

## STRATÉGIES D'ADAPTATION PAYSANNE AUX RISQUES HYDROCLIMATIQUES DANS LE BASSIN VERSANT DU FLEUVE OUÉMÉ À BÉTÉROU AU BÉNIN, AFRIQUE DE L'OUEST

Romaric OGOUWALE<sup>2\*</sup>, Olivier KOUDAMILORO<sup>1,2</sup>,  
Etienne AKAKPO<sup>2</sup>, Expédit Wilfrid VISSIN<sup>2</sup> et  
Jean-Marie DIPAMA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Etude et de Recherche sur les Milieux et Territoires  
(LERMIT), Université de Ouaga 1 Pr Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso  
<sup>2</sup>Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystème et Développement  
(LACEEDE) Université d'Abomey-Calavi, République du Bénin

---

\* Correspondance, e-mail : [ogou25@yahoo.fr](mailto:ogou25@yahoo.fr)

### RÉSUMÉ

L'objectif de ce travail est d'analyser les stratégies endogènes développées par les paysans pour faire face aux risques d'inondation et de sécheresse dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou au Bénin. Pour atteindre cet objectif, des données climatologiques (hauteur de pluies journalières et mensuelles), des données hydrologiques sur la période 1965-2012, sont collectés. L'analyse des résultats montre que l'indice SPI a permis d'identifier les différentes périodes de sécheresse enregistrées dans le milieu. Les récurrences des pluies et débits maximales sont également de 2, 5, 10, 20, 50, 100 ans et permettent de dire que le secteur d'étude peut être en proie à des crues exceptionnelles susceptibles d'occasionner des inondations. Pour limiter les effets des risques d'inondation et de sécheresse et améliorer leur bien-être, les populations du bassin ont développé plusieurs stratégies d'adaptation dont essentiellement les associations culturelles, la mise en valeur des bas-fonds, les rotations de cultures, etc.

**Mots-clés :** *Bétérou, bassin versant, risques hydroclimatiques, adaptation.*

### ABSTRACT

**Country adaptation strategies to hydroclimatic risks in the  
Ouémé river basin in Bétérou in Benin, West Africa**

The objective of this work is to analyze endogenous strategies developed by farmers to cope with flood and drought risks in the Ouémé catchment area in

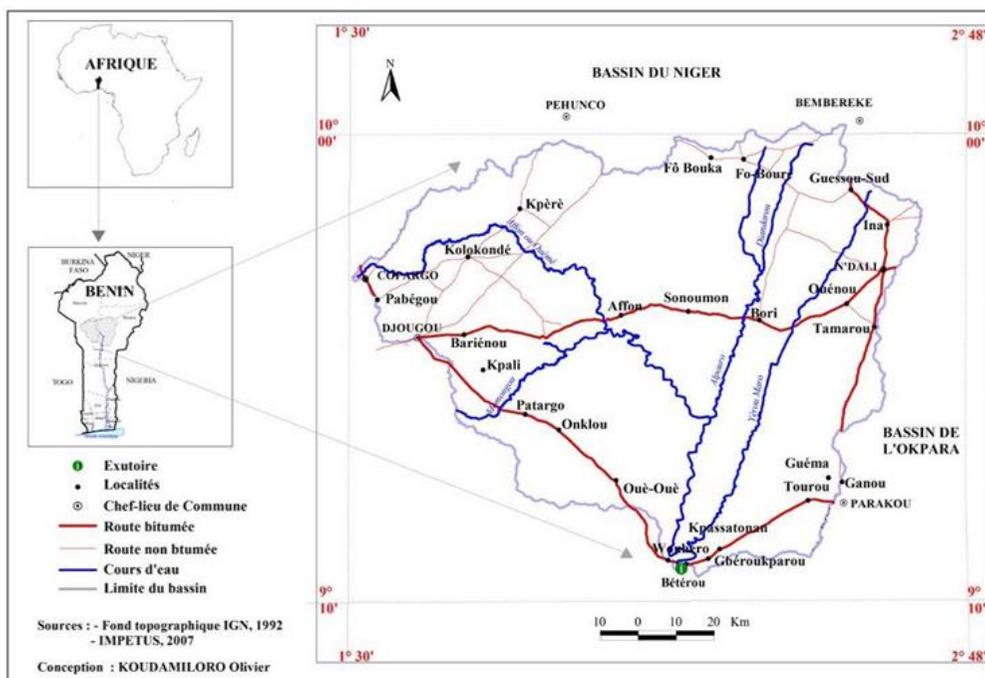
Bétou, Benin. To achieve this objective, climatological data (daily and monthly rainfall, temperature, FTE) and hydrological data for the period 1965-2012 are collected. The analysis of the results shows that the SPI index made it possible to identify the different periods of drought recorded in the environment. The rainfall recurrences and maximum flows are also 2, 5, 10, 20, 50, 100 years and allow to say that the study area may be subject to exceptional floods likely to cause floods. To limit the effects of flood and drought risks and to improve their well-being, the populations of the basin have developed several adaptation strategies, mainly cultural associations, the development of lowlands, crop rotations, etc.

**Keywords :** *Bétou, watershed, hydroclimatic risks, adaptation.*

## **I - INTRODUCTION**

Le développement des activités industrielles et agricoles, la multiplication des moyens de transport et l'explosion démographique au cours du siècle passé ont engendré l'accroissement des concentrations de rejets des Gaz à Effet de Serre (GES), cause du changement climatique actuel. Ainsi, De 1906 à 2012, la température de la surface de la terre a augmenté de 0,8 °C [1]. La température de la surface de la terre pour chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaude que toutes les décennies précédentes depuis 1850. La normale de 1981 à 2010 constitue probablement la période de 30 ans la plus chaude qu'ait connue l'hémisphère Nord depuis 1 400 ans [1]. En effet, bien que le concept « sécheresse » ait longtemps prédominé dans l'analyse du risque hydroclimatique en Afrique de l'Ouest, il existe en réalité une très forte vulnérabilité des populations aux extrêmes humides. Les crues et pluies extrêmes ont toujours touché la région même dans les périodes de grandes sécheresses [2]. A cet effet, l'Afrique de l'Ouest doit donc faire face aux deux extrémités de son climat : les extrêmes secs et humides qui peuvent avoir des conséquences socio-économiques dramatiques, mais à des échelles de temps différentes. Le Bénin n'est pas épargné par ces événements extrêmes qui se traduisent par des bilans souvent très lourds en termes de pertes en vies humaines, de destructions de biens et de dégradation de l'environnement [3]. Dans le bassin de l'Ouémé à Bétou en particulier, il est noté un stress hydrique d'origine climatique au cours de ces dernières années [4]. Cela augmente donc la vulnérabilité des sociétés et nuit au processus de développement durable. Ainsi donc pour réduire leur vulnérabilité, les agriculteurs développent des stratégies d'adaptation en tenant compte de la nature de l'aléa (déficit ou excédent pluviométrique). Ainsi, face aux adversités de la nature et du climat qui imposent de dures conditions de labeur, les savoirs locaux sont incontournables pour asseoir un

