

## **Variation saisonnière du bilan hydrique et implications sur la production agricole dans les secteurs inondables du bassin inférieur du fleuve Ouémé**

**Blaise T. DONOU\***, Fidèle K. MEDEOU, Maman-Sani ISSA, Ibouaïma YABI et Fulgence AFOUDA

*Laboratoire Pierre Pagney "Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement" (LACEEDE),  
Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou 01, Bénin*

---

\* Correspondance, courriel : [donaise25@yahoo.fr](mailto:donaise25@yahoo.fr)

### **Résumé**

Les secteurs inondables des vallées sont réputés pour leur forte potentialité agricole en raison de la recharge périodique en éléments fertilisants et de leur meilleure alimentation en eau. Mais ces secteurs sont également vulnérables aux effets des aléas hydroclimatiques qui peuvent y causer des dégâts très importants. La présente recherche est une contribution à l'étude du bilan hydrique et ses implications sur la production agricole dans les secteurs inondables du bassin inférieur du fleuve Ouémé. A partir des données de précipitation et de l'évapotranspiration potentielle de 1951 à 2010, les besoins en eau du maïs et du niébé ont été déterminés à leurs différentes phases végétatives et comparés à la disponibilité saisonnière de l'eau dans le bassin à travers le bilan hydrique. Les investigations de terrain ont permis d'appréhender les différentes contraintes hydriques et d'évaluer leurs incidences sur la production agricole d'après les producteurs. Dans le bassin, la période de novembre à février est déficitaire du point de vue du bilan hydrique. La deuxième décennie du mois de Juin est parfois une période humide défavorable au maïs et au niébé en ce sens qu'elle est marquée par des écoulements supérieurs à 100 mm voire plus de 200 mm alors que les cultures entament leur période de sénescence où l'activité vitale de la plante est au ralenti. En année pluviométrique moyenne, trois campagnes agricoles peuvent être conduites avec succès dans le bassin inférieur de l'Ouémé tandis qu'au cours des années déficitaires ou excédentaires, le calendrier des activités est compromis et devient peu opérationnel. Pour la contre saison, en années déficitaire, la faible quantité de pluie et la réserve utile en eau du sol n'arrivent pas à satisfaire les besoins en eau des cultures de maïs et du niébé. Les indices d'humidité étant négatifs, il s'en suit des flétrissements des plants sans oublier des pertes de récoltes.

**Mots-clés :** *secteurs inondables, bassin inférieur du fleuve Ouémé, bilan hydrique, pertes de récoltes.*

### **Abstract**

**Seasonal variation of water balance and implications for agricultural production in flood areas lower river basin Ouémé**

Flood prone areas of the valleys are quite known for their high agricultural potential due to the periodic recharging of nutrients and a better water supply. Yet, these areas are vulnerable to hydro-hazard effects that may cause significant damages to river meadows. The present research is aiming at assessing the water supply and its impact on agricultural production in flood-prone areas of the lower basin of the Ouémé River.

Rainfall and potential evaporation and transpiration data from the baseline 1951-2010 have helped determine water demand for crops such as maize and cowpea at their different vegetative phases and compared with the seasonal water availability in the basin. Field investigations with consideration to farmers have helped grasp various water constraints and assess their impact on crop production. Water assessment shows there is an insufficiency over the period starting from November to February. The second decade of June is sometimes unfavorable wet season to maize and cowpea in the sense that it is marked with flows higher than 100 mm or 200 mm while these crops begin their senescence period where vital activity of the plant is idle. During average rainfall year, three harvest campaigns can be successfully conducted in the lower basin of the Ouémé River, while in the deficit or surplus years; the schedule of crop activities is jeopardized and becomes quite less operational. As far as the counter-season is concerned, in deficit years, the small amount of rain and the water reserve in soil are short in meeting water demand for the growth of crops (maize and cowpea) because of the moisture index being negative. This leads to the withering of both maize and cowpea plants, thus the loss in crops.

