



# Stratégies d'adaptation des producteurs agricoles aux risques hydroclimatiques dans le bassin Béninois de la pendjari à l'exutoire de Porga

Pierre Ouassa<sup>1,3</sup>, Gervais Assaï Akanni Atchadé<sup>1</sup>, Domiho Japhet Kodja<sup>1</sup>, Fernand Ringo Avahounlin<sup>2,3</sup>, and Expédit Wilfrid Vissin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Pierre Pagney : Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE),  
Université d'Abomey-Calavi, Bénin

<sup>2</sup>Ecole Normale Supérieure (ENS, UNSTIM, Rép. du Bénin), Bénin

<sup>3</sup>Chaire Internationale de Physique Mathématique et Applications (CIPMA CHAIRE-UNESCO, FAST,  
UAC, Rép. du Bénin), Bénin

**Correspondence:** Pierre Ouassa (ouaspeter@yahoo.fr)

Published: 16 November 2021

**Résumé.** West Africa's dependence on the increased impacts of extreme hydroclimatic hazards increases the vulnerability of food production to the resulting risks. This study analyses the adaptation strategies developed by agricultural producers in the Beninese Pendjari basin to cope with hydroclimatic risks. The methodological approach adopted consisted in the use of climatological data (height of daily and monthly rainfall) from the Tanguiéta and Natitingou stations over the period from 1965 to 2017 obtained in Météo-Bénin. Hydrological data consisting of the daily flows of the river calculation of the Pendjari indices at the Porga outlet, over the period 1965–2017 are extracted from the database of DG-Water and utilization of socio-anthropological data. To better appreciate the adaptation strategies developed, a semi-structured survey that involved 121 people in 21 villages of the Beninese Pendjari basin is conducted according to the CAP approach (Knowledge, Attitudes, Practices). Direct observations in the field have also made it possible to better identify peasant adaptation strategies to the effects of hydroclimatic risks in the Beninese Pendjari basin. The information collected during the surveys was processed with Sphinx software. We studied socio-anthropological data, and we showed that Pendjari watershed in Benin is under the threat of hydroclimatic risks. To reduce their vulnerability, producers in the Benin Pendjari basin are developing several risk prevention and disaster management strategies. These include transplanting crops including sorghum by 100 % of the producers met, the disposal of logs, the enhancement of the shallows. In view of the effectiveness of the strategies identified and the limitations they present, it is important that the authorities develop a policy that is more sensitive to hydroclimatic risks, in order to improve the adaptation capacity of agricultural producers.

## 1 Introduction

Le Sahel et l'Afrique de l'Ouest sont, selon le GIEC (2007), parmi les régions les plus vulnérables aux fluctuations climatiques futures. Ainsi, la gestion des événements extrêmes (inondations, sécheresses) est une des préoccupations majeures de la politique de l'eau (Hamdane, 2015). Dans le bassin de la Pendjari on observe une tendance à la baisse de la pluviométrie et un déficit pluviométrique pen-

dant les décennies de 1971 à 2000 (Idiéti, 2012). Ce déficit a eu pour conséquence la baisse des débits allant de 30 à 50 % (Kimba, 2011).

Les conséquences de la variation du régime hydrologique sont entre autres la difficulté d'approvisionnement en eau, la chute de la production agricole, la diminution des surfaces irriguées (Vissin, 2007). Face à cette situation, les paysans du bassin Béninois de la Pendjari ont développé les straté-

gies pour faire face aux effets des risques hydroclimatiques. Ainsi, cette étude vise à analyser les stratégies d'adaptation développées par les producteurs agricoles du bassin Béninois de la Pendjari pour faire face aux risques hydroclimatiques.

