

Variabilité Climatique Et Vulnérabilité Des Systèmes De Productions Agropastorales Dans Le Bassin Versant De La Rivière Agbado Au Centre Du Bénin

VISSOH R. Ignace¹, Koudérin Lucie¹, Avahounlin Ringo F.^{1,3}, Danhossou Gilbert^{1,4}, Avahounlin Josaphat^{1,5}, Vissin Expédit W.²

¹Chaire Internationale de Physique Mathématique et Applications (CIPMA CHAIRE-UNESCO, FAST, UAC, Rép. du Bénin)

²Département de Géographie et de l'Aménagement du Territoire (DGAT, FASH, UAC, Rép. du Bénin)

³Ecole Normale Supérieure (ENS, UNSTIM, Rép. du Bénin)

⁴Cabinet HYDROGEOCLIM (HGC, Bénin)



Résumé – L'objectif de cette étude est d'évaluer l'état de vulnérabilité des systèmes de productions agropastorales face à la variabilité climatique dans le bassin de la rivière Agbado au centre du Bénin. Ainsi à partir des chroniques de données hydroclimatiques ; des statistiques démographiques et des données planimétriques, des méthodes statistiques d'analyses climatiques ont été appliquées pour caractériser l'impact de la variabilité climatique sur les productions agricoles dans le secteur d'étude. L'analyse de la variabilité interannuelle des pluies montre une alternance des années humides et sèches suivi d'une recrudescence de crues. Puis en se basant sur les lois de probabilité statistique de l'analyse fréquentielle la fréquence des extrêmes pluviométriques et hydrologiques observés ont été déterminés. Ainsi les événements hydrologiques qui ont une probabilité de 0,01 de survenir sont estimés à 731 m³/s. De plus il est montré que l'agriculture et l'élevage sont les activités les plus exposées avec des taux d'exposition de 90 % et 80 %.

Mots clés – Variabilité climatique, production agricole, bassin versant, rivière Agbado.

Abstract – The objective of this study is to assess the state of vulnerability of agropastoral production systems to climate variability in the Agbado River basin in central Benin. Thus, from chronicles of hydroclimatic data; demographic statistics and planimetric data, statistical methods of climate analysis were applied to characterize the impact of climate variability on agricultural production in the study area. The analysis of the interannual variability of rainfall shows an alternation of wet and dry years followed by an upsurge in floods. Then, based on the statistical probability laws of the frequency analysis, the frequency of observed rainfall and hydrological extremes were determined. Thus, the hydrological events which have a probability of 0.01 of occurring are estimated at 731 m³/s. In addition, it is shown that agriculture and livestock farming are the most exposed activities with exposure rates of 90% and 80%.

Keywords – Climate variability, agricultural production, watershed, Agbado river.

I. INTRODUCTION

Les changements climatiques constituent la plus grande menace du XXI^{ème} siècle (GIEC, 2007). Avec ses impacts, ils dominent depuis quelques temps la scène politique internationale et focalisent l'attention de l'opinion publique, depuis la réunion de la Convention climat des Nations Unies à Copenhague, en décembre 2009 (Philipp Heinrigs, 2010). Et les manifestations climatiques récentes de grande ampleur témoignent de cette situation climatique. Parmi ces manifestations, figurent la sécheresse et les inondations qui ont touché des grandes zones de la planète (Wesseling *et al.*, 1995 ; Mahe *et al.*, 1995 ; Albergel *et al.*, 2000 ; Ouédraogo, 2001 ; Ardoïn-Bardin, 2004 ; Totin, 2005 ; Kouton, 2014). Parmi les zones les plus affectées figure l'Afrique de l'Ouest (Dilley *et al.*, 2005 ; IPCC, 2014), où les secteurs clés de développement, notamment l'environnement, l'agriculture,