développement durable du secteur agricole par la participation effective des populations aux nouvelles orientations des politiques agricoles. Mais, la plupart des stratégies sont caractérisées par des contraintes et des limites. Ce bassin versant de Bétérou d'une superficie de 14 300 km<sup>2</sup> est situé au nord du Bénin et a pour coordonnées géographiques: les latitudes 9°30' et 10°00' au nord, et les longitudes 1°30' et 2°48'est (*Figure 1*).



**Figure 1 :** Situation géographique du bassin de l’Ouémé à Bétérou

## II - DONNÉES ET MÉTHODES

### II-1. Données

Des données pluviométriques proviennent des stations et postes pluviométriques situées dans le bassin ou dans ses environnements très immédiats. Les données hydrologiques constituées des débits journaliers du fleuve Ouémé à la station de Bétérou sur la série 1965-2012 sont extraites de la base de données de la Direction Générale de l’Eau (DGEau). Les données pédologiques, notamment la capacité de rétention en eau du sol ont été obtenus au Laboratoire des Sciences du Sol, Eau et Environnement (LSSEE) de l’Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB).

## II-2. Méthodes

### II-2-1. Méthodes de la caractérisation des risques hydroclimatiques

#### ➤ *Indice standardisé de précipitations (SPI)*

Le SPI permet de quantifier l'écart des précipitations d'une période, déficit ou surplus, par rapport aux précipitations moyennes historiques de la période [5]. Le calcul de cet indice est fait à partir de *l'Équation* suivante :

$$SPI = \frac{p_i - p_m}{\sigma} \quad (1)$$

$P_i$  est la Précipitation de l'année  $i$ ,  $P_m$  la Précipitation moyenne et  $\sigma$  la Déviation standard ou écart type.

[5, 6] ont développé cet indicateur afin de faire ressortir l'impact de la période étudiée sur les différentes ressources en eau. Cet indice a permis de sécheresse du milieu. Le **Tableau 1** présente la classification des valeurs du SPI.

**Tableau 1 : Classification des valeurs du SPI**

PSI valeurs	Classification
$\leq -2$	Extrêmement sèche
$[-1,5 ; -1,99]$	Très sèche
$[-1 ; -1,49]$	Modérément sèche
$[-0,99 ; 0,99]$	Humidité presque normale

Source : [7]

#### ➤ *Analyse fréquentielle*

Pour estimer les pluies maximales et débits de pointe correspondants à une certaine durée de retour, c'est-à-dire à une certaine probabilité d'apparition donnée, la série des hauteurs maximales de pluie et des débits maximaux a été constituée. L'ensemble des étapes méthodologiques est accompli à l'aide du logiciel HYFRAN version 2003.

#### - *Choix du modèle fréquentiel de Gumbel*

Un modèle fréquentiel très souvent utilisé pour décrire le comportement statistique des valeurs extrêmes est la distribution statistique de Gumbel (loi double exponentielle ou loi de Gumbel. Elle sert dans l'analyse fréquentielle des valeurs extrêmes [8]. La distribution de la loi de Gumbel  $F(x)$  s'exprime de la manière suivante :

$$F(x) = \exp\left(-\left(1 - c \frac{x-a}{b}\right)^{1/c}\right) \quad (2)$$

où,  $a$  est le paramètre de position,  $b$  le paramètre d'échelle  $c$  le paramètre de forme et  $x$  la variable, correspondant aux hauteurs de pluie et aux débits dans cette étude.

La distribution s'écrit alors de la manière suivante :

$$F(x) = \exp(-\exp(-u)) \text{ et } u = -\ln(-\ln(F(x))) \quad (3)$$

En conséquence, dès lors que les points de la série à ajuster peuvent être reportés dans un système d'axes  $x - u$ , il est possible d'ajuster une droite qui passe le mieux par ces points et d'en déduire les deux paramètres  $a$  et  $b$  de la loi. L'estimation des paramètres  $a$  et  $b$  de l'ajustement peut se faire graphiquement, ou selon une méthode mathématique comme celle des moments non développés dans cette étude. Il s'agit essentiellement d'estimer la probabilité de non-dépassement  $F(x_i)$  qu'il convient d'attribuer à chaque valeur  $x_i$ . Les formules d'estimation de la fonction de répartition à l'aide de la fréquence empirique  $F(x)$  reposent toutes sur un tri de la série par valeurs croissantes permettant d'associer à chaque valeur son rang. Des simulations ont montré que pour la loi de Gumbel, il faut utiliser la fréquence empirique de Hazen [9].

$$F(x_{[r]}) = \frac{r - 0,5}{n} \quad (4)$$

où,  $r$  est le rang dans la série de données classées par valeurs croissantes,  $n$  est la taille de l'échantillon,  $x_{[r]}$  la valeur de rang  $r$ .

Le temps de retour  $T$  d'un événement est défini comme étant l'inverse de la fréquence d'apparition de l'événement et est donné par la **Formule** :

$$T = \frac{1}{1 - F(x_r)} \quad (5)$$

Il a permis d'estimer le temps de retour, en termes de probabilité d'apparition, des événements climatiques et hydrologiques extrêmes. Selon [10] cité par [8], la période de retour, synonyme de période de récurrence, est la moyenne à long terme du temps ou du nombre d'années séparant un événement de grandeur donnée d'un second événement d'une grandeur égale ou supérieure.

