



# **Effet de la variabilité climatique sur les ressources en eau et stratégies d'adaptation des éleveurs et maraîchers au Nord-Bénin**

Gildas Louis Djohy, Ange Honorat Edja

## **► To cite this version:**

Gildas Louis Djohy, Ange Honorat Edja. Effet de la variabilité climatique sur les ressources en eau et stratégies d'adaptation des éleveurs et maraîchers au Nord-Bénin. *Annales de l'Université de Parakou Série " Sciences Naturelles et Agronomie "*, 2018, 8 (2), pp.83-91. <hal-02046892>

**HAL Id: hal-02046892**

**<https://hal.science/hal-02046892v1>**

Submitted on 8 Mar 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization



# Effet de la variabilité climatique sur les ressources en eau et stratégies d'adaptation des éleveurs et maraîchers au Nord-Bénin

Gildas Louis DJOHY<sup>1</sup>, Ange Honorat EDJA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université de Parakou, Département de Géographie et Aménagement du Territoire,  
03 BP 303, Parakou (Bénin)

<sup>2</sup> Université de Parakou, Département d'Economie et de Sociologie Rurales,  
Faculté d'Agronomie, (Bénin)

Reçu le 15 Mai 2018 - Accepté le 10 Décembre 2018

## Effect of climate variability on water resources and adaptation strategies of herders and vegetable farmers in North Benin

**Abstract:** Vegetable farming and livestock keeping are economic activities potentially dependent of water resources currently subject to the harmful effects of climate variability. This study analyzes the effect of climate variability on water resources and compares the adaptive strategies of herders and vegetable farmers in two districts of the Borgou Department, notably Parakou and Sinende. This analysis is based on climate data (temperature, rainfall) for the period 1971-2015 and qualitative socio-anthropological data from field surveys. The study sample is made up of 246 people, including 121 herders in Sinende and 125 vegetable farmers in Parakou. The results reveal a succession of wet and dry years whose anomalies evolve in time and space in the study communities. The positive rainfall anomalies varied between +0.04 and +3.22 and the negative between -0.09 and -1.55 in the municipality of Sinende. On the other hand, in Parakou municipality, the positive rainfall anomalies varied between +0.04 and +2.19 and the negative between -0.01 and -2.39. The average temperature has increased by 0.04 °C/year in the municipality of Sinende and by 0.05 °C/year in the municipality of Parakou. This climatic instability induces poor availability of water resources on which herders and legume producers depend, thus making their activities very sensitive to climatic conditions. The actors are adapting to the situation by developing new strategies for collecting and managing water resources, in particularly the construction of wells, boreholes and lowland development. These strategies allow them to some extent to continue producing and securing their income in an increasingly uncertain environment. It is important that public policies that are more sensitive to climate change and integrated water resources management are developed to strengthen the adaptive capacities of stakeholders.

**Keywords:** Water resource, climate variability, adaptation, livestock keeping, vegetable farming, Nord-Benin.

**Résumé :** Le maraîchage et l'élevage sont des activités économiques potentiellement dépendantes des ressources en eau de plus en plus soumises aux effets néfastes de la variabilité climatique. Cette étude vise à analyser les effets de la variabilité climatique sur les ressources en eau et compare les stratégies d'adaptation des éleveurs et des maraîchers de deux communes du département du Borgou, notamment Parakou et Sinendé. Cette analyse repose sur des données climatiques (température, pluviométrie) de la période de 1971-2015 et des données qualitatives socio-anthropologiques issues d'enquêtes de terrain. L'échantillon d'étude est constitué de 246 personnes dont 121 pasteurs à Sinendé et 125 maraîchers à Parakou. Les résultats révèlent une succession des années humides et sèches dont les anomalies évoluent dans le temps et dans l'espace dans les communes d'étude. Les anomalies pluviométriques positives ont varié entre +0,04 et +3,22 et les négatives entre -0,09 et -1,55 dans la commune de Sinendé. Par contre, dans la commune de Parakou, les anomalies pluviométriques positives ont varié entre +0,04 et +2,19 et les négatives entre -0,01 et -2,39. La température moyenne a connu une hausse de 0,04 °C/an

dans la commune de Sinendé et une hausse de 0,05 °C/an dans la commune de Parakou. Cette instabilité climatique induit la faible disponibilité des ressources en eau dont dépendent les éleveurs et les maraîchers, rendant ainsi leurs activités très sensibles aux conditions climatiques. Les acteurs s'adaptent à la situation en développant de nouvelles stratégies de captage et de gestion des ressources en eau, notamment la construction des puits, des forages et l'aménagement des bas-fonds. Ces stratégies leur permettent dans une certaine mesure de continuer à produire et à sécuriser leur revenu dans un environnement de plus en plus incertain. Il importe que des politiques publiques plus sensibles aux changements climatiques et à la gestion intégrée des ressources en eau soient développées pour renforcer les capacités adaptatives des acteurs.

**Mots clés:** Ressources en eau, variabilité climatique, adaptation, élevage, maraîchage, Nord-Bénin.

## 1. Introduction

Les effets des changements et variabilités climatiques sur les ressources en eau et les divers secteurs d'activités socio-économiques des populations se font de plus en plus sentir. Ils ont des conséquences immédiates et durables sur l'environnement biophysique et économique (Doukpolo, 2007). Le rapport du GIEC (2007), a fait observer que l'Afrique est particulièrement vulnérable à la variabilité climatique, car elle souffre déjà de températures élevées, de précipitations moins prévisibles et d'une pression écologique considérablement plus forte que d'autres continents. Cette variabilité climatique influence les différentes activités économiques des populations notamment la production pastorale, agricole et maraîchère, puisque les systèmes de production dépendent en partie du climat (Afouda, 1990 ; Vissin, 2007 ; Agossou *et al.*, 2012 ; Djohy, 2015). Cette influence est plus remarquée dans les pays en développement où la production agricole est de type pluvial et constitue la principale source d'emploi et de revenu pour la majorité de la population (Agossou *et al.*, 2012).