**Keywords :** *flood-prone areas, the basin of the Ouémé river, water assessment, crop losses.*

## 1. Introduction

Les précipitations sont un élément déterminant sous les tropiques d'autant plus qu'elles déterminent en grande partie la saison agricole voire le calendrier agricole [1]. L'agriculture étant essentiellement pluviale, l'absence, l'insuffisance, l'excès ou la mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies entraîne des perturbations agricoles brutales qui ont des répercussions profondes sur la vie des populations en général et les agriculteurs en particulier [2]. Ainsi, une modification du régime des précipitations peut affecter significativement les cultures à différentes étapes de leur cycle de vie [3]. Chaque culture a des besoins physiques spécifiques en eau, en particulier aux moments de sa croissance maximale et d'initiation de nouveaux organes. Lorsqu'une faible humidité du sol limite la transpiration d'une culture, sa productivité diminue, alors qu'à l'inverse, un excès d'eau gêne l'activité biologique dans le sol et réduit la disponibilité en éléments nutritifs [4]. L'excès ou le déficit de l'eau induit donc des complications pour la mise en valeur agricole des terres [5, 6]. L'impact de cette modification sur le régime hydrologique et sur la production agricole a été très important. La variabilité des écoulements est amplifiée par rapport à celle des pluies [7, 8]. Les incidences sur le potentiel de production des plantes cultivées sont à envisager à plusieurs niveaux en fonction de différentes composantes climatiques et de leurs interactions, en particulier l'augmentation des températures et l'augmentation de la variabilité (intra et interannuelles) des régimes des pluies [9]. Déjà, dans les secteurs inondables du fleuve Ouémé au niveau des cultures, s'observent des phénomènes de raccourcissement de leurs cycles végétatifs et de floraison précoce, dus à l'élévation de la température, à la baisse des totaux pluviométriques. Le bassin inférieur du fleuve Ouémé est situé entre les latitudes 6°35' et 7°40' nord et les longitudes 2°40' et 2°55' est (*Figure 1*).

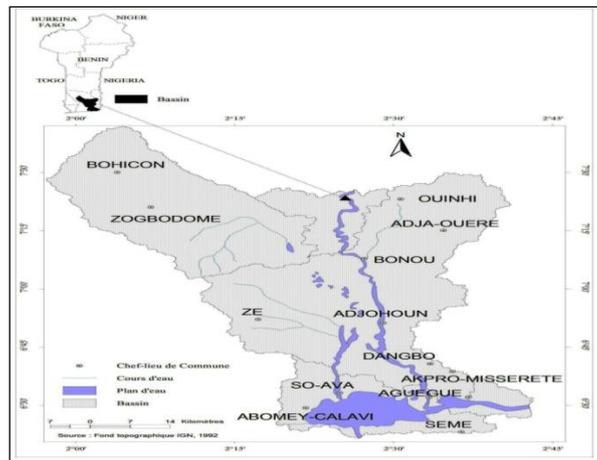


Figure 1 : Localisation du bassin inférieur du fleuve Ouémé

## 2. Données et méthodes

### 2-1. Données utilisées

Les données utilisées dans le cadre de ce travail sont constitué de :

- données pluviométriques constituées des hauteurs de pluie (hauteurs de pluies journalières, décadaires, mensuelles et annuelles) tirées de la base de données de l'ASECNA sur la période 1951 - 2010 ;
- données sur l'évapotranspiration potentielle tirées de la base de données du service agro météorologique de l'ASECNA sur la période 1965 - 2010 ;
- données hydrologiques constituées des débits journaliers du fleuve Ouémé à la station de Bonou sur la série 1965 - 2010 et extraites de la base de données de la Direction Générale de l'Eau (DGEau) ;
- statistiques agricoles relatives à la production et au rendement des campagnes agricoles des principales cultures du bassin que sont la maïs et le niébé sur la période 1980 - 2010 tirées des compendia statistiques du Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP) et collectées sur le terrain ;
- données d'enquêtes de terrain obtenues à travers les investigations de terrain menées dans plusieurs localités du bassin. Elles ont été conduites dans 11 communes dans 04 départements (Zou, Plateau, Ouémé, Atlantique) totalement ou partiellement compris dans le bassin. Ces localités ont été choisies selon qu'elles soient situées dans les secteurs de plateau ou dans les zones inondables du bassin.

La disponibilité en eau par rapport au besoin en eau des cultures de maïs et de niébé choisies en raison de leurs importances dans la production agricole et dans les habitudes alimentaires des populations du bassin, au cours des différentes phases phénologiques de leur croissance a été analysée dans cette étude.

### 2-2. Méthodes

#### 2-2-1. Indice d'humidité (IH)

L'indice d'humidité (IH) mesure le rapport des précipitations (P) à l'évapotranspiration potentielle (ETP) sur une période déterminée. Son expression mathématique est exprimée par l'Équation (1) :

$$IH = \frac{P}{ETP} \times 100 \quad (1)$$

Cet indice évalue l'efficacité des précipitations par rapport à la demande climatique. Plus les valeurs sont faibles, plus les périodes sont sèches et moins les cultures se trouvent dans de conditions favorables.

