

Variation climatique, disponibilité en eau et production maraîchère dans la commune urbaine de Parakou au Bénin (Afrique de l'Ouest)

Henri Sourou TOTIN VODOUNON^{1,2*}, M'po Abel SINWONGOU¹ et Constant HOUNDENOU²

¹ *Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Université de Parakou, BP 123 Parakou, Bénin*

² *Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement, Université d'Abomey-Calavi, 03 BP 1122 Cotonou, Bénin*

* Correspondance, courriel : sourouhenri@yahoo.fr

Résumé

La culture maraîchère est très dépendante de l'eau et essentiellement assurée par des producteurs autour des cours d'eau, des retenues d'eau ou des puits traditionnels aménagés. Cette activité est soumise aux effets variant des conditions climatiques. Cette étude vise à analyser la vulnérabilité de l'activité maraîchère aux problèmes hydriques dans la commune de Parakou. Les données climatologiques (température, précipitation, évapotranspiration potentielle et humidité relative) collectées à la station synoptique de Parakou sur la période de 1965-2012 ont été utilisées pour estimer les ressources en eau disponibles. De plus, la matrice de sensibilité a été utilisée pour évaluer la vulnérabilité des cultures maraîchères en se basant sur leur cycle végétatif. Les résultats montrent que la quantité de pluie reçue entre novembre et avril est faible (12 % du cumul annuel) tandis que la température moyenne varie entre 26,7 °C et 30,1 °C, induit une forte demande évaporatoire. Une faible humidité relative (37 %) est enregistrée. Entre mai et octobre, la quantité d'eau précipitée représente environ 88 % ; la demande évaporatoire est faible avec une humidité relative élevée (96 %). Les Indices agroclimatiques dont les températures extrêmes (36,8 °C), le déficit du bilan climatique annuel (68,2 %) et les enquêtes socio-anthropologiques (à 80 %) confirment que ces conditions climatiques affectent l'activité maraîchère. Pendant la saison sèche, les contraintes se traduisent par l'assèchement partiel ou total des points d'eau, le fléchissement des cultures (74,8 %), le ralentissement de la croissance (83,1 %), la perturbation du cycle de développement. Par contre, au cours de la saison pluvieuse, les cultures sont soumises aux pluies abondantes qui occasionnent souvent leur destruction.

Mots-clés : *contraintes hydriques, vulnérabilité, cultures maraîchères, matrice de sensibilité, Parakou.*

Abstract

Climate variation, water availability and gardening production on the urban Municipality of Parakou in Benin (West Africa)

Gardening production is very dependent on the water and is assure essential by small farmers along the rivers, the reservoirs or from traditional wells. This activity is subject to the adverse effects of the deterioration of climatic conditions. This study aims to analyze gardening activity vulnerability to water difficulties in Parakou town. The climate data analysis (1965-2012) helped to study the water availability.

The sensitivity matrix was used to assess the vulnerability of crops. The results of this analysis show that rainfall amount received between November and April is low (12 % of annual rainfall). Average temperatures are between 26.7 to 30.1 °C which produce high evaporative demand and low relative humidity sometimes up to 37 %. Between May and October, precipitated amount of water is about 88 %; the evaporative demand is low with high relative humidity (96 %). Agroclimatic index mean extreme temperature (36.8 °C), annual water balance deficit (62.8 %) and field work confirm by 80 % that these weather conditions affect the gardening activity. During the dry season, the constraints are refer to rivers drying and water points, declining crop (74.8 %), slowing of growth (83.07 %), and disruption of the development cycle. During the rainy season, the crops are subjected to heavy rains cause their destruction.

Keywords : *hydro-climatic constraints, vulnerability, gardening activity, sensitivity matrix, Parakou.*

1. Introduction

Les changements et variations climatiques ont entraîné une diminution sensible des ressources en eau et des productions qui en dépendent [1]. Depuis les années 1970, l'évolution des paramètres climatiques se manifeste par une hausse des températures et une baisse de la pluviométrie [2]. Ainsi, les activités humaines sont très vulnérables à cette variabilité et extrêmes climatiques [3]. Dans le département du Borgou au nord du Bénin, particulièrement dans la commune de Parakou, les pluies connaissent une variation importante ces dernières années et une tendance à la hausse des températures [4]. Ces conditions climatiques augmentent la demande évaporatoire de l'atmosphère et par conséquent, accentue les péjorations climatiques. Les variations climatiques impactent ainsi négativement les écoulements et par conséquent, la disponibilité des ressources en eau [5]. L'agriculture maraîchère constitue une activité de contre saison et qui nécessite un apport d'eau par arrosage. C'est une activité très sensible en raison de ses exigences hydroclimatiques. D'une manière générale, les points d'eau comme les puits, les forages, et les cours d'eau sont les principales sources utilisées pour satisfaire les besoins des cultures [6]. Dans la commune de Parakou, le maraîchage se fait autour des cours d'eau et infrastructures hydrauliques aménagées. Avec la vulnérabilité de ces sources d'eau aux aléas climatiques, cette activité est exposée à l'insuffisance de la ressource en eau, surtout vers la fin de la saison sèche [7]. L'objectif de cette étude est d'analyser les influences de la variation climatique sur la disponibilité en ressource hydrique et par conséquent sur la production maraîchère dans la commune de Parakou.