Le climat est soumis ces dernières années à des décalages dans les calendriers climatiques, des changements dans les hauteurs d'eau reçues annuellement, des périodes de sécheresse plus marquées et plus fréquentes (Dugué, 2012). L'impact de cette évolution du climat est d'autant plus fort que les populations subissent aussi d'autres mutations de leur environnement, notamment la dégradation des diverses sources d'eau, la déforestation, la destruction du couvert végétal et la dégradation de la fertilité des sols. Ainsi, les conditions climatiques actuelles compromettent la disponibilité des ressources en eau, le développement des activités économiques et la durabilité environnementale. Les ressources en eau, qui diminuent, sont les plus exposées aux impacts de la variabilité climatique (PANA, 2008 ; Boko *et al.*,

2012). Cette situation rend vulnérable les activités socio-économiques, en occurrence les activités pastorales et maraîchères.

L'élevage et le maraîchage sont des activités économiques très sensibles en raison de leurs exigences hydro-climatiques. Dans ces conditions, la diminution des précipitations à l'échelle saisonnière et l'accroissement de la durée des saisons sèches (Boko *et al.*, 2012), constituent une contrainte majeure pour l'élevage (Brooks, 2006), et le développement du maraîchage (Zoundjè *et al.*, 2013). Face aux effets néfastes de la variabilité climatique sur les ressources en eau, nous avons fait l'hypothèse que les activités pastorale et maraîchère seraient aussi affectées par les nouvelles conditions hydro-climatiques. Cette étude vise, d'une part, à analyser les effets des tendances climatiques sur les ressources en eau, et d'autre part, à caractériser les dynamiques adaptatives des deux modes d'existence (élevage et maraîchage), afin de dégager la tendance globale des acteurs de ces secteurs dans le Nord-Bénin.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Zone d'étude

Notre étude a été réalisée dans le département du Borgou, subdivisé en deux zones agro-écologiques (PANA, 2008). Dans une logique de prise en compte du continuum rural-urbain et de la diversité agro-écologique dans l'analyse de la disponibilité des ressources en eau et des stratégies d'adaptation des communautés aux variabilités et changements climatiques, nous avons ciblé deux communes. La commune de Sinendé, à caractère rural, a été choisie dans la zone III (Zone vivrière du Sud Borgou), car elle connaît un développement de la production pastorale et constitue une zone d'accueil des transhumants. La commune de Parakou, à caractère urbain, a été choisie dans la zone V (Zone cotonnière du Centre Bénin), puisqu'elle connaît également un développement de la production maraîchère au cours de ces dernières années. Nous avons émis l'hypothèse qu'en comparant les pratiques des acteurs dans ces deux contextes communaux, nous pourrions en déduire les logiques globales qui soutiennent les formes

\* Auteur Correspondant : [gildasdjohy@gmail.com](mailto:gildasdjohy@gmail.com)

Copyright © 2018 Université de Parakou, Bénin

d'adaptation, afin de suggérer des mesures conséquentes d'accompagnement.

### 2.1.1. Caractéristiques de la Commune de Sinendé

La Commune de Sinendé au Nord-Bénin est située entre 10°20'41'' de latitude Nord et 2°22'45'' de longitude Est et couvre une superficie de 2289 km<sup>2</sup> avec une population estimée à 88.383 habitants en 2013. Le climat local est de type soudano-guinéen avec deux saisons : une saison pluvieuse s'étendant de mai à octobre et une saison sèche allant de novembre à avril. Le maximum des précipitations est enregistré au mois de juillet et d'août qui sont respectivement de 208,36 mm et 236,64 mm. Le principal cours d'eau qui traverse la commune est l'Alibori sur 306 km avec ses affluents que sont : Niyori, Souédarou, Dandarou et Daouso. La végétation est caractérisée par des formations de savanes arborées, arbustives et herbeuses, de forêts galeries et des mosaïques de champs et jachères. La diversité de la végétation et la pluralité des sites d'abreuvement favorisent le développement de l'élevage dans cette commune.

### 2.1.2. Caractéristiques de la Commune de Parakou

Située à 350 m d'altitude entre 9°17'40'' à 9°27'50'' de latitude Nord et 2°29'30'' à 2°44'45'' de longitude Est, la commune de Parakou couvre une superficie de 441 km<sup>2</sup> dont 53,3% occupée par l'habitat avec une population de 254.254 habitants en 2013. Le climat local est de type soudanien (tropical humide) caractérisé par l'alternance d'une saison des pluies de mai à octobre et d'une saison sèche de novembre à avril. Le maximum des précipitations survient entre juillet, août et septembre, avec respectivement 191,60 mm, 213,29 mm et 210,29 mm d'eau. Les cours d'eau de la ville de Parakou sont tributaires de l'alternance des saisons climatiques. Ces cours d'eau restent quasiment secs de février à mai. Outre ces cours d'eau temporaires, la ville de Parakou est drainée à l'Est par la rivière Okpara qui est un cours d'eau permanent. L'activité maraîchère se développe autour de ces différents points et cours d'eau de la ville et constitue un moyen vital de subsistance pour plusieurs communautés.