### 2-2-2. Bilan hydrique (Bh)

L'approche de détermination du bilan de l'eau utilisée dans cette recherche s'inspire du protocole de [10] utilisée par [11 - 13]. Ainsi, le calcul du bilan hydrique du sol a été fait au pas de temps décadaire à partir d'une matrice (**Tableau 1**). Aux estimations de l'ETP s'ajoutent les paramètres pédologiques que sont la réserve utile du sol (RU), la réserve facilement utilisable du sol (RFU) et la réserve de survie du sol (RS). La RU est la quantité maximale d'eau que peut contenir un sol après ressuyage pour satisfaire les besoins hydriques d'une plante. Dans le secteur d'étude, les sols sont essentiellement ferrallitiques profonds et hydromorphes ce qui a amené à retenir la valeur 100 mm comme la RU. Quant à la RFU, elle est la quantité d'eau facilement captée par la plante pour satisfaire ses besoins hydriques estimée à 40 % de la RU pour tout type de sol. En ce qui concerne la RS, elle est la quantité d'eau qui permet à la plante de vivre lorsqu'elle a fini d'utiliser la RFU. Cette eau est peu mobile et donc difficilement utilisable par la plante. Elle est estimée à 60 % de la RU [12].

**Tableau 1 : Matrice pour le calcul de bilan hydrique**

Mois		P	ETP	RU	HD	RFU	RS	K	ETR	EC	DEV
Jan	D1										
	D2										
	D3										
Fév.	D1										
	D2										
	D3										
Mars	D1										
	D2										
	D3										
Avril	D1										
	D2										
	D3										
Mai	D1										
	D2										
	D3										
Juin	D1										
	D2										
	D3										
Juil.	D1										
	D2										
	D3										
Août	D1										
	D2										
	D3										

Sept	D1										
	D2										
	D3										
Oct.	D1										
	D2										
	D3										
Nov.	D1										
	D2										
	D3										
Déc.	D1										
	D2										
	D3										

$$RU = 100 \text{ mm} ; RFU = 40 \text{ mm} ; RS = 60 \text{ mm}$$

Les trois premières colonnes sur les dix (exception faite de la colonne des mois) contiennent respectivement les données de la précipitation (P), l'évapotranspiration potentielle (ETP) et de la RU. La quatrième colonne est celle de la somme de la hauteur de la précipitation de la décade, ajoutée à la RU résultant du mois précédent. Elle est notée HD (eau disponible) et se détermine *par l'Équation (2)*.

$$HD = P + RU \tag{2}$$

La septième colonne est celle du coefficient de freinage de la fourniture d'eau à la plante. Il s'obtient par le rapport entre HD et RS. Le coefficient de freinage dépend aussi des caractéristiques du sol. Il est noté K et permet de remplir la huitième colonne qui est celle de l'évapotranspiration réelle (ETR). Il se calcule suivant *l'Équation (3)*.

$$K = \frac{HD}{RS} \tag{3}$$

- Lorsque  $K \geq 1$ ,  $ETR = ETP$  (la quantité d'eau disponible dans le sol suffit à la plante pour satisfaire ses besoins en évapotranspiration) ;
- Lorsque  $K < 1$ ,  $ETR = K \times ETP$  (la quantité d'eau disponible dans le sol ne suffit pas à la plante pour satisfaire ses besoins en évapotranspiration).

Ensuite, l'ETR obtenue est soustraite de la valeur de HD et le résultat est consigné dans la sixième colonne, c'est-à-dire celle de la RS de la décade suivante. Lorsque le résultat obtenu est supérieur à la RU au champ, le surplus est inscrit dans la cinquième colonne, celle de la RFU de la décade suivante. Au cas où  $HD - ETR$  est supérieur à la valeur maximale de RU, le surplus est affecté à la colonne 9, celle de l'écoulement. La dixième colonne est celle du déficit d'évaporation (DEV) qui est la différence entre ETP et ETR comme l'indique *l'Équation (4)*.

$$DEV = ETP - ETR \tag{4}$$

Le début du calcul du bilan hydrique est fixé au mois de juin de l'année précédente (mois pluvieux) en raison du fait que pendant les mois secs, la réserve utile du sol est nulle le mois de Janvier étant généralement sans pluie. Même s'il pleuvait, le total pluviométrique serait inférieur à la demande climatique. Le début du calcul du bilan hydrique est fixé à la première décade du mois de janvier pour la simple raison que tout compte fait,

cette décade a une réserve utile nulle car généralement il ne pleut pas. Et quand bien même il pleuvait, le total pluviométrique n'arrive pas à satisfaire la demande climatique. En fonction des résultats obtenus après le calcul du bilan hydrique, une interprétation a été faite ; ce qui a permis de déterminer les périodes favorables et défavorable pour les cultures du bassin :

