

VARIABILITE TEMPORELLE DES PERIODES CRITIQUES DE CRUES SUR LA PERIODE 1992–2023 DANS LE BASSIN DE L'OUEME A L'EXUTOIRE DE BONOU AU BENIN

TEMPORAL VARIABILITY OF CRITICAL FLOOD PERIODS OVER THE PERIOD 1992-2023 IN THE OUEME BASIN AT THE BONOU OUTLET IN BENIN.

Auteur 1 : Dr. Pierre OUASSA.

Dr. Pierre OUASSA (Enseignant-chercheur, Assistant)

Laboratoire de Climatologie et Ethnoclimatologie Tropicale (CLimET), Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Université de Parakou, BP 123, Parakou, Bénin

Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi, République du Bénin, 03 BP1122 Cotonou (Bénin).

Déclaration de divulgation : L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

Conflit d'intérêts : L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

Pour citer cet article : OUASSA .P (2026) « VARIABILITE TEMPORELLE DES PERIODES CRITIQUES DE CRUES SUR LA PERIODE 1992–2023 DANS LE BASSIN DE L'OUEME A L'EXUTOIRE DE BONOU AU BENIN », African Scientific Journal « Volume 03, Num 37 » pp: 0229 - 0246.



DOI : 10.5281/zenodo.21394275
Copyright © 2026 – ASJ



Résumé

La basse vallée de l'Ouémé subit les effets des aléas hydroclimatiques qui affectent négativement les activités des populations. La présente recherche vise à analyser la variabilité temporelle des périodes critiques de crues dans le bassin de l'Ouémé, à l'exutoire de Bonou.

L'approche méthodologie s'appuie sur la collecte et le traitement des données hydrométriques (débits et hauteurs d'eau, 1992-2023) de la station de Bonou, ainsi que sur les précipitations de 23 stations locales et du produit satellitaire CHIRPS. Après correction de leurs biais, ces données de pluie ont été fusionnées pour estimer la pluie moyenne spatiale du bassin par krigeage ordinaire.

Les résultats indiquent que le seuil d'alerte rouge (800 cm) correspond à un débit d'environ 739,08 m³/s. Les inondations commencent en moyenne autour du 2 septembre et se terminent vers le 6 octobre. Elles s'étendent globalement du 28 juillet au 2 novembre, avec une période d'activité plus marquée entre le 16 août et le 28 octobre.

Mots-clés : Bassin de l'Ouémé, variabilité temporelle, Inondations, Système d'alerte précoce

Abstract

The lower Ouémé valley is subject to the effects of hydroclimatic hazards which negatively affect the activities of the populations. The present research aims to analyze the temporal variability of critical flood periods in the Ouémé basin, at the outlet of Bonou.

The methodology approach is based on the collection and processing of hydrometric data (flows and water heights, 1992-2023) from the Bonou station, as well as precipitation from 23 local stations and the CHIRPS satellite product. After correcting for their biases, these rainfall data were merged to estimate the spatial average rainfall of the basin by ordinary kriging.

The results indicate that the red alert threshold (800 cm) corresponds to a flow rate of approximately 739.08 m³ /s. Floods begin on average around September 2 and end around October 6. They generally extend from July 28 to November 2, with a more marked period of activity between August 16 and October 28.

Keywords: Ouémé Basin, temporal variability, Floods, Early warning system

Introduction

Le réchauffement climatique est sans équivoque (GIEC, 2007, p. 1) et aura des incidences certaines sur l'agriculture. Les scientifiques observent l'évolution du climat dans toutes les régions de la planète et dans l'ensemble du système climatique. Le sixième rapport du GIEC (2022, p. 4), réaffirme que le réchauffement climatique provoque notamment une hausse de l'instabilité climatique et de la fréquence des événements météorologiques extrêmes : canicules, sécheresses, incendies, mais aussi, inondations, tempêtes, cyclones. Le réchauffement climatique affecte aussi de manière globale les écosystèmes, notamment les plus fragiles, il perturbe la vie des sols, le cycle de l'eau, la vie des océans. Il participe également à la crise mondiale de la biodiversité en perturbant l'équilibre des habitats naturels notamment. Dans ce contexte global, l'Afrique et, particulièrement l'Afrique subsaharienne, apparaît comme la région du monde la plus exposée aux changements climatiques (FAO, 2008, p. 9). Généralement, en Afrique sub-saharienne, les agriculteurs font souvent face aux risques d'ordre naturel qui sont généralement dus à des éléments incontrôlables comme les conditions météorologiques (pluviométrie, sécheresse, inondation), les maladies endémiques (végétales et animales), l'invasion acridienne, qui ont un impact important sur les activités des populations (M. Sall, 2015, p.73).

