

Déterminants hydroclimatiques et production vivrière dans la Commune de Djidja au Bénin

Romarc OGOUWALE

Université d'Abomey-Calavi, Département de Géographie et d'Aménagement du Territoire, Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE), BP 526 Cotonou, République du Bénin

* Correspondance, courriel : ogou25@yahoo.fr

Résumé

La présente étude vise à analyser les impacts de la variabilité hydroclimatique sur la production vivrière dans la Commune de Djidja. Pour atteindre cet objectif, les statistiques agricoles de la période 1990-2010 et celles pluviométriques et hydrométriques ont été collectées. Ainsi, le calcul de la moyenne de l'indice pluviométrique et les moyennes du régime interannuel des hauteurs de pluies et d'écoulement ont permis d'apprécier le degré de la variabilité hydroclimatique. L'analyse de la variabilité interannuelle des hauteurs de pluies sur la période de 1970 à 2010 montre qu'il y a 35 % d'anomalie négative et 45 % d'anomalie positive au niveau des années. Le diagnostic agroclimatique établie au niveau des cultures révèle que le déficit ou l'excès pluviométrique au cours de la saison culturale affecte d'une manière significative la croissance des cultures au niveau des différents stades de développement (semis, floraison, épiaison et maturité). Ces déficits vont de 1,2 à 94,2 % pour l'arachide et varient entre 62,6 et 99,7 % pour le manioc en années excédentaires (1999 ; 2008). Cette situation de variabilité hydroclimatique accentue la baisse des rendements agricoles.

Mots-clés : *Commune de Djidja, variabilité hydroclimatique, production agricole.*

Abstract

Hydroclimatic determinants and food production in the community of Djidja in Benin

This work aims to analyze the impact of hydroclimatic variability on food production in the municipality of Djidja. To achieve this objective, agricultural statistics for the period 1990-2010 and rainfall and hydrometric statistics were collected. Thus, the calculation of the mean of the rainfall index and the averages of the interannual rainfall and runoff system allowed us to assess the degree of hydroclimatic variability. The analysis of interannual variability in rainfall over the period from 1970 to 2010 shows that there is 35 % negative anomaly and 45 % positive anomaly at the year level. The agroclimatic diagnosis established at the level of the crops reveals that the deficit or excess rainfall during the cropping season significantly affects the growth of the crops at the different stages of development (sowing, flowering, heading and maturity). These deficits range from 1.2 to 94.2 % for groundnuts and range from 62.6 to 99.7 % for cassava in excess years (1999, 2008). This situation of hydroclimatic variability accentuates the fall in agricultural yields.

Keywords : *Djidja Commune, hydroclimatic variability, agricultural production.*

1. Introduction

Les dernières décennies du deuxième millénaire ont été marquées par deux importants problèmes : l'évolution rapide des climats [1, 2], la dégradation de la production des cultures vivrières dans de nombreuses régions des pays en voie de développement [3, 4]. Sur le continent africain, plus de 2/3 du continent sont localisés entre les tropiques, les grandes sécheresses qui ont frappé le sahel entre 1972-1973, 1984-1985 ont eu des conséquences dramatiques et durables sur le bien-être des populations, alors la question de l'impact des fluctuations climatiques sur les ressources en eau constitue une préoccupation majeure pour la communauté scientifique [5], car la forte fréquence des événements pluviométriques extrêmes de ces trois dernières décennies en Afrique de l'Ouest influe sur le fonctionnement hydrologique des cours d'eau et limite la mise en valeur efficiente de leurs potentialités pour l'agriculture [6]. En Afrique occidentale et particulièrement au Bénin, la diminution sensible de la production agricole est en rapport avec l'irrégularité et la baisse brutale des hauteurs pluviométriques [7]. La partie méridionale du Bénin est marquée, ces dernières années, par une alternance d'années pluviométriques excédentaires et déficitaires [8] accentuée par la survenance des événements extrêmes [9]. Ce qui constitue un facteur naturel limitant pour le développement des activités agricoles [10]. Aussi, [11] ont-ils montré que la baisse des hauteurs de pluies et le réchauffement contemporain dans le Sud-Bénin induisent une dégradation du milieu écologique et jettent dans le désarroi le monde paysan. L'agriculture au Bénin utilise plus de 70 % de la population active, contribue pour 39 % à la constitution du PIB, procure 90 % des recettes d'exportation du pays et participe à hauteur de 15 % aux recettes de l'Etat [12]. Elle est en effet le pilier de l'économie béninoise, car elle exploite 80 % de la population, participe pour 40 % au produit intérieur brut (PIB) et engendre près de 50 % de la recette d'exploitation [13]. En effet l'agriculture constitue l'une des alternatives permettant aux hommes d'assurer le bien-être [14]. Dans la Commune de Djidja, l'agriculture est l'activité dominante pratiquée par la population. Cependant, cette agriculture est soumise à de nombreux aléas, en particulier les risques hydroclimatiques. Ceux-ci engendrent une variabilité relativement forte des résultats, tant en termes quantitatifs que qualitatifs. Les maladies et d'autres calamités naturelles compromettent aussi le rendement des récoltes [15]. Les dérèglements et les déficits pluviométriques saisonniers enregistrés ont perturbé les cycles culturaux, bouleversé le calendrier agricole paysan et rendu non opérationnelles les normes culturelles empiriques en vigueur chez les populations paysannes [16]. Selon [17], les baisses des rendements des cultures liées à ces perturbations climatiques sont actuellement de 3 à 18 % et pourraient atteindre 30 % à l'horizon 2050. Cette situation aura pour conséquence un appauvrissement continu des communautés, la baisse du disponible alimentaire, la vulnérabilité des terroirs et par ricochet affectera l'économie nationale [18]. Au regard de ces contraintes, la présente étude s'intéresse donc à l'analyse de l'influence des variations hydroclimatiques sur la production vivrière dans la Commune de Djidja.