## 2 Secteur d'étude

Le bassin Béninois de la Pendjari est situé entre les parallèles 10°21' et 10°46' de latitude nord et les méridiens 1°12' et 1°38' de longitude est. Il est sous l'influence du climat soudanien (climat tropical chaud et humide) ou soudano-guinéen qualifié d'atacorien (Houndénou, 1999). En outre, il est caractérisé par l'alternance d'une saison sèche et d'une saison pluvieuse. La saison pluvieuse dure 5 à 6 mois (mai à octobre) est dominée par les flux de mousson, mais aussi ceux liés aux lignes de grains, génératrices de fortes averses sur la région. La pluviosité est de 1131.3 mm. Les mois de juillet, août et septembre sont les plus pluvieux avec une moyenne de 227.5 mm par mois. Les températures restent élevées toute l'année, mais elles ne sont jamais excessives. Les moyennes annuelles varient de 26,8°C à 27,7°C, soit une augmentation de 0,9°C sur la période 1965–2017. Ces moyennes, constamment élevées et presque homogènes pour l'ensemble de la région ne constituent pas un facteur limitant pour les activités agricoles. La Fig. 1 présente la situation géographique du bassin béninois de la Pendjari.

## 3 Données et méthodes

### 3.1 Données utilisées

Les hauteurs de pluies de la station de Tanguiéta et de Natitingou extraites de la base de données de Météo-Bénin et les débits mensuels de la station de Porga obtenu à la Direction Générale de l'Eau à Cotonou sur la période 1965–2017 ont été utilisées en plus des informations qualitatives (perceptions paysannes et effets des risques hydroclimatiques sur la production agricole, stratégies d'adaptation paysannes) recueillies lors des investigations socio-anthropologiques.

### 3.2 Méthodes utilisées

La variabilité hydro-pluviométrique a été déterminée à partir des anomalies centrées réduites. Le calcul des indices pluviométriques a permis d'identifier les années humides (excédentaires) au seuil de 1 et les années sèches (déficitaires) au seuil de -1. Ces indices sont obtenus par la formule suivante :  $x_i' = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma(x)}$  (1) avec  $x$  représentant le total pluviométrique de l'année  $i$ , la moyenne de la série et  $\sigma$  représentant l'écart-type. Les tendances ont été mises en évidence par une droite de régression de type :  $y = a \times + b$ ; elle est obtenue par le calcul de la pente  $a$  qui est un coefficient directeur.

Le choix des villages dans lesquels les enquêtes ont été menées s'est fait en privilégiant les villages riverains aux cours d'eau. Ils sont identifiés sur la base des cartes de relief

et hydrographiques du bassin. Quant aux personnes enquêtées, le choix s'est fait sur la base de l'ancienneté dans la localité, vingt (20) ans au moins. L'enquêté est âgé d'au moins trente (30) ans et est acteur dans la production agricole. Au total 126 personnes dont 105 producteurs agricoles et 21 personnes ressources ont été enquêtées dans 21 villages dans le cadre cette étude. Les entretiens individuels ont été réalisés en utilisant les questionnaires pour recueillir les informations auprès des personnes ressources. Un focus groupe sur la base d'un guide d'entretien au niveau de chaque village est fait pour croiser les données recueillies et mieux identifier les meilleures stratégies d'adaptation aux risques hydroclimatiques. L'approche CAP (Connaissances, Attitudes, Pratiques) est utilisée pour collecter les informations relatives aux problèmes liés aux risques hydroclimatiques et appréhender les perceptions et les savoirs des communautés.

Les observations directes sur le terrain ont permis de mieux identifier les stratégies d'adaptation paysannes aux effets des risques hydroclimatiques dans le bassin béninois de la Pendjari. Les informations recueillies au cours des enquêtes ont été traitées avec le logiciel Sphinx. L'ensemble de ces travaux réalisés a permis d'obtenir les résultats suivants.