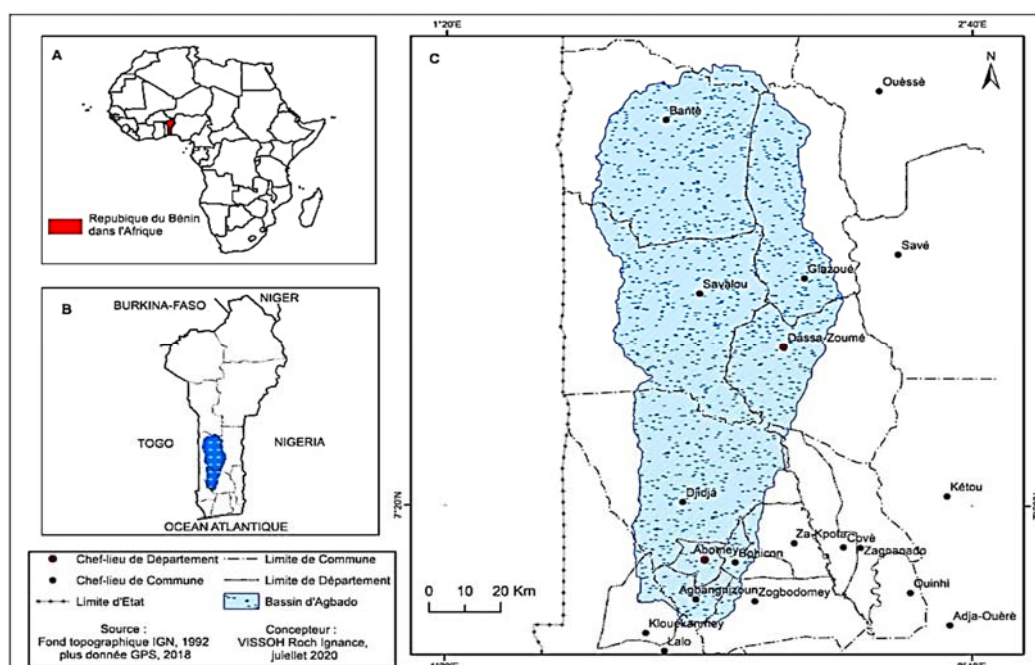
les ressources en eau, sont considérés comme particulièrement vulnérables aux changements climatiques qui vont s'accompagner de nouveaux régimes de pluies (Salack, 2013). Dans ce contexte, la production alimentaire sera fortement impactée, surtout pour les petits producteurs pratiquant une agriculture de subsistance. Les impacts de la variabilité climatique varient d'une région du globe à une autre avec des conséquences socio-économiques particulièrement importantes dans les pays en développement (Sultan, 2015). A l'instar des différents bassins versants du Bénin, le bassin versant de la rivière Agbado reste confronté aux aléas climatiques. Si plusieurs travaux ont abordé les aspects liés à la variabilité hydroclimatique au Bénin, quelques-uns de ces travaux ont traité de la vulnérabilité des productions agropastorales face au phénomène. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'état de vulnérabilité des systèmes de productions agropastorales face à la variabilité climatique dans le bassin de la rivière Agbado au centre du Bénin.

II. MATERIELS ET METHODES

Cadre d'étude

Le bassin de la rivière Agbado est située à l'échelle du département des collines, entre 7°27' et 8°46' de latitude nord et entre 1°39' et 2°44' de longitude est (Figure 1). Il est à cheval sur les communes de Dassa-Zoumé, Glazoué, Savalou, Bantè au nord et des communes de Djidja, Abomey, Bohicon et Agbangnizoun au sud avec une superficie d'environ 2703 km². La rivière Agbado qu'est le principal cours d'eau dont le bassin hérite le nom se jette dans la rivière Zou au niveau de la forêt classée d'Atchérigbé près de Setto dans la direction NNW-SSE.

Le régime climatique dans le bassin de la rivière Agbado est contrasté (figure 2) entre le climat soudanoguinéen ouest caractérisé par une pluviométrie comprise entre 1200 et 1300 mm d'eau/an, répartie en une seule saison et le sous climat soudano-guinéen sud caractérisé par une pluviométrie variant de 1100 à 1200 mm d'eau/an et où on note des années à quatre saisons et des années où il n'y a que deux saisons (Awoyé, 2007). Les températures moyennes annuelles oscillent autour de 28,04 °C à la station synoptique de Savè. La moyenne pluviométrique sur la période 1986-2016 est de 1104 mm. 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 de juillet 62,67 mm et d'Août 48,41 mm. Paradoxalement les écoulements sont plus élevés pendant le mois de septembre avec 251,75 m³/s contre 203,67 m³/s en juillet et 105,07 m³/s en août. En effet, les mois de juillet coïncident avec le début des saisons agricoles où on observe plus d'infiltration que d'écoulement. Les hauteurs de pluie les plus faibles sont enregistrées novembre et janvier. Elles sont parfois responsables des stress hydriques les plus prononcés.



