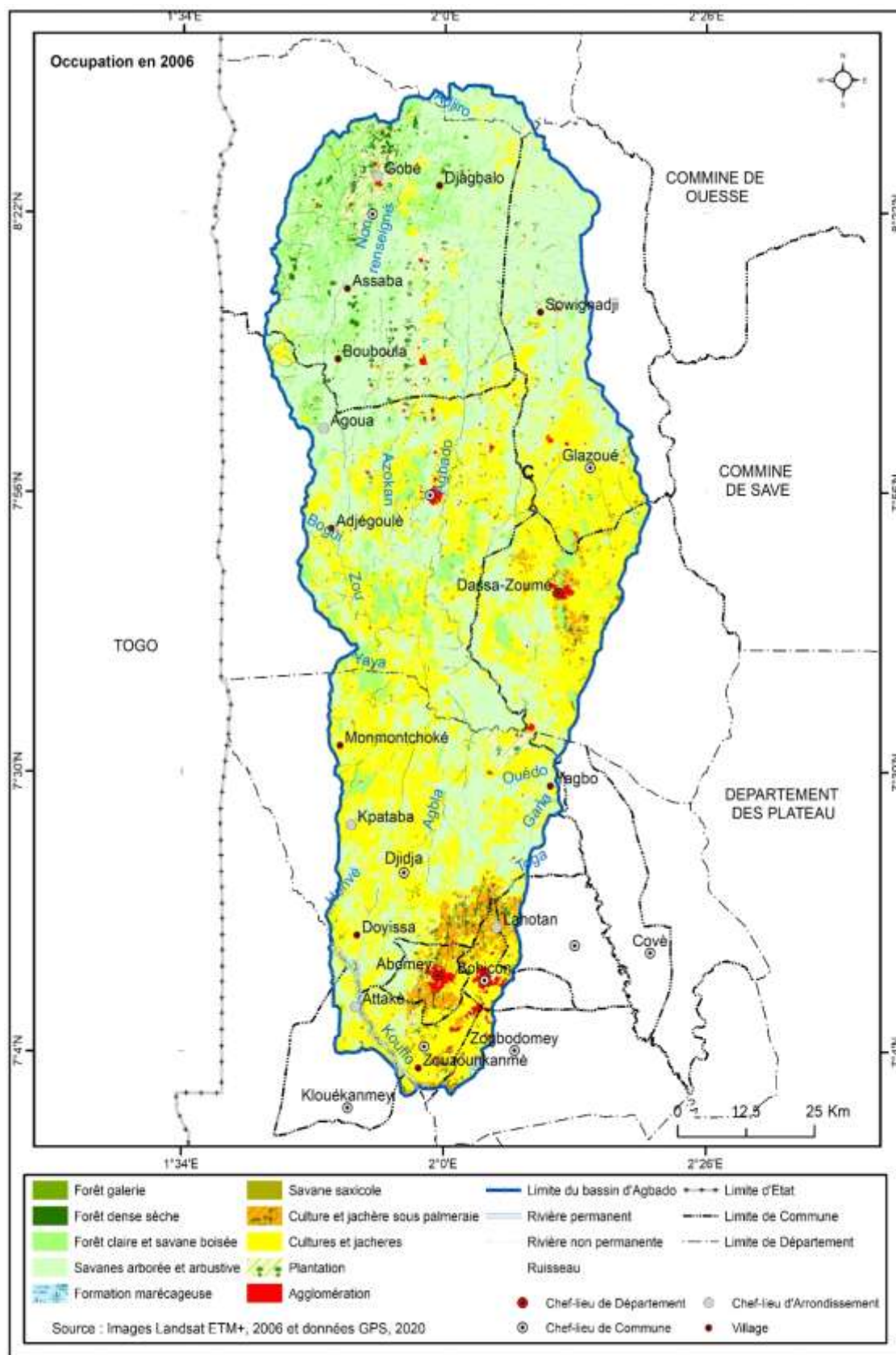


Figure 7:- Occupation des terres du bassin de la rivière Agbado en 2006.