2. Méthodologie

2-1. Milieu d'étude

La présente étude a été réalisée dans la Commune de Djidja qui est la plus vaste des neuf (9) communes du département du Zou dans la partie centrale de la République du Bénin. Située au Nord-Est du département entre les parallèles 7° 15'00'' et 7° 45'00' de latitude Nord d'une part et le méridien 1° 45'00'' et 2° 15'00'' de longitude Est la Commune de Djidja est limitée au sud par les communes d'Abomey et de Bohicon, au sud-ouest par le Département du Couffo (Commune d'Aplahoué), à l'Est par la commune de Za-Kpota et au nord par le Département des Collines (communes de Dassa et Savalou) et couvre une superficie de 2184 km² soit 41,66 % de la superficie totale du Département du Zou. La Commune est subdivisée en soixante-dix-neuf (79) villages regroupés dans douze (12) arrondissements qui sont : Djidja, Setto, Dan, Agouna, Oungbègamè, Mougnon, Monsourou, Zounkon, Agondji, Dohouimè, Outo et Gobaix. La *Figure 1* montre la localisation de la zone d'étude.

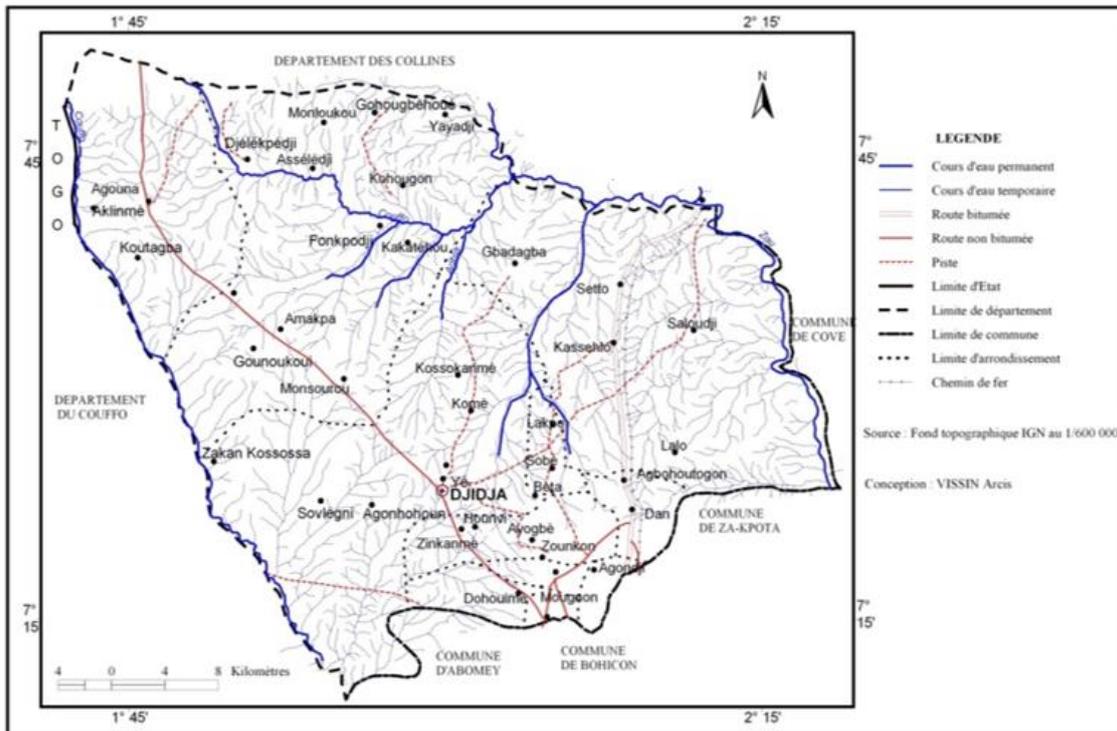


Figure 1 : Situation géographique et administrative de la Commune de Djidja

2-2. Données

Les données utilisées dans le cadre de cette étude sont :

- Les statistiques climatiques : hauteurs de pluie (mensuelle et annuelle) et l'ETP de la station synoptique de Bohicon et du poste pluviométrique de Djidja de la période d'étude (1970 à 2010) ont été extraites des fichiers de Météo-Bénin ;
- Les statistiques hydrométriques (débits mensuels) sur la période 1970-2010 ont été tirées des bases de données du service de l'Hydrologie de la DG-Eau ;
- Les statistiques agricoles notamment les superficies emblavées, les productions et rendements des cultures étudiées ont été extraites des compendiums du CARDER-Zou/Collines concernant la Commune de Djidja des campagnes agricoles de 1990 à 2010 ;
- Les données socioéconomiques et démographiques, qui ont permis de faire la répartition de la population, la taille des ménages agricoles et les groupes socioculturels présents dans la Commune de Djidja sont recueillies à l'INSAE et à la Mairie (PDC de Djidja); des informations qualitatives recueillies lors des investigations socio- anthropiques. Ces informations portent sur la connaissance des effets de la variabilité hydroclimatique sur la production agricole et les stratégies d'adaptation paysanne

2-3. Méthodes

2-3-1. Caractérisation de la variabilité hydroclimatique

➤ **Moyenne arithmétique**

La moyenne arithmétique est utilisée pour les régimes pluviométriques et hydrologiques. Elle s'exprime par la formule suivante :

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n Xi \tag{1}$$

avec, n : le nombre d'observations \bar{X} représente la moyenne, N : effectif total des modalités et X_i : modalités du caractère étudié. La moyenne a été utilisée pour le calcul des hauteurs de pluies et températures moyennes mensuelles et annuelles. Dans cette étude elle est utilisée comme « normale », moyenne calculée sur une série de quarante (40) ans (1970-2010), car représentative du climat sur une longue période et a permis de caractériser l'état hydroclimatique moyen et de mettre au point quelques paramètres de dispersions.

➤ **Ecart type**

Le calcul de l'écart-type permet d'évaluer la dispersion des valeurs autour de la moyenne « normale ». C'est la racine carrée de la variance :

$$\sigma(x) = \sqrt{V(x)} \quad (2)$$

où, V est la variance.

L'écart-type est par excellence l'indicateur de la variabilité [19].

➤ **Ecartés centrés réduits**

Cette démarche vise à partir du calcul de l'écart type, l'étude des anomalies pluviométriques et hydrologiques mensuelles et interannuelles en standardisant les données. Cette démarche permet de désigner les situations de déficit et d'excédent par rapport à la moyenne jugée comme une situation pluviométrique ou hydrologique normale. Les anomalies sur chaque station se calculent par la **Formule** suivante :

$$x'_i = \frac{x_i - \bar{X}}{\sigma(x)} \quad (3)$$

où, x'_i = anomalie centrée réduite pour l'année i ; x_i = la valeur de la variable ; \bar{X} = la moyenne de la série ; $\sigma(x)$ = l'écart type de la série.