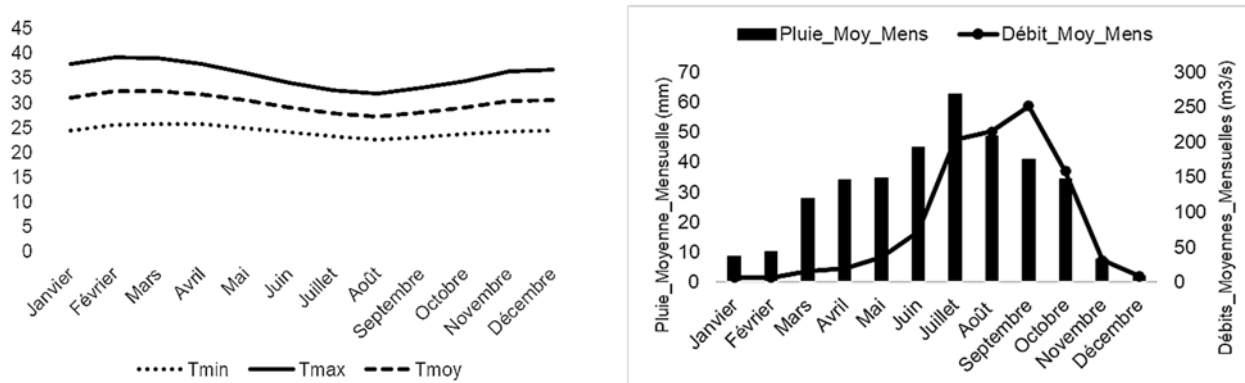


Figure 2 : Variation des régimes climatiques dans le bassin de la rivière Agbado

Données utilisées

Les données utilisées pour cette étude concernent des statistiques climatologiques constituées des séries de pluviométrie (journalières, mensuelles et annuelles) et de températures mensuelles (maximales et minimales), des séries de débits journaliers et mensuels. Aux données hydroclimatiques s'est ajouté des statistiques agricoles, des statistiques démographiques et les données planimétriques dont les fonds topographiques de l'IGN. Enfin des informations qualitatives d'investigations socio-anthropologiques relatives à la perception des producteurs de la variabilité climatique du milieu d'étude ont été utilisées.

Méthode de collecte des données

Onze (11) stations pluviométriques appartenant au réseau national et situées sur ou à proximité de la zone d'étude, ont été identifiées (figure 1). Ces stations disposent conjointement des données complètes sur la période d'étude. Quant aux données de températures, l'unique station à proximité où elles sont disponibles est la station synoptique de Savè. Cette dernière aussi dispose des données sur la période 1986-2016. L'ensemble de ces données climatiques sont obtenues auprès de l'Agence de la Météorologie Nationale. Pas manque de données hydrométriques sur la rivière Agbado, des séries de débits du Zou à Atchérigbé, rivière dont Agbado constitue un bras ont été utilisées. Cette série complète sur la période de 1986-2016 a été extraite de la banque de données de la Direction Générale de l'Eau.

Les statistiques agricoles qui renseignent sur les superficies emblavées, les productions agricoles et leur rendement par culture dans les communes sise au Nord du secteur d'étude ont été obtenues auprès des structures décentralisées de l'Agence Territoriale de Développement Agricole zone 5 (ATDA5). Les statistiques démographiques proviennent du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH3 et RGPH4) renseignent sur l'effectif des ménages agricoles et les principaux domaines agricoles (tableau 1).

Tableau 1: Ménages agricoles et principaux domaines d'activités

	Ensemble	Bantè	Dassa-Zoumé	Glazoué	Savalou
Effectif des chefs de ménages agricoles par commune et selon le sexe					
Ménages Agricoles		10427	11268	11230	14864
Masculin		8249	9127	8971	11877
Féminin		2178	2141	2259	2987
Principaux domaines agricoles					
Végétal	97,6	99	97,9	97,5	97,3
Animal	2,1	0,1	1,8	2,1	2,5
Halieutiques	0,1	0	0	0,1	0
Autre	0,2	0	0,2	0,3	0,1
Total	100	100	100	100	100
Effectif	79363	12399	13204	13265	17170

Source : INSAE, RGP4-2013

Les investigations en milieu réel ont été effectuées par la méthode des enquêtes individuelles (Diop, 2013) et sont complétées dans certains cas par des entretiens. Le questionnaire d'enquête constitué de questions ouvertes, semi-ouvertes et fermées a été adressé aux chefs de ménages agricoles et aux responsables locaux en charge du secteur agropastoral.