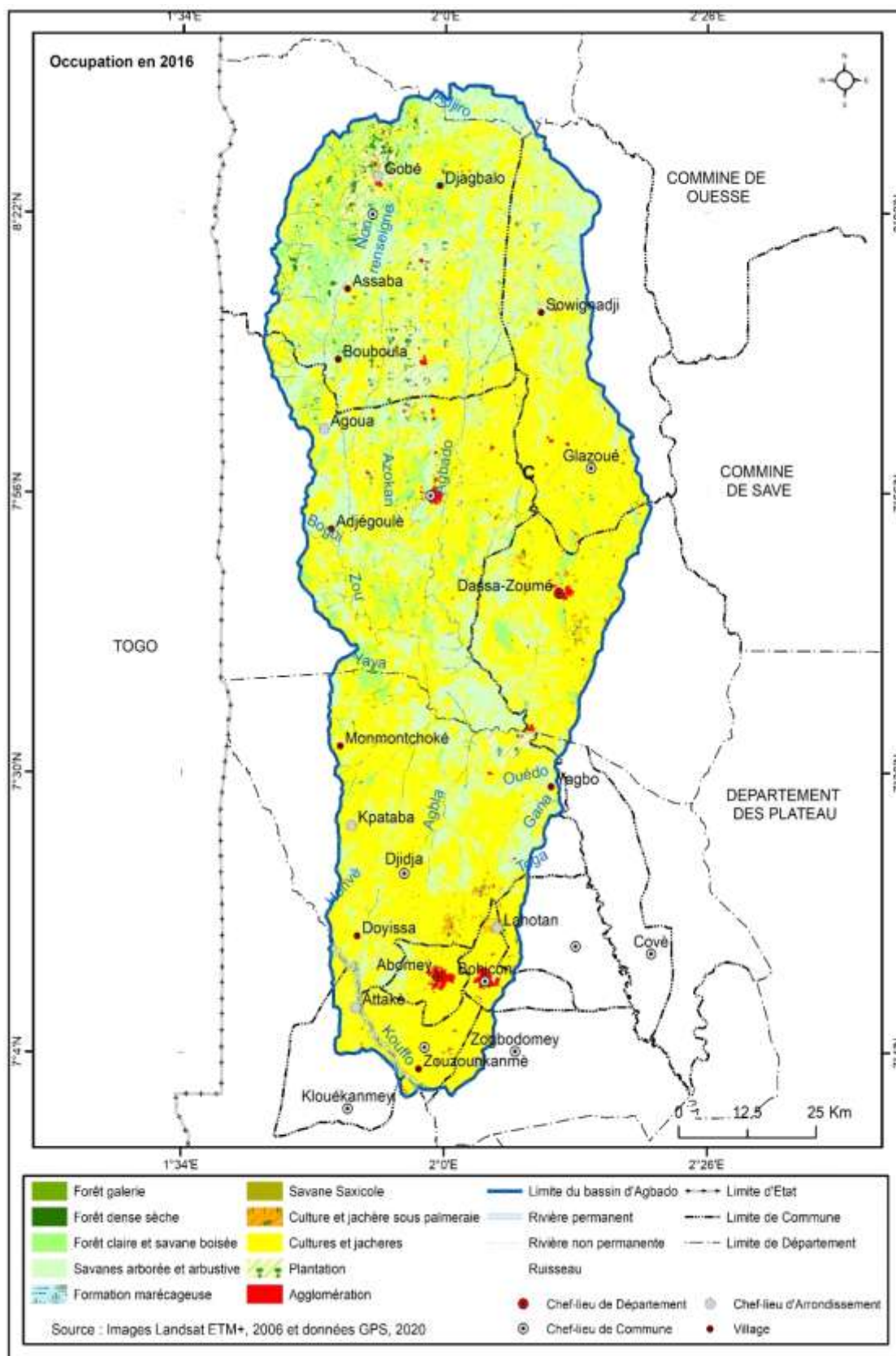


Figure 8:- Occupation des terres du bassin de la rivière Agbado en 2016.

On retient de l'analyse de ces figures, que toutes les grandes unités d'occupation du sol identifiées ont connu une évolution dans le temps dans le milieu d'étude. De ce fait, les techniques culturales sur brûlis et les feux de végétation accentuent l'appauvrissement de ces sols. Il est certain que l'élagage des arbres pour nourrir les animaux, l'enlèvement de tout arbre avant le labour favorisent l'érosion et le décapage des sols. En outre, la carbonisation étant devenue presque l'affaire de tout le monde, près de 95,3 % des populations actives agricoles font du charbon, même si seulement 33 % vivent de la carbonisation, on note la destruction progressive et sans ménagement des arbres dont la présence contribue non seulement à la préservation de la biodiversité mais aussi à l'équilibre climatique du bassin. L'utilisation des produits chimiques favorise la multiplication des espèces adventices qui nuisent aux plants cultivés. Ces mauvaises herbes entrent en concurrence avec eux et utilisent les mêmes éléments nutritifs présents dans le sol. Il en résulte une baisse de rendement après la récolte.

Tableau III:- Evolution des unités d'occupation du sol dans le bassin de la rivière Agbado entre 1995 et 2006.