## 2.2. Collecte et analyse des séries climatiques

Les données climatologiques (pluviométrie, température) de la commune de Parakou ont été obtenues au niveau de la station régionale de l'Agence pour la Sécurité et la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) de Parakou. Le manque de réseau d'observations climatiques dans la commune de Sinendé, nous a imposé l'utilisation de séries climatiques régionalisées fournies par ASECNA-Cotonou sur deux stations proches de cette commune, notamment Kandi et Bembéréké. Ces différentes données couvrent la période allant de 1971 à 2015, et ont servi à déterminer des paramètres de tendance centrale et de dispersion et

l'indice standardisé, et de mettre en évidence les tendances pluviométriques et thermométriques.

### 2.2.1. Paramètres de tendance centrale et de dispersion

La moyenne arithmétique est utilisée pour analyser les différentes variations des séries climatiques. Elle est obtenue à partir de la somme des valeurs distinctes qui ont été observées dont chacune d'elle étant affectée d'un poids égal à sa fréquence. Elle est calculée sur la période de 1971 à 2015. Cette moyenne arithmétique a permis de caractériser les différentes successions régulières ou périodiques des précipitations et des températures dans les communes d'étude. Les paramètres de dispersion sont calculés à partir des paramètres de tendance centrale. Ils sont utilisés pour évaluer la dispersion des valeurs autour de la valeur centrale (Vissin, 2007). Ils permettent de connaître le degré de la variabilité des séries climatiques et le coefficient de variation. Ce coefficient de variation s'exprime par le rapport entre l'écart-type et la moyenne (Houndénou, 1999 ; Vissin, 2007). Le calcul de l'écart-type a permis de standardiser les données et de les transformer en anomalies centrées réduites.

### 2.2.2. Indices standardisés et mise en évidence des tendances

L'évolution des différentes séries climatiques a été faite à l'aide de la méthode des anomalies centrées réduites de Lamb (1982) qui représente l'écart à la moyenne normalisée par l'écart-type :

$$x = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

où  $x$  représente le cumul moyen annuel obtenu par poste ou station pour l'année  $i$ . Le  $\bar{x}$  et  $\sigma$  représentent respectivement, la moyenne et l'écart-type de la série considérée. L'indice standardisé a permis de déterminer les indicateurs des variations pluviométriques (années marquées par un excédent ou un déficit pluviométrique) et thermométriques (années marquées par une hausse ou une baisse de la température) dans le secteur d'étude. Les tendances des séries climatiques ont ensuite été mises en évidence dans ce travail par la méthode d'évolution linéaire et des moyennes mobiles. La méthode d'évolution linéaire permet de détecter les tendances des séries climatiques considérées (Vissin, 2007). L'équation de la droite de tendance est de la forme :  $y = ax + b$  où  $(a)$  est le coefficient dont le signe positif (+) ou négatif (-) exprime respectivement une tendance à la hausse ou à la baisse dans le temps et  $(b)$  une constante. Les moyennes mobiles permettent d'avoir des séries climatiques lissées par station, aux pas de temps mensuel, saisonnier et annuel (Doukpolo, 2014). Elles ont été calculées dans ce travail sur une période de cinq ans.

### 2.3. Collecte et analyse des données socio-anthropologiques

Les données collectées sur le terrain sont relatives à l'évolution des paramètres climatiques dans les deux communes d'étude, à la sensibilité des ressources en eau et aux différentes stratégies développées par les éleveurs et les maraîchers.

#### 2.3.1. Echantillon et enquête

Le choix des communes d'étude s'est appuyé sur les résultats des études réalisées par Djohy (2015) et Djohy (2016), respectivement sur le rythme climatique et l'activité pastorale dans la commune de Sinendé et la vulnérabilité des ressources en eau aux changements climatiques et les stratégies d'adaptation des maraîchers des zones urbaines et peri-urbaines du Nord-Bénin. Ces études réalisées ont motivé le choix de ces deux communes d'étude, notamment l'étude comparative de la gouvernance de l'eau dans les domaines pastoral et maraîcher. L'échantillon a été construit en tenant compte de plusieurs critères notamment l'âge et le nombre d'années d'expérience des acteurs. Ainsi, les enquêtés ont au moins 30 ans et sont dans le maraîchage ou l'élevage pendant au moins 10 ans. Dans la commune de Parakou, les trois arrondissements ont été pris en compte et seize sites de production maraîchère ont servi de cadre pour la collecte des données sur le terrain. Un total de 125 maraîchers a été enquêté. Dans la commune de Sinendé les quatre arrondissements ont été également pris en compte et l'échantillon d'étude est constitué de 121 éleveurs et agro-éleveurs.

#### 2.3.2. Analyse des données de terrain

Les informations collectées ont fait l'objet d'un dépouillement, à l'aide du logiciel Excel pour identifier les caractéristiques des indicateurs de changement et d'impact climatique, ainsi que les stratégies adoptées par les producteurs. Trois types d'indicateurs ont été construits afin de pouvoir répondre à l'objectif poursuivi. Ces indicateurs portaient sur les tendances climatiques, la sensibilité des ressources en eau aux risques climatiques et les stratégies d'adaptation développées par les différents acteurs. Pour établir la matrice de sensibilité des ressources en eau dans les communes d'étude, nous avons adopté une approche participative. Ainsi, au cours des discussions de groupe les éleveurs et les maraîchers ont estimé le degré de sensibilité des diverses sources d'eau pastorales et maraîchères aux risques climatiques suivant la méthode de réalisation des matrices de sensibilité (ENDA et C3D, 2005). Cette technique de la matrice de sensibilité est utilisée pour la détermination et l'analyse des indicateurs d'exposition des ressources en eau aux risques climatiques. L'estimation des ampleurs des risques climatiques sur les différents systèmes de production est faite à partir d'un barème d'évaluation à cinq niveaux : (1 Faible ; 2

Assez faible ; 3 Moyen ; 4 Assez fort ; 5 Fort). Les entretiens individuels et collectifs réalisés ont permis d'identifier les principales stratégies d'adaptation développées par les éleveurs et les maraîchers.