➤ **Le bilan climatique**

Le bilan climatique est déterminé pour apprécier l'influence du climat sur la production. Il s'exprime par la formule suivante :

$$BC = P - ETP \quad (4)$$

avec, BC , bilan climatique ; P , pluie mensuelle ; ETP , évapotranspiration potentielle mensuelle.

L'ETP est défini comme la demande climatique en vapeur d'eau.

-Si $P-ETP > 0$, alors le bilan est excédentaire ;

-Si $P-ETP < 0$, alors le bilan est déficitaire ;

-Si $P-ETP = 0$, alors le bilan est équilibré.

2-3-2. Approche agro climatologique

La corrélation a permis d'avoir une idée sur le degré de dépendance entre la pluie et les rendements de différentes spéculations. La **Formule** est :

$$r = \frac{\frac{1}{N} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sigma(x) \cdot \sigma(y)} \tag{5}$$

x_i et y_i désignent respectivement le nombre de jours et la hauteur de pluie au cours de l'année i ; $\sigma(x)$ et $\sigma(y)$ sont dans l'ordre les écarts types des séries du nombre de jours et des hauteurs annuelles de pluies

Soit r le coefficient de corrélation :

Si $r = 0$, il n'y a pas de corrélation ;

Si $r < 0$ alors les deux variables évoluent en sens inverse ;

Si $r > 0$ alors les deux variables évoluent dans le même sens.

Dans le cadre de cette étude avant l'évaluation des besoins et bilan de culture, la méthode du bilan climatique de Franquin P. (1969) a permis d'identifier les périodes de semi des cultures dans la commune de Djidja.

➤ **Méthode du bilan climatique selon P. FRANQUIN**

La méthode d'analyse agro-climatique en région tropicale proposée par [20] a permis d'identifier les périodes de semis des cultures dans la commune de Djidja. Elle est obtenue par les moyennes de pluies mensuelles, de l'ETP et de la moitié des valeurs de l'ETP. Franquin détermine l'intervalle de la période de végétation lors de la saison pluvieuse selon la **Formule** :

$$P = \frac{1}{2} ETP \tag{6}$$

On n'en déduit que la quantité de précipitation supérieure ou égale à la moitié de l'ETP est suffisante pour satisfaire les besoins en eau des cultures en germination. La saison est donc découpée en plusieurs périodes par les événements remarquables.

3. Résultats

3-1. Analyse de la variabilité hydroclimatique dans la Commune de Djidja

3-1-1. Régime moyen des précipitations

Le régime pluviométrique de la station du secteur d'étude a été calculé à partir des moyennes mensuelles matérialisées par la **Figure 2**.

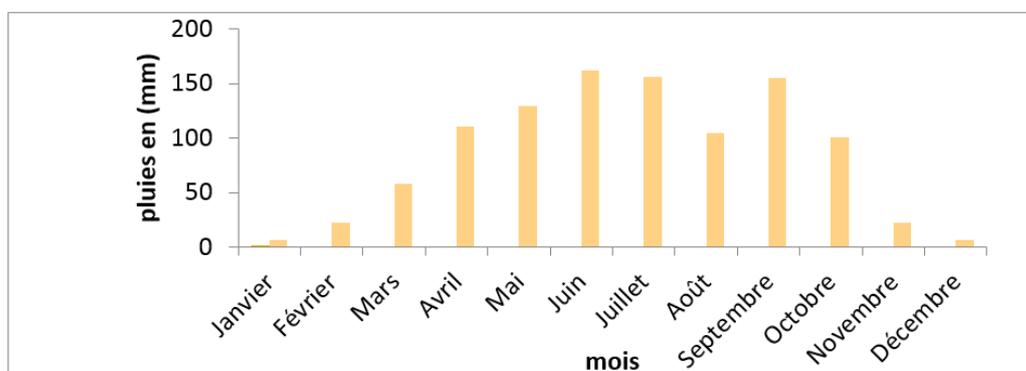


Figure 2 : Régime pluviométrique moyen mensuel de 1970 à 2010
 Source des données : Météo-bénin, 2017

L'analyse de la **Figure 2** montre que le milieu d'étude est marqué par un régime pluviométrique unimodal. La saison des pluies commence généralement en mars-avril et prend fin en octobre, traduisant ainsi une seule saison culturale. On note une chute brutale des totaux mensuels en novembre passant de 100,94 mm à 22,2 mm.

3-1-2. Rythme pluviométrique annuel

Dans ce secteur d'étude, la modification du régime ainsi que celle des totaux annuels attestent déjà une certaine instabilité au niveau de l'offre pluviométrique. Cette variation de la quantité d'eau perturbe le bon développement des cultures. Les indices pluviométriques calculés édifient plus sur cette question. La **Figure 3** présente les variations interannuelles de la pluviométrie en anomalies centrées réduites de 1970 à 2010 dans la Commune de Djidja.

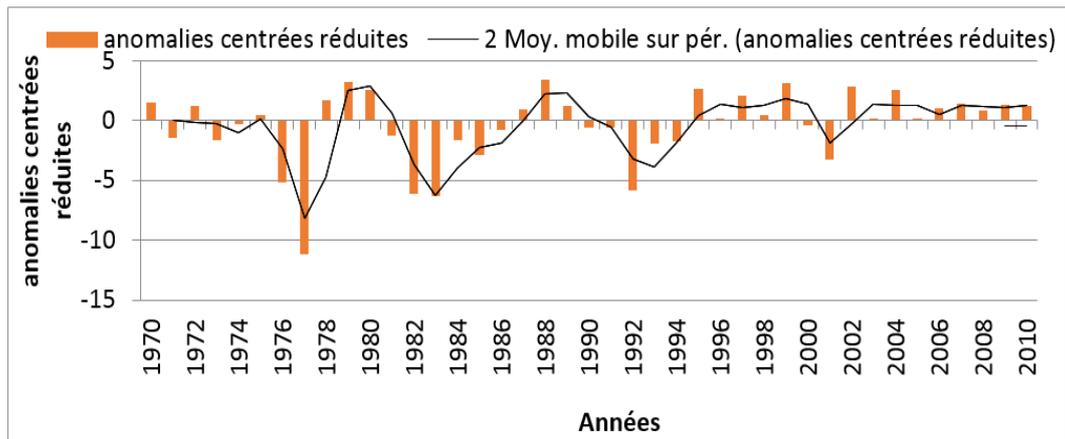


Figure 3 : Variations interannuelles de la pluviométrie en anomalies centrées réduites dans la Commune de Djidja (1970-2010)