## **II-2-2. Identification des stratégies d'adaptation aux risques hydroclimatiques**

Cette phase méthodologique a plusieurs objectifs, elle a pour but notamment d'analyser les différentes stratégies et mesures adoptées par les acteurs institutionnels de la gestion des risques et catastrophes. Elle a permis aussi de comprendre les méthodes de gestion locale dans les quartiers, villages et arrondissements ainsi que les difficultés et les atouts dont disposent ces populations.

### **➤ Identification des options d'adaptation**

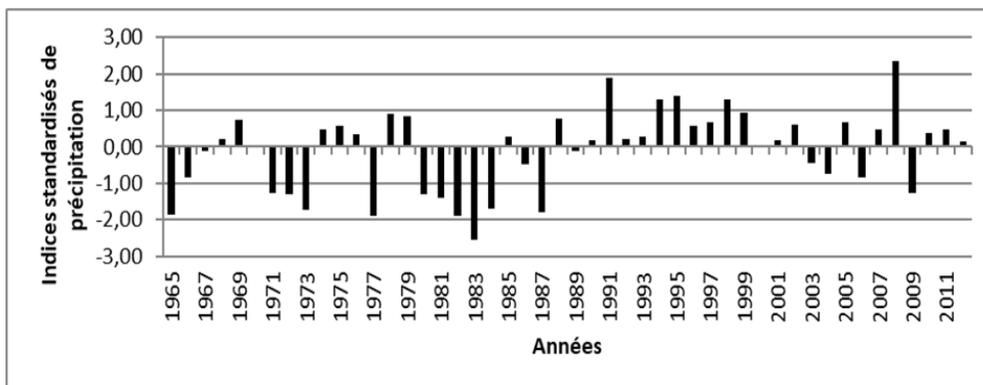
Les risques hydroclimatiques menacent en même temps la stabilité et la productivité des systèmes de production. Dans de nombreuses régions du monde, où la production agricole est déjà faible et les moyens de faire face aux événements néfastes sont limités, les inondations et sécheresses risquent d'aggraver les niveaux de productivité et de rendre la production encore plus irrégulière [11]. L'adaptation vise à réduire la sensibilité aux effets des inondations et sécheresses, tant à court qu'à long terme ; elle implique des modifications des pratiques, des procédés, des infrastructures, mais aussi des changements dans les structures sociales et institutionnelles et les processus de décision. L'évaluation des options d'adaptation ne doit pas être limitée à leur efficacité, à savoir, leur capacité à accomplir les objectifs bien arrêtés de réduire la vulnérabilité ; mais d'autres critères doivent aussi être examinés, en particulier l'équité, l'efficacité économique, la légitimité, l'adaptabilité, la faisabilité et la durabilité environnementale [12]. Dans une première étape, les stratégies possibles d'adaptation ont été inventoriées selon les impacts des risques à travers des échanges avec les paysans sur le terrain appuyés par la documentation. Dans un grand nombre de cas, les pertes résultant des impacts des risques hydroclimatiques se produisent parce que les mesures d'adaptation en place sont insuffisantes pour faire face à ces risques [13]. Pour atteindre ces objectifs et obtenir des informations parfois délicates il est nécessaire de se baser sur les perceptions de la population sur les risques hydroclimatiques.

## **III - RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### **III-1. Caractérisation du risque hydroclimatique dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou**

#### **➤ Indice standardisé de précipitation (SPI)**

Les valeurs annuelles négatives indiquent une sécheresse et elles sont les plus mises en évidence. La **Figure 2** indique les valeurs annuelles de l'Indice Standardisé des Précipitations (SPI).



**Figure 2 :** *Indice standardisé de précipitations sur la période (1965-2012)*

*Source : Traitement des données de l'ASECNA, 2015*

Le bassin a connu sur la sous-période de 1965 à 1987 six années très sèches que sont 1965, 1973, 1977, 1982, 1984 et 1987 selon le tableau de classification des degrés de sécheresse. Ces années ont respectivement -1.87, -1.74, -1.90, -1.89, -1.71 et -1.87 comme indice de sécheresse. Il y a aussi dans cette sous période (1965-1987), une année de sécheresse extrême (l'année 1983 avec -2,56 comme indice). Ainsi, la sous-période 1965 à 1987 a été la période de manifestation d'importants phénomènes de sécheresse avec l'année 1983 comme la plus sèche de toute la série d'étude. Ces résultats confirment les nombreuses recherches effectuées dans le bassin du fleuve Ouémé ([5, 14, 15]) qui ont montré que les décennies 1970-1979, 1980-1989 ont été des périodes sèches. Alors que sur la sous-période 1988 à 2012, le bassin a enregistré plusieurs années d'humidité presque normale selon le tableau de classification des degrés de sécheresse. En effet les années 1989, 2003, 2004, 2006 ont respectivement -0,11 ; -0.44 ; -0,74. Il y a aussi une année modérément sèche (2009 avec -1,26 comme indice).

➤ *Analyse fréquentielle des hauteurs de pluies maximales dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou*

L'analyse fréquentielle des pluies extrêmes est un des éléments constitutifs de l'étude du risque d'inondation. Le **Tableau 2** présente les périodes de retour des événements pluvieux journaliers extrêmes caractéristiques des risques d'inondation dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou.

**Tableau 2 :** *Périodes de retour des aléas pluviométriques journaliers extrêmes des risques d'inondation dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou*

Réurrences	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans
Pluies maximales (mm)	80,1	91,3	94,1	98,8	105,9

La série des maximums annuels journaliers des précipitations dans le bassin a été ajustée par la loi de Gumbel. Il en ressort que les maximums annuels journaliers de pluie sont de 80,1 mm pour les périodes de retour de 2 ans, de 91,3 mm pour 5 ans et 94,1 mm pour 10 ans. Ces évènements pluvieux journaliers peuvent être qualifiés d'anormaux. Par contre, les évènements pluvieux journaliers de 98,8 mm pour 20 ans, et de 105,9 pour 50 ans sont qualifiés d'exceptionnels et très exceptionnels. Les évènements très exceptionnels (ou très rares) et exceptionnels (rares) sont incertains et ont une période de retour allant de 20 à 50. Ces maxima pluvieux journaliers, au cœur de la saison des pluies, ne font que gonfler les eaux et par conséquent les risques d'inondation dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou. Selon le [16], au-delà de 50 mm de précipitation journalière et en fonction de la topographie du terrain (pente > 2 %), on assiste à de forts ruissellements pouvant emporter les semis et/ou détruire les cultures au champ par inondation.