## 4 Résultats

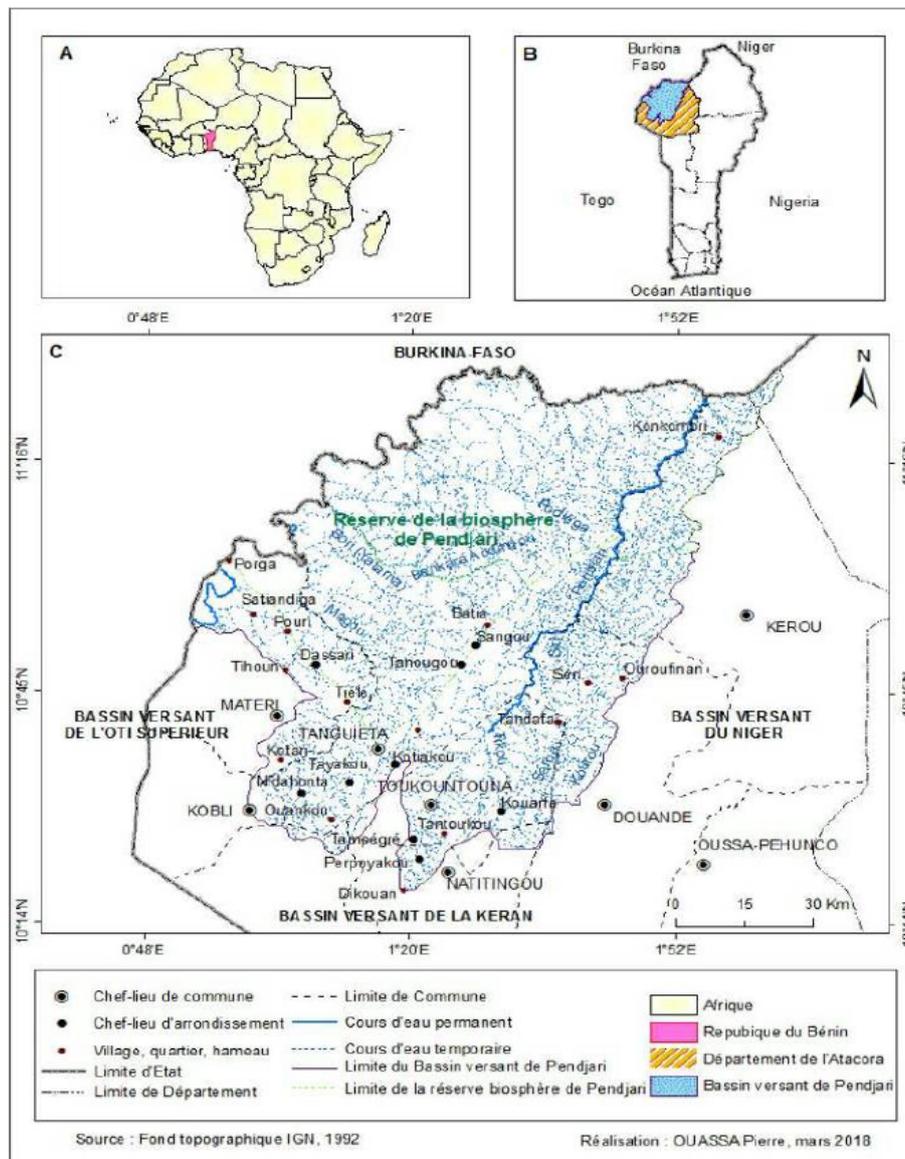
### 4.1 Tendances hydroclimatique dans le bassin Béninois de la Pendjari à Porga

La Fig. 2 présente la tendance d'évolution des hauteurs de pluies annuelles dans le bassin béninois de la Pendjari à Porga.

La moyenne annuelle des hauteurs de pluie sur la période 1965–2017 est de 1207 mm avec un écart de 186 mm. Cette figure 2 permet de distinguer trois principales séquences (1965–1969, 1970–1991 et 1992–2017). Ainsi, on retient que sur la période 1965 à 1969, la plupart des anomalies sont positives, ce qui correspond à la période humide. Inversement, sur la période 1970 à 1991, il y a une dominance des anomalies négatives traduisant ainsi les années déficitaires, ce qui correspond à la période sèche. La période 1992 à 2017 est marquée par une alternance d'années déficitaires et excédentaires, correspondant ainsi à la période de reprise des hauteurs pluviométriques.

Par ailleurs, les valeurs des débits au-dessus de la moyenne enregistrées à la station hydrométrique de Porga, ont permis d'identifier les années de crues qui sont les causes des inondations au cours de la période 1965–2017 (Fig. 3).

L'analyse de la Fig. 3 révèle que le bassin béninois de la Pendjari a connu 23 années de crues au cours de la période 1965–2017. Les débits les plus fortes ont été enregistrés en 1969 (588.79 m<sup>3</sup>/s) et 1970 (625.2 m<sup>3</sup>/s). Les crues les plus faibles ont été enregistrées en 2001 (286.29 m<sup>3</sup>/s) et en 2005 (283.6 m<sup>3</sup>/s). L'analyse de la Fig. 3 permet de constater également que le bassin enregistre ces dernières décennies de faibles débits et par conséquent des inondations moins fortes.