Unités d'Occupation	Surface en 1995 (ha)	Surface en 2006 (ha)	Différence (ha)
Forêt galerie	33812	29053	-4759
Forêt claire et savane boisée	35641	93154	57513
Savane arborée et arbustive	4291	372628	368337
Formation marécageuse	1717	3297	1580
Plantation	27416	33212	5796
Champ et jachère	39836	76060	36224
Champ et jachère sous palmier	70110	163463	93353
Agglomération	5925	7353	1428
Total	218748	778220	

Source : Image LANDSAT 1995 et 2006

L'analyse du tableau de l'évolution des unités d'occupation du sol dans le bassin de la rivière Agbado entre 1995 et 2006 montre que seule les forêts galeries (-4759 ha), ont connus une régression plus avancée. Quant aux formations forêts claires et savanes boisées (57513 ha), savanes arborées et arbustives (368337 ha), champs et jachères sous palmier (93353 ha), les plantations (5796 ha), les champs et jachères (36224 ha) et les agglomérations (1428 ha) ont connus une augmentation considérable. Cette situation est bien illustrée par la figure 9.

Figure 9: Superficie des unités d'occupation du sol entre 1995 et 2006

On retient de l'analyse de cette figure que, les superficies des champs et jachères sous palmier (163463 ha), les plantations (5796 ha), les champs et jachères (76060 ha) et les agglomérations (7353 ha) en 2006 ont connus une croissance par rapport à 1995. Ce qui témoigne de l'emprise des activités agricoles dans le secteur d'étude. Cette situation semble être accentuée entre 2006 et 2016. Le tableau IV présente l'évolution des unités d'occupation du sol dans le bassin de la rivière Agbado entre 2006 et 2016.

Tableau IV:- Evolution des unités d'occupation du sol dans le bassin de la rivière Agbado entre 2006 et 2016.

Unités d'Occupation	Surface en 2006 (ha)	Surface en 2016 (ha)	Différence (ha)
Forêt galerie	29053	12196	-16857
Forêt claire et savane boisée	93154	15999	-77155
Savane arborée et arbustive	372628	174885	-197743
Formation marécageuse	3297	2114	-1183
Plantation	33212	45973	12761
Champ et jachère	76060	424791	348731
Champ et jachère sous palmier	163463	93972	-69491
Agglomération	7353	9678	2325
Total	778220	779608	

Source : Image LANDSAT 2006 et 2016

L'analyse du tableau de l'occupation du sol dans le secteur d'étude entre 2006 et 2016 montre que, les forêts galerie (-16857 ha), les forêts claires et savanes boisées (-77155 ha), les savanes arborées et arbustives (-197743 ha), les

formations marécageuses (-1183 ha) et les champs et jachère sous palmier (-69491 ha) ont connus une régression plus avancée par rapport à 2006. Au même moment, les plantations (12761 ha), les champs et jachères (348731 ha), et les agglomérations (2325 ha) ont connus une augmentation considérable de leurs superficies. La figure 10 présente l'état des unités d'occupation du sol dans le bassin de la rivière Agbado de 2006 à 2016.

Figure 10: Superficie des unités d'occupation du sol entre 2006 et 2016

De l'analyse de cette figure 10, on retient que la superficie des champs et jachère a connu une forte croissance passant de 76060 ha en 2006 à 424791 ha soit une augmentation d'environ 348731 ha en 10 ans. Il en est de même pour les agglomérations qui ont vu leur superficie passer de 7353 ha en 2006 à 9678 ha en 2016 soit une augmentation de 2325 ha de la superficie. Cette situation est due au fait que les populations du secteur d'étude augmentent les superficies des emblavures pour faire face au déficit de rendement des cultures du aux perturbations climatiques selon 78,23 % des populations.