➤ *Analyse fréquentielle des débits maximaux dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou*

Le **Tableau 3** présente les périodes de retour des débits extrêmes dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou

**Tableau 3 :** *Périodes de retour des aléas hydrométriques journaliers extrêmes des risques d'inondation dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou*

Réurrences	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans
Débits maximaux (m <sup>3</sup> /s)	411	628	776	920	1110

Source : *Traitement des données de la DG-Eau, 2015*

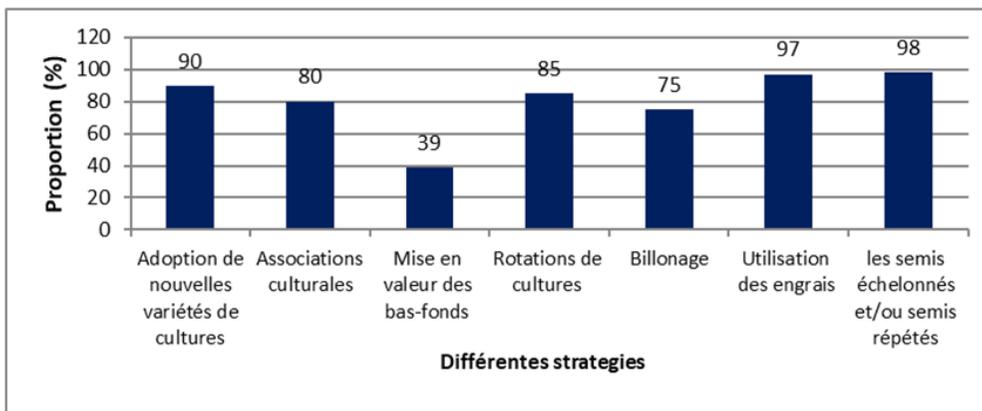
Les débits maximaux de 411 m<sup>3</sup>/s ont la possibilité de subvenir chaque deux ans. Ceux qui sont estimés à 628 m<sup>3</sup>/s ont une période de retour de 5 ans et les crues décennales sont estimées à 776 m<sup>3</sup>/s. Les évènements rares et très rares qui surviennent chaque 20 ans et 50 ans ont respectivement des débits de 920 m<sup>3</sup>/s et 1110 m<sup>3</sup>/s. Le débit de seuil de crue de l'Ouémé à Bétérou correspondant à un risque moyen de catastrophe est compris entre 725 et 800 m<sup>3</sup>/s. Les débits de crues fréquentes décennales (10 ans) sont à l'origine

des inondations de plus en plus fréquentes observés dans le bassin versant. Dans la même logique, les débits de crue rare (période de retour supérieur ou égal à 50 ans) se situent entre 774 et 1110 m<sup>3</sup>/s dans le bassin versant de l'Ouémé à l'exutoire de Bétérou. Ce constat a été fait par [17] qui estimait que les débits se sont accrus ainsi que le volume d'eau enregistré par le bassin supérieur ; les hauts reliefs du bassin supérieur apportent notamment des hauteurs d'eau aussi élevées.

## III-2. Stratégies d'adaptation aux risques hydroclimatiques dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou

### III-2-1. Identification des stratégies d'adaptation dans le secteur agricole

C'est dans le secteur agricole que l'on retrouve plus de stratégies développées par les acteurs, pour faire face aux risques hydroclimatiques. Les mesures d'adaptation sur le plan agricole concernent les associations culturales, la mise en valeur des bas-fonds, les rotations de cultures, le billonnage, l'utilisation des engrais, l'adoption de nouvelles variétés de cultures, le réajustement du calendrier agricole aux types de cultures. La *Figure 3* présente les proportions des enquêtés en fonction des stratégies mises en œuvre dans le secteur agricole.



**Figure 3 :** *Stratégies développées par les agriculteurs*

*Source : Enquête de terrain, 2016*

De l'analyse de cette *Figure 3*, il ressort que presque la totalité des agriculteurs enquêtés font recours de plus en plus aux fertilisants chimiques de synthèse pour avoir des rendements acceptables. Les travaux de terrain montrent que 98 % des agriculteurs font des semis échelonnés et/ou répétés pour résister aux effets du changement climatique. C'est donc une stratégie

adaptative développée par les agriculteurs pour répondre aux variations intra saisonnière observées en période de pluie. Les associations culturales les plus fréquemment rencontrées dans le secteur d'étude sont consignées dans le **Tableau 4**.

**Tableau 4** : Associations culturales rencontrées dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou

Cultures associées						
Igname + Mil	Igname + Sorgho	Igname + Maïs	Igname + Haricot	Igname + Gombo + Piment	Maïs + Mil	Maïs + Sorgho
Maïs + Haricot	Sorgho + Arachide	Maïs + Arachide + Manioc	Manioc + Sorgho	Manioc + Mil	Manioc + Mil + Haricot	Manioc + Igname + Sorgho

Source : Enquête de terrain, 2016

L'association culturale répond aussi à l'agressivité des pluies sur les sols ferrugineux reconnus fragiles. Elles a aussi l'énorme avantage d'obtenir un rendement significativement plus élevé que pour les cultures pratiquées séparément. Conscients aussi du problème de pauvreté du sol, les producteurs utilisent quelques pratiques pour y remédier. Il s'agit entre autres de l'apport du fumier organique, du parcage des animaux et des engrais minéraux. Enfin, parmi ces acteurs, certains ont identifié l'utilisation des zones humides (bas-fond et berges des cours d'eau) comme une autre alternative pour lutter contre les risques de sécheresse. 39 % des interviewés trouvent que les zones humides peuvent les aider à produire les cultures de subsistance et surtout en contre-saison. La **Photo 1** présente un bas-fond exploité pour la culture du riz dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou.