**Figure 1.** Situation géographique du bassin Béninois de la Pendjari à l'exutoire de Porga.

Ce qui se justifie par la tendance à la baisse des débits maximaux dans le bassin béninois de la Pendjari.

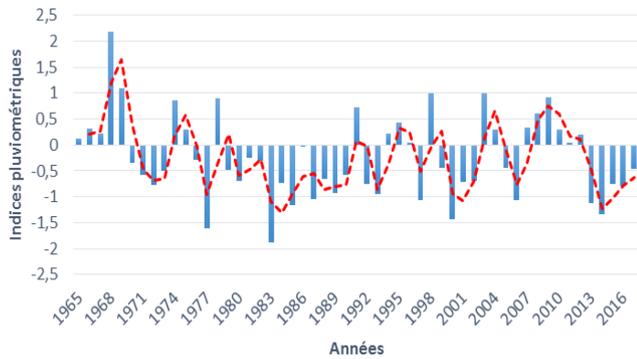
#### 4.2 Stratégies d'adaptation paysannes face aux risques hydroclimatiques

##### 4.2.1 Stratégies d'adaptation aux inondations

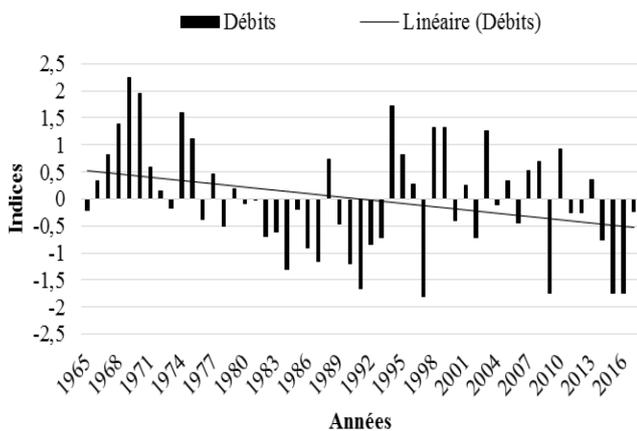
Dans le but de prévenir une éventuelle irrégularité des pluies au cours de la saison agricole, les paysans enquêtés orientent les billons de façon perpendiculaire ou parallèle à la pente selon le cas. La photo 1 montre la disposition des billons de façon parallèle à la pente dans le bassin.

Lorsque les cultures sont pratiquées sur un sol plus ou moins perméable, les paysans disposent les billons dans le

sens contraire à la pente. Ce qui permet à l'eau tombée de stagner dans les sillons et de s'infiltrer progressivement. De plus, si les billons sont minces, cela assure une bonne alimentation des cultures en eau et les racines fournissent moins d'effort pour puiser les réserves d'eau. Lorsque, les cultures sont réalisées au bord des rivières, les billons réalisés sont de grandes tailles et parallèles à la pente. La disposition des billons de façon parallèle à la pente, favorise selon les paysans, l'évacuation des excès en eau en cas de pluviométrie exceptionnelle et empêche la destruction des billons, le pourrissement des racines lorsque les inondations surviennent.



**Figure 2.** Indices pluviométriques au cours de la période 1965–2017 dans le bassin Béninois de la Pendjari à l'exutoire de Porga. Sources : Météo-Bénin, et traitement des données, 2020.



**Figure 3.** Variabilité interannuelle des débits dans le bassin Béninois de la Pendjari à Porga.

#### 4.2.2 Stratégies d'adaptation à la sécheresse

Les stratégies les plus développées pour faire face à la sécheresse sont entre autres :

##### – Repiquage des cultures

Lorsque le calendrier agricole ne permet pas aux paysans de semer, ils procèdent au repiquage des cultures. Selon les producteurs interviewés, avant de procéder au repiquage il faut faire de nouveaux billons. En faisant ainsi, la culture plantée a plus de facilité à s'implanter dans le sol et donc a une meilleure croissance par rapport à celle plantée sans labourer, pouvant par contre rencontrer un sol plus ou moins compact qui ralentira sa croissance. Le repiquage (photo 2) concerne généralement les cultures de sorgho et de mil selon 78 % des enquêtés.