Cette dynamique hydrologique complexe fragilise particulièrement les populations de la basse vallée de l'Ouémé, où les activités agricoles constituent la principale source de revenus. Les crues récurrentes provoquent la dégradation des terres cultivables, la destruction des récoltes et des produits maraîchers, ainsi qu'une baisse significative des rendements selon près de 89 % des producteurs. Les inondations rendent également les voies de communication impraticables, limitent le transport des personnes et des biens, et favorisent l'apparition de maladies hydriques telles que le choléra, le paludisme ou la bilharziose (P. Ouassa, 2019, p. 77).

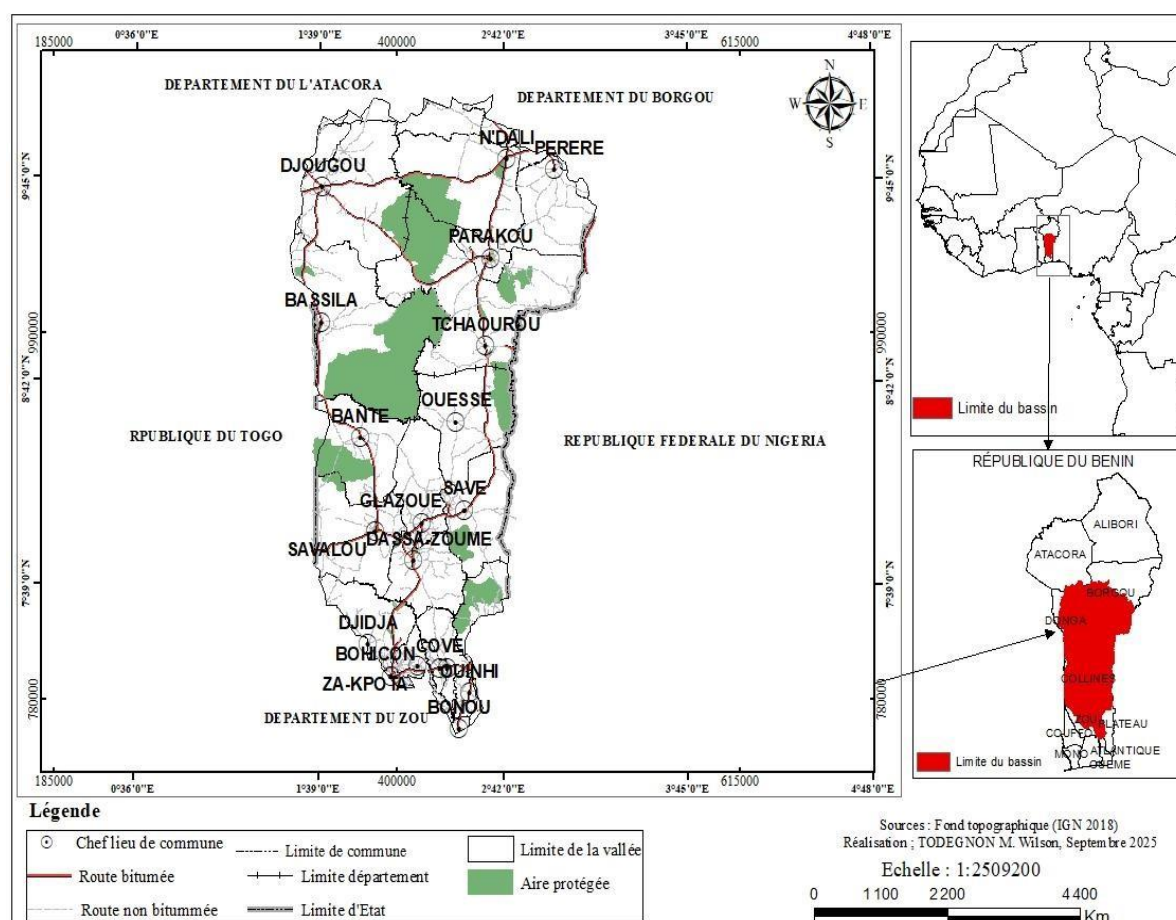
Dans ce contexte, la maîtrise du régime hydrologique de l'Ouémé, notamment à l'exutoire de Bonou, apparaît comme un enjeu majeur pour la sécurité alimentaire, la mobilité et la santé publique. L'anticipation des épisodes de crue repose en grande partie sur la modélisation prédictive des débits, qui permet d'évaluer les risques en temps utile. Plusieurs modèles hydrologiques conceptuels ont été appliqués sur ce bassin afin de simuler la dynamique des écoulements. L'application du modèle GR4J, par exemple, a permis de reproduire globalement les variations saisonnières du débit, mais a révélé une tendance à sous-estimer les pics de crue, c'est-à-dire les événements extrêmes qui représentent les plus grands dangers pour les populations (D. J. Kodja, 2018, p. 202). De telles sous-estimations peuvent entraîner des erreurs dans la diffusion des alertes, compromettant la gestion efficace des risques d'inondation. De ce

fait, le bassin de l'Ouémé à l'exutoire de Bonou est un cadre où les préoccupations liées à la variabilité des extrêmes hydrologiques et de leurs conséquences nécessitent une attention particulière. Justement, cette recherche vise à analyser la variabilité temporelle des périodes critiques de crues dans le bassin de l'Ouémé, à l'exutoire de Bonou.