Traitement des données : L'ensemble des données collectées ont été traitées à partir des méthodes essentiellement statistiques et cartographiques. Celles-ci à consister à reconstituer des séries annuelles des pluies maximales Pmax, de débits Qmax et températures maximales et minimales.

Analyse des tendances climatiques actuelles : Le calcul de l'indice centré réduit sur les moyennes des séries hydroclimatiques, a permis d'analyser la variabilité et les différentes tendances climatiques actuelles. Le calcul et la classification de l'indice standardisé de précipitations « SPI » (tableau 2) a permis d'identifier les années sèches et humides à l'échelle du secteur d'étude.

Tableau 2 : Classification de l'Indice Standardisé des Précipitations (SPI)

Catégories	Valeurs de SPI
Humidité extrême	≥ 2
Humidité sévère	1,5 à 1,99
Humidité modérée	1 à 1,49
Humidité légère	0 à 0,99
Sécheresse légère	-0,990 à 0
Sécheresse modérée	-1,49 à -1
Sécheresse sévère	-1,99 à -1,5
Sécheresse extrême	≤ -2

Source : Extrait du tableau proposé par McKee, et al., 1995

Les crues annuelles dans le secteur d'étude ont été caractérisés à partir du coefficient de crue de Meyer-Courtage-Padré (1968), régit par l'équation Eq1 :

$$A = \frac{Q}{\sqrt{S}} \quad (\text{Eq1})$$

avec A (m²/s) : le coefficient de crue, Q (m³/s) : le débit maximal annuel, S(m²) : la superficie du bassin. Ce coefficient permet d'analyser la puissance des crues annuelles dans le bassin qui peuvent être des crues faibles (0 ≤ A ≤ 5), des crues moyennes (5 ≤ A ≤ 30), des crues fortes (30 ≤ A ≤ 60) et des crues très fortes (A ≥ 60).

Analyse du degré de vulnérabilité : Pour analyser le degré de vulnérabilité des modes et pratiques agricoles face à la variabilité climatique, la matrice de sensibilité des risques climatiques proposé par Badolo (2009) a été utilisé. Celle-ci consiste à établir la liste des unités d'exposition (unités formant les lignes de la matrice de sensibilité dans le secteur considéré (étape 1) ; à établir un inventaire des risques climatiques les plus significatifs pour les secteurs ou unités d'exposition dans la région considérée (étape 2) et à évaluer le degré de sensibilité de chaque secteur ou unité d'exposition à chacun des risques climatiques retenus (étape 3). A cet effet, cinq niveaux de sensibilité sont considérés (tableau 3) pour trois indicateurs dont l'indice d'exposition, le rang en termes d'exposition des unités d'exposition et l'indice d'impact des risques climatiques. La valeur de l'indice d'exposition pour une unité d'exposition est la somme des colonnes pour chaque ligne de la matrice ; la valeur de l'indice d'impact pour un risque donné est la somme des lignes pour chaque risque et les indices déterminés sont utilisés pour établir une hiérarchisation des risques dans le secteur d'étude par rapport aux unités d'exposition considérées (tableau 4).

Tableau 3 : Barème d'évaluation des risques climatiques

Echelle de grandeur du degré de vulnérabilité	Ampleur du risque
1	Faible
2	Assez faible
3	Moyen
4	Assez fort
5	Fort

Tableau 4: Cadre conceptuel de la matrice de sensibilité

Unités d'exposition	Risques climatiques		Indice d'exposition
Unité d'exposition 1	Sécheresse	Inondation	
Unité d'exposition 2			
Unité d'exposition 3			
Unité d'exposition 4			
Indice d'impact			

III. RÉSULTATS

Evolution interannuelle 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 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). Aussi, le bassin enregistre des années déficitaires en 1989, 1991, 2005, 2015, 2016 à Savè, en 1992, 1995, 2000, 2007, et 2012 à Dassa-Zoumè. 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.



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

L'influence de la variabilité pluviométrique sur les ressources hydriques superficielles et souterraines est mise en évidence par les fluctuations hydrologiques (figure 4).