2. Méthodologie

2-1. Présentation du milieu d'étude

La commune de Parakou est située entre 9°15' et 9°27' de latitude Nord et entre 2°28' et 2°44' de longitude Est (*Figure 1*), et couvre une superficie de 441 km² dont environ 30 km² de zones urbanisées. Sa population est d'environ 254 254 habitants en 2013. Elle bénéficie d'un climat tropical humide de type soudanien caractérisé par l'alternance d'une saison de pluie de mai à octobre et d'une saison sèche de novembre à avril [8]. La pluviométrie moyenne annuelle est estimée à 1200 mm. La commune de Parakou est caractérisée par des sols hydromorphes situés généralement dans les bas-fonds et sont très favorables au développement du maraîchage [9].

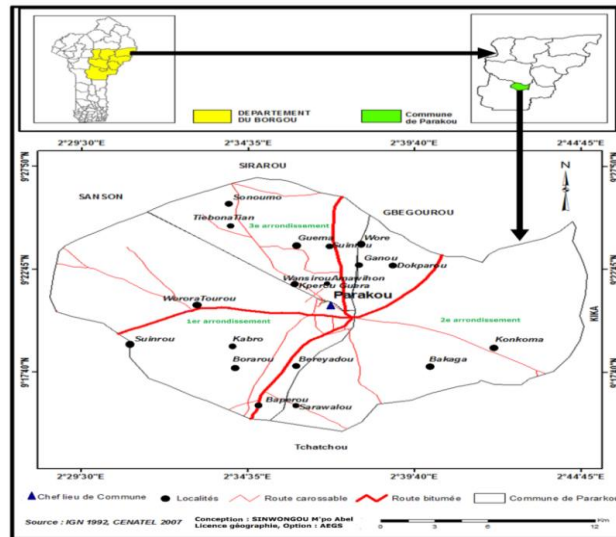


Figure 1 : Situation géographique de la commune de Parakou au Bénin

2-2. Données utilisées

Les données utilisées sont les séries climatiques (température, précipitations, évapotranspiration potentielle (ETP) et humidité relative) de la station synoptique de Parakou sur la période de 1965-2012. Les données ont été aussi recueillies lors des campagnes de mesures et d'observations directes et des enquêtes socio-anthropologiques sur les sites maraîchers et auprès des producteurs. Les principales informations collectées concernent les caractéristiques physiques des sites maraîchers, les systèmes de production, les produits maraîchers, les rendements et sources d'eau pour l'irrigation.

2-3. Méthode de traitement des données

2-3-1. Analyse de la variation hydroclimatique

La variation climatique a été analysée à travers le rythme saisonnier des précipitations et des températures. Les valeurs centrées réduites de ces deux éléments climatiques ont été déterminées à l'aide des indices (X) de Lamb [10] :

$$X = \frac{x_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (1)$$

où : x_i représente le cumul moyen annuel obtenu par station pour l'année i ; \bar{X} et σ représentent respectivement, la moyenne et l'écart type de la série considérée.

Le taux de variation hydroclimatique (Txh en %) a été déterminé à travers l'indice :

$$Txh = 100 * \frac{M_2 - M_1}{M_1} \quad (2)$$

avec : M_1 et M_2 : Moyennes respectives des deux périodes dont une ancienne et une récente. Afin d'analyser le rythme de disponibilité en eau pluviale et même superficielle, le bilan climatique

($P - ETP$ en mm) a été calculé. Il a permis de mettre en évidence les mois ou période de l'année où l'eau pluviale est disponible en surplus ($P-ETP > 0$) ou en déficit ($P-ETP < 0$).

2-3-2. Estimation des besoins en eau des cultures

L'estimation des besoins journaliers en eau (BJe en L/i) d'une culture maraîchère est basée sur la formule :

$$BJe = ETP * KC * SC \quad (3)$$

dont : ETP est l'évapotranspiration potentielle (mm) ; KC est le coefficient cultural ; et SC la surface cultivée (m).

2-3-3. Calcul de l'énergie musculaire du maraîcher

L'énergie physique (E en joule) déployée par un maraîcher pour arroser les cultures est estimée à partir de l'expression :

$$E = F * D \quad (4)$$

avec : F , l'intensité de la force exercée qui correspond au poids (P en kg) de l'arrosoir rempli d'eau (N) et D , la distance parcourue (m).

3. Résultats

3-1. Variation pluviométrique et disponibilité en eau dans la commune de Parakou

La commune de Parakou est localisée dans le domaine du climat soudanien caractérisé par une saison pluvieuse et une saison sèche. La **Figure 2** présente le régime hydroclimatique mensuel de la période 1965-2012. D'une pluviométrie moyenne annuelle de 1253,5 mm, les lames d'eau précipitées sont estimées à 87,3 % et 12,7 % respectivement pour la période de Mai à Octobre (saison pluvieuse) et celle de Novembre à Avril (saison sèche). Les précipitations maximales sont enregistrées en Août (211,80 mm) et en Septembre (208,42 mm), où l'activité maraîchère est quasi-inexistante du fait des excédents d'eau pluviale.