1. Secteur d'étude

Le bassin-versant de l'Ouémé à l'exutoire de Bonou, est localisé en Afrique de l'Ouest, dans la République du Bénin. La figure 1 illustre sa situation géographique.

Figure 1 : Situation géographique du bassin-versant de l'Ouémé à l'exutoire de Bonou



Source : Fond topographique, IGN 2018

Le bassin-versant de l'Ouémé, à l'exutoire de Bonou, s'étend entre 10°12' et 7°58' de latitude Nord et 1°35' et 3°05' de longitude Est, Il est limité au sud par le département du Zou, au nord-est par le département du Borgou, au nord-ouest par le département de l'Atacora, à l'est par le Nigeria et à l'ouest par le Togo. Il couvre plusieurs départements du Bénin, à savoir la Donga, le Borgou, les Collines, le Zou, l'Ouémé et le Plateau, et inclut 38 communes, soit environ 49,35 % des 77 communes du pays. Le bassin, avec ses principaux affluents tels que le Zou et l'Okpara, s'étend sur une superficie d'environ 46 200 km². Sa partie supérieure repose sur le

socle Dahoméyen, tandis que la partie inférieure, appelée Ouémé inférieur, est constituée de formations sédimentaires du bassin côtier (L. Le Barbé, 1993, p.38).

2. Données et méthodes

2.1 Données utilisées

Dans le cadre de cette étude, deux principales catégories de données ont été mobilisées : les données pluviométriques et les données hydrométriques. La série pluviométrique exploitée couvre la période allant de 1992 à 2023, ce qui offre une série raisonnable pour l'analyse hydroclimatique. En ce qui concerne les données hydrométriques, celles-ci ont été fournies par la Direction Générale de l'Eau (DG-Eau). La série de débits et de hauteurs d'eau journaliers utilisée correspond à celle de la station hydrométrique de Bonou de 1992 à 2023.

2.2. Méthodes utilisées

2.2.1. Méthode Quantile Mapping (QM)

Cette approche statistique ajuste la distribution des données simulées à celle des observations, en corrigeant les biais non seulement sur la moyenne, mais aussi sur les quantiles (extrêmes inclus).

$$P^*(t) = F^{-1} (F_{\text{mod}}(P_{\text{mod}}(t))) \quad \text{obs}$$

- F_{mod} : fonction de répartition empirique des simulations
- F^{-1} : quantile correspondant dans les observations

Cette méthode plus robuste, elle corrige à la fois la moyenne, la variance et les extrêmes. Très utilisée en climatologie et hydrologie. Afin d'assurer la pertinence des traitements appliqués, une phase de validation est ensuite réalisée.

2.2.2. Validation croisée leave-one-year-out

Le protocole « leave-one-year-out » consiste à :

- retirer une année entière des données,
- calibrer la méthode de correction sur les années restantes,
- puis tester la performance sur l'année exclue.

$$\text{Performance}(k) = f(P^*(t), O_k(t)), \quad k = 1, 2, \dots, n$$

Avec : $-k$

- $P^*(t)$: prédictions corrigées en laissant de côté l'année kkk
- $-k(t)$: observations de l'année exclue
- $f(\cdot)$: métrique d'évaluation (RMSE, MAE, NSE, etc.)

Cette opération est répétée pour chaque année disponible, assurant une évaluation robuste et indépendante de chaque méthode. Cela permet d'éviter le surapprentissage et de sélectionner, station par station, la méthode offrant les meilleures performances.

En parallèle des méthodes de validation, la moyenne interannuelle a été utilisée pour estimer les valeurs manquantes et renforcer la cohérence saisonnière des séries.

2.2.3. Moyenne interannuelle

La méthode de la moyenne interannuelle consiste à estimer les valeurs manquantes à partir de la moyenne des observations enregistrées à la même période calendaire sur les autres années disponibles. Elle repose sur l'hypothèse d'une répétitivité saisonnière des phénomènes étudiés, garantissant des valeurs cohérentes avec le comportement moyen de la série.

Cette approche est reconnue pour sa fiabilité, car elle préserve la saisonnalité des données et limite l'introduction de valeurs artificielles. Elle est particulièrement adaptée aux séries longues et constitue une solution appropriée pour les analyses statistiques et la modélisation par apprentissage automatique. La mise en œuvre consiste à identifier les données manquantes, à extraire les valeurs correspondantes des autres années et à en calculer la moyenne pour reconstituer la série.

La qualité et la continuité des séries temporelles étant cruciales pour l'analyse, il convient à présent de présenter les méthodes utilisées pour le comblement des données pluviométriques manquantes.