- lorsqu'au cours d'une décade, il y a écoulement, la décade est dite très favorable aux cultures dans la mesure où la réserve utile du sol et l'évapotranspiration potentielle sont entièrement satisfaites par l'offre climatique ; mais au stade de développement de la plante ;
- lorsqu'il n'y a pas d'écoulement au cours d'une décade et que la RFU n'est pas épuisée, celle-ci est dite favorable car il existe dans le sol, de l'eau pouvant être facilement utilisée par la plante. Aussi, c'est que seule l'évapotranspiration potentielle dans ce cas, est satisfaite ;
- quand la réserve facilement utilisable finit au cours d'une décade, celle-ci est dite critique car ce n'est que de la réserve de survie que peut faire vivre la plante. A ce niveau d'autres critères d'analyse ont été pris en compte :
  1. une plante a toutes les chances de survivre si la réserve de survie présente dans le sol est supérieure ou égale à la moitié de la réserve de survie au champ (RS). Dans ce cas la décade est dite critique positive ;
  2. qu'une plante a de faibles chances de survivre si la réserve de survie présente dans le sol est inférieure à la moitié de la réserve de survie au champ. Dans ces conditions, la décade est dite critique négative ;
  3. lorsqu'au cours d'une décade, ni réserve facilement utilisable, ni réserve de survie n'existent dans le sol, la décade est défavorable à la plante et des problèmes se posent à la récolte.

D'une façon générale les différentes périodes ci-dessus définies se résument en trois grandes catégories :

1. les périodes favorables à la plante ;
2. les périodes sèches défavorables à la plante ;
3. les périodes humides défavorables à la plante.

Par ailleurs, pour les besoins d'analyse, les années excédentaires de 2010, déficitaire de 1983 et moyenne de 1995 ont été utilisées.

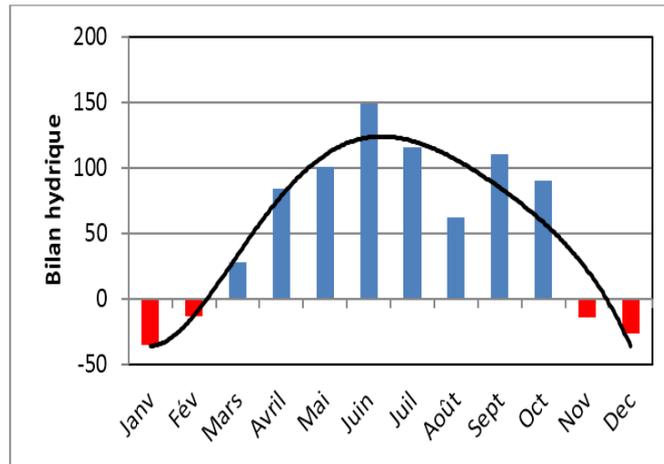
### ***2-2-3. Analyse de la vulnérabilité spatiale du bassin***

La topographie du bassin est un facteur important de la propagation des eaux dans les champs ainsi que du bilan hydrique. La vulnérabilité spatiale a été analysée par une approche cartographique qui consiste à numériser les courbes et à appliquer la technique de l'interpolation spatiale par krigeage avec le logiciel Surfer 8.0. Ce logiciel a été alimenté en données générées en utilisant deux approches. La première, l'approche terrain, a consisté en des observations directes sur le terrain et au géo référencement des éléments du paysage, des localités, etc. à l'aide du système portatif de positionnement global. La seconde approche est un ensemble de méthodes indirectes qui ont consisté en une transformation des données primaires en cartes thématiques.

## **3. Résultats et discussion**

### **3-1. Variation inter-mensuelle du bilan climatique dans le bassin**

Quatre mois sur douze présente un bilan hydrique mensuel moyen déficitaire dans le bassin du fleuve Ouémé (*Figure 2*).



**Figure 2 :** *Bilan climatique mensuel moyen dans le bassin*

L'analyse du bilan climatique montre que le bassin est déficitaire au cours des mois de Novembre, Décembre, Janvier et Février correspondant à la période de grande sécheresse. Cette période est celle où se déroule la production de décrue. En effet, à la décrue, les réserves d'eau d'origine hydrologique contenues dans les sols hydromorphes à forte capacité de rétention d'eau, sont utilisées par les cultures pour leur croissance. Ainsi, malgré le bilan déficitaire en ces périodes, les cultures sont pratiquées et contribuent à la production agricole du bassin. A partir de mars, les travaux de la première campagne agricole pluviale commencent et s'achèvent en fin Juillet ou au début Août. Cette campagne est la plus longue et la plus sûre selon les paysans. Le mois d'Août correspond à la période de répit pluviométrique qualifié de petite saison sèche qui est mis à profit pour procéder aux premières récoltes et préparer les sols pour la seconde campagne agricole pluviale de l'année. La durée de cette campagne est plus courte (de mi- Août à fin Septembre) et les pluies sont plus incertaines (risque d'arrêt précoce des pluies). La seconde campagne est donc qualifiée d'incertaine de moins sûre par les producteurs. A l'échelle annuelle, le bilan hydrique apprécié sur l'existence d'écoulement au terme de la différence entre l'apport climatique (pluie), la demande climatique (ETR) et la réserve utile (RU) du sol, a permis d'identifier les périodes favorables et défavorables aux cultures en années excédentaire, moyenne et déficitaire (*Tableaux 2, 3, et 4*).