## 3. Résultats

### 3.1. Caractéristiques climatiques du milieu d'étude

Les deux paramètres considérés pour l'analyse des tendances climatiques au niveau des communes d'étude sont les précipitations et les températures puisqu'elles représentent les paramètres les plus déterminants de la zone du climat soudanien au Bénin. Cette analyse s'articule autour des cumuls pluviométriques et thermométriques annuels de la période 1971-2015 (Figure 1 et 2).

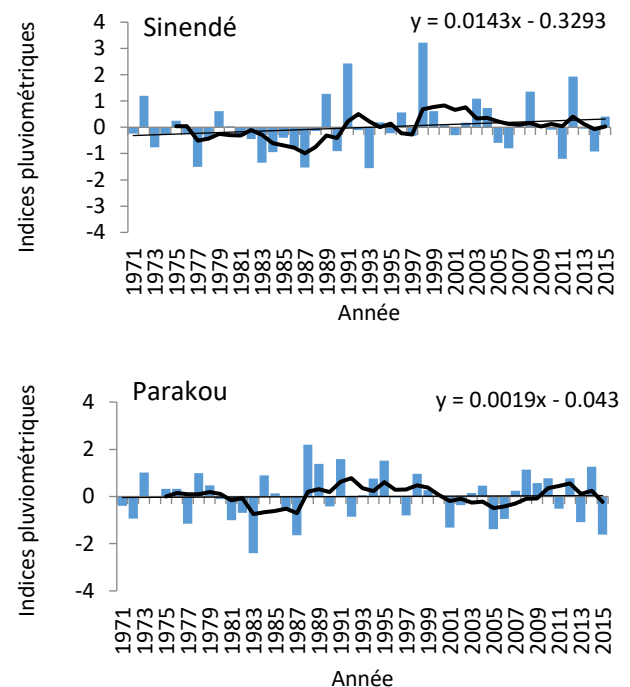


Figure 1 : Indices pluviométriques à Sinendé et à Parakou de 1971 à 2015 (Rainfall indices in Sinendé and Parakou during the period 1971-2015)

L'analyse des précipitations annuelles sur la période 1971-2015 de la commune de Sinendé (Figure 1), indique une courbe de tendance linéaire des pluviométries avec une pente positive. Mais il ressort de la figure 1 que sur les 45 années considérées, les années humides (+0,04 à +3,22) sont au nombre de 19, soit 42% avec des degrés d'humidité variables, tandis que les années déficitaires (-0,09 à -1,55) sont au nombre de 26, soit 58% avec des degrés de sécheresse variables d'une année sèche à une autre, dans la commune de Sinendé. Par contre, dans la commune de Parakou, les années humides (+0,04 à +2,19) sont au nombre de 23, soit 51%, tandis que les années déficitaires (-0,01 à -2,39) sont au

nombre de 22, soit 49%. La courbe de tendance linéaire des pluviométries est positive dans la commune de Parakou.

La tendance de la température moyenne est à la hausse (Figure 2), de 27,19 °C à 29,10 entre 1975 et 2009 ; soit une augmentation de 0,04 °C/an dans la commune de Sinendé et de 25,92 à 28,59 °C entre 1976 et 2006 ; soit une augmentation de 0,05 °C/an dans la commune de Parakou sur la période de 1971 à 2015.

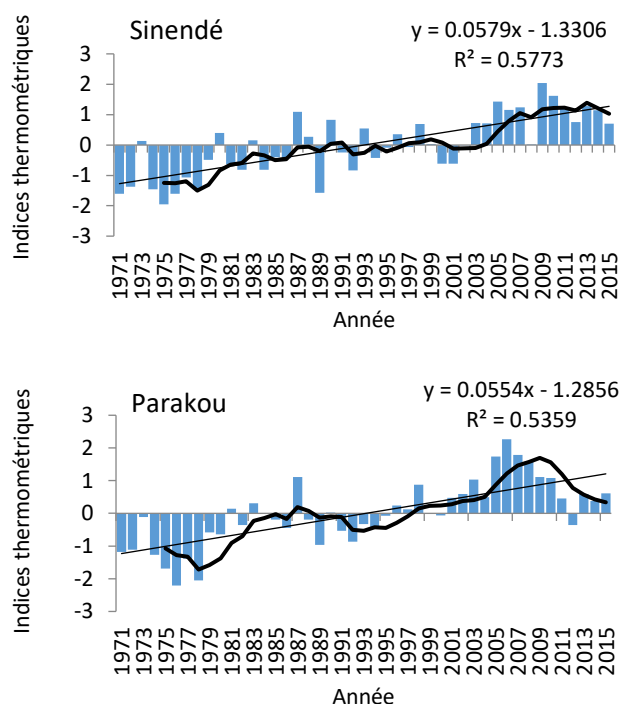


Figure 2 : Indices thermométriques à Sinendé et à Parakou de 1971 à 2015 (Temperature indices in Sinende and Parakou during the period 1971-2015)

Cette augmentation de la température se manifeste par une forte élévation thermique dans les communes

d'étude. L'élévation thermique provoque l'assèchement précoce des ressources en eau de surface utilisées par les éleveurs et les maraîchers. Ainsi, les tendances à la hausse des températures entraînent la diminution progressive des ressources en eau utilisées par les acteurs.