Cette pratique permet aux producteurs, de rattraper le calendrier agricole. En effet, cette stratégie permet aux paysans de se passer de la phase de semis pour permettre à la culture d'amorcer directement la phase de croissance.



**Figure 4.** Photo 1 : Disposition des billons de façon parallèle à la pente à Toucountouna. Prise de vue : P. Ouassa, Août 2015.

##### – Mise en valeur des bas-fonds

La sécheresse des années 1970 a révélé tout le profit qui pouvait être tiré des agro-systèmes de bas-fonds et les paysans ont spontanément commencé à les mettre en valeur (Idani, 2012). Les populations ne craignent plus le risque de voir leurs champs inondés. En effet, avec la baisse des pluies et la fin précoce de la saison des pluies, les bas-fonds constituent les meilleures terres de recours à cause de leurs fertilités et de la disponibilité en eau du sol. La photo 3 montre un bas-fond mis en valeur dans le bassin béninois de la Pendjari.

L'eau recueillie par ces bas-fonds après les pluies sert à alimenter le riz pendant les périodes de récession pluviométrique. Ceci permet de maintenir humide la zone cultivée pendant l'absence des pluies et d'évacuer les excès d'eau pour éviter les inondations. Somme toute, même si ces stratégies des producteurs agricoles sont peu efficaces dans leur mise en œuvre, par manque d'outils moderne, elles témoignent de la capacité des producteurs à s'adapter aux risques hydroclimatiques.

## 5 Discussion

Les changements climatiques se révèlent un phénomène unique sur l'ensemble de la planète, mais les causes sont réparties sur toute la surface du globe de façon inégale selon les régions ou les Pays ; ses conséquences connaîtront une répartition sans rapport avec les causes (Ogouwalé, 2006). De ce fait, pour réduire la vulnérabilité de leurs cultures vivrières à la survenance des catastrophes hydroclimatiques, les producteurs du bassin béninois de la Pendjari développent plusieurs stratégies de préventions des risques et de gestion des catastrophes. Il s'agit entre autres du repiquage des cultures no-



**Figure 5.** Photo 2 : Repiquage du sorgho dans le bassin Béninois de la Pendjari. Prise de vue : P. Ouassa, Septembre 2018.

tamment le sorgho, de la disposition des billons, de la mise en valeur des bas-fonds etc. Ce résultat montre que la population est réellement consciente de l'existence des risques climatiques pouvant impacter leurs activités. Ce qui corroborent avec les résultats de Nago et al. (2019), qui montrent que les prières et sacrifices sont des stratégies d'atténuation actuellement utilisées. Cependant Ouorou-Barrè (2014), indiquent que les paysans savent que leurs pratiques endogènes d'adaptation ne sont que des expérimentations compte tenu du degré d'incertitude qui entoure les prévisions sur le changement climatique. De ce fait, ces stratégies sont susceptible d'engendrer des pressions sur les ressources naturelles et de fragiliser davantage les conditions de vie des populations (Oloukoï et al., 2019). Il est donc nécessaire de développer des stratégies plus efficaces à l'instar de celles identifiées dans la présente étude. En effet, la création de variétés précoces et résistantes à la sécheresse prendra en compte la préoccupation de certains paysans qui estiment que les variétés précoces disponibles actuellement ne résistent pas aux longues séquences sèches. De même, l'exploitation efficace des bas-fonds exige de matériels appropriés et expose les paysans à des risques pathologiques (le paludisme, la bilharziose, l'onchocercose).



**Figure 6.** Photo 3 : Différentes formes de mise en valeur des bas-fonds dans le bassin Béninois de la Pendjari. Prise de vue : P. Ouassa, Août et Septembre 2015.

## 6 Conclusions

Au terme de cette étude, il faut retenir que pour réduire la vulnérabilité de leurs cultures vivrières à la survenance des catastrophes hydroclimatiques, les producteurs du bassin béninois de la Pendjari développent plusieurs stratégies de préventions des risques et de gestion des catastrophes. Ces différentes stratégies d'adaptation dans leur ensemble, présentent des limites et contraintes dans leur mise en œuvre.