Tableau 2 : Bilan hydrique en année excédentaire (2010)

Mois	Janv			Fevr			Mars			Avril			Mai			Juin			Juil			Août			Sept			Oct			Nov			Dec		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Bohicon	0	0	0	0	0	16	0	0	52	7	0	0	1	0	4	9	196	32	63	90	25	0	0	0	37	0	36	8	51	152	0	45	0	0	0	0
Adjohoun	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	2	32	0	61	0	42	26	7	56	29	10	62	54	66	39	69	0	5	2	0	0	0	0	0	
Bonou	0	0	0	0	0	27	0	0	64	0	0	0	0	18	7	34	214	43	5	84	0	0	0	0	0	0	3	41	57	109	7	28	0	0	0	0
Allada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,6	0	0	0	24	3	34	32	81	0	74	63	53	2	17	0	0	0	0	0	0	0	0	
Porto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	43	9	44	24	21	9	3	57	43	12	49	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pobè	0	0	0	0	0	15	8	0	25	60	0	0	20	57	69	0	74	85	42	12	0	0	0	0	0	23	7	33	0	89	3	0	0	0	0	0
Sakété	0	0	0	0	0	6	24	7	25	0	0	0	41	7	0	0	97	69	5	58	0	0	0	0	0	0	60	101	14	92	18	30	0	0	0	0
Toffo	0	0	0	0	0	27	0	4	28	0	48	0	35	14	46	0	114	45	26	39	0	0	0	0	5	63	33	101	0	67	0	0	0	0	0	0
Zang	0	0	0	0	0	93	0	0	0	41	10	0	0	0	131	0	108	8	43	83	0	0	0	0	17	0	37	88	50	105	0	29	0	0	0	0

Tableau 3 : Bilan hydrique en année déficitaire (1983)

	Janv			Fevr			Mars			Avril			Mai			Juin			Juil			Août			Sept			Oct			Nov			Dec			
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	
Bohicon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	59	0	21	6	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Adjohoun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	0	0	0	0	83	0	62	0	0	23	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bonou	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	0	9	22	108	27	0	24	0	0	0	0	0	12	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Allada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	18	0	0	76	0	0	17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Porto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	10	8	19	54	227	10	0	15	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pobè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	26	0	25	68	51	12	0	55	0	0	0	0	0	19	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sakété	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	13	42	1	123	43	0	15	0	0	0	0	1	2	11	0	10	0	0	0	0	0	0	0	
Toffo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	11	0	90	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zang	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	12	7	0	47	27	0	0	0	0	0	30	0	0	0	18	33	0	0	0	0	0	0	0	0	

**Tableau 4 : Bilan hydrique en année moyenne (1995)**

	Janv			Fevr			Mars			Avril			Mai			Juin			Juil			Août			Sept			Oct			Nov			Dec			
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	
Bohicon	0	0	0	0	0	0	23	0	0	22	21	50	2	0	32	24	13	0	0	0	53	0	45	65	77	0	49	30	0	0	35	0	0	0	0	0	
Adjohoun	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	9	61	0	0	78	32	59	0	64	0	20	0	0	0	8	0	0	0	0	0	81	0	0	0	0	0	
Bonou	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	20	0	0	46	67	47	51	0	14	20	31	15	0	9	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	
Allada	0	0	0	0	0	0	41	168	0	0	0	0	0	0	0	0	27	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	
Porto	0	0	0	0	0	0	48	53	57	0	0	63	0	0	56	7	104	3	140	0	6	8	0	26	0	12	0	108	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pobè	0	0	0	0	0	0	0	31	0	0	37	116	4	0	15	27	102	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	
Sakété	0	0	0	0	11	0	0	41	0	0	8	24	0	0	19	0	31	6	34	0	18	6	46	69	0	0	0	0	0	0	71	0	0	0	0	0	
Toffo	0	0	0	0	0	0	72	73	11	0	0	70	0	12	45	13	38	0	0	0	0	0	34	0	0	18	63	0	0	0	64	11	0	0	0	0	3
Zang	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	57	0	0	54	0	0	14	32	0	0	0	25	63	0	14	0	0	0	0	0	55	0	0	0	0	

	Période favorable à la plante
	Période sèche défavorable
	Période humide défavorable

RFU	Avril			Mai			Juin					
DECADE	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3			
Humide	1,2	4,7	42,4	72,6	15,8	101,8	29,5	102,4	66,5			
Déficitaire	127,3	-5,9	-13	23,9	-21,5	123,2	-6,4	82,8	28,1			
Moyenne	-8	49,2	101,4	11	-6	118,1	72,4	99,3	21,9			
Be / maïs	14,36	25,06	36,33	32,97	42,21	48,51	34,43	19,63	15,13			
Be / niébé	11,25	25,09	26,12	32,2	41,55	52,01	44,86	17,14	16,25			
Phase	Initial			Dévpt			Maturation			Fin saison		