### 3.2. Sensibilité des ressources en eau aux risques climatiques

Diverses sources d'eau sont utilisées par les acteurs dans leurs activités pastorales et maraîchères. Il s'agit des sources d'eau superficielles (mares, marigots, retenues, bas-fonds, rivières, barrages) et des sources d'eau souterraines (puits, forages). Les ressources en eau de ces diverses sources d'eau sont influencées par les risques climatiques notamment la sécheresse, la chaleur excessive, les pluies tardives et les inondations (Tableau 1).

Les ressources en eau de surface sont les plus affectées par les risques climatiques, que cela soit dans le domaine pastoral ou dans le domaine maraîcher. A Sinendé, les bas-fonds, marigots, retenues d'eau et barrages sont exposés à 80% aux risques climatiques, tandis que la rivière d'Alibori et ses affluents *Niyori*, *Souédarou*, *Dandarou*, *Daoussou* le sont à 73%. Par contre, à Parakou les bas-fonds, marigots et retenues d'eau sont exposés à 85% aux risques climatiques, tandis que la rivière *Okpara* l'est à 75%. Quant aux ressources en eau souterraine, les puits sont exposés à 53% et les forages à 40% aux risques climatiques dans la commune de Sinendé. Les puits maraîchers et les forages sont exposés respectivement à 70% et 50% dans la commune de Parakou. Les risques climatiques ont des incidences qui menacent de plusieurs manières les ressources en eau, et donc les activités pastorales et maraîchères. Ces effets néfastes des irrégularités climatiques sur les ressources en eau poussent les différents acteurs à développer une diversité de stratégies d'adaptation.

Tableau 1 : Matrice de sensibilité des ressources en eau aux risques climatiques (Sensitivity matrix of water resources to climatic risk)

Ressources en eau à Sinendé		Risques climatiques				
		Sécheresse	Chaleur excessive	Pluies tardives	Indicateurs d'exposition	
Eau de surface	Rivière et affluents (Alibori, Niyori...)	4	3	4	73,3 %	
	Mares, retenues, marigots, barrages	5	3	4	80 %	
Eau souterraine	Puits	3	2	3	53,3 %	
	Forages	2	2	2	40 %	
Ressources en eau à Parakou		Sécheresse	Chaleur excessive	Pluies tardives	Inondation	Indicateurs d'exposition
Eau de surface	Rivière Okpara	4	4	4	3	75 %
	Bas-fonds, marigots, retenues	5	4	4	4	85 %
Eau souterraine	Puits maraîchers	4	4	4	2	70 %
	Forages	3	3	3	1	50 %

Source : Djohy, 2015 et 2016



### 3.3. Stratégies d'adaptation des éleveurs et des maraîchers

Face à l'évolution du climat, les différents exploitants de l'échantillon ont adopté des stratégies pour s'adapter à l'indisponibilité des ressources en eau (Tableau 2). Ces stratégies permettent aux acteurs de valoriser les ressources en eau pluviales (précipitations) et les ressources en eau souterraines (nappe phréatique) en vue de satisfaire des besoins précis. Les acteurs adoptent une pluralité d'approches de gestion des ressources en eau notamment une gestion technique, temporelle et spatiale. La gestion technique permet aux éleveurs et maraîchers de mobiliser les ressources en eau de pluies pour les activités agricoles et pastorales et évacuer l'eau en cas d'excès. La gestion temporelle permet aux acteurs de revoir les calendriers agricole et pastoral afin de caler le cycle des cultures et de la mobilité pastorale aux périodes de pluies. La gestion spatiale permet aux maraîchers de semer sur différentes parcelles pour réduire les impacts de la mauvaise répartition des précipitations. Elle permet aux éleveurs de se déplacer des milieux arides vers les milieux humides à la recherche d'eau et de pâturage. Pour satisfaire les besoins en eau du bétail et des cultures, les différents acteurs font référence aux ressources en eau superficielles et souterraines dans le temps et dans l'espace.

Pendant la sécheresse, les points d'eau de surface tarissent et la disponibilité en eau pour l'activité maraîchère devient problématique pour les producteurs. Ainsi, au cours de la période sèche les maraîchers manquent cruellement d'eau pour leur activité. Ils font alors référence aux ressources en eau souterraine dans l'apport d'eau aux cultures. Les ressources en eau des puits et des forages constituent les sources d'eau souterraine utilisées par les maraîchers dans l'apport de l'eau aux cultures. Ces puits maraîchers sont réalisés par les acteurs ou des projets notamment le projet Eau et Agriculture des départements du Borgou/Alibori. Les maraîchers utilisent également les ressources en eau usées dans l'apport de l'eau aux cultures. L'utilisation des eaux souterraines (puits et forages) reste commune aux deux acteurs. Dans la commune de Sinendé, les éleveurs font également référence aux eaux des puits pour abreuver leur troupeau. Ces puits sont réalisés à partir de la cotisation collective des éleveurs. De plus, ils réalisent des surcreusements communs dans les zones de basses attitudes notamment dans les points d'eau naturels, pour avoir une quantité moyenne d'eau pour abreuver le bétail. Ces points de surcreusements communs et les réservoirs d'eau sont des ouvrages manuellement réalisés par les éleveurs et les maraîchers aux abords des cours d'eau, et surtout dans les bas-fonds. L'abreuvement des troupeaux en saison sèche dans la Commune de Sinendé est rendu possible par les différents barrages et retenues d'eau. Les pasteurs pratiquent également la transhumance pendant la saison sèche (grande transhumance), et en saison pluvieuse (petite

transhumance). On note que dans leur adaptation, les maraîchers et les éleveurs développent des stratégies similaires de mobilisation de nouvelles ressources en eau par la construction de bassins et de points de surcreusements sur les exploitations, l'aménagement des points et cours d'eau et l'installation des puits.