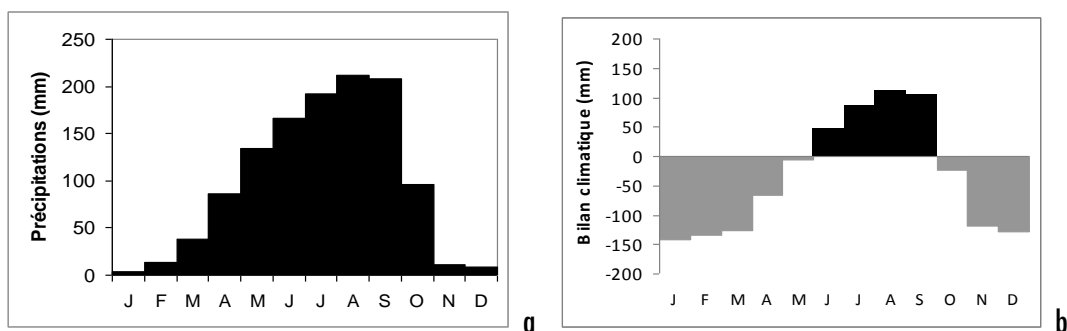


Figure 2 : Régime hydroclimatique moyen (1965-2012) : pluviométrie (a) et bilan climatique (b)

Le bilan climatique est, à l'échelle annuelle, déficitaire (-68,2 %) mais excédentaire sur la période de Juin à Septembre où il varie de + 47,4 mm à + 110,3 mm. Pendant cette période, les cultures sont soumises aux contraintes de hautes eaux dans les bas-fonds et les producteurs confrontés à la perte des pépinières. Par contre, le bilan climatique est déficitaire entre la période d'Octobre à Avril avec une variation de -5,4 mm à -142,1 mm.

3-2. Variabilité pluviométrique interannuelle

La commune de Parakou, connaît une variabilité pluviométrique non significative ($R^2 \approx 0$) sur la période 1965-2012 comme l'illustre la **Figure 3**.

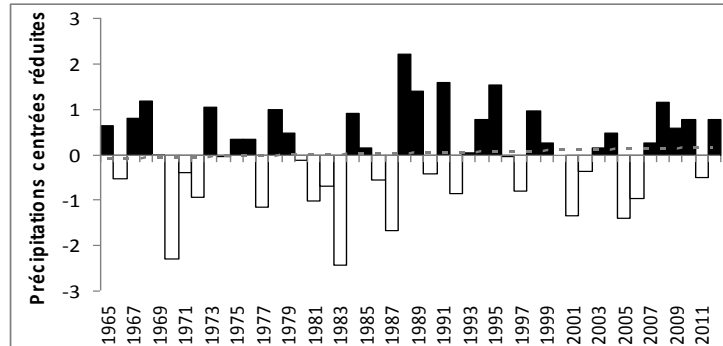


Figure 3 : Pluviométrie annuelle standardisée à la station synoptique de Parakou (1965-2012)

La commune de Parakou enregistre une succession d'années humides et sèches peu marquées. Mais la variabilité pluviométrique montre quelques années (1970, 1983, 1987) de déficits hydriques considérables avec des indices d'amplitudes respectifs de -2,3 ; -2,4 et -1,7. Par contre, l'année excédentaire 1988 a été la plus extrême de la période d'étude. Les précipitations ont connu une variation "non linéaire" de 1614,6 mm (en 1988) à 857,2 mm (en 2005). Ce rythme successif d'années contrastées (humide ou sèche) a certainement des répercussions sur la culture maraîchère dans la commune de Parakou.

3-3. Variation thermométrique mensuelle

La **Figure 4** présente l'évolution des températures moyennes mensuelles à Parakou.

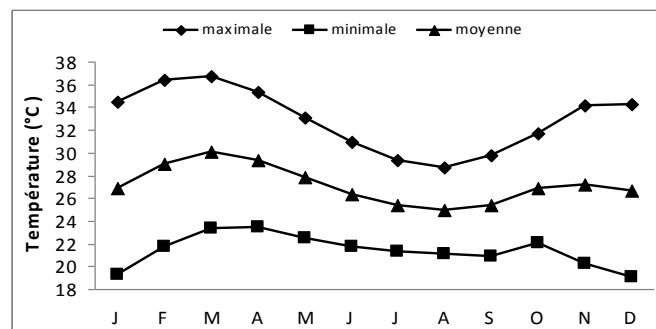


Figure 4 : Régime thermométrique moyen (1965-2012) à la station de Parakou

Les températures maximales oscillent entre 28,7 °C (Août) et 36,8 °C (Mars) et les minima entre 19,1 °C (Décembre) et 23,4 °C (Mars ou Avril). Les amplitudes thermiques de 8.1 °C pour les maxima et 4,3 °C pour les minima, montrent une forte variation de la température en fin de journée. Pendant la période d'octobre à mai, les températures varient à la hausse (26,7 °C à 30,1 °C). Cette augmentation des températures, serait accompagnée d'énormes pertes d'eau liées à une forte demande évaporatoire comme l'a mis en évidence le bilan climatique négatif sur cette période. La baisse des températures, enregistrée dans la période de Juin à Septembre, justifie l'importance positive du bilan climatique.