Les chiffres du **Tableau** concernent la réserve facilement utilisable (RFU) du sol

L'analyse des **Tableaux** montre que les cultures en début de saison agricole, la RU n'est que moyennement rechargée par les pluies de fin mars, début Avril pour satisfaire au besoin du qui est de 14,36 mm pour le maïs, et 11,25 pour le niébé. Au début de la phase de développement, la disponibilité en eau est suffisante pour assurer la croissance végétative en année excédentaire et moyenne. Mais, en année déficitaire, la RU est toujours insuffisante pour satisfaire les besoins en eau de ces deux cultures. En année excédentaire, la RU est suffisante pour satisfaire au besoin du maïs et du niébé. En début et au cours de la phase de maturation, le maïs et le niébé sont relativement satisfaites par le RU, ce n'est seulement qu'à la dernière décade de cette période que ce manifeste un déficit hydrique en année moyenne et déficitaire. C'est ce qu'a démontré [14] en affirmant dans ses recherches que le mois de Juin est parfois marqué par des poches de sécheresse au cœur de la saison agricole. Par ailleurs, que ce soit en année excédentaire, moyenne ou déficitaire, la deuxième décade du mois de Juin est parfois une période humide défavorable au maïs et au niébé en ce sens qu'elle est marquée par des écoulements supérieurs à 100 mm voire plus de 200 mm alors que les cultures entament leur période de sénescence où l'activité vitale de la plante est au ralenti.

En cette période, les besoins en eau de la plante ne sont plus importants. Aussi, cet écoulement important ne favorise pas l'alimentation de la RU, les eaux sont plutôt ruisselées vers les cours et plans d'eau. En définitive, en année moyenne, trois campagnes agricoles peuvent être conduites avec succès dans le bassin inférieur de l'Ouémé. Mais, au cours des années particulières (déficitaires ou excédentaires), le calendrier des activités est compromis et devient peu opérationnel. Les années déficitaires sont caractérisées par des faux départs des pluies, le raccourcissement de la durée de la grande saison agricole, la disparition de la petite saison agricole et l'impossibilité de la culture de décrue. Ces années sont caractérisées donc par une faible production et sont porteuses de difficultés socioéconomiques (insécurité alimentaire, baisse de revenus, etc.) et sont vécues comme une année de malédiction pour les paysans (85 %). Quant aux années excédentaires, elles sont essentiellement caractérisées par un démarrage précoce de la saison agricole, la disparition de la "petite saison sèche", une fin tardive de la seconde saison agricole et un excès d'humidité du sol vers la fin des saisons (inondations). Tous ces épisodes affectent négativement la quantité et la qualité des récoltes.

### 3-2. Vulnérabilité du maïs et du niébé au bilan hydrique dans le secteur d'étude

Le calendrier agricole constitue le premier facteur de vulnérabilité des cultures dont l'ampleur dépend du caractère excédentaire ou déficitaire des pluies. Les **Figures 3a et 3b** présentent la variation des besoins en eau et les bilans d'eau du maïs et du niébé sur la période 1970 - 2000.