2.2.4. Identifier des périodes de dépassement du seuil critique d'inondation.

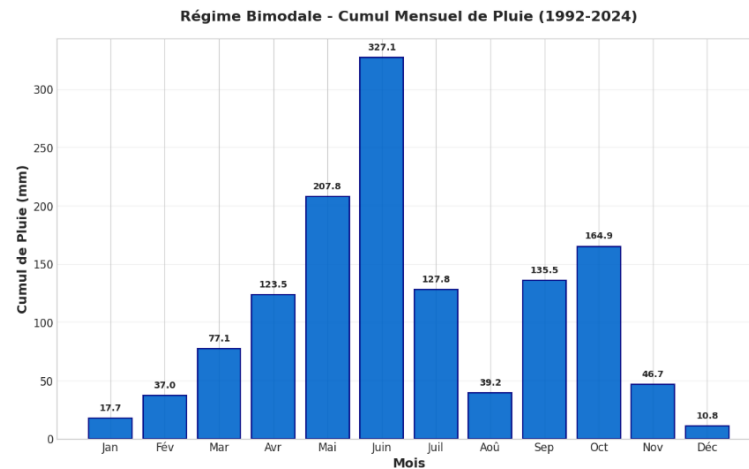
Afin de caractériser de manière opérationnelle les situations à risque d'inondation, il est indispensable d'établir des seuils hydrologiques pertinents à partir des variables observées. Cette section s'appuie ainsi sur la relation entre la hauteur d'eau et le débit pour définir des niveaux d'alerte, avant d'analyser les périodes durant lesquelles ces seuils critiques sont dépassés.

3. Résultats

3.1. Evolution mensuelle des hauteurs de pluies

Le bassin de l'Ouémé à Bonou présente une diversité climatique importante, car il se situe à la jonction des deux principaux types de climat du Bénin. Au sud, le climat est de type subéquatorial humide, caractérisé par une forte humidité et une alternance de deux saisons sèches (novembre à mars et mi-juillet à mi-septembre) et de deux saisons des pluies (avril à mi-juillet et mi-septembre à octobre), donnant un régime pluviométrique bimodal avec des précipitations relativement bien réparties tout au long de l'année (E. Amoussou, 2015, p.4). la figure 2 illustre le régime bimodal des précipitations.

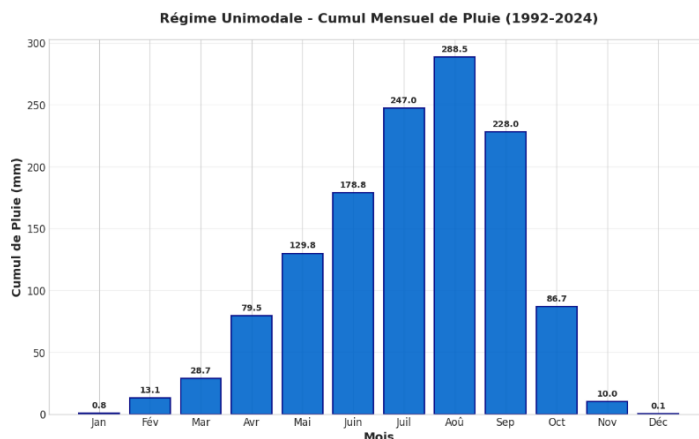
Figure 2: distribution bimodale des précipitations



Source : Météo Bénin

De l'analyse de la figure 2, il s'observe une longue saison sèche (novembre à avril) et une saison des pluies concentrée de juin à septembre. De ce fait, la distribution des précipitations induit un régime pluviométrique unimodal, où les pluies sont fortement concentrées sur quelques mois.

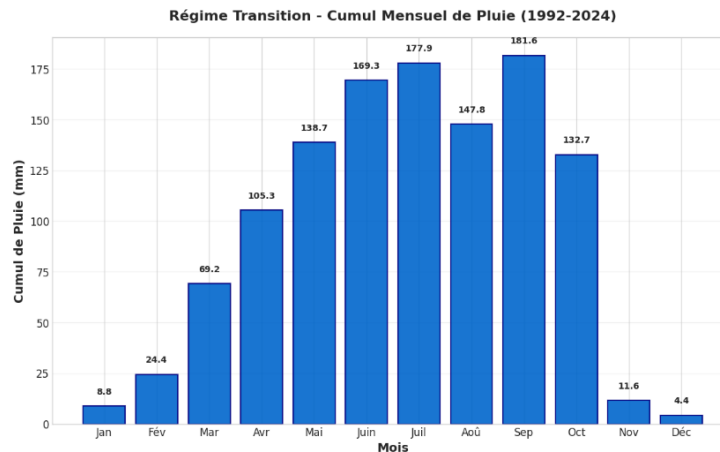
Figure 3 : distribution Unimodale des précipitations



Source: Météo Bénin

L'analyse des cumuls mensuels des précipitations de 1992 à 2024 montre clairement ces régimes : les figures 2 et 3 illustrent respectivement le cumul mensuel moyen des précipitations dans le bassin, tandis que la figure 4 met en évidence la transition entre les deux régimes climatiques dans zone d'étude.