**Photo 1** : Bas-fond aménagé pour la culture du riz  
Prise de vue : KOUDAMILORO O., juillet 2016

La baisse des hauteurs de pluies constatées dans certaines régions africaines dans la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, et la promotion des cultures de riz dans les régions soudano-sahéliennes (comme le Bénin) encouragent les agriculteurs à mettre en valeur ces zones fertiles, malgré certaines difficultés liées à la gestion de l'eau. Dans les communes à densité de population plus élevée et à fort degré de dégradation des sols comme Parakou, Copargo et Djougou, le taux d'exploitation était déjà situé au-dessus de 60 % de la superficie du bas-fond potentiellement disponible, bien que la superficie cultivée pendant la saison sèche demeure en dessous de 20 %. Dans l'ensemble, l'aménagement des bas-fonds a un impact négatif durable sur la végétation ligneuse et herbacée. Globalement, l'aménagement du site aura un impact négatif permanent sur la santé des riverains.

➤ *Billonnage*

Le billonnage consiste alors à confectionner des billons à la main à l'aide d'une houe ou de la daba. L'eau se concentre dans les sillons, s'y infiltre au profit des plantes selon 75 % des interrogés. Pour optimiser la rétention d'eau dans la parcelle, le paysan réalise le cloisonnement des billons. Cette technique est utilisée lorsque les cultures sont à un stade végétatif avancé ; cela permet d'optimiser la rétention hydrique et de protéger les tiges contre les vents. Les sillons permettent également d'évacuer le surplus de l'eau en période de fortes pluies susceptibles de provoquer les inondations. La **Photo 2** illustre les pratiques de labour en billonnage dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou.



**Photo 2 :** *Technique de labour en billonnage*  
*Prise de vue : KOUDAMILORO O., juillet 2016*

Ces pratiques culturales étant très rudimentaires et pénibles, les exploitations sont réduites à de petites superficies (moins d'un ha) malgré une densité de

plus en plus élevée de la population. L'inconvénient du billonnage direct est de favoriser l'érosion hydrique et la perte des éléments fertilisants du sol [18]. Il existe aussi des risques d'engorgement ou de ravinement lors des averses de fréquence rare (rupture des billons et vidange des eaux stockées).

### III-2-1-1. Adoption de nouvelles variétés de cultures

Les populations ont recours aux semences de variétés améliorées pour adapter la production vivrière ou maraîchère aux risques hydroclimatiques. Par exemple le niébé dont le cycle végétatif comprend quatre phases correspondant à des besoins en eau variables. Il présente une sensibilité variable à la sécheresse : les besoins en eau sont élevés au moment de l'imbibition de la graine qui, une fois la germination amorcée, craint l'excès d'eau. La phase finale de maturation est favorisée par une sécheresse relative des pluies. Pour ce fait les populations utilisent de plus en plus les variétés hâtives (TVX-1850-01-F) de 65 jours, semi-tardives (IT81D-1137) de 70 à 80 jours au profit des variétés tardives (TN98-63) de 90 à 100 jours. D'après les responsables des CARDER, en dehors du maïs de 75 jours qui est cultivé, une grande partie des populations agricoles (63 %) ont adopté la variété du maïs (DMR-ESR-W-TZB-SR) de 75 jours en remplacement du maïs local qui a un cycle de 90 jours et 120 jours. Il en est de même pour l'arachide (TS-32-1) de 90 jours qui est adoptée au détriment de l'arachide (69-101) de 120 jours. La **Photo 3** présente un champ de maïs à cycle court.



**Photo 3** : Variété du maïs à cycle court à Bembèrèkè  
Prise de vue : KOUDAMILORO O., aout 2016

La culture du maïs (**Photo 3**) à cycle court de 75 jours est cultivée en association avec le haricot au détriment de celui de 90 jours dans l'unique objectif de faire face à l'irrégularité et la baisse des hauteurs de pluies. Les

variétés à cycle court ont ainsi l'avantage d'atteindre le terme de leur cycle de développement avant l'avènement des inondations ou des sécheresses. Mais, la limite majeure de cette stratégie, est la faible disponibilité des semences ; ce qui entraîne parfois de pénurie de semence.

### III-2-1-2. Rotations des cultures

Les rotations des cultures diffèrent d'une exploitation agricole à une autre. Quelque soit le niveau de disponibilité en terres, la culture qui vient en tête de rotation est généralement une plante à tubercule et quelques fois le coton. Le choix de la culture semble être guidé par la fertilité du sol. Dans la majorité des cas, la rotation des cultures est présentée dans le **Tableau 5**.

**Tableau 5 : Principaux systèmes de rotation du bassin**

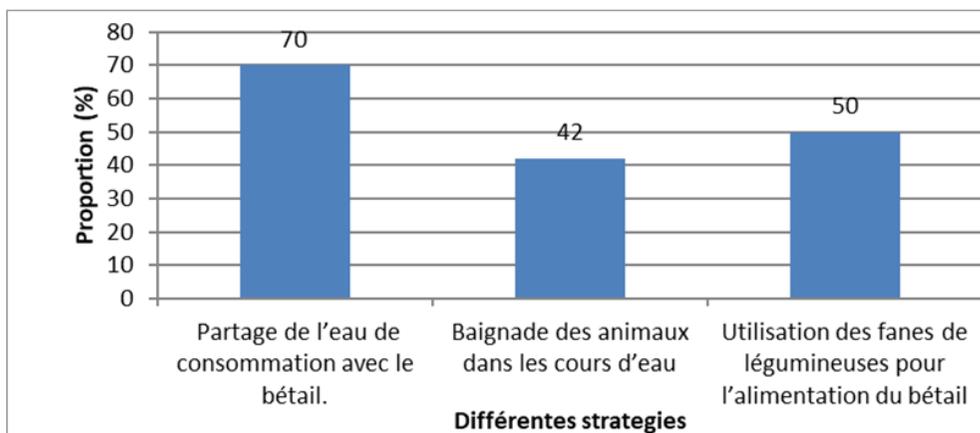
Villages	1 <sup>ère</sup> Saison	2 <sup>e</sup> Saison	3 <sup>e</sup> Saison	4 <sup>e</sup> Saison	5 <sup>e</sup> Saison	6 <sup>e</sup> Saison
<b>Bassin de l'Ouémé à Bétérou</b>						
Fo-Bouré	Plantes à tubercules (Igname ou manioc)	Céréales (sorgho ou maïs)	Coton ou céréales	Arachide ou coton	Coton ou arachide	Maïs ou coton
Bori	Igname	Sorgho ou maïs	Coton	Coton	Maïs	Haricot
Pabegou	Igname	Sorgho ou maïs	Coton	Maïs ou coton	Jachère ou anacardier	
Barienou	Igname	Sorgho ou maïs	Coton	Coton	Coton	Jachère ou anacardier
Gbegourou	Igname	Sorgho ou maïs	Coton	Manioc	Jachère ou anacardier	
Bétérou	Igname	Maïs ou sorgho	Igname	Maïs ou sorgho	Jachère ou anacardier	