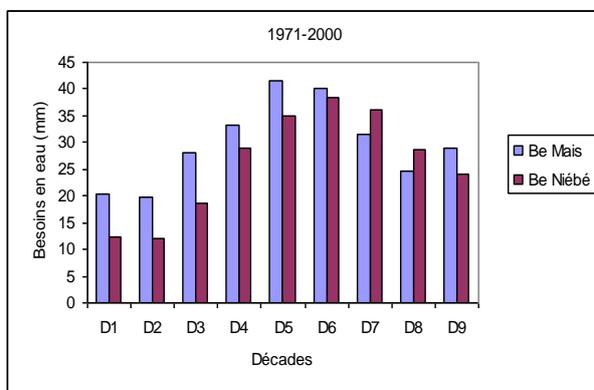


Figure 3a : Besoin en eau du maïs et du niébé

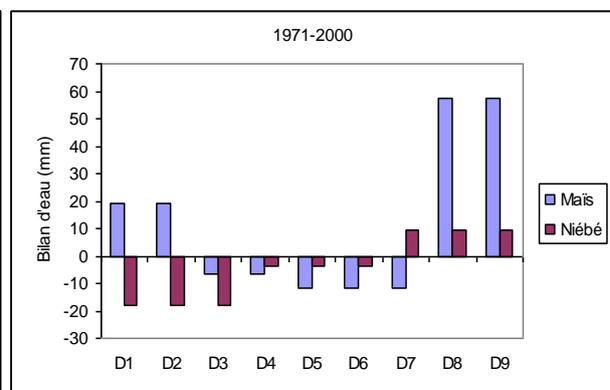
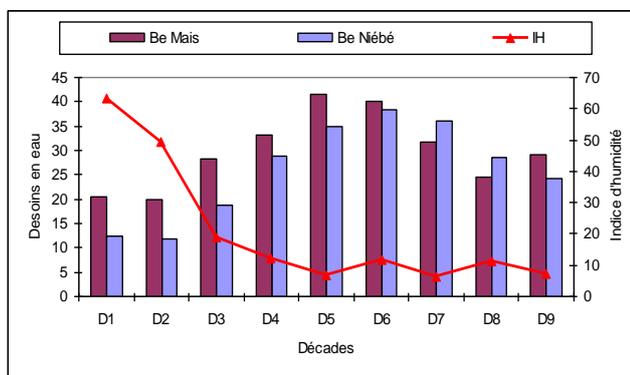


Figure 3b : Bilan d'eau au niveau du maïs et du niébé

L'analyse des **Figures** montre que les besoins en eau restent le plus souvent élevés à la floraison et l'épiaison alors que la disponibilité en eau dans le bassin est déficitaire au cours des périodes de phases végétatives. Ce qui diminue la valeur de l'indice d'humidité au cours de ces phases (**Figure 4**).

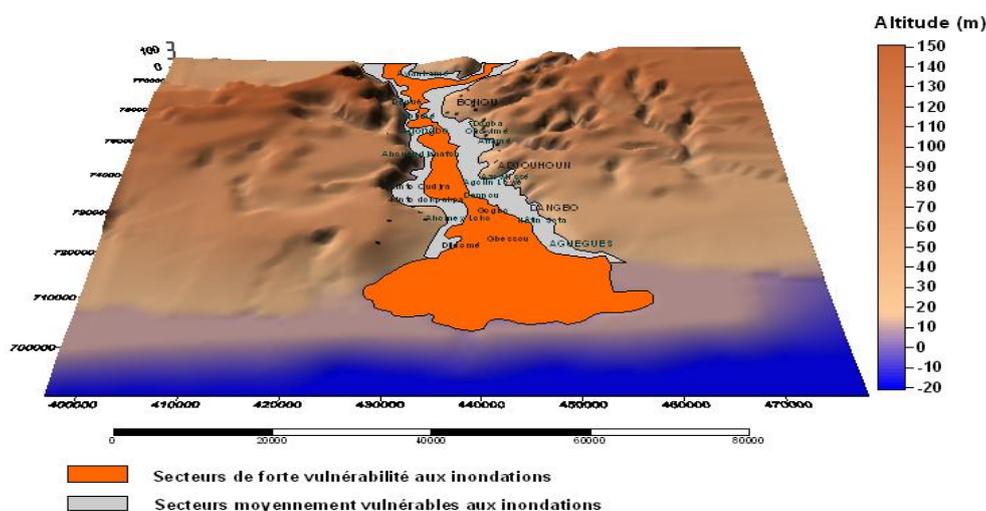


**Figure 4 :** Variation du bilan d'eau au niveau des cultures et indice d'humidité

L'indice d'humidité est proche de zéro (0) dans les phases critiques de croissance du maïs et du niébé (floraison et l'épiaison). Ce qui signifie que le climat du bassin devient plus aride au cours de ces phases de croissance critique donc préjudiciable aux cultures. Cette situation est confirmée par la variation du bilan hydrique dans le bassin. Globalement, la deuxième décade du mois de Juin, représente une période sensible pour les cultures annuelles dans le bassin en ce sens qu'elle est extrêmement excédentaire pour des cultures qui ne sont dans le besoin d'une quantité importante d'eau. Les cultures prêtes à être récoltées sont souvent détruites au cours de cette période par l'excès de la disponibilité en eau. Ces résultats ont été confirmés par les observations de terrain et les affirmations des populations agricoles du bassin. Manifestement, la vulnérabilité du maïs et du niébé à l'augmentation du bilan hydrique est plus prononcée dans les secteurs inondables.

### 3-3. Vulnérabilité spatiale des cultures dans les secteurs inondables

Le risque de dégradation des champs dans la plaine d'inondation du fleuve Ouémé varie en fonction de la morphologie et de la position géographique des différentes localités (**Figure 5**).