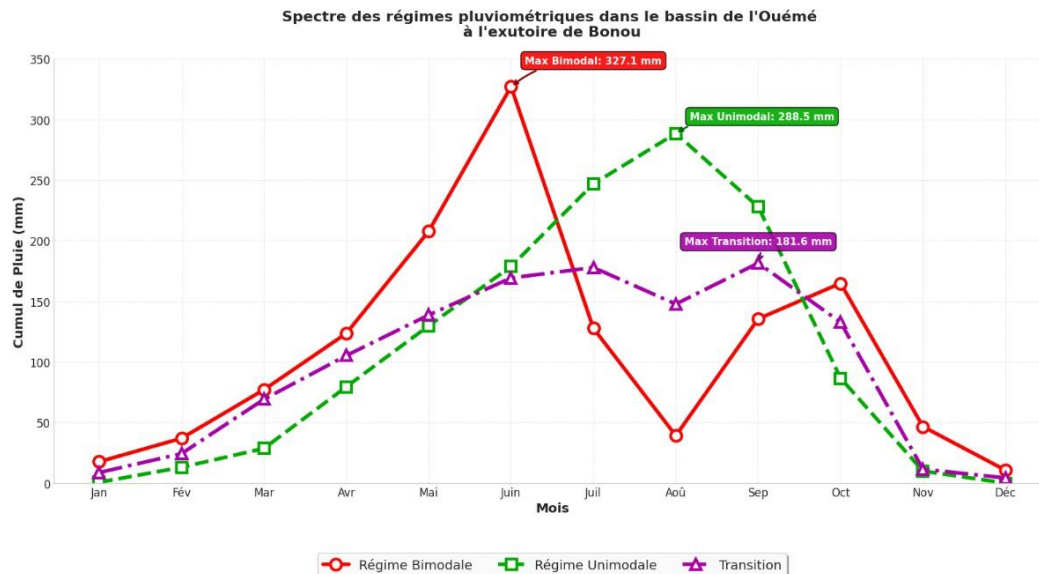
Figure 4: Régime transitionnel des précipitations



Source: Météo Bénin

Les visualisations des cumuls mensuels de précipitations pour la période 1992– 2023 (figures 2 à 4) mettent en évidence la diversité des régimes pluviométriques dans le bassin de l’Ouémé à Bonou. Le sud de la zone d’étude est caractérisé par un régime bimodal, avec deux pics pluviométriques distincts correspondant aux deux saisons des pluies. Au centre, on observe une transition progressive vers un régime unimodal, où les deux pics initiaux tendent à se fusionner en un pic unique, ce phénomène étant matérialisé par une augmentation marquée du cumul des précipitations au mois d’août. Cette évolution illustre la tendance du régime à se concentrer sur la saison principale de pluies. Au nord, le régime pluviométrique reste unimodal, avec un unique pic prononcé au mois d’août, caractéristique du climat tropical humide. Ces observations justifient l’importance d’analyser séparément les sous-régions du bassin pour mieux comprendre la variabilité spatiale des précipitations et leurs impacts sur les débits et les risques de crues (figures 2 à .4). La figure 5 synthétise cette organisation spatiale en superposant les régimes pluviométriques sur un même repère

Figure 5: Spectre des régimes pluviométriques dans le bassin de l'Ouémé : du régime bimodalité subtropicale au régime unimodal



Source : Météo Bénin

La cohérence de cette classification tripartite est confirmée par les travaux de Japhet Kodjia (2018, p.44-p45) dans sa thèse sur les Indicateurs des événements hydroclimatiques extrêmes dans le bassin versant de l'Ouémé à l'exutoire de Bonou en Afrique de l'Ouest. L'auteur a réalisé une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) selon la méthode de Ward sur les hauteurs de pluies mensuelles de 30 stations pluviométriques couvrant la période 1951-2015. Sa classification aboutit également à une typologie en trois classes distinctes de régimes pluviométriques (Figure 1.4 de sa thèse page 44), renforçant ainsi la robustesse et la validité spatiale de notre propre segmentation. Cette distinction spatiale justifie encore la nécessité de considérer des zones homogènes pour les analyses hydrologiques.

3.2. Analyse de la variabilité temporelle des périodes critiques de crues dans le bassin de l'Ouémé, à l'exutoire de Bonou, sur la période 1992–2023.