Sources des données : Météo-Bénin, 2017

L'analyse des anomalies permet d'identifier trois phases dans l'évolution de la pluviométrie à Djidja sur la période d'étude. La première phase (1970-1980), est caractérisée par une forte instabilité dans l'évolution de la pluviométrie. On note une alternance d'années sèches et humides. La deuxième phase (1981-1994), est marquée par des faibles précipitations avec une forte prédominance d'années déficitaires. La troisième phase (1995-2010) est caractérisée sur toute l'étendue par des excédents pluviométriques ; ce qui fait d'elle une période humide. La tendance à la baisse des hauteurs de pluies, observée sur la période 1970-2010 est aussi affirmée par les populations de la commune de Djidja selon les investigations socio-anthropologiques.

3-1-3 Variabilité interannuelle des températures maximales et minimales

La **Figure 4** traduit l'évolution interannuelle des températures maximales et minimales dans la commune de Djidja sur la période 1970-2010.

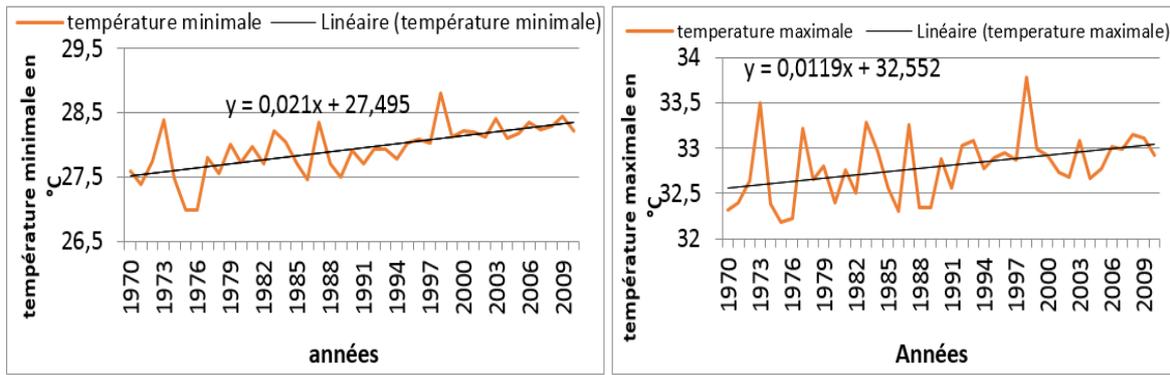


Figure 4 : Évolution interannuelle des températures maximales et minimales 1970 - 2010
 Source des données : Météo-Bénin, 2017

De 1970 à 2010, l'évolution des températures montre une tendance générale à la hausse entre les valeurs maximales et minimales. En effet, de 1970 à 2010 on a constaté une hausse de températures minimales, car les valeurs moyennes de ces minima restent supérieures à 26°C. Quant aux valeurs moyennes des températures maximales, elles sont marquées par une hausse moyenne surtout aux décennies 1970 et 1980. La plus forte valeur de température maximale est de 33,78°C enregistrée en 1998 tandis que la plus faible valeur des températures maximales sur la période 1970-2010 est de 32,18°C.

3-1-4. Bilan climatique saisonnier

Le bilan climatique met en évidence l'évolution du climat à travers la différence entre les apports pluvieux et les pertes partielles par évapotranspiration. La **Figure 5** présente l'évolution du bilan climatique saisonnier dans la commune de Djidja sur la période 1970- 2010.

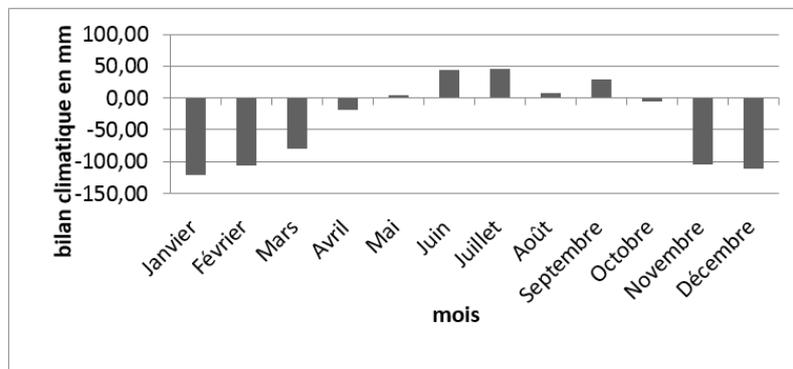


Figure 5 : Bilan climatique saisonnier dans la commune de Djidja sur la période 1970 - 2010
 Source des données: Météo-Bénin, 2017

L'analyse de la **Figure 5** montre que le bilan climatique permet d'identifier deux périodes majeures :

- La période humide concerne les mois de juin, juillet, août et septembre avec un maximum pluvieux de 161,79 mm en juin. Ces mois fournissent d'importants surplus d'eau aux différentes rivières du milieu en particulier le zou et favorisent la recharge de la nappe d'eau souterraine.
- La seconde période va d'octobre à mai. Ce sont les mois les plus secs de l'année où la demande évaporatoire de l'atmosphère est très importante, avec l'amenuisement de la réserve d'eau du sol. Le bilan climatique est déficitaire d'octobre à mai. Il est excédentaire de juin à septembre regroupant ainsi les mois les plus humides de l'année dans toute la commune.

3-1-5. Variabilité hydrologique dans la Commune de Djidja

La variabilité pluviométrique et la sécheresse observée sur la période d'étude affectent les cours d'eau et rivières de la Commune de Djidja. La **Figure 6** présente la variabilité mensuelle de l'écoulement sur la période 1970-2010 dans la commune de Djidja.