3-4. Humidité relative mensuelle et corrélation à l'évapotranspiration potentielle

L'humidité relative connaît un régime unimodal (*Figure 5*) qui s'accommode pratiquement de celui des précipitations. L'humidité relative moyenne oscille entre 37 % (Janvier) et 81 % (Août).

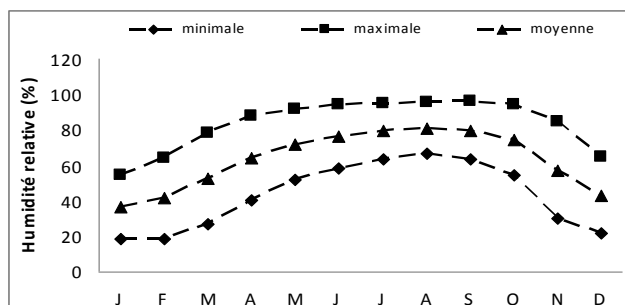


Figure 5 : Régime hygrométrique moyen (1965-2012) à la station de Parakou

L'humidité relative maximale est très élevée en saison pluvieuse avec un optimum enregistré entre Août et Septembre (96 %) et les plus faibles valeurs entre Décembre, Janvier et Février (55 à 65 %). L'humidité relative minimale est comprise entre 18 et 66 %. La période de novembre à mai est caractérisée par une faible humidité relative où les valeurs oscillent entre 18 et 27 %. Cette faiblesse de l'humidité relative, induit un dessèchement des cultures maraîchères et la perte des feuilles par temps d'arrosage insuffisant ou de manque total d'eau comme l'ont confirmé les producteurs. Par ailleurs, la *Figure 6* illustre la corrélation entre l'humidité relative et l'évapotranspiration potentielle moyenne de 1965-2012.

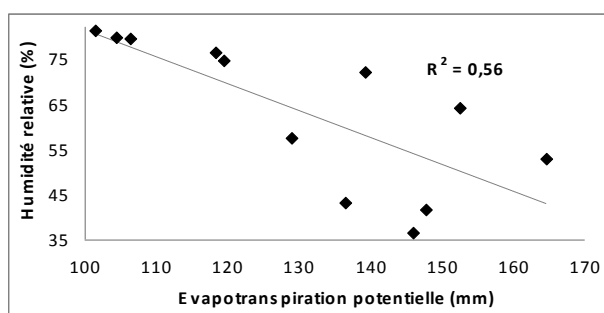


Figure 6 : Corrélation humidité relative - évapotranspiration potentielle (ETP) mensuelle moyenne (1965-2012)

L'humidité relative varie en sens inverse en fonction de l'évapotranspiration potentielle. Ainsi, aux valeurs élevées d'ETP correspondent celles plus faibles de l'humidité relative. Le déficit hygrométrique de l'air induit une intensification de l'évaporation pendant la saison sèche et par conséquent un amenuisement des ressources en eau sur les périmètres maraîchers. Cela se justifie par le degré de saturation de l'humidité de l'air due à l'élévation de la température d'Octobre à Mai. En somme, la quantité d'eau précipitée dans la commune de Parakou est variable dans le temps et au cours du cycle végétatif des espèces maraîchères.

3-5. Besoins en eau des cultures maraîchères

Les besoins en eau varient en fonction de la culture, de son stade de développement (les besoins diffèrent en début de la plantation, à la maturité et à la récolte) et de la superficie emblavée. Dans le secteur d'étude, la largeur des planches est d'environ 1,2 m pour une longueur variant entre 3 et 8 m. Ces dimensions ont

été nécessaires dans l'évaluation des besoins en eau journaliers. Ainsi, sur les périmètres maraîchers de la commune de Parakou, les planches sont dimensionnées 1,20 m x 5 m ; soit une superficie de 6 m² selon les cultures. L'activité maraîchère débute généralement dans la deuxième décennie d'Octobre sur les sites de Titirou, Zongo-Zénon, Abattoir, Arafat (pour quelques-uns), Baouèra, Sokounon (sur le site des hommes).

Tableau 1 : Besoins en eau des cultures maraîchères en fonction de leur stade de développement

Cultures	Phases	Durée des phases (jours)	Période de culture	Besoin en eau (L/j)	Lame d'eau précipitée moyenne (mm)	
Chou	Initiale	120	20	D2 Octobre - D1 Novembre	11	52,8
				D2 Décembre - D1 Janvier	12	3,0
	Développement		25	D1 Novembre - D1 Décembre	20	9,4
				D1 Janvier - D1 Février	21	4,3
	Mi-saison		60	D1 Décembre - D3 Janvier	30	7,8
				D1 Février - D3 Mars	33	45,3
	Arrière-saison		15	D3 Janvier - D2 Février	25	8,5
				D3 Mars - D2 Avril	28	81,8
Carotte	Initiale	100	20	D2 Octobre - D1 Novembre	11	52,8
				D2 Décembre - D1 Janvier	12	3,0
	Développement		30	D1 Novembre - D1 Décembre	20	9,4
				D1 Janvier - D1 Février	21	5,5
	Mi-saison		30	D1 Décembre - D1 Janvier	28	3,0
				D1 Février - D1 Mars	33	18,9
	Arrière-saison		20	D1 Janvier - D3 Janvier	25	2,5
				D1 Mars - D3 Mars	28	35,9
Laitue	Initiale	75	20	D2 Octobre - D1 Novembre	11	52,8
				D2 Décembre - D1 Janvier	12	3,0
	Développement		30	D1 Novembre - D1 Décembre	15	9,4
				D1 Janvier - D1 Février	17	4,3
	Mi-saison		15	D1 Décembre - D3 Décembre	26	5,3
				D1 Février - D3 Février	32	9,4
	Arrière-saison		10	D3 Décembre - D2 Janvier	24	2,5
				D3 Février - D1 Mars	29	11,6
Tomate	Initiale	145	30	D2 Octobre - D2 Novembre	11	54,8
				D2 Décembre - D2 Janvier	12	3,9
	Développement		40	D2 Novembre - D3 Décembre	20	7,3
				D2 Janvier - D3 Février	21	11,5
	Mi-saison		40	D3 Décembre - D2 Février	32	11,0
				D3 Février - D2 Avril	37	80,2
	Arrière-saison		25	D2 Février - D1 Mars	25	17,0
				D2 Avril - D1 Juin	25	254,3