**Figure 5 :** Vulnérabilité spatiale des localités du bassin inférieur du fleuve Ouémé face aux inondations  
Source des données : IGN, 2010

L'analyse de la **Figure 5** montre que les localités situées dans la plaine et sur les rives des rivières du fleuve sont plus vulnérables aux crues et inondations. Ainsi, les localités de Hêtin-Sota et de Kessounou, de Gogbo, d'Agonlin Lowé, de Kintooudjira, sont plus exposées aux inondations alors que celles de Azowlissè, d'Affassa, d'Agongbo, d'Affamè, situées sur le versant et sur les plateaux sont moins vulnérables. La vulnérabilité agricole du bassin inférieur du fleuve Ouémé aux extrêmes hydroclimatiques est fonction du calendrier agricole lié aux régimes pluvio-hydrologiques du fleuve Ouémé, des techniques de conservation des récoltes, de la morphologie et de la position géographique des champs dans le bassin. Ainsi, pour les populations locales, seule une réadaptation du calendrier agricole pourrait permettre de faire face à cette contrainte. Mais, là encore la mesure n'est pas efficace, tenir un bilan hydrique régulier sera un meilleur moyen d'adaptation.

#### 4. Conclusion

La variation saisonnière du bilan hydrique au niveau des sols liée au régime pluviométrique du bassin inférieur du fleuve Ouémé influe sur la production agricole du secteur. Elle se manifeste par l'apparition de longues séquences sèches (2 à 6 décades consécutives) au cœur de la saison compromettant ainsi le développement des jeunes plants de cultures de maïs et de niébé. Aussi, cet épisode induit des échecs de semis et perturbe la satisfaction des besoins en eau des cultures et par conséquent le bon déroulement des activités agricoles dans le bassin inondable du fleuve Ouémé. Cette vulnérabilité agricole de chaque culture (maïs, niébé) du bassin aux risques hydroclimatique doit mieux être appréhendée dans le cadre d'une approche pluridisciplinaire (agronomes, climatologue, sociologue, économiste) et d'analyse à plus de petites échelles.

#### Références

- [1] - I. YABI, Particularités de la variabilité pluviométrique entre 7° et 8°N au Bénin. Mémoire de Maîtrise, FLASH - UAC, Abomey-Calavi, (2002) 96 p.
- [2] - V. TOUKON, Caractérisation de la variabilité du régime hydrologique ouest-Africain et de ses impacts sur la production vivrière : cas du maïs (*Zea mays*) au Bénin. Thèse d'ingénieur agronome, UAC, FSA, (2001) 98 p.
- [3] - M. MEDDI, Etude de la persistance de la sécheresse au niveau de sept plaines algériennes par utilisation des chaînes de Markov (1930-2003) ». *Courrier du Savoir*, Mars 2009, 09 (2009) 39 - 48.
- [4] - C. HOUNDENOU, Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide : l'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation. Thèse de Doctorat de géographie. UMR 5080, CNRS «climatologie de l'Espace Tropical », Université de Bourgogne, Centre de Recherche de Climatologie, Dijon, (1999) 341 p.
- [5] - E. OGOUWALE, F. AFOUDA et C. M. LANOKOU, Fondements climatiques des productions vivrières dans la dépression d'Issaba dans le département du Plateau (Bénin, Afrique de l'Ouest). *In Publication Annales FLASH*, Vol 2, 4 (2010) 126 - 138.
- [6] - B. T. DONOU, Extrêmes hydro climatiques dans le bassin inferieur du fleuve Ouémé : Diagnostic, impact agricole et scenarios de gestion. Thèse présentée pour obtenir le Diplôme de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, (2015) 266 p.
- [7] - E. W. VISSIN, M. BOKO, J. PERARD et C. HOUNDENOU, Recherche de ruptures dans les séries pluviométriques et hydrologiques du bassin béninois du fleuve Niger (Bénin, Afrique de l'Ouest). *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Besançon. Vol. 15, (2003) 368 - 376.
- [8] - E. W. VISSIN et C. S. HOUSSOU, Etude du fonctionnement hydrologique du bassin de la Sota. *In Climat et Développement*, Vol.1, LECREDE, Université d'Abomey-Calavi, (2006) 1 - 12.
- [9] - M. RAUNET, Semis sous couvert végétal et changement climatique ». CIRAD, (2005) 120 p.

- [10] - P. BROCHET et N. GERBIER, L'évapotranspiration, Monographie 65, Météorologie Nationale, Paris, (1975) 95 p.
- [11] - M. BOKO, Climats et communautés rurales du Bénin : rythmes climatiques et rythmes de développement. Thèse de Doctorat d'Etat ès Lettres, Université de Bourgogne, Vol I et II, Dijon, UA 909, CNRS, (1988) 607 p.
- [12] - 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. Paris IV, Sorbonne, (1990) 428 p.
- [13] - I. YABI, Etude de l'agroforesterie à base de l'anacardier et des contraintes climatiques à son développement dans le Centre du Bénin. Thèse unique de doctorat de l'Université d'Abomey-Calavi, (2008) 86 - 122.
- [14] - E. OGOUWALE, Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire. Thèse présentée pour obtenir le Diplôme de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, (2006) 302 p.