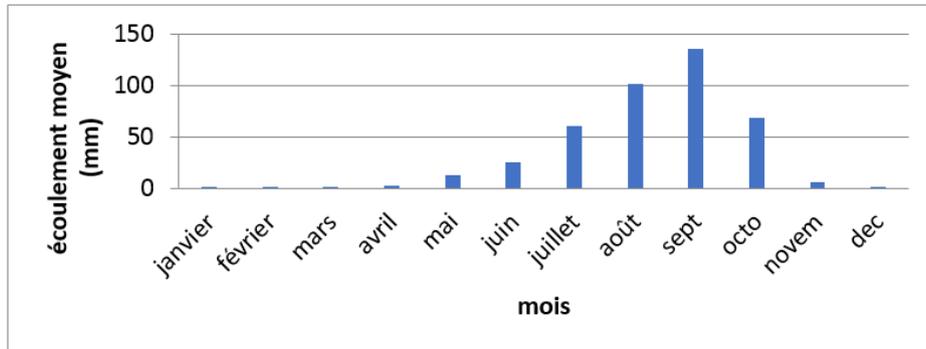


Figure 6 : Variabilité mensuelle de l'écoulement dans la Commune de Djidja de 1970 à 2010

Source des données : DG-EAU, 2017

L'analyse du régime hydrologique (**Figure 6**) montre que, de décembre à mai, l'écoulement est presque nul dans la Commune et cela correspond à la période d'étiage. L'écoulement intervient vers la fin du mois de mai jusqu'en octobre et atteint son maximum en septembre (137,86 mm). Le mois de septembre est ainsi, considéré comme le mois de hautes eaux.

3-1-6. Évolution interannuelle de l'écoulement

L'évolution interannuelle de l'écoulement dans la Commune de Djidja est présentée par la **Figure 7**.

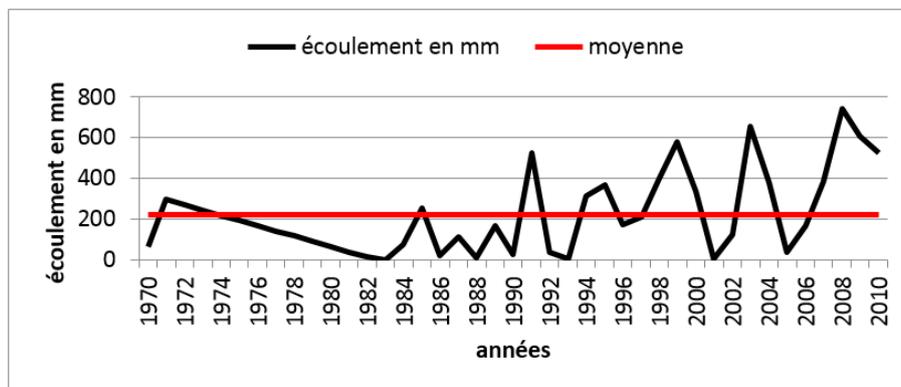


Figure 7 : Évolution interannuelle de la lame d'eau écoulée de 1970 à 2010

Source : DG-Eau, Service Hydrologie, 2017

L'analyse de la **Figure 7** montre que tout comme la pluviométrie, l'écoulement évolue de façon disproportionnée. Les grands déficits d'écoulement ont été observés au cours des années 1983 (0,83 mm), 1993 (2,25 mm), et 2001 (5,16 mm). Ces déficits annuels résultent des fluctuations observées à l'échelle mensuelle. Les effets des déficits et des excédents pluviométriques sur les écoulements se manifestent par la baisse ou la hausse des ressources en eau de la Commune. Ces différents aspects du climat à Djidja ne sont pas sans conséquence sur la production vivrière. Cependant des stratégies endogènes et locales sont développées pour faire face à ces fluctuations.

3-2. Effet des indicateurs hydroclimatiques sur la production agricole

3-2-1. Évolution des hauteurs pluies et rendement des cultures

Les rendements de différentes cultures vivrières ont évolué de façon irrégulière à Djidja entre 1990 et 2010. La **Figure 8** montre l'évolution de la pluie et les rendements du maïs, de l'arachide, du manioc et du niébé sur la période 1990 - 2010.