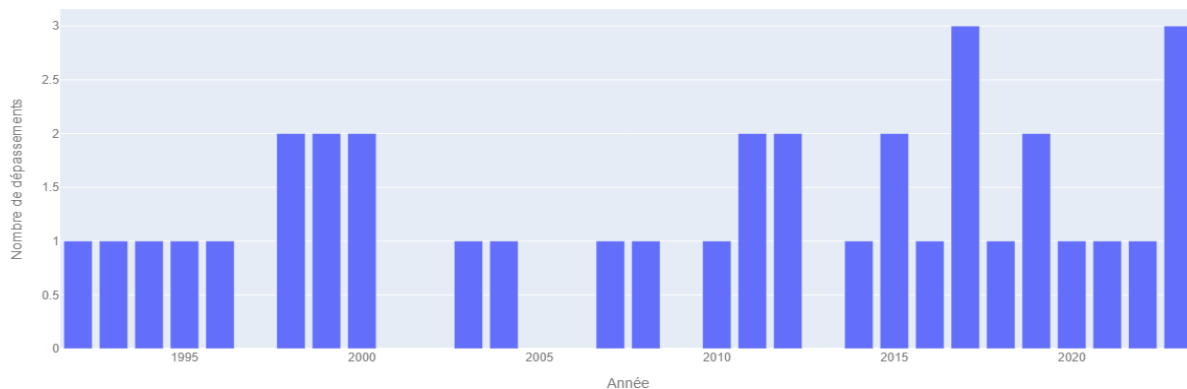
Cette section a pour objectif d'étudier l'évolution temporelle des épisodes de crue majeurs sur le bassin de l'Ouémé. L'analyse s'articule autour de plusieurs indicateurs hydrologiques et pluviométriques clés, permettant d'identifier et de caractériser les périodes critiques et leur variabilité au cours des trois dernières décennies.

3.2.1. Analyse du nombre de dépassements de seuil d'alerte rouge par année

La figure 6 présente la fréquence annuelle des événements d'inondation ayant dépassé le seuil d'alerte rouge (739,08 m³/s) entre 1992 et 2023.

Figure 6: Visualisation du nombre de dépassements de seuil d'alerte rouge par année