Tableau 2 : Stratégies d'adaptation des éleveurs et maraîchers (Adaptation strategies of herders and vegetable farmers)

Stratégies d'adaptation communes aux acteurs	
Eleveurs / Maraîchers	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creusement manuel de puits pour la mobilisation des eaux souterraines</li> <li>• Construction de forages pour la mobilisation des eaux souterraines</li> <li>• Surcreusement de bas-fonds pour la mobilisation des eaux de la nappe peu profonde</li> <li>• Utilisation des sources d'eaux superficielles : barrages agropastoraux, rivières, cours d'eau etc.</li> <li>• Restructuration du calendrier de production en fonction des conditions climatiques</li> <li>• Utilisation d'intrants biologiques/organiques : bio-pesticides et bio-fertilisants en maraîchage, et produits ethno-vétérinaires en élevage</li> </ul>	
Stratégies d'adaptation spécifiques aux acteurs	
Eleveurs	Maraîchers
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adoption des espèces résistantes à la sécheresse, à la chaleur et aux environnements difficiles</li> <li>• Utilisation des résidus de récolte et des ligneux fourragers pour nourrir le bétail</li> <li>• Adoption des pratiques de la mobilité pastorale à la recherche de meilleurs pâturages et de points d'eau pour les animaux</li> <li>• Adoption des pratiques de la culture de diverses plantes fourragères notamment les ligneux fourragers</li> <li>• Diversification des types d'élevages comme réponse à une écologie diversifiée et aux nouvelles conditions hydro-climatiques</li> <li>• Diversification des activités de subsistance (agro-éleveurs) comme mécanisme de survie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adoption de nouvelles cultures ou culture de variétés résistantes à la variabilité climatique</li> <li>• Utilisation de semences à cycle court comme une bonne réponse à l'insuffisance de pluies</li> <li>• Adoption des pratiques d'association des cultures pour atténuer leur vulnérabilité au manque d'eau en saison sèche</li> <li>• Adoption des pratiques de la rotation des cultures pour maintenir la terre en production continue</li> <li>• Adoption des pratiques de paillage organique qui maintient l'humidité dans le sol, limite l'apparition des mauvaises herbes et favorise la fertilisation naturelle du sol</li> <li>• Adoption de système de sarco-binage qui rend le sol perméable à l'eau et limite l'évaporation</li> </ul>

Source : Djohy, 2015 et 2016

## 4. Discussion

Les tendances climatiques se traduisent dans les communes de Sinendé et de Parakou par plusieurs évolutions des paramètres climatiques qui influencent la disponibilité des ressources en eau et modifient les conditions de production pastorale et maraîchère. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Boko *et al.* (2012), qui ont observé une perturbation du régime pluviométrique et une tendance à la hausse de la température dans le Nord-Bénin.

On peut conclure à une instabilité du principal paramètre climatique de la zone soudanienne que sont les précipitations. Cette instabilité des pluies constitue une expression des changements et variabilités climatiques au Nord-Bénin. Les discours des différents acteurs relatifs à la modification des précipitations ont permis d'identifier trois principaux risques climatiques. Il s'agit de la sécheresse, des pluies tardives et des inondations. Ces risques identifiés sont conformes à ceux présentés dans la littérature des risques climatiques au Bénin (PANA, 2008). La sécheresse se manifeste par l'arrêt des précipitations pour une longue durée. Il s'agit d'une interruption des pluies non propice pour le développement des activités pastorales et maraîchères. Elle occasionne des cas de pénurie d'eau qui entraîne le ralentissement des activités maraîchères et le manque de site d'abreuvement. Ce risque climatique provoque l'assèchement des ressources en eau de surface exploitées par les différents acteurs. Ainsi, pendant la saison sèche les activités pastorale et maraîchère sont soumises à des déficits hydriques. Les pluies tardives constituent un prolongement de la saison sèche qui provoque un retard dans l'installation des pluies. Elles entraînent l'indisponibilité des ressources en eau et augmentent la sensibilité des animaux et des cultures aux tendances climatiques. L'excès de la pluie provoque l'inondation. Pendant les mois de mai à juillet, les sources d'eau de surface sont confrontées aux pluies abondantes, surtout de juillet à septembre. Les bas-fonds, les zones marécageuses et les bassins versants étant inondables, les cultures maraîchères sont soumises à une destruction par l'eau.

Cette modification du climat influe sur les différentes activités socio-économiques des populations à travers les anomalies et crises plus ou moins aléatoires (Boko, 1988 ; Houndénou, 1999). Pour Vissin (2007) et Boko *et al.* (2012), les précipitations ont connu une diminution sensible ces dernières années au Bénin. De plus, l'augmentation de la température favorise également l'élévation du taux d'évapotranspiration où les sources d'eau de surface connaissent une baisse de la quantité d'eau disponible. Cette situation climatique compromet la disponibilité des ressources en eau et perturbe fortement l'activité agricole (Odjo, 1997 ; Ogouwale, 2006). Ces évolutions du climat ont rendu difficile l'élevage par le manque d'eau pour l'abreuvement des troupeaux

(Brooks, 2006 ; Dongmo *et al.*, 2007). L'eau étant essentiel dans les fonctions physiologiques de l'organisme, sa disponibilité et sa qualité sont des paramètres clés dans la santé et la productivité du bétail (Olkowski, 2009).