Source : Enquête de terrain, Novembre 2014 ;

Légende : D1 = 1^{ère} décennie ; D2 = 2^{ème} décennie ; D3 = 3^{ème} décennie ; 1 millimètre de pluie équivaut à 1 litre d'eau par m²

Ces sites sont caractérisés par la dominance des cultures comme le chou, la laitue, la carotte, la tomate. Sur les sites gérés par les femmes à Wanssirou, Zongo II, et Sokounon, les activités débutent dans la deuxième décennie de Décembre ou la première décennie de Janvier. Près de 54 % des maraîchers expliquent que ce décalage de temps entre la saison pluvieuse et le démarrage des activités maraîchères est lié au prolongement de la saison des pluies jusqu'à fin Novembre et l'inondation des sites de production. De plus, certains périmètres maraîchers de la commune de Parakou sont, occupés pour la riziculture jusqu'en Décembre voire Janvier. Les maraîchers concernés reprennent alors leurs activités après la récolte du riz. Le **Tableau 1** présente l'estimation des besoins en eau journaliers des plantes potagères sur certains sites maraîchers suivant les périodes de cultures ou de développement. Les cultures maraîchères telles que la carotte, le chou, la laitue, la tomate ont les mêmes besoins en eau à la phase initiale (10 L/jour) de la deuxième décennie d'Octobre à la première décennie de Janvier. Ces besoins s'accroissent et deviennent maximaux à la mi-saison culturale ; soit environ 30 L/jr (20 Litres le matin et 10 Litres le soir) et parfois 40 litres pour la tomate. C'est la phase la plus critique des espèces cultivées et de l'arrosage. Près de 80 % des maraîchers expliquent qu'une quantité considérable d'eau (environ 40 L/jour) est nécessaire pour assurer la maturité des cultures maraîchères.

Une étude comparative montre que la lame d'eau écoulee au cours des différentes périodes de culture ne couvre pas toujours les besoins en eau des cultures. Par exemple, le chou a besoin d'environ 20 mm d'eau à la phase de développement cependant, la quantité d'eau précipitée est de 9,4 mm pendant la première sous-période. Ce déficit d'eau ne peut qu'être comblé par irrigation. Par ailleurs, les besoins en eau des cultures sont plus importants (+3 litres d'eau en moyenne) au cours de la seconde sous-période (qui part de la deuxième décennie de Décembre), par rapport à la première (celle qui débute la deuxième décennie d'Octobre). Cela s'explique par le fait que le climat devient de plus en plus aride avec une forte évapotranspiration allant jusqu'à 164,7 mm et un faible taux d'humidité relative (37 %) entre décembre et avril. Les cultures comme l'amarante, le gombo et le piment sont très exigeantes en eau. Les amarantes et le piment sont adaptés au climat tropical et nécessitent un apport d'eau régulier. Les amarantes ne doivent souffrir, à aucun moment, de manque d'eau. Une irrigation modérée favorise l'humidité constante du sol dont la texture est un facteur explicatif des apports en eau. Par exemple, un sol sableux est plus poreux qu'un sol argileux.

3-6. Sources de satisfaction des besoins en eau des cultures maraîchères dans la commune de Parakou

Pour 75,3 % des maraîchers, leurs activités commencent vers la fin de la saison pluvieuse et se déroulent notamment en saison sèche. Les périmètres maraîchers s'organisent autour des cours et plans d'eau (rivière, étangs) et des points d'eau aménagés (puits traditionnels ou modernes, retenues d'eau) mais les eaux pluviales y sont aussi exploitées (*Photos 1 et 2*).