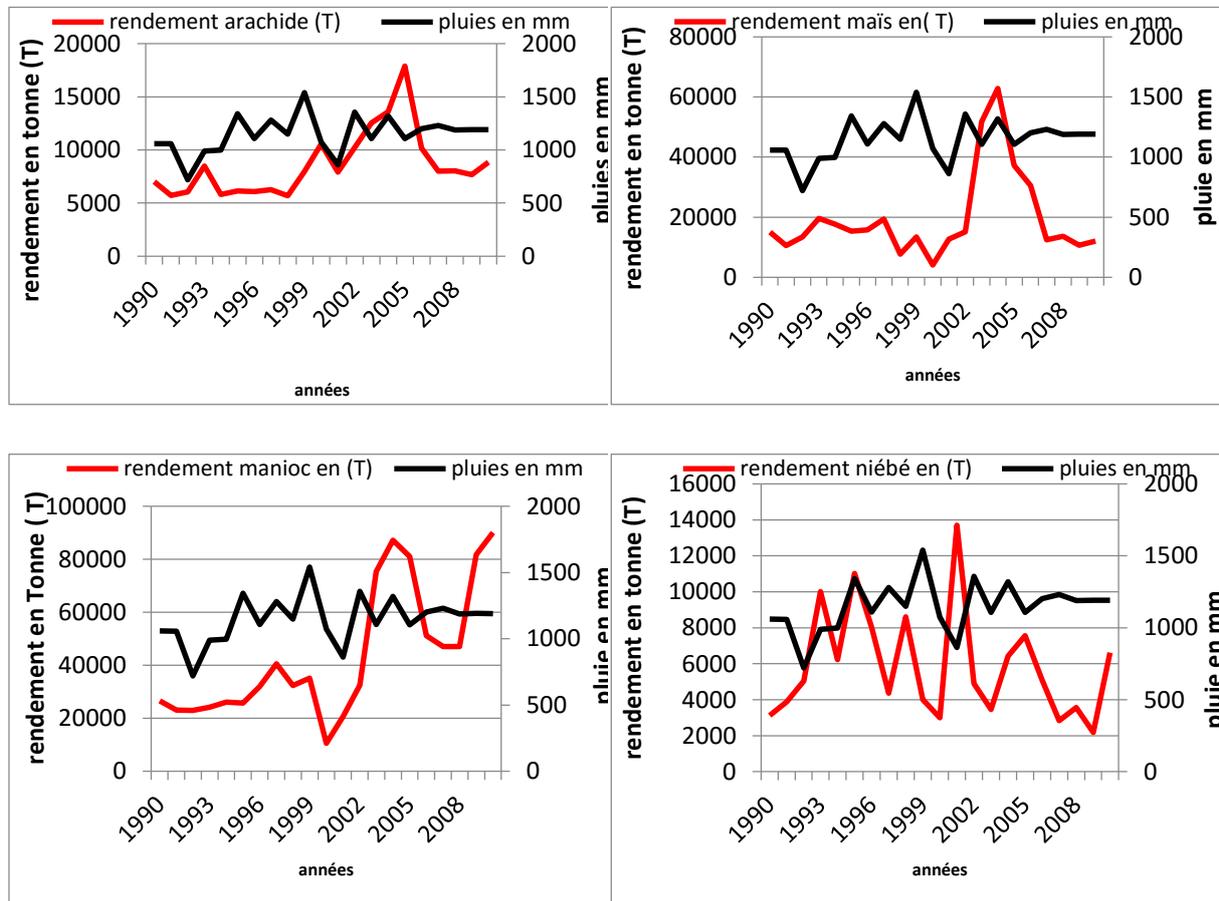


Figure 8 : Relation entre évolution de la pluie et des rendements des cultures de 1990 - 2010
 Source : Météo-Bénin et MAEP, 2017

De 1990 à 2010, malgré les fluctuations observées, les rendements des différentes cultures ont connu une décroissance [21]. La pluie influence les rendements de ces cultures. Elles connaissent une évolution analogue avec la quantité annuelle d'eau de pluie et dépendent aussi des apports considérables d'engrais chimiques surtout le cas du maïs. Les variétés de maïs vulgarisées à Djidja (DMR, EVDT), du manioc (Ben, Ahtonon, Tinwé) ont un cycle de développement court et un excès d'eau leur est défavorable. En somme, plusieurs facteurs influencent les rendements cultures.

3-2-2. Bilan d'eau des cultures

Le bilan d'eau des cultures au cours de leur stade de développement a été établi en se basant sur l'ETP décadaire et les différents coefficients culturaux par stade de développement. L'évaluation des déficits ou excédents au niveau des cultures, a été effectuée aux stades de développement comme sur tout le cycle végétatif de chaque espèce (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Évaluation des déficits ou excédents en eau des cultures

Maïs à cycle court (90 jours)																			
		Années excédentaires						Années normales						Années déficitaires					
		1999			2008			2003			2005			1993			2001		
Variables Phases	D	P	Bec	Dec ou Eec	P	Bec	Dec ou Eec	P	Bec	Dec ou Eec	P	Bec	Dec ou Eec	P	Bec	Dec ou Eec	P	Bec	Dec ou Eec
Semis et levée	2	101,6	55,3	46,3	107,3	62,3	45	81,7	61,6	20,6	135	60,7	74,3	85,8	64,7	21,1	77,3	63,5	13,8
Floraison	2	129,32	67,8	61,5	170,1	69,8	100,3	91,2	78,8	12,4	180,2	85,6	94,6	96,6	82,6	14	99,6	94,6	05
Epiaison	3	347,7	61,3	286,4	255,7	60,1	195,6	158	69,4	88,6	167,9	70,8	97,1	247,9	69,4	178,5	150,3	73,3	77
Maturité	2	211,1	35,2	175,9	153	29,8	123,2	126,8	34,7	92,1	185	37,1	147,9	60,4	39,3	21,1	83,1	36,4	46,7
Arachide (90 jours)																			
Semis et levée	2	412,2	81,3	330,9	314,7	78,2	236,5	203,6	89,7	113,9	258,3	92,1	166,2	296,2	95,5	200,7	200,2	98,5	101,7
Floraison	2	420,2	126,6	293,6	426,9	116,1	310,8	244,6	126,4	118,2	341	141,1	199,9	155,2	144,5	10,7	303,5	144	159,5
Epiaison	3	367,7	163,8	203,9	292,1	158	134,1	206,2	170,2	36	195,2	185,7	9,5	144,8	177,9	33,1	151,4	179	27,6
Maturité	2	3,1	54,1	51	54	54,7	0,7	0,0	59,1	59,1	0,0	62,7	62,7	0,0	58,3	58,3	0,0	63,9	63,9

Source : ASECNA 2017, LSSEE, 2017 plus traitement des données, 2017

Légende :

D : nombre de décades

P : pluviométrie par stade de développement (mm)

Bec : besoin en eau des cultures par stade de développement (mm)

Dec ou Eec : déficit ou excédent en eau des cultures (mm)

L'analyse du **Tableau 1** montre que le besoin en eau du maïs a été satisfait au niveau de chaque phase pour toutes les années considérées. Par contre, l'arachide a enregistré des déficits à la maturité pour toutes les années considérées. Ces déficits vont de 1,2 à 94,2 % en années excédentaires. En années normales (2003 et 2005) et déficitaires (1993 et 2001), un déficit de 100 % a été enregistré. L'arachide a également connu des déficits allant de 18,6 % à 15,4 % à l'épiaison en années déficitaires. Les années déficitaires (1993 et 2001) ont connu des hauteurs de pluies totalement faibles sur toutes les phases de développement de la plante. Ce qui affaiblit les rendements agricoles et cause d'énormes conséquences socioéconomiques dans la Commune de Djidja.

4. Discussion

La détermination des paramètres saisonniers comme l'occurrence des séquences sèches durant les phases de croissances des plantes est une préoccupation majeure [10, 22, 23]. La connaissance de ces différents paramètres est importante pour les stratégies culturales en matière de programmation du calendrier agricole [8]. Globalement, il est constaté que dans le milieu d'étude, les décennies 1970 et 1980 ont été beaucoup plus sèches que les décennies 1990 et 2000 qui restent relativement humides à travers l'évolution des anomalies négatives et positives. En effet, [12] ont signalé des indicateurs pluviométriques similaires dans une étude menée dans diverses zones agroécologiques du Bénin. Cette même tendance est observée au Nord-Bénin, en témoignent les études de [24, 25] qui ont trouvé que la variabilité climatique a un impact négatif sur les rendements de la production de maïs. Pour [24], la culture du maïs est l'une des cultures vivrières les plus vulnérables aux variabilités climatiques. Les hauteurs de pluies ont varié par phase dans le secteur d'étude. La première phase (1970-1980), est caractérisée par une forte instabilité dans l'évolution de la pluviométrie. On note une alternance d'années sèches et humides. La deuxième phase (1981-1994), est marquée par des faibles précipitations avec une forte prédominance d'années déficitaires. Ces résultats permettent d'affirmer tout comme [8, 22, 26, 27] que les décennies 1970 et 1980 ont été déficitaires. Les faibles précipitations enregistrées au cours de cette période ont probablement affecté les cultures qui ont besoin d'une quantité importante de hauteur de pluies pour les cultures telles que le manioc (1200 à 1500 mm) ; l'arachide (400 à 1200 mm) ; pour leur cycle de développement [8].