Nombre d'épisode de dépassements de seuil d'alerte rouge par année



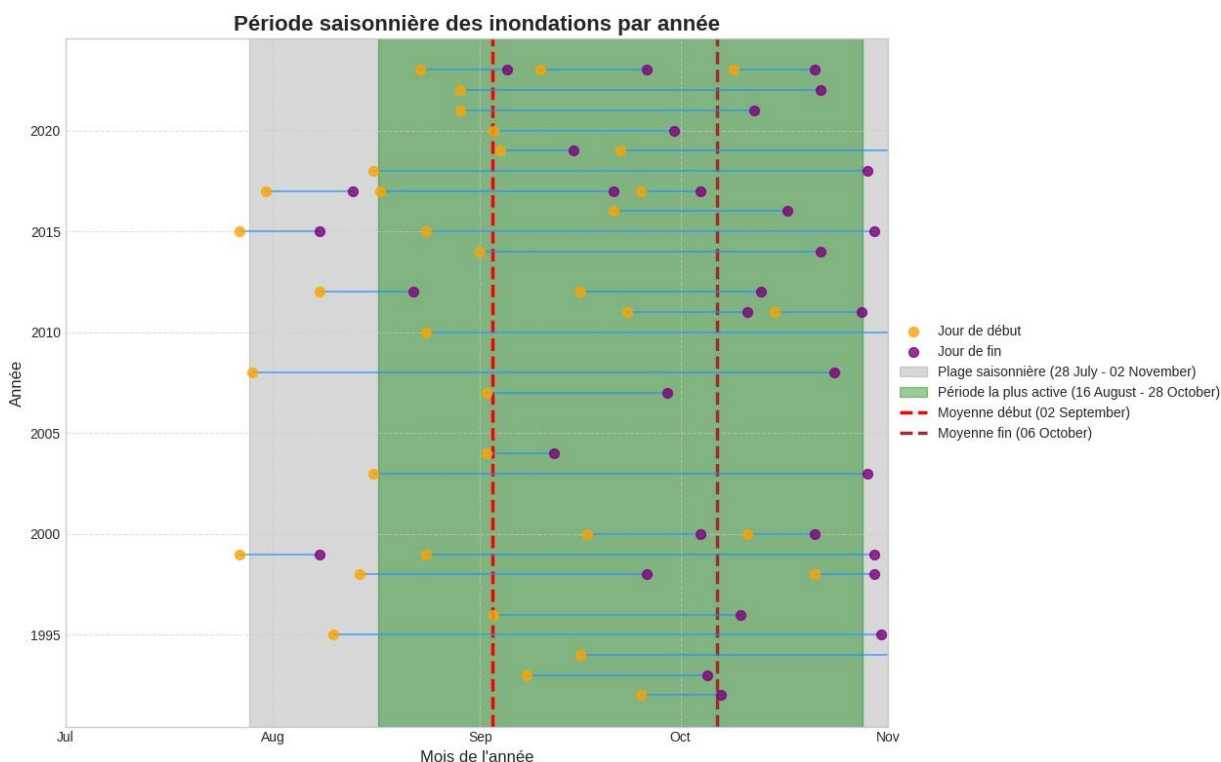
Source : Traitement des données, 2025

On observe immédiatement que le nombre de ces épisodes varie considérablement d'une année à l'autre. Sur la période étudiée, le nombre de dépassements par an se situe dans une plage relativement étroite, allant d'un minimum de 0 épisode à un maximum de 3 épisodes. Visuellement, il n'y a pas de tendance linéaire claire et constante à la hausse ou à la baisse du nombre annuel de dépassements sur cette période. Certaines années se distinguent par un nombre d'événements plus élevé (par exemple, 2017 et 2023 avec 3 dépassements), tandis que d'autres n'en enregistrent qu'un seul ou aucun. Cette variabilité interannuelle marquée suggère que la fréquence des inondations à seuil d'alerte rouge est fortement influencée par des conditions spécifiques propres à chaque année, potentiellement liées à des phénomènes météorologiques ou hydrologiques particuliers, plutôt que par une tendance de fond sur cette période. L'analyse de ces facteurs déclenchant pourrait apporter des éclaircissements supplémentaires sur cette variabilité observée. Après avoir examiné la fréquence des dépassements de seuil d'alerte rouge par année, il est pertinent de s'intéresser à la répartition temporelle de ces phénomènes à travers l'étude de la saisonnalité des inondations.

3.2.2. Analyse et Interprétation des périodes critiques des Inondations (1992-2023)

La figure 7 présente une visualisation des périodes critiques d'inondations observées sur la zone d'étude, permettant d'identifier les phases les plus vulnérables du régime hydrologique.

Figure 7: Visualisation des périodes critiques d'inondations



Source : Traitement des données, 2025

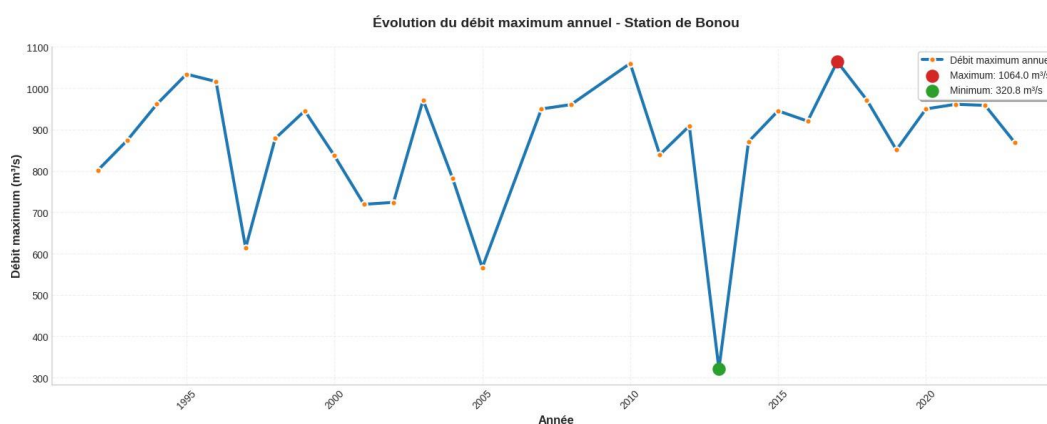
L'analyse des événements de dépassement du seuil d'alerte rouge ($739,08 \text{ m}^3/\text{s}$) entre 1992 et 2023 révèle une saisonnalité très marquée des inondations. Le graphique visualise chaque épisode d'inondation par année, montrant clairement que la grande majorité de ces événements se concentrent dans une période spécifique de l'année. Cette concentration des points de début (orange) et de fin (violet), ainsi que des lignes de durée (bleu), indique que les inondations ne se produisent pas de manière aléatoire tout au long de l'année, mais sont liées à des conditions saisonnières propices. En quantifiant cette saisonnalité à l'aide des jours de l'année pour les dates de début et de fin, il est observé que le jour moyen de début des inondations est approximativement le 245^{ème} jour (2 septembre), et le jour moyen de fin est le 279^{ème} jour (6 octobre). Ces moyennes soulignent que le cœur de la saison des inondations se situe en septembre et début octobre. L'analyse des percentiles permet de définir des plages saisonnières clés. La plage saisonnière totale (zone grise sur le graphique), du 5^{ème} percentile des jours de début (28 juillet) au 95^{ème} percentile des jours de fin (02 Novembre), englobe environ 90 % des inondations. Cette fenêtre d'environ 97 jours est la période la plus probable pour l'occurrence d'un événement d'inondation. Les inondations en dehors de cette plage sont rares. La période la plus active (zone verte), entre le 25^{ème} percentile des jours de début (16 août) et le 75^{ème} percentile des jours de fin (28 octobre), représente la période de plus forte concentration des inondations, couvrant 50 % des événements en environ 72 jours. C'est la fenêtre de temps

la plus critique en termes de fréquence. En conclusion, l'analyse confirme une saisonnalité prononcée des inondations, principalement concentrées de fin juillet à fin octobre, avec une période de forte activité d'août à octobre. Une fois la saisonnalité caractérisée, l'analyse peut être approfondie en observant l'évolution du débit maximum enregistré annuellement, indicateur clé de l'intensité des crues.

3.2.3. Analyse de l'évolution du débit maximum par année

La figure 8 illustre l'évolution du débit maximum annuel enregistrée au cours de la période d'étude, afin d'observer les variations interannuelles des crues extrêmes.