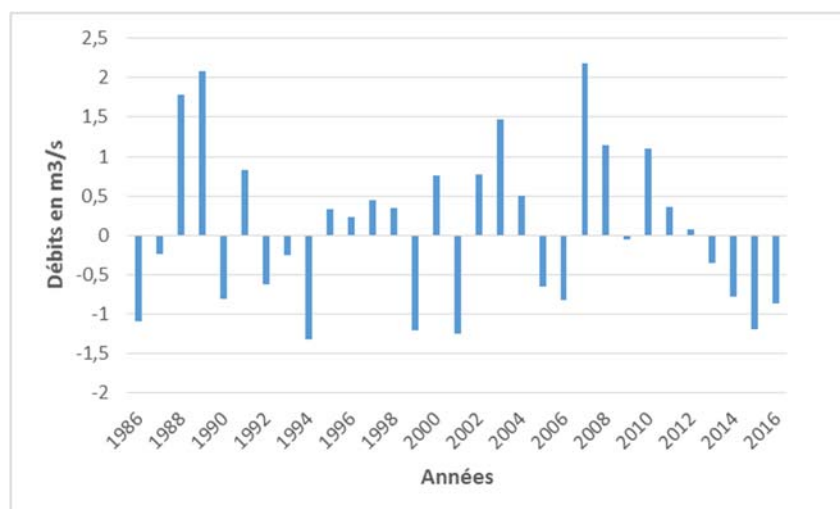


Figure 4: Variabilité interannuelle des débits à la station de Atchérigbé

L'analyse de la figure 4 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. Il en résulte que le milieu d'étude a connu une année (1986) de sécheresse extrême sur la période considérée. Il en a été de même pour les années à sécheresse sévère (1987) et modérées (1990), tandis que les années à sécheresses légères sont les plus importantes avec un taux de 40 %. Quant aux années humides, le bassin de la rivière Agbado n'a connu aucune année à humidité extrême et modérée sur la période considérée, tandis que les années à humidité légère sont les plus importantes (33,33 %). Ensuite viennent les années à humidité sévère extrême avec un pourcentage 30 %. Effet, les sécheresses au niveau des activités agropastorales, ne peuvent pas survenir de façon catastrophique, brutale et soudaine. Ils ne peuvent être que l'aboutissement d'une longue évolution avec un tarissement progressif de l'alimentation hydrique, quelle que soit la nature du substratum. Mais il faudra remarquer selon Atchadé (2007), parfois que des pertes de semis sont causées par les fortes températures et l'insolation de longues durées.

Tendances thermométriques du secteur d'étude

Le secteur d'étude est marqué par une tendance globale à la hausse des températures entre 1986 et 2016. Les températures minimales évoluent plus vite que celle maximales avec un coefficient de détermination plus soutenue ($R^2=0,6442$ contre $R^2=0,1173$) comme l'indiquent les graphes de la figure 5.

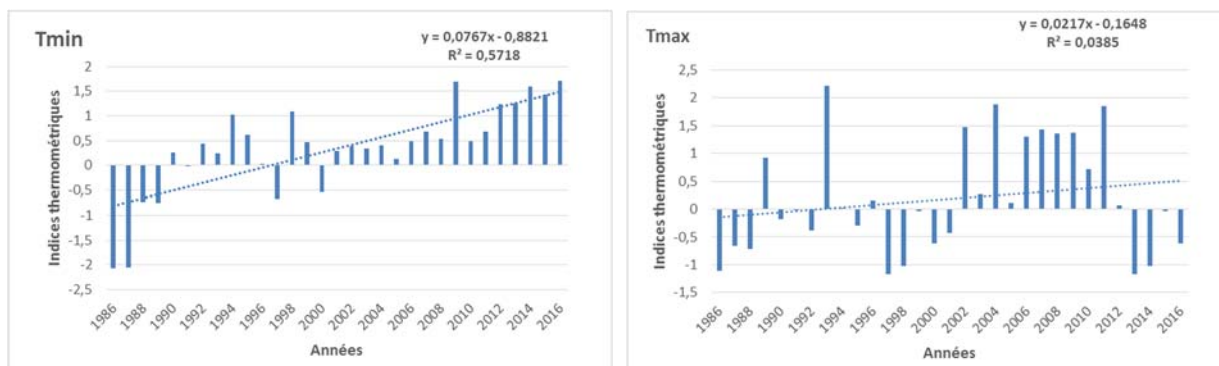


Figure 5: Anomalies et tendances thermométriques dans le bassin de la rivière Agbado