La troisième phase (1995-2010) est caractérisée sur toute l'étendue par des excédents pluviométriques ; ce qui fait d'elle une période humide. Cette tendance est similaire à celle observée par [28] dans le bassin versant du Mono-Ahémé-Couffo au sud Bénin. Dans ces conditions, le calendrier agricole est totalement perturbé et les rendements (et par ricochet les productions) agricoles connaissent une chute environnant 60 à 70 % des prévisions [29, 30]. Dans la Commune de Djidja, la plus forte valeur de température maximale est de 33,78°C enregistrée en 1998 tandis que la plus faible valeur des températures maximales sur la période 1970-2010 est de 32,18°C. Ces résultats vont dans le même sens que certaines études [31 - 33]. Les travaux de [1], montrent aussi que le réchauffement s'accélère de 0,8°C en un siècle, dont 0,6°C sur les trente dernières années. Selon [6], le rendement de l'agriculture pluviale pourrait chuter de 50 % d'ici 2020. Les besoins en eau du maïs ont été satisfaits sur toutes les phases de développement. Par contre les besoins en eau de l'arachide et du manioc ne sont pas totalement satisfaits. Les déficits sont observés à l'épiaison et à la maturité pour l'arachide tandis qu'au niveau du manioc, ces déficits sont observés au semis à la floraison et à la maturité. Or, comme le constate [26] : le succès de la mise en place de l'appareil végétatif conditionne largement le rendement final, un stress pendant la formation des épis réduit le nombre de rangs puis la longueur de l'épi. Donc, un stress aura toujours des conséquences négatives sur le rendement, quelle que soit la période où elle se produit. Les différentes spéculations cultivées subissent des contraintes qui rendent vulnérables la production agricole aux différentes phases phénologiques ce qui est confirmé par les travaux

de [19], qui ont fait les mêmes constats dans le milieu d'étude. La variation des hauteurs pluviométriques aux phases phénologiques est observée au Togo et surtout au Nord [34]. Ces incidences mettent au cours de certaines années culturales les agriculteurs dans un appauvrissement social très critique. Ce déséquilibre du tissu social est également observé sur les agriculteurs du plateau de Babembé au Congo [35].

5. Conclusion

La présente étude a pour objectif d'analyser les impacts de la variabilité hydroclimatique sur la production vivrière dans la Commune de Djidja. L'étude des données climatiques révèle des variations pluviométriques et hydrologiques qui ont pour conséquences des stress hydriques et inondations des champs de cultures. Cette situation a pour conséquence : le dérèglement du calendrier agricole traditionnel, l'adoption de nouvelles techniques culturales et autres. Aussi, l'étude des paramètres agroclimatiques tels que les besoins en eau et les bilans d'eau des cultures à chaque phénophase de développement des cultures atteste l'effectivité des déficits en eau de plus en plus significatifs des besoins en eau de l'arachide et pour le manioc en années excédentaires. Pour faire donc face à la variabilité hydroclimatique, qui est source des déséquilibres des activités agricoles, les producteurs développent des stratégies ou mesures de prévention ou adaptation qui peuvent être analysées dans des futures études.

Références

- [1] - IPCC, Incidences de l'évolution du climat dans les régions : Rapport spécial sur l'Evaluation de la vulnérabilité en Afrique. Island Press, Washington, (2001) 53 p.
- [2] - PNUE, L'avenir de l'environnement en Afrique : le passé, le présent et les perspectives d'avenir. Nairobi, Kenya, (2002) 422 p.
- [3] - FAO, L'adaptation aux changements climatiques centrée sur les personnes : intégration des questions de parité. Rome, Italie, (2007) 57 p.
- [4] - PNUD, Human Development Report 2010. Rapport du PNUD, (2010) 69 p.
- [5] - T. LEBEL, L. LE BARBE, Variabilité des précipitations en Afrique de l'Ouest pendant les années 1950-1990. J. Climate, In print, (2001) 41 - 66 p.
- [6] - OMM, La gestion intégrée des crues et l'environnement. In Bulletin de l'OMM-55 (3), Genève, (2006) 174 - 178 p.
- [7] - S. ODJO, Rythme climatique et contraintes alimentaire dans l'Atacora, mémoire de maîtrise, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Bénin, (1997) 112 p.
- [8] - E. OGOUWALE, "Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire", Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, (2006) 302 p.
- [9] - C. M. LANOKOU, I. YABI, E. OGOUWALE, F. AFOUDA, Extrêmes pluviométriques et contraintes au développement agricole sur les terres noires du Sud-Bénin (Afrique de l'Ouest). Cotonou-Bénin, Actes du XXVI ème Colloque de l'Association International de la Climatologie, (2013) 324 - 329 p.
- [10] - I. YABI, E. OGOUWALE, F. AFOUDA, M. BOKO, Années pluviométriques extrêmes et incidences socio-environnementales dans une région de montagne : le département de l'Atacora au Bénin. Actes du XXIV ème Colloque de l'Association, (2011) 597 - 602 p.
- [11] - A. A. AKINDELE, E. OGOUWALE, I. YABI, Vulnérabilité et adaptation de la production vivrière aux contraintes climatiques dans la commune d'Adja-Ouèrè : 45-50. In Actes du XXVIème Colloque de l'AIC, Cotonou, Bénin, (2013) 573 p.