Photo 1 : Point d'eau aménagé à Zongo-Zénon **Photo 2** : Puits moderne sur un périmètre maraîcher à Titirou

Source : Prise de vue SINWONGOU A., Janvier, 2015

Les principales sources d'eau exploitées dans le maraîchage sont les eaux superficielles et souterraines, tributaires des précipitations. A partir du mois de Décembre, ces sources d'eau temporelles commencent à tarir, obligeant les producteurs à recourir aux points d'eau aménagés pour l'irrigation. Entre Février, Mars et Avril où le bilan climatique est déficitaire (en moyenne 109,3 mm/mois ou 328 mm cumulés), la disponibilité quantitative de l'eau devient critique selon 60 % des maraîchers. Par contre, 12 % d'entre eux affirment que, déjà à partir de la deuxième décennie de Décembre, c'est-à-dire au cours de la saison maraîchère, les déficits hydriques sont plutôt observés. Cela est manifeste à travers la baisse progressive du niveau des cours d'eau et le tarissement des points d'eau aménagés notamment les puits traditionnels. Ainsi, pour compenser les déficits en eau des plantes, les puits modernes et les forages artisanaux, souvent intarissables sont sollicités pour l'arrosage des cultures maraîchères. Ces aménagements hydro-maraîchers alimentent des systèmes mécaniques et manuels d'arrosage. Les systèmes mécaniques d'arrosage sont ceux dont l'irrigation se fait grâce à l'eau d'un forage artisanal. Elle emploie une faible main-d'œuvre et a pour avantage de permettre au maraîcher d'emblaver une grande superficie et de minimiser les dépenses énergétiques. Ces systèmes sont ceux d'irrigations goutte-à-goutte, par aspersion et par motopompe adoptée par 25 % des maraîchers. Ce type d'irrigation est peu utilisé par les maraîchers du fait des moyens financiers considérables que requiert sa mise en place. Les systèmes manuels emploient une forte main-d'œuvre mais sur des superficies plus réduites. De plus, l'utilisation de la force musculaire nécessite une grande quantité d'énergie pour arroser les planches, notamment en saison sèche où les exigences hydriques des plantes sont très importantes. Ainsi, deux maraîchers A et B qui parcourent respectivement une distance de 65 m et 34 m d'un point d'eau à une planche, avec deux arrosoirs de 10 litres chacun, déploient l'énergie estimée dans le **Tableau 2**.

Tableau 2 : Énergie déployée par les maraîchers en pleine séance d'arrosage

	Nombre d'arrosoirs de 10 L/tour	Distance parcourue (m)	Énergie déployée (Joules)
Maraîcher A	2	65	13 300
Maraîcher B	2	34	6 800

Source : Enquêtes de terrain, Janvier 2015

Le maraîcher A, fournit plus d'énergie (13 kj) que le maraîcher B (6,8 kj) pour arroser une planche. Pendant la saison pluvieuse, les contraintes d'eau se traduisent par des excès de pluie qui handicapent le maraîchage.

3-7. Vulnérabilité et adaptation des cultures maraîchères à la variation climatique

Les maraîchers (à près de 80 %) estiment que les cultures sont très sensibles aux variations extrêmes d'eau (excès ou déficit). Le manque d'eau entraîne le fléchissement des cultures surtout des jeunes plantes, le ralentissement de la croissance des plantes, la perturbation du cycle de développement et la baisse du rendement. Pour 73,4 % des maraîchers, les dernières pluies sont très préjudiciables pour les cultures. Pendant la saison où le maraîchage est pluvial, les cultures évoluent selon le rythme des précipitations. Ces cultures sont parfois confrontées aux pluies abondantes du mois de Juillet qui provoque souvent leur destruction. Les producteurs sont obligés de faire une récolte précoce pour réduire les pertes. La destruction de la laitue par un excédent d'eau se manifeste par des pourritures marginales au niveau des feuilles de la laitue (*Photo 3*).



Photo 3 : Pourriture marginale chez la laitue soumise à l'excès d'eau sur le site de l'Abattoir
Source : Prise de vue, SINWONGOU A., Novembre, 2014

Par contre, les cultures à enracinement moyen (chou, environ 20 cm) et celles à enracinement puissant (tomate et carotte, environ 30 cm) résistent mieux aux hautes eaux. Le **Tableau 3** présente l'évaluation de la vulnérabilité des cultures maraîchères.

Tableau 3 : *Vulnérabilité des cultures maraîchères aux extrêmes climatiques*

	Cultures maraîchères							Indices d'exposition
	Tomate	Gombo	Piment	Laitue	Amarante	Carotte	Chou	
Sècheresse	4	2	2	5	5	3	3	69
Inondation	4	3	3	4	3	4	4	84
Indices d'impact (%)	80	50	50	90	80	70	70	

Source : Résultats des enquêtes de terrain, Janvier 2015

L'inondation et la sécheresse sont des contraintes majeures auxquelles sont exposées les cultures maraîchères. Les cultures les plus exposées à ces contraintes sont : la laitue (90 %), la tomate (80 %), et l'amarante (80 %). Le piment et le gombo résistent plus ou moins aux contraintes hydroclimatiques. Face à cette vulnérabilité des cultures maraîchères aux phénomènes climatiques, les producteurs développent des stratégies. En saison sèche, les techniques d'adaptation visent à rendre l'eau disponible pour l'activité maraîchère. Ainsi, les maraîchers forent des puits individuels ou collectifs. Avec une profondeur variable de 1 à 4 m, ils permettent de minimiser les difficultés liées à la distance de parcourt du maraîcher pour avoir de l'eau. Cette technique est la plus utilisée (plus de 85,3 % des maraîchers). Toutefois, elle est limitée par le tarissement précoce des points d'eau. Les mini-barrages sont installés dans les lits mineurs des cours d'eau. L'eau y est retenue pour s'écouler lentement par une petite ouverture. Ce mode d'adaptation favorise la disponibilité permanente de l'eau mais oblige le maraîcher à faire un long parcourt et par conséquent une dépense considérable d'énergie. Le saclo-binage est utilisé par la majorité (80 %) des producteurs maraîchers. Cette stratégie consiste à retourner la partie superficielle de la terre pour l'aérer et de plus éliminer les mauvaises herbes. Par contre, en saison pluvieuse, les cultures sont faites sur les terrains exondés, moins inondables. Lorsque les cultures sont emportées par les pluies abondantes, celles-ci sont immédiatement remplacées. Les récoltes sont parfois faites, sur les sites maraîchers, de façon précoce pour éviter que les produits ne périssent.