La moyenne des températures minimales sur la période 1986-2016 est de 22,10 °C. Les écarts des températures minimales à la moyenne varient entre -2,05 °C en 1987 et +1,70°C en 2016. Quant aux températures maximales, la moyenne annuelle est de 33,00 °C avec des écarts oscillant entre -0,6 °C en 1980 à +1,2 °C en 2006. Globalement, les figures permettent de dire que les années après 1995 ont été de plus en plus chaudes à l'exception de 1997 et 1999. La magnitude des anomalies de température moyenne comprise entre -1,9 en 1997 à 2,4 en 2010 avec quelques fluctuations confirment la tendance au réchauffement du climat dans le bassin de la rivière Agbado. Ce qui perturbe le développement des écosystèmes aquatiques dans le milieu d'étude aux dires de 58 % des populations rencontrées.

Ecoulements extrêmes dans le bassin de la rivière Agbado

L'étude a également abordé les années marquées par les débits extrêmes et au cours desquelles les activités agropastorales sont perturbées. L'analyse des coefficients de crues présentés dans le tableau 5 a permis de mieux caractériser ce phénomène.

Tableau 5 : Les seuils des coefficients de crues en fonction des années

	Année de crue faible	Année de crue moyenne	Année de crue forte
$0 \leq Q \leq 5$	1986, 1994, 1999, 2001, 2015		
$5 \leq Q \leq 30$		1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1995, 1996, 1997, 1998, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014	
$30 \leq Q \leq 60$			Néant

On retient de l'analyse du tableau 5 que le bassin de la rivière Agbado est marqué en général par les crues moyennes et les crues faibles sur la période allant de 1986 à 2016. 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 1991, 1998 et 2003 qui correspondent aux périodes d'humidités sévères selon les résultats de la classification indices de précipitations standardisées du tableau.

Vulnérabilité des activités agropastorales aux extrêmes hydroclimatiques

Le bassin de la rivière Agbado bénéficie d'un climat qui favorise le développement de plusieurs activités agropastorales. Pour la plupart des communes parcourue, l'agriculture est la première activité pratiquée dans ces localités. Plus de 80 % de la population pratique l'agriculture extensive. De plus, la pêche ainsi que l'élevage sont aussi pratiquées par quelques-unes de la population de ces localités. Cependant, ces activités subissent les effets des extrêmes hydroclimatiques. La figure 6 présente le degré de vulnérabilité des activités agropastorales aux extrêmes hydroclimatiques dans le bassin la rivière Agbado.

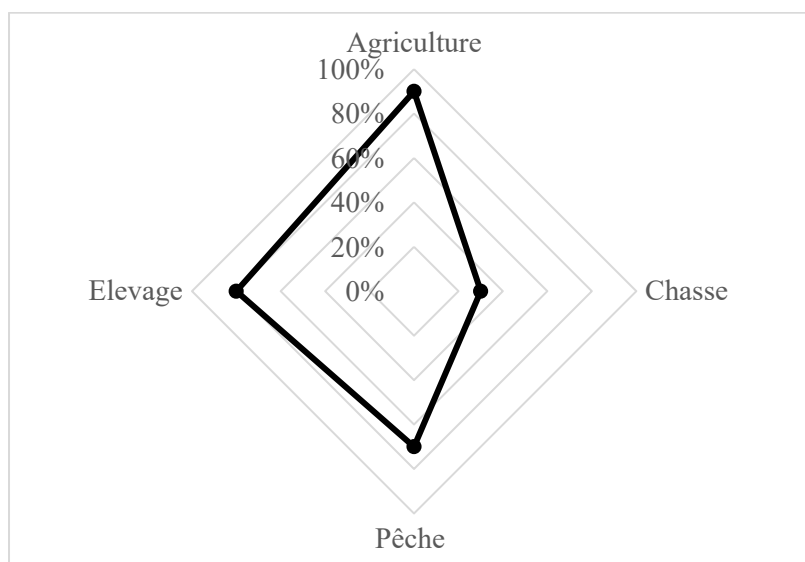


Figure 6: Diagramme de vulnérabilité des activités agropastorales aux extrêmes hydroclimatiques dans le bassin la rivière Agbado

L'examen de la figure 6 permet de retenir que l'indice d'exposition de chaque activité agropastorale est plus de 50 %. Ainsi, l'agriculture et l'élevage sont les plus vulnérables avec un indice d'exposition de 90 % et 80 %, que la pêche 70 % et la chasse 30 %. Les activités agropastorales ne sont donc pas à l'abri des effets pervers des extrêmes hydroclimatiques dans le bassin de la rivière Agbado. En plus de l'analyse des diagrammes de vulnérabilité aux aléas climatiques s'ajoute, l'analyse de la matrice de sensibilité (tableau 6).