- [12] - D. S. M. AGOSSOU, C. R. TOSSOU, V. P. VISSOH, K. E. AGBOSSOU, Perception des perturbations climatiques, savoirs locaux et Stratégies d'adaptation des producteurs agricoles béninois. *African Crop Science Journal* 20 (2012) 565 - 588. [En ligne, <http://www.bioline.org.br/requestcs12069>, consulté le 28 décembre 2017]
- [13] - C. M. LANOKOU, Rainfall variability and adaptation of the agricultural calendar in the Median Depression in South Benin (West Africa). In *Tunisian-Mediterranean Association for Historical, Social and Economic Studies, 6e colloque "Eau et sociétés dans le monde araboméditerranéen et les pays du sud"*, (2014) 121 - 143 p.
- [14] - F. DJESSOUNOU, Variabilité et adaptation des productions vivrières aux tendances climatiques dans la commune de Za-kpota. Mémoire de maîtrise en géographie, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Bénin, (2013) 88 p.
- [15] - A. CHETAILLE, A. DUFFAU, G. HORREARD, D. LAGANDRE, B. OGGERI, I. ROZENKOPF, Gestion des risques agricoles par les petits producteurs Focus sur l'assurance récolte indicielle et le warrantage, AFD, document de travail, mai 2011, (2011) 86 p.
- [16] - R. N. YEGBEMEY, J. A. YABI, G. B. AÏHOUNTON, A. PARAÏSO, "Modélisation simultanée de la perception et de l'adaptation au changement climatique : cas des producteurs de maïs du Nord Bénin (Afrique de l'Ouest)", In *CahAgric*, Vol. 23, N° 3 (2014) 177 - 187
- [17] - M. S. ISSA, Changements climatiques dans le moyen Bénin : impacts, analyse prospective des agro-systèmes et mesures d'adaptation/alternatives. Thèse de doctorat unique, Université d'Abomey-Calavi, (2012) 250 p.
- [18] - MAEP, Plan stratégique de la relance du secteur agricole (PSRA), (2011) 107 p.
- [19] - C. HOUNDENOU, Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide : l'exemple du Bénin diagnostic et modélisation. Thèse de doctorat de l'Université de Bourgogne, Dijon, (1999) 309 p.
- [20] - P. FRANQUIN, Analyse agro climatique en régions tropicales saisons pluvieuses et saisons humides. Application cahier ORSTOM, sem. Biologie, N° 1 (1969) 65 - 95 p.
- [21] - E. HETIN, Variabilité pluviométrique et production du niébé dans la commune de Djidja, mémoire de maîtrise, Université d'Abomey-Calavi, (2017) 88 p.
- [22] - F. AFOUDA, L'eau et les cultures dans le Bénin central et septentrional : étude de la variabilité des bilans de l'eau dans leurs relations avec le milieu rural de la savane africaine. Thèse de doctorat de 3ème cycle, Paris IV Sorbonne, (1990) 428 p.
- [23] - C. PIEDALLU, J. C. GEGOUT, V. PEREZ, F. LEBOURGEOIS, Soil water balance performs better than climatic water variables in tree species distribution modelling. *Global Ecology and Biogeography*, 22 (2013) 470 - 482 p.
- [24] - G. L. DJOHY, A. H. EDJA, G. S. NOUATIN, Variation climatique et production vivrière : la culture du maïs dans le système agricole péri-urbain de la commune de Parakou au Nord-Benin, *Afrique Science*, 11 (6) (2015) 183 - 194
- [25] - S. KATE, C. G. HOUNMENO, A. AMAGNIDE, B. SINSIN, Effets des changements climatiques sur les activités agricoles dans la commune de Banikoara (Nord-Bénin), *e-Journal of Science & Technology (e- JST)*, <http://e-jst.teiath.gr>, (2015) 1 - 15
- [26] - T. CODJO, F. LAMODI, S. AGBALESSI, R. OGOUWALE, E. OGOUWALE, Stratégies paysannes d'adaptation aux changements climatiques dans la commune de pobè : 164-169. In Boko M., Vissin E.W., Afouda S., "Climat Agriculture, Ressources en Eau d'hier à demain", Actes du XXVIème Colloque de l'AIC, Bénin, (2013) 573 p.
- [27] - C. HOUNDENOU., B. SARR, I. YABI, Risques climatiques et activités agricoles dans la commune de save : 159-163. In Boko M., Vissin E.W., Afouda S., "Climat Agriculture, Ressources en Eau d'hier à demain", Actes du XXVIème Colloque de l'AIC, Bénin, (2013) 573 p.

- [28] - E. AMOUSSOU, Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). Thèse de doctorat unique, Université de Bourgogne, France, (2010) 315 p.
- [29] - H. GUIBERT, U. C. ALLE, R. O. DIMON, H. DEDEHOUANOU, P. V. VISSOH, S. D. VODOUHE, R. C. TOSSOU, E. K. AGBOSSOU, Correspondances entre savoirs locaux et scientifiques : perceptions des changements climatiques et adaptations, ISDA, Montpellier, France. Cirad-Inra-SupAgro, (2010) 12 p.
- [30] - D. BAMBARA, A. BILGO, E. HIEN, D. MASSE, A. THIOMBIANO et V. HIEN, Perceptions paysannes des changements climatiques et leurs conséquences socio environnementales à Tougou et Donsin, climats sahélien et sahélo- soudanien du Burkina Faso, Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), N° 74 (2013) 1840 - 7099
- [31] - L. A. BOUGMA, M. H. OUEDRAOGO, N. SAWADOGO, M. SAWADOGO, D. BALMA et R. VERNOOY, *Afrique Science*, 14 (4) (2018) 264 - 275, <http://afriquescience.info>
- [32] - A. H. ATTINGLI, E. W. VISSIN, S. AHOUANSON-MONTCHO, L. H. ZINSOU et P. A. LALEYE, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10 (5) (2016) 1998 - 2014
- [33] - K. N. YASHELE et B. N. MOSOMBO, Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, 17 (3) (2017), consulté en Janvier 2019, <http://journals.openedition.org/vertigo/18873> ; DOI : 10.4000/vertigo.18873
- [34] - E. ADEWI, Les stratégies agricoles de gestion de la péjoration pluviométrique au Togo. Thèse de Doctorat Unique de Géographie, spécialité Agroclimatologie, Université de Lomé, Togo, (2012) 320 p.
- [35] - J. MANKESSI, les contraintes climatiques et bioclimatiques et leurs incidences en agriculture pluviale sur le plateau Babembé (CONGO BRAZAVILLE). Thèse de doctorat (2013) 288 p.