4. Discussion

Les plantes ont besoins de l'eau pour assurer le développement de leurs tissus. Cependant, la disponibilité de cette dernière dépend du contexte climatique. L'évolution actuelle du climat dans la commune de Parakou influe fortement sur les ressources en eau disponible. Les résultats de recherche de [11], prévoient une diminution des précipitations de Mars à Mai à l'échelle saisonnière, ce qui est synonyme d'accroissement de la durée de la saison sèche. Ainsi, les écarts intersaisonniers du bilan climatique expriment d'énormes pertes d'eau en saison sèche et non compensées en saison pluvieuse [12]. Ce phénomène s'expliquerait par l'effet de la hausse des températures, et par conséquent le renforcement du pouvoir évaporant de l'air. Le climat en zone soudanienne passe des conditions climatiques subhumides en Octobre à celles hyperarides de Décembre à Février [13]. Cette séquence temporelle est marquée dans la commune de Parakou par une pénurie d'eau et un besoin hydrique accru pour les cultures maraîchères. La modification du climat va certainement exacerber les déséquilibres entre la disponibilité et la demande d'eau [14]. Ce qui rend obligatoire le développement des systèmes d'arrosage et parfois l'utilisation de la force musculaire des producteurs. Les valeurs maximales constituent la condition hygrométrique favorable pour la plupart des cultures maraîchères [15]. Cependant, l'augmentation de la cadence d'évaporation réduit le niveau d'humidité du sol et des ressources en eau disponibles pour la croissance des plantes potagères [16]. Les besoins en eau dépendent du climat de la région et de la plante cultivée [17].

Dans la même logique, [18, 19], stipulent qu'à certains moments de leur cycle productif (durant le cycle végétatif), les plantes ont besoin de beaucoup d'eau parce qu'elles doivent nourrir des tissus en pleine croissance. A travers leurs travaux, [14, 20, 21] ont déjà constaté que les eaux superficielles et souterraines sont en quantité insuffisante en situation de péjoration pluviométrique. Cela engendre un déficit précoce d'eau en saison sèche obligeant les producteurs à faire recours aux puits maraîchers. Mais la contrainte est que les sols dans la commune de Parakou reposent sur un socle où les aquifères sont discontinus [22]. Cette contrainte hydrogéologique ne garantit pas la présence permanente de l'eau dans la mesure où les puits sont forcés à de faibles profondeurs (environ 4 à 7 m). Ainsi, ils sont soumis à la pression évaporatoire de l'atmosphère, étant donné la structure ouverte des ouvrages hydrauliques (puits et retenues d'eau). Ce contexte climatique rend vulnérable l'activité maraîchère dans la commune de Parakou. En effet, le déficit hydrique occasionne la formation prématurée de la pomme défectueuse, des brûlures marginales, des accidents de toxicité saline, des pertes de rendement, des éclatements de tissus au retour des pluies [23]. Aussi, les cultures maraîchères sont-elles vulnérables aux précipitations extrêmes [18, 23, 24]. Les conséquences s'observent par la pourriture des racines, surtout au niveau des cultures à faible enracinement. Pour faire face à ces contraintes, les maraîchers adoptent le saclo-binage, car dans un sol tassé, l'eau remonte à la surface par capillarité puis s'évapore dans l'atmosphère [17]. D'autres réalisent des planches légèrement convexes (20 - 25 cm) pour que l'excès d'eau puisse s'écouler sans dégrader la planche [19].

5. Conclusion

L'évolution des paramètres climatiques de 1965 à 2012 a montré que la période de Novembre à Avril reçoit environ 12 % des précipitations de l'année. La température y est relativement élevée (26,7 à 30,1 °C), l'évapotranspiration forte et une humidité relative basse (37 %). Cette période est caractérisée par un manque d'eau et l'assèchement des points d'eau sensibles à la variation climatique. La première saison maraîchère (2^{ème} décade d'Octobre à 3^{ème} décade de Février voire 2^{ème} décade de Mars), est marquée par des déficits hydriques qui provoquent le fléchissement des cultures, la perturbation du cycle de développement,

des brûlures marginales et des éclatements à la reprise des pluies. Par contre, la deuxième saison agricole (1^{ère} décade de Mai à 3^{ème} Juillet), se caractérise par la destruction et les pourritures marginales des cultures potagères, dues aux fortes pluies (excédentaires) de Juin et de Juillet. Face à ces menaces de l'eau, les maraîchers développent des stratégies de gestion rationnelle des ressources en eau disponibles et des récoltes notamment en saison pluvieuse. Mais ces mesures restent encore insuffisantes voire inefficaces et méritent d'être renforcées.