Tableau 6: Matrice de sensibilité aux extrêmes climatiques dans le bassin de la rivière Agbado

	Risques climatiques		Indices d'exposition
	Sécheresse	Inondation	
Unités d'exposition			
Agriculture	4	5	90 %
Chasse	1	2	30 %
Pêche	3	4	70 %
Elevage	4	4	80 %
Indice d'impact	60 %	75 %	

Source : Traitement des données, septembre 2019

Il ressort de l'analyse du tableau 6 que les extrêmes hydroclimatiques majeurs sont les inondations 73,33 % et la sécheresse 53,33 % et que l'agriculture 90 % et l'élevage 80 % sont les activités la plus exposées. Il faut donc retenir que le système agropastoral est vulnérable aux extrêmes hydroclimatiques et constituent un handicap pour le développement local dans le bassin de la rivière Agbado.

IV. DISCUSSION

La vulnérabilité d'une communauté aux changements climatiques dépend des caractéristiques physiques et socio-économiques propres à son territoire. Ainsi, les impacts des extrêmes hydroclimatiques sont ressentis différemment en fonction des caractéristiques physiques et socio-économiques de communautés vivantes dans un bassin versant. En effet, les événements extrêmes (crues, sécheresses, changements brusques de températures) ponctuent la variabilité et le changement climatiques et

semblent devenir plus fréquents en Afrique de l'Ouest (CILSS, 2003). Les résultats obtenus montrent que la moyenne des hauteurs de pluie de la série est de 422,09 mm avec un écart-type de 70,25 mm. 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 (Sintondji *et al.*, 2013). En effet, le milieu d'étude a connu une année (1986) de sécheresse extrême sur la période considérée. Il en a été de même pour les années à sécheresse sévère (1987) et modérées (1990), tandis que les années à sécheresses légères sont les plus importantes avec un taux de 40 %. Cette baisse des hauteurs de pluies impacte les activités agropastorales selon les populations interviewées. Ce semble confirmer les conclusions des travaux de Médéou (2015), dans le département des Collines et Codjo (2017), dans la basse vallée de l'Ouémé qui précisent que cette situation de baisse et de hausse des hauteurs pluviométriques demeure sans doute le phénomène climatique le plus remarquable des trois dernières décennies et aura des répercussions sur l'agriculture, et par ricochet sur les hommes. De plus, le bassin de la rivière Agbado est marqué en général par les crues moyennes et les crues faibles sur la période allant de 1986 à 2016. 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 1991, 1998 et 2003 qui correspondent aux périodes d'humidités sévères. Le constat a été fait par Atchadé (2014), dans le bassin de la rivière Zou et Atchadé *et al.*, (2018), dans la basse vallée de l'Ouémé à Bonou. Par ailleurs, les résultats sur l'analyse de la vulnérabilité des activités agropastorales montrent que l'indice d'exposition de chaque activité agropastorale est plus de 50 %. Ainsi, l'agriculture et l'élevage sont les plus vulnérables avec un indice d'exposition de 90 % et 80 %, que la pêche 70 % et la chasse 30 %. De ce fait les activités agropastorales ne sont pas à l'abri des effets pervers des extrêmes hydroclimatiques dans le bassin de la rivière Agbado. Cette situation s'explique par la capacité moyenne d'adaptation des populations du secteur d'étude. Chédé (2012), au Togo ont abouti aux résultats similaires en montrant qu'en termes de production agricole, l'impact des changements climatiques dépendra non seulement des aléas climatiques extrêmes mais aussi de la dynamique interne des systèmes agricoles, autrement dit de leur capacité d'adaptation. Il est donc nécessaire de développer des stratégies efficaces pour faire face aux impacts des extrêmes hydroclimatiques à l'échelle du bassin de la rivière Agbado.