Source : Enquête de terrain, 2016

La rotation culturale est donc une technique propre à la majorité des agriculteurs du bassin sans distinction d'ethnie lors de laquelle des cultures se suivent dans un certain ordre sur la même parcelle. De façon générale, la culture de l'igname vient en tête de rotation. Le maïs est produit en troisième année de culture après l'igname et le coton qui sont cultivés respectivement en première et deuxième année telle que l'ont confirmé [19]. Cependant il existe également quelques inconvénients à la rotation des cultures: les cultures secondaires sont souvent moins rémunératrices et il est parfois difficile de trouver des clients.

### III-2-2. Stratégies d'adaptation aux risques hydroclimatiques chez les éleveurs

Les stratégies développées par ces groupes d'acteurs pour s'adapter aux risques hydroclimatiques dans leur secteur sont les suivantes : l'utilisation des fanes de légumineuses pour l'alimentation du bétail ; baignade des animaux dans les cours d'eau; partage de l'eau de consommation avec le bétail. La **Figure 4** indique les proportions d'acteurs qui ont identifié ces actions comme des mesures adaptatives aux risques hydroclimatiques.

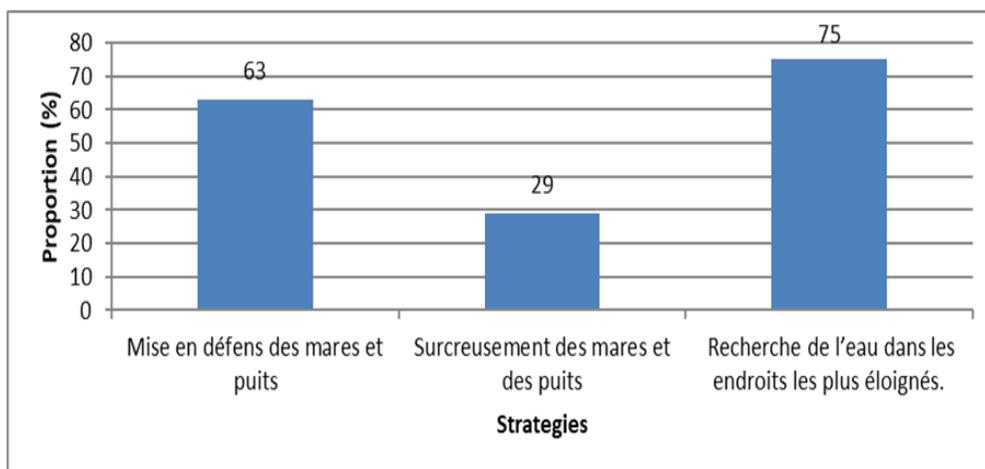


**Figure 4** : Stratégies développées par les éleveurs  
Source : Enquête de terrain, 2016

Il ressort de l'analyse de cette **Figure 4**, que 50 % des enquêtés pensent que l'entreposage et l'utilisation des fanes de culture (niébé et arachide) constituent une alternative pour permettre aux animaux de disposer de fourrage pendant la sécheresse où il est très difficile de trouver de l'herbe fraîche. Après la récolte, ces fanes sont entreposées sur la toiture des maisons. 42 % des interviewés affirment que pour atténuer la chaleur excessive pour le gros bétail, ils font baigner et/ou traverser les bœufs dans les cours d'eau notamment le fleuve Ouémé et autres points d'eau plus ou moins permanents. Selon eux, en temps de chaleur, les animaux une fois dans l'eau ne veulent plus en ressortir, car après leur désaltération, ils rafraîchissent leurs corps. Une autre stratégie développée par les agro-éleveurs est le partage de l'eau de consommation avec le bétail. Selon 70 % des interrogés, le partage de l'eau de consommation avec les animaux, notamment avec les bœufs, constitue une alternative pour permettre aux animaux d'étancher leur soif au moment où il n'existe aucune goutte d'eau au niveau des points d'eau qui se trouvent non loin des concessions. Signalons que cette stratégie est développée uniquement par les agro-éleveurs qui ont en moyenne 4 à 6 têtes de bœufs.

### III-2-3. Stratégies d'adaptation endogènes au niveau des ressources en eau

Les ressources en eau dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou n'échappent pas aux effets des risques hydroclimatiques. Pour remédier donc au manque crucial d'eau en saison sèche dans le milieu d'étude, les populations ont développé quelques stratégies à savoir : le surcreusement des mares et des puits ; la mise en défens des mares et puits; la recherche de l'eau dans les endroits les plus éloignés. La **Figure 5** montre le pourcentage des enquêtés ayant développé ces mesures adaptatives.