Discussion:-

L'analyse des paramètres hydroclimatiques, permet de déduire que les crues observées dans le milieu d'étude sont des crues moyennes ayant occasionnées des inondations surtout au cours des années 1989 avec un indice de 2,08 m³/s et 2007 avec un indice de 2,13 m³/s qui correspondent respectivement aux périodes d'humidités extrêmes et sévères selon les résultats de la classification indices pluviométriques standardisés. En effet, à l'instar de toute l'Afrique de l'Ouest et du Bénin en particulier, le bassin de la rivière Agbado a connu une instabilité spatio-temporelle des précipitations de 1986 à 2016. Ce qui a des répercussions sur les ressources en eau disponibles dans le milieu. Ces résultats corroborent avec ceux obtenus par Boko et al., (2004), Vissin (2007) sur le bassin du Niger, Amoussou (2010), dans le bassin versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo, Atchadé (2014) dans le bassin de la rivière Zou qui notifient que les déficits pluviométriques des décennies 1970 et 1980 ont impacté les écoulements des différents bassins versant étudiés. De ce fait 78,23 % des populations du secteur d'étude augmentent les superficies des emblavures pour faire face au déficit de rendement des cultures du aux perturbations climatiques. Ces résultats semblent confirmer ceux de Sintondji (2005), de Hiepe (2008) et de Dossou-yovo (2011), respectivement effectués dans le bassin de Térou-Igbomakoro, dans le bassin de l'Ouémé supérieur et de l'Okpara à Kaboua où ces différents auteurs ont souligné les effets des scénarii des changements climatiques sur l'occupation des sols et sur les ressources en eau de surface dans les bassins versants étudiés. Ainsi, les résultats de l'analyse de l'occupation du sol montrent que toutes les grandes unités d'occupation du sol identifiées ont connu une évolution dans le temps dans le milieu d'étude. Cette tendance révèle l'augmentation des cultures et des sols nus ou dégradés aux dépens des forêts et des savanes. En effet, seules entre 1995 et 2006 les forêts galeries (-4759 ha), ont connus une régression plus avancée. Quant aux formations forêts claires et savanes boisées (57513 ha), savanes arborées et arbustives (368337 ha), champs et jachères sous palmier (93353 ha), les plantations (5796 ha), les champs et jachères (36224 ha) et les agglomérations (1428 ha) ont connus une augmentation considérable. Ce constat est similaire aux conclusions de Sintondji et al., (2013), dans une étude de la dynamique de la dynamique de la dégradation des forêts galeries entre 1972 et 2009 dans la même région. Par ailleurs l'étude montre que de 2006 à 2016, les forêts galerie (-16857 ha), les forêts claires et savanes boisées (-77155 ha), les savanes arborées et arbustives (-197743 ha), les formations marécageuses (-1183 ha) et les champs et jachère sous palmier (-69491 ha) ont connus une régression plus avancée par rapport à 2006. Au même moment, les plantations (12761 ha), les champs et jachères (348731 ha), et les agglomérations (2325 ha) ont connus une augmentation considérable de leurs superficies. L'utilisation des terres et le couvert végétal constituent donc des paramètres clés au sein du cycle hydrologique qu'il faudra maîtriser pour une gestion durable des ressources du bassin de la rivière Agbado.

Conclusion:-

L'étude des données climatologiques révèle des variations pluviométriques et hydrologiques sur la période 1986-2016 qui engendrent l'excès de pluie, retard des pluies, poches de sécheresse en saison des pluies, pluies précoces, vent violent, chaleur excessive sont les contraintes hydroclimatiques bien connus par les paysans. Cette situation a pour répercussion la dégradation du couvert végétal à travers une occupation accrue du sol dans le milieu d'étude.

Références Bibliographiques:-

1. Atchadé A. A. G. 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, EDP/FLASH, UAC, 235p.

2. Amoussou E. 2010. Variabilité pluviométrique et dynamique hydrosédimentaire du bassin-versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). Thèse de doctorat, Université de Bourgogne CRC /CNRS – UMR 5210 Paris, p. 333.
3. Hiepe, C., Diekkrüger, B., 2006: Soil erosion in the Upper Ouémé Catchment (Benin) considering land use and climate change – a modelling approach. Tropentag University of Bonn, October 11-13, 2006. Conference on International Agricultural Research for Development.
4. Ozer, P., C. Bodart., B. Tychon., 2005. Analyse climatique de la région de Gouré, Niger oriental: récentes modifications et impacts environnementaux. *Cybergeo: Revue européenne de géographie* 308, 1-24.
5. Sintondji L. O.; Agbossou K. E. et Degnissode B. 2013. Dynamique de dégradation des forêts galeries et comblement du cours d'eau Agbado dans le département des Collines au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(4): 1555-1567, August 2013, ISSN 1991-8631, 13p.
6. Sintondji L. O., Awoye H. R. et Agbossou K. E. 2008. Modélisation du bilan hydrologique du bassin versant du Klou au Centre-Bénin: Contribution à la gestion durable des ressources en eau. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* Numéro 59 – Mars 2008, 14p.
7. Sintondji L., 2005: Modelling the rainfall-runoff process in the Upper Ouémé catchment (Terou in Benin republic) in a context of global change: extrapolation from the local to the regional scale. PhD Thesis in Hydrology and Environmental management of the Mathematics and the Natural Sciences Faculty of the University of Bonn.
8. Violet C., 2008. La végétation bouleversée par le réchauffement climatique © Université
9. de Liège - <http://reflexions.ulg.ac.be/> - 02
10. Vissin E.W. 2007. Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne, Dijon, France, 280 p.
11. Waziri M. M. 2014. Perception et forme d'adaptation aux changements climatiques: l'exploitation agricole de la mare de Mountséka, pp. 235-253: In BOUREIMA A. et DAMBO L. Edition, Sahel entre crises et espoirs, Paris, Harmattan, 525 p.