V. CONCLUSION

La maîtrise du fonctionnement hydrologique est très indispensable pour une meilleure gestion des activités agricoles dans le bassin de la rivière d'Agbado. Cette étude a montré que les déficits pluviométriques des quatre dernières années de la série ont largement amplifié les déficits hydrologiques du cours d'eau. De plus, du point de vue température l'année 1995 est la plus chaude. La tendance des températures prouve un réchauffement général de la zone d'étude. Les extrêmes hydro-pluviométriques en occurrence les pluies et les débits maximaux journalières étudiées à l'échelle du bassin versant. L'analyse fréquentielle de ces données d'observation montre que les événements les plus fréquents (période de retour de 2 ans) sont estimés à 85 mm et à 328 m³/s et ceux moins fréquents sont estimés (période de retour de 100 ans) 181 mm et 731 m³/s.

REFERENCES

- [1] **Affo-Dogo A. (2012)** : Vulnérabilité et stratégies d'adaptation des agriculteurs dans la région des plateaux au Togo face au changement climatique : cas de la communauté rurale de Kpimé. Mémoire de Master II, Centre Régional AGRYMETH, p 81
- [2] **Ardoïn-Bardin, S. (2004)** : Variabilité hydro-climatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne. Ph.D. Thesis, University of Montpellier II, Montpellier.
- [3] **Atchadé A. A. G. (2007)** : Péjoration pluviométrique et production céréalière dans le centre Bénin : cas de la Commune de Ouèssè. Mémoire de maîtrise. DGAT, FLASH, UAC, 86p
- [4] **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, EDP/FLASH, 235p
- [5] **Awoyé R. (2007)** : Modélisation du bilan hydrologique du bassin versant du Klou : contribution à la gestion durable des ressources en eau dans le Zou. Thèse d'ingénieur FSA/UAC, Bénin, p. 100
- [6] **Chede F. (2012)**. Vulnérabilité et stratégies d'adaptation au changement climatique des paysans du Département des Collines au Bénin : cas de la Commune de Savè, Mémoire de Master II, Centre Régional AGRYMETH, p 86.

- [7] **Dilley, M., Chen, R.S.,** Deichmann, U., Lener-Lam, A.L., Arnold, M., Agwe, J., Buys, P., Kjekstad, O., Lyon, B., Yetman, G., Lerner-Lam, A.L., Arnold, M., Agwe, J., Buys, P., Kjekstad, O., Lyon, B., Yetman, G., (2005). Natural Disaster Hotspots A Global Risk Analysis, World Bank. <https://doi.org/10.1080/01944360902967228>
- [8] **Diop, A. (2013) :** Diagnostic des pratiques d'utilisation et quantification des pesticides dans la zone des Niayes de Dakar (Sénégal). (Thèse de doctorat) Université du Littoral Côte d'Opale, France.
- [9] **IPCC, (2014).** Climate Change 2014 Synthesis Report Summary Chapter for Policymakers. Ipcc 31. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>
- [10] **Mahé Gil, Olivry Jean-Claude. (1995).** Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale de 1951 à 1989. Sécheresse, 6 (1), p. 109-117.
- [11] **Médéou, F. (2015).** Ambiances biométéorologiques et vulnérabilité sanitaire des agriculteurs dans le contexte des changements climatiques dans le Département des Collines. Thèse de doctorat, EDP/FLASH/UAC, 208 p
- [12] **Ouedraogo, M. (2001).** Contribution à l'étude de l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest. Analyse des conséquences d'une sécheresse persistante : Normes hydrologiques et modélisation régionale. Université de Montpellier II (France), Montpellier, 257.
- [13] **Philipp Heinrigs, (2010).** Incidences sécuritaires du changement climatique au Sahel : perspectives politiques, CSAO 2010
- [14] **Salack, S., (2013).** Analyse des pauses pluviométriques et évaluation des incertitudes de la pluie des modèles régionaux de climat à l'aide d'un modèle de culture. Thèse Dr. Univ. Cheikh Anta Diop Dakar, Sénégal.
- [15] **Sintondji L. O., Agbossou E.K. & 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
- [16] **Sultan, B., 2015.** Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest, IRD Éditio. ed. Marseille. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.8914>
- [17] **TOTIN, V.H.S., (2005).** Tendances hydroclimatiques et scénarios de gestion des ressources en eau sur les plateaux du sud-Bénin. Mémoire de DEA, UAC/FLASH. 83 pages.
- [18] **Wesselink, A.J. et al, (1995) :** Les régimes hydro-climatiques et hydrologiques d'un bassin versant de type tropical humide : l'Oubangui (République Centrafricaine). In: P. Chevalier et B. Pouyaud, eds., L'hydrologie tropicale: géoscience et outil pour le développement. Wallingford, UK: IAHS Press, IAHS Publ. 238, 179–194.