**Figure 5 :** Stratégies développées face aux manques des ressources en eau  
Source : Enquête de terrain, 2016

Pour surmonter les crises d'eau en saison sèche, les populations font le surcreusement des mares et puits qu'ils exploitent fréquemment. Selon 29 % des personnes interrogées, le surcreusement des points d'eau est une stratégie qui permet de disposer de l'eau dans les moments difficiles. 63 % des enquêtés affirment que la mise en défens des mares, des puits et des pompes hydrauliques (à motricité humaine) pendant 5 à 7 jours représente une solution pour avoir plus d'eau. La mise en défens favorise le rechargement des nappes qui alimentaient ces points d'eau. Malgré le surcreusement et la mise en défens des points d'eau, la quantité d'eau recueillie ne suffit pas pour satisfaire les besoins en eau des populations. Ainsi, 75 % des interviewés affirment que la recherche de l'eau dans les contrées plus éloignées constitue la meilleure stratégie pour avoir accès à l'eau en période difficile. Mais, il faut souligner que le surcreusement des mares et puits augmente le risque de pollution. De même le développement de vecteurs de maladie (comme le paludisme) et de maladies hydriques sont des inconvénients majeurs.

### ***III-2-4. Stratégies endogènes de réduction de l'insécurité alimentaire***

Les stocks céréaliers constituent souvent les garanties des populations locales. Ainsi, des greniers sont utilisés pour stocker et conserver les produits agricoles afin de pouvoir faire face aux risques sécheresses et d'inondations s'ils survenaient (**Photo 4**).



**Photo 4 :** Greniers traditionnels chez les Bariba  
Prise de vue : KOUDAMILORO O., juillet 2016

La **Photo 4** illustre l'une des techniques traditionnelles de conservation des produits céréaliers dans les différents types de greniers. Ce système de stock des produits vivriers est typique pour les zones rurales. Mais il est impérieux de mettre l'accent sur la valorisation des bonnes pratiques d'adaptation et la gestion intégrée des risques hydroclimatiques dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou.

### **III-3. Valorisation des bonnes pratiques agricoles d'adaptation aux risques hydroclimatiques**

Pour la prévention ou de la gestion des risques climatiques, certaines techniques et pratiques d'adaptations mises en place par les populations elles-mêmes méritent d'être améliorées et valorisées.

#### ***III-3-1. Diguettes en cordons pierreux***

Ce sont des ouvrages mécaniques composés de grosses pierres alignées suivant les courbes de niveau de la superficie de terre concernée. Ces diguettes contribuent à l'adaptation aux risques climatiques lorsqu'ils

surviennent en réduisant l'érosion hydrique et en augmentant l'infiltration de l'eau [20]. Cette situation permet de réduire le stress hydrique des cultures en période de sécheresse. Cette technique de conservation ou de récupération des sols dégradés par les diguettes en cordons pierreux peut être appliquée dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou où les pierres sont facilement accessibles (*Photo 5*).



**Photo 5 :** *Model diguette en cordon pierreux*  
*Prise de vue : ISSAOU, 2012*

La *Photo 5* indique une forme de cordon pierreux qui ne nécessite pas trop de pierres avec une main d'œuvre accessible. Néanmoins, le milieu étant riche en pierre cette technique peut être encouragée et valorisée. Les diguettes en terre peuvent également être utilisées lorsque les conditions ne permettent pas de réaliser les ouvrages en pierres (absence ou éloignement de carrières de pierres, problèmes de transport de cailloux, etc.).

### ***III-3-2. Technique de « zaï »***

Dans les zones à risques de « poches de sécheresses » du bassin de l'Ouémé à Bétérou menacées par l'insuffisance et l'irrégularité des pluies, de nouvelles stratégies d'adaptation durable au niveau des sols tel que le zaï peuvent être développées. Le zaï est une méthode traditionnelle de restauration des sols dans des zones à pluviométrie déficitaire (*Photo 6*).



**Photo 6 :** *Model de technique de Zai*  
*Prise de vue : [21]*

La **Photo 6** montre des trous d'environ 20 à 40 cm de diamètre et de 10 à 15 cm de profondeur creusés afin de recueillir les eaux de ruissellement et de les laisser s'infiltrer. Le déblai est déposé en croissant vers l'aval pour capter les eaux de ruissellement. Le zaï signifie en moré (Burkina Faso) « se lever tôt et se hâter pour préparer sa terre » ou encore « casser et émietter la croûte du sol avant les semis » [22]. C'est une technique traditionnelle des poches d'eau à la suite d'années de sécheresse. Les trous recueillent l'eau de ruissellement. La matière organique y est ensuite apportée en quantité variable selon les paysans sous forme de fumier ou de compost, avant la période de semis [23]. Dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou, cette technique peut être utilisée en période de risque de sécheresse marquée par une insuffisance de pluie. Le Zaï contribue à l'adaptation aux risques climatiques par sa capacité à réduire les effets de la sécheresse en améliorant l'infiltration de l'eau dans le sol. Il contribue également à la récupération des terres dégradées et à l'optimisation de l'utilisation des intrants ce qui permet d'accroître les rendements agricoles, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire [24].

### ***III-3-3. Technique de demi-lunes***

Les demi-lunes ressemblent fort à la technique de zaï à la différence que les trous ont un diamètre variable de 1 à 2,5 m et la terre excavée est mise en dépôt du côté aval comme une banquette. C'est également une forme d'adaptation durable (**Photo 7**).



**Photo 7 :** *Modèle de technique de demi-lune*  
*Prise de vue : [21]*

La **Photo 7** montre la technique de demi-lune qui est une bonne technique d'adaptation au niveau des sols qu'on peut appliquer dans certaines parties bassin versant de l'Ouémé à Bétérou où la dégradation des terres est poussée. La forme du modèle ressemble à une demi-lune ; d'où son nom. Ce sont des trous de 2 m de rayon, 15 à 20 cm de profondeur et des écartements de 8 m. Leur mise en œuvre permet la reprise d'activité culturale sur des terres dégradées et jugées impropres à la production. La technique des demi-lunes contribue à l'adaptation en période de sécheresse et de fortes températures à travers l'amélioration de l'infiltration de l'eau. Ces trous sont creusés en forme de demi-lune suivant la pente du terrain ou les courbes de niveau [21]. Cette technique de demi-lune peut être appliquée dans les zones où les terres sont en dégradation très poussée pour limiter les effets négatifs des sécheresses.