Références

- [1] - E. VISSIN, "Contribution à l'étude de la variabilité des précipitations et des écoulements dans le bassin béninois du fleuve Niger", Mémoire de DEA, Université de Bourgogne, Dijon, (2001) 49 p.
- [2] - MEHU, "Stratégies de mise en œuvre au Bénin de la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques". Cotonou, Bénin, (2003) 80 p.
- [3] - E. VISSIN, "Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger", Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne, Dijon, France, (2007) 310 p.
- [4] - I. BARASSOUNON, "Activités humaines par épisode climatique annuel et efforts d'adaptation des populations des départements du Borgou et de l'Alibori", Mémoire de maîtrise, Géographie, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, (2011) 88 p.
- [5] - R. OGOUWALE, M. BOKO, S. HOUSSOU, "Changements climatiques et disponibilité des ressources en eau dans le bassin de l'Okpara au Bénin (Afrique de l'ouest) : Quelles stratégies d'adaptation"? *Actes de conférences, 7^{ème} édition des journées scientifiques de l'institut international de l'ingénierie (ZIE)*, Ougadougou, Burkina-Faso, (2013) 71 - 76.
- [6] - A. A. SOULEÏMANE, Y. A. PATRICE, "Analyse des systèmes de production des légumes. Premier rapport d'étude". *Premier rapport d'étude (first draft)*, (2008) 33 p.
- [7] - I. TIAMIYOU, "Mission de consultation en phytotechnie maraîchère du 30 juillet au 12 août 1995". Rapport phase 1, Situation actuelle, FAO, (1995) 73 p.
- [8] - A. AKOGNONGBE, E. VISSIN, L. SINTONDI, C. HOUSSOU, "Variabilité climatique et risque hydrodynamique au Bénin : cas du phénomène d'érosion dans la ville de Parakou". *Revue spéciale journées scientifiques*. Université d'Abomey-Calavi, 2 (4) (2012) 16 - 30.
- [9] - S. SOUMANOU, "Approvisionnement de Parakou en produits maraîchers", Mémoire de maîtrise, Géographie, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, (2008) 83 p.
- [10] - P. J. LAMB, "Persistence of Saharan drought". *Nature*, 299 (1982) 46 - 47.
- [11] - M. BOKO, F. KOSMOWSKI, W. E. VISSIN, "Les enjeux du changement climatique au Bénin : Quelles implications politiques ? ", Séminaire de la Fondation Konrad Adenauer, Cotonou, Bénin, (2012) 77 p.
- [12] - V. S. H. TOTIN, P. CLEDJO, A. AFOUDA, M. BOKO, "Variabilité pluviométrique et bilan climatique dans le bassin de la Volta au Bénin". *Climat et Développement*, 8 (2009) 81 - 94.
- [13] - V. S. H. TOTIN, A. ZANNOU, E. AMOUSSOU, A. AFOUDA, M. BOKO, "Progressive aridity impact on the hydrological regime on the Volta River basin in Benin (West Africa)". *Hydrology in a Changing World: Environmental and Human Dimensions, Proceedings of FRIEND-Water 2014*, Montpellier, France, October 2014 (IAHS Publ. 363, 2014), (2014) 17 - 22.
- [14] - S. BOGNINI, "Impacts des changements climatiques sur les cultures maraîchères au nord du Burkina Faso : cas d'Ouahigouya". Rapport final du Réseau National de Agro-sylvo-pasteurs du Faso (RENAF), Burkina Faso, (2011) 38 p.

- [15] - F. I. OUOROU BARRE, "Variabilité climatique et production agricole dans les communes de Tanguiéta et de Matéri", Mémoire de DEA de géographie, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, (2010) 109 p.
- [16] - Y. D. BATIONON, "Changements climatiques et cultures maraichères", Mémoire de Master, Géographie, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, (2009) 66 p.
- [17] - B. GAY, L. ARNAUD, "De l'eau pour le maraîchage : expériences et procédés - guide pratique". Gret, Paris, France, (1994) 126 p.
- [18] - H. DUPRIEZ, P. LEENER, "Jardin et vergers d'Afrique-Douala". *Harmattan; Paris, France*, (1987) 354 p.
- [19] - V. DANDJINO, "Notes techniques sur le maraîchage". Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, (2014) 30 p.
- [20] - C. HOUNDENOU, K. HERNANDEZ, "Modification de la saison pluvieuse dans l'Atakora (1961-1990): un exemple de sécheresse au nord-ouest du Bénin". *Sècheresse*, 9 (11) (1998) 23 - 34.
- [21] - 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, France, (1999) 390 p.
- [22] - LIFAD, "Étude des systèmes de gestion / utilisation de l'eau et définition des Actions prioritaires de valorisation locale des ressources eau dans une Approche GIRE au Bénin". Vol1, Etat des lieux de la gestion des ressources en eau du Bénin, (2006) 121 p.
- [23] - J. F. BOUCHY, "La conduite de l'irrigation en maraîchage". Synthèse technique, (2011), 20 p.
- [24] - I. TIAMIYOU, "Mission de consultation en phytotechnie maraîchère du 30 juillet au 12 août 1995". Rapport phase 1, Situation actuelle, FAO, (1995) 73 p.