Dans ces conditions climatiques, les maraîchers aussi manquent d'eau pour arroser les cultures, en raison de l'assèchement des eaux de surface et de l'insuffisance des sources d'eau souterraine. Houndénou (1999) a déjà montré que les précipitations au Bénin sont caractérisées par une diminution remarquable des abats pluvieux, une réduction considérable du nombre de jours pluvieux, un début tardif et une fin précoce de la saison pluvieuse. Les ressources en eau sont soumises à une diminution considérable et constituent les ressources les plus exposées aux impacts des changements climatiques. Les sources d'eau sont instables, saisonnières et dépendent de la situation climatique dont les variabilités et perturbations compromettent l'accessibilité à l'eau pour les maraîchers et les éleveurs. Les différents indicateurs de la manifestation actuelle du climat, notamment la sécheresse, la chaleur excessive, les pluies tardives et l'inondation ont fait l'objet d'une évaluation par Montcho (2014) Djohy (2015) et Djohy (2016), qui ont montré que la variabilité climatique influence fortement les ressources en eau et les activités maraîchères et pastorales.

Les impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau font développer chez les éleveurs et les maraîchers diverses techniques d'adaptation liées à la mobilisation des ressources en eau superficielles et souterraines. Ainsi, en saison sèche les acteurs ont recours aux barrages, aux cours d'eau et aux surcreusements des mares et des bas-fonds. Ces surcreusements permettent aux éleveurs et aux maraîchers d'augmenter les capacités de stockage en eau de ces mares et de ces bas-fonds afin de subvenir aux besoins en eau des troupeaux et des cultures (Cornu *et al.*, 2008 ; Stroesser et Bascoul, 2013a ; Djohy, 2016). En cas d'assèchement partiel ou total des ressources en eau de surface, les éleveurs et les maraîchers ont recours aux puits et aux forages. Ces sources d'eau souterraines permettent également aux acteurs d'abreuver leurs troupeaux et d'arroser leurs cultures en saison sèche (Djenontin, 2010 ; Ahouangninou, 2013 ; Stroesser et Bascoul, 2013b). Les eaux des puits et des forages représentent respectivement 27,4% et 36,5% dans l'apport de l'eau aux cultures (Ahouangninou, 2013). En plus de ces stratégies similaires, les maraîchers ont souvent recours aux eaux usées dans l'apport d'eau aux plants maraîchers. La pratique de la réutilisation des eaux usées en agriculture est largement répandue dans plusieurs régions du monde, notamment les eaux usées domestiques brutes et les eaux usées industrielles brutes (Hertog et Klutse, 2002). Quant aux éleveurs, ils pratiquent la transhumance à la recherche de nouveaux sites d'abreuvement et de pâturage. La



transhumance répond avant tout à des contraintes écologiques. Elle permet une meilleure valorisation de la diversité des ressources pastorales, notamment de l'eau et le pâturage (FAO, 2012).

## 5. CONCLUSION

Les changements climatiques sont une réalité au Bénin. Les principales zones de production pastorale et maraîchère souffrent de l'instabilité des paramètres climatiques avec des pluies tardives et de courte durée, de la chaleur excessive, de la sécheresse et de l'inondation. Cette modification du climat occasionne la baisse des ressources en eau disponibles pour l'élevage et le maraîchage. Les producteurs sont devenus très vulnérables aux effets de la variabilité climatique. Cependant, ils mènent diverses actions afin d'atténuer leur vulnérabilité et celle de leurs activités aux conditions climatiques. Diverses stratégies sont développées par les acteurs pour la mobilisation des ressources en eau de surface et souterraine. Pour assurer le développement durable des activités agro-pastorales, les autorités étatiques et communales doivent mettre en place des politiques de renforcement des stratégies développées par les exploitants face aux risques climatiques.

## CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

## REFERENCES

- Afouda F. 1990. *L'eau et les cultures dans le Bénin central et septentrional : Etude de la variabilité des bilans de l'eau dans leurs relations avec le milieu et la savane africaine*. Thèse de doctorat, Paris IV, Sorbonne, 428 p.
- Agossou D.S.M. Tossou C.R. Vissoh V.P. & Agbossou K.E. 2012. Perception des perturbations climatiques, savoirs locaux et Stratégies d'adaptation des producteurs agricoles béninois. *African Crop Science Journal*, 20, 565-588.
- Ahouangninou C.C.A. 2013. *Durabilité de la production maraîchère au Sud-Bénin : un essai de l'approche éco systémique*. Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 349 p.
- Boko M. 1988. *Climatologie et communautés rurales du Bénin, Rythmes climatiques et rythmes de développement*. Thèse de doctorat, l'Université de Bourgogne, Dijon, 608 p.
- Boko M. Kosmowski F. & Vissin W.E. 2012. *Les Enjeux du Changement Climatique au Bénin : Programme pour le Dialogue Politique en Afrique de l'Ouest*. Konrad-Adenauer-Stiftung, Cotonou, Bénin, 65 p.
- Brooks N. 2006. Changement climatique, sécheresse et pastoralisme au sahel : Note de discussion pour l'Initiative Mondiale sur le Pastoralisme Durable, WISP, 12 p.
- Cornu F. Chapon M. & Larbodièrre L. 2008. La sécurisation des systèmes fonciers au Mali. Enseignements du projet « Gestion concertée des ressources pastorales et sécurisation du petit élevage » (PROSEL). *Agronomes et Vétérinaires sans frontières*, 14 p.
- Djènonatin A.J. 2011. Dynamique des stratégies et des pratiques d'utilisation des parcours naturels pour l'alimentation des troupeaux bovins au Nord-est du Bénin, Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, 274 p.
- Djohy G.L. 2015. *Rythme climatique et activité pastorale dans la Commune de Sinendé*. Mémoire de Géographie, Université de Parakou, Bénin, 57 p.
- Djohy G.L. 2016. *Vulnérabilité des ressources en eau au changement climatique et stratégies d'adaptation des maraîchers des zones urbaines et péri-urbaines du Nord-Bénin*. Rapport de recherche, African Climate Change Fellowship Program, Parakou, 59 p.
- Djohy G.L. Edja A.H. & Nouatin G.S. 2015. Variation Climatique et Production Vivrière : la culture du maïs dans le système agricole péri-urbain de la Commune de Parakou au Nord-Bénin. *Revue Afrique Science*, Vol 11, N°6, 183-194.
- Dongmo A.L. Djamen P. Vall E. Koussou M.O. Coulibaly D. & Lossouarn J. 2007. L'espace est fini ! Vive la sédentarisation ? Innovations et développement durable en question chez les pasteurs des zones cotonnières d'Afrique de l'ouest et du centre, *Rencontres Recherches Ruminants*, 14, 153-160.
- Doukpolo B. 2007. *Variabilité et tendance pluviométrique dans le Nord-Ouest de la Centre-Afrique : enjeux environnementaux*. Mémoire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 80 p.
- Doukpolo B. 2014. *Changements climatiques et productions agricoles dans l'Ouest de la République Centrafricaine*. Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 337 p.
- Dugué M.J. Delille H. & Malgrange S. 2012. Caractérisation des stratégies d'adaptation au changement climatique en agriculture paysanne : Etude de capitalisation réalisée sur les terrains de coopération d'AVSF. *Agronomes et Vétérinaires sans frontières*, Lyon, France, 150 p.
- ENDA & C3D, 2005. *Compte rendu de l'atelier de formation de formateurs sur Vulnérabilité et Adaptation aux Changements Climatiques*, ENDA/C3D, Dakar, 26 p.
- FAO, 2012. La transhumance transfrontalière en Afrique de l'Ouest Proposition de plan d'action. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 146 p.
- GIEC, 2007. *Bilan 2007 des changements climatiques*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au

- quatrième rapport d'évaluation du Group d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, Genève, 103 p.
- Hertog W. & Klutse A. 2002. Visite d'étude et Atelier International sur la Réutilisation des Eaux Usées en Agriculture Urbaine : un défi pour les municipalités en Afrique de l'Ouest et du Centre. Rapport final, CTA / ETC-RUAF / CREPA, Ouagadougou, Burkina Faso, 183 p.
- Houndenou C. 1999. *Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide : l'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation*. Thèse de doctorat en Climatologie, Université de Bourgogne, Dijon, 390 p.
- Ly M. Traore S.B. Alhassane A. & Sarr B. 2013. Evolution of some observed climate extremes in the West African Sahel. *Weather and Climate Extremes*, 1, 19-25.
- Montcho M. 2014. Agriculture urbaine et péri-urbaine au Bénin : le maraîchage, le blog de Marthe Montcho, Femmes Agriculture Développement Durable, <http://agricultureaufeminin.wordpress.com/2014/09/25/lagriculture-urbaine-et-peri-urbaine-au-benin-le-maraichage/>, (consulté le 14.04.17).
- Odjo S. 1997. *Rythmes climatiques et contraintes alimentaires dans l'Atacora*. Mémoire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 112 p.
- Ogouwale E. 2006. *Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : Indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire*. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 302 p.
- Olkowski A.A. 2009. La qualité de l'eau d'abreuvement du bétail. Guide de terrain relatif aux bovins, aux chevaux, à la volaille et aux porcs, Université de la Saskatchewan, Canada, 185 p.
- PANA, 2008. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques : Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques du Bénin (PANA- Bénin), MEPN, Cotonou, Bénin, 81 p.
- Stroesser L. & Bascoul C. 2013a. *Savoirs de paysans et lutte contre la désertification. Disposer d'une réserve d'eau pour le maraîchage, avec le bouli maraîcher*. Publication du Groupe de Travail Désertification. Fiche « le bouli maraîcher » - Savoirs de paysans, 4 p.
- Stroesser L. & Bascoul C. 2013b. *Savoirs de paysans et lutte contre la désertification. Abreuver son troupeau en saison sèche avec un puisard*. Publication du Groupe de Travail Désertification. Fiche « Puisard » - Savoirs de paysans, 3 p.
- Vissin W.E. 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, Université de Bourgogne, 310 p.
- Zoundjè F. Donou B. Ogouwalé R. Yabi I. & Ogouwalé E. 2013. Vulnérabilité de la production maraîchère à la Variabilité hydro-climatique saisonnière dans la Commune d'Adjohoun (Bénin, Afrique de l'ouest) : 549-554. In Boko M., Vissin E.W., Afouda S., « *Climat Agriculture, Ressources en Eau d'hier à demain* », Actes du XXVIème Colloque de l'AIC, Cotonou, Bénin.