#### **IV - CONCLUSION**

Au terme de cette étude, il ressort donc que les inondations et les sécheresses constituent les risques hydroclimatiques majeurs dans le bassin versant de l'Ouémé à Bétérou. L'agriculture et plus particulièrement la production végétale demeure un secteur d'activité très vulnérable aux risques hydroclimatiques. Sur le plan de la sécurité alimentaire, les inondations viennent souvent amplifier la situation d'insécurité alimentaire des ménages. Elles aggravent souvent les difficultés des ménages vivant dans la pauvreté et précipitent dans la précarité d'autres ménages qui arrivaient tant bien que mal à s'en sortir. Les inondations et les sécheresses sont donc à l'origine de la vulnérabilité des populations. Face à cette situation, il urge de mettre en place

des stratégies d'adaptation afin de réduire au minimum la vulnérabilité des populations. Ces stratégies passent par l'amélioration des techniques et les méthodes de culture et la promotion des activités non agricoles génératrices de revenus. Ces stratégies sont appuyées ou complétées par les mesures d'accompagnement des pouvoirs publics et les partenaires à divers niveaux, mais faut-il le souligner la contribution des connaissances endogènes des paysans au développement des stratégies d'adaptation est beaucoup plus élevée que l'appui technique et institutionnel exogène.

## RÉFÉRENCES

- [1] - GIEC, Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [sous la direction de Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York (État de New York), États-Unis d'Amérique, (2013) 34 p.
- [2] - F. THARULE, Détérioration des précipitations et des inondations: les autres risques du Sahel ". *Climatic Change*. Vol. 72, N°3 (2005) 355 - 377 p.
- [3] - CPP, Catastrophes environnementales. Préparer l'évaluation de leur effet et le retour d'expérience. Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables. Paris, (2008) 56 p.
- [4] - B. Y. ZANNOU, Analyse et Modélisation du Cycle Hydrologique Continental pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau au Bénin Cas du Bassin de l'Ouémé à Bétérou. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, (2011) 356 p.
- [5] - R. OGOUWALE, Changements climatiques, dynamiques des états de surface et perspectives sur les ressources en eau dans le bassin versant de l'Okpara à l'exutoire de Kaboua. Thèse de Doctorat. Géoscience de l'Environnement et Aménagement de l'Espace, (2013) 204 p.
- [6] - I. BEAUDIN, Potentiel de la télédétection pour le suivi et la caractérisation des conditions de sécheresse en milieu méditerranéen, (2007) 133 p.
- [7] - T. B. MCKEE, N. J. DOESKEN et J. KLEIST, La relation entre la fréquence et la durée de la sécheresse et les échelles de temps. In: *Eighth Conference on Applied Climatology*, (1993) 17 - 22 p.
- [8] - V. S. H. TOTIN, Sensibilité des eaux souterraines du bassin sédimentaire du Bénin à l'évolution du climat et aux modes d'exploitation : stratégies de gestion durable. Thèse de Doctorat. Géoscience de l'Environnement et Aménagement de l'Espace, (2010) 283 p.
- [9] - S. HOUESSOU, Les inondations et les risques prévisionnels liés aux barrages hydroélectriques dans la basse vallée du mono, Thèse de Doctorat Unique, Ecole Doctorale Pluridisciplinaire, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, (2016) 198 p.

- [10] - Glossaire International d'Hydrologie, (1992), <http://www.cig.ensmp.fr/~hubert/glu/aglo.htm>
- [11] - GIEC, Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Résumé à l'intention des décideurs, (2007) 12 p.
- [12] - B. SMIT, I. R. J. BURTON KLEIN et R. STREET, The science of adaptation: a framework for assessment. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 4 (1999) 199 - 213 p.
- [13] - CNUCCF, Cadre de Politiques d'Adaptation : renforcement des capacités pour les activités d'adaptation de la phase II. UNDP. New York, (2001) 61 p.
- [14] - D. J. KODJA, Etudes des risques hydroclimatiques dans la vallée de l'Ouémé a Bonou, Mémoire de DEA/EDP, Université d'Abomey-Calavi, (2014) 102 p.
- [15] - H. M. ASSABA, Impacts des péjorations pluviométriques et de la dynamique de l'occupation du sol sur les ressources en eau dans le bassin versant du fleuve Ouémé à l'exutoire de Savè. Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, DGAT/FLASH/UAC, (2014) 282 p.
- [16] - GRET et CIRAD, Mémento de l'agronome. Paris, (2006) 1635 p.
- [17] - T. B. DONOU, Dynamique pluvio-hydrologique et manifestation des crues dans le bassin du fleuve Ouémé à Bonou. Mémoire de maîtrise de géographie, DGAT, (2007) 104 p.
- [18] - J. C. J. VLAAR, Les techniques de conservation de l'eau et des sols dans les pays du Sahel. Ouagadougou : Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH), (1992) 45 p.
- [19] - C. D. E. ANAGO, Promotion de la Filière Maïs dans la Commune de Toucountouna (Nord-Ouest du Bénin) : Enjeux et défis pour la gestion durable de la fertilité des sols. Mémoire de DEA « Productions végétales », Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, (2005) 108 p.
- [20] - B. BARBIER et H. YACOUBA, Vulnérabilité humaine à la variabilité climatique dans le Sahel : Stratégies d'adaptation des agriculteurs dans le nord du Burkina Faso. Gestion de l'environnement. Ougadougou, (2008) 14 p.
- [21] - M. SAVADOGO, J. SOMDA, O. SEYNOU, S. ZABRE, et A. J. NIANOGO, Catalogue des bonnes pratiques d'adaptation aux risques climatiques au Burkina Faso. Programme UICN Burkina Faso, Ouagadougou, (2011) 52 p.
- [22] - O. KABORÉ, Dynamique de l'utilisation des terres dans les écosystèmes de savane et systèmes agraires du bassin versant de la Kompienga (Burkina Faso), Thèse de Doctorat Unique, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, (2013) 281 p.
- [23] - C. REIJ, G. TAPPAN et A. BELEMVIRE, Modification des pratiques de gestion des terres et de la végétation sur le plateau central du Burkina Faso (1968–2002). *J. Arid. Environ.*, 63 (2005) 642 - 659
- [24] - FAO, Stratégie de gestion des risques de catastrophe en Afrique de l'Ouest et au Sahel | (2011 -2013), Rome, Italie, (2011) 52 p.