Sur cette base, les pratiques à promouvoir doivent être proposées de façon concertée et en tenant compte des réalités agro-écologiques et socioéconomiques des bénéficiaires si la dimension de durabilité des stratégies veut être atteinte. Ainsi, la nécessité de rendre plus accessible et facilement réalisable ces stratégies d'adaptation contribueront certainement à rendre plus durable les effets de ces pratiques d'une part, et d'autres part faciliterait leur diffusion. Sur cette base, l'insécurité alimentaire des ménages vivant dans le bassin béninois de la Pendjari liée à la variabilité hydroclimatique pourrait être boutée.

**Disponibilité du code.** Pour la rédaction de cet article, nous avons pas utilisé de logiciel. Seulement Excel, a été utilisé pour la réalisation des graphiques.

**Disponibilité des données.** Les données sur les hauteurs pluviométriques de la période de 1965 à 2017 sont obtenus à l'Agence Nationale de Météorologie du Bénin. Les données sur les Débits du cours d'eau Pendjari sont obtenus à la Direction Générale de l'Eau. Ces deux données bien-qu'elles soient accessible au public ne sont pas disponible à ligne. Les données socio-économiques concernant

les stratégies d'adaptation ont été directement collectées par nous mêmes auprès des populations.

**Collaborateurs.** PO a conçu l'étude, collecté et analysé les données, et a rédigé le manuscrit. GAAA, DJK, FRA et EWV ont contribué à l'analyse des données, l'amélioration de l'approche méthodologique et l'orientation scientifique et la relecture de l'article.

**Intérêts concurrents.** Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

**Clause de non-responsabilité.** Publisher's note : Copernicus Publications remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

**Déclaration du numéro spécial.** This article is part of the special issue "Hydrology of Large River Basins of Africa". It is a result of the 4th International Conference on the "Hydrology of the Great Rivers of Africa", Cotonou, Benin, 13–20 November 2021.

**Remerciements.** Les auteurs remercient les évaluateurs anonymes qui ont sensiblement contribué à l'amélioration de la qualité scientifique de cet article en consacrant leurs précieux temps à son évaluation critique.

## Références

GIEC : Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'Intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, Genève, Suisse, 103 pp., 2007.

Hamdane, A. : Changement climatique et sécurité alimentaire en méditerranée et en Afrique de l'Ouest : Stratégies pour une agriculture, des territoires et une croissance durable-Etude du cas Tunisien., Séminaire SESAME, 25 pp., 2015.

Houndénou, C. : 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, 341 p., 1999.

Idiéti, M. E. : Les hydro-écorégions du Bassin de la Pendjari au Bénin : Analyse des déterminants socio-économiques et environnementaux de la dynamique des écosystèmes naturels, Thèse de doctorat de géographie, Université d'Abomey-Calavi, 229 pp., 2012.

Kimba, Y. G. : Impact de la variabilité pluviométrique sur les ressources en eau dans le bassin de la Pendjari, Mémoire de maîtrise de géographie, FLASH, UAC, 67 pp., 2011.

Nago, S. G. A., Gnohossou, P., Sagbo, R. R. S., et Bokonon-Ganta, E. : Perception du changement climatique et stratégies locales d'adaptation dans la pêche de la Réserve de Biosphère de la Pendjari, Bénin, Afrique SCIENCE, 15, 114–127, 2019.

Ogouwalé, E. : Changements Climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et perspectives pour la sécurité alimentaire, Thèse de doctorat nouveau régime, EDP/FLASH, 301 pp., 2006.

Oloukoï, J., Yabi, I., et Houssou, S. C. : Perceptions et stratégies paysannes d'adaptation à la variabilité pluviométrique au Centre du Bénin, Int. J. Biol. Chem. Sci., 13, 1366–1387, 2019.

Ouorou-Barrè, I. F. : Contraintes climatiques, pédologiques et production agricole dans l'Atacora (Nord-Ouest Bénin), Thèse de doctorat de l'Université d'Abomey-Calavi ; Bénin., FLASH/UAC., 241 pp., 2014.

Vissin, E. W. : Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger, Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, Dijon, 310 pp., 2007.