Figure 8: Visualisation de l'évolution du débit maximum par année



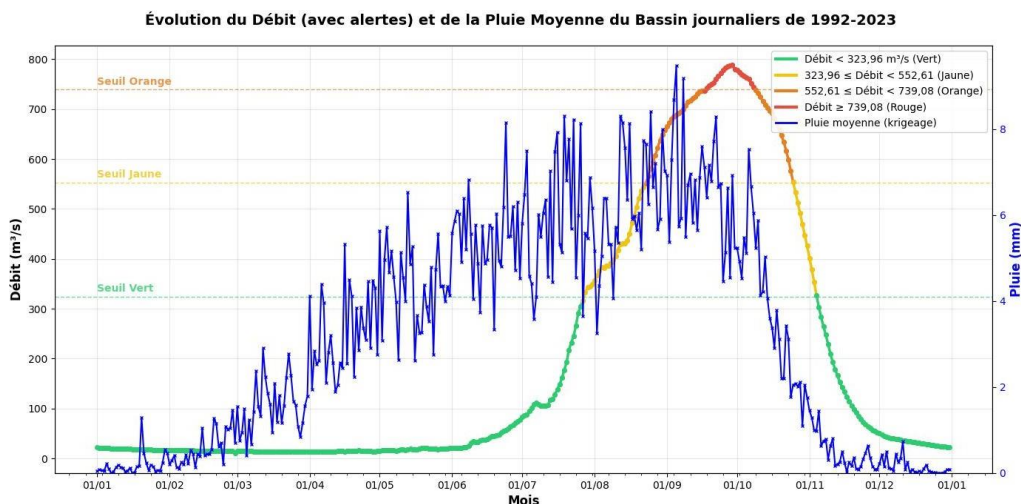
Source : Traitement des données, 2025

L'analyse de l'évolution du débit maximum annuel, tel que visualisé sur le graphique linéaire, révèle une variabilité significative d'une année à l'autre sur la période de 1992 à 2023. La plage des débits maximums annuels observés s'étend de 320.8 m³/s en 2013 à un pic de 1064.00 m³/s en 2017. Malgré cette amplitude de variation, l'examen visuel du graphique ne met pas en évidence de tendance claire et constante à la hausse ou à la baisse du débit maximum annuel sur cette période de près de 30 ans. Le graphique est caractérisé par une succession de pics et de creux prononcés, indiquant que certaines années ont connu des événements de crue avec des débits beaucoup plus élevés que d'autres. Des débits maximums notables ont été enregistrés, par exemple, autour des années 1995, 2010, 2017 et, tandis que des creux significatifs sont visibles autour des années 1997, 2005, 2013. Cette variabilité interannuelle marquée suggère que les débits maximums sont fortement influencés par des conditions spécifiques propres à chaque année, telles que des événements hydrométéorologiques extrêmes. Enfin, pour compléter cette exploration, il convient de mettre en parallèle l'évolution du débit moyen et celle de la pluie moyenne journalière, afin de mieux comprendre la dynamique globale entre précipitations et écoulements.

3.2.4. Analyse de l'évolution du débit moyen et de la pluie moyenne journaliers de 1992-2023

La figure 9 montre l'évolution conjointe du débit moyen et de la pluie moyenne journalière sur la période 1992–2023, mettant en évidence la dynamique hydrométéorologique du bassin.

Figure 9: Evolution du débit moyen et de la pluie moyenne journalière de 1992-2023



Source : Traitement des données, 2025

L'analyse de l'évolution du débit moyen journalier et de la pluie moyenne journalière au cours de l'année, représentée sur le graphique à deux axes Y, met clairement en évidence une relation entre les précipitations et les débits de la rivière. On observe un schéma saisonnier prononcé pour les deux variables : les périodes de faibles précipitations (saison sèche) correspondent aux débits les plus bas, tandis que l'augmentation des pluies au début de la saison humide entraîne une augmentation correspondante des débits. Le graphique montre que le pic des précipitations (barres bleues) a tendance à se produire légèrement avant le pic du débit (courbe colorée). Ce décalage temporel est un phénomène hydrologique classique expliqué par le temps de réponse du bassin versant. Lorsqu'il pleut, l'eau ne se transforme pas instantanément en débit de rivière. Elle doit d'abord s'infiltrer dans le sol, ruisseler à la surface, transiter par les nappes souterraines et le réseau hydrographique. Le temps nécessaire à l'eau pour parcourir ce chemin et atteindre la station de mesure du débit crée ce décalage. La durée de ce temps de réponse dépend de plusieurs facteurs propres au bassin, tels que sa taille, sa topographie, le type de sol, la couverture végétale et l'état de saturation en eau du sol. Sur le graphique, le pic de débit fait suite au pic de pluie avec un délai qui reflète ce temps de parcours moyen de l'eau dans le bassin. Cette observation confirme l'influence directe et différée des précipitations sur le régime hydrologique de la rivière.

3.1.5. Perceptions endogènes des phénomènes hydrologiques dans le bassin versant de l'Ouémé

Le tableau I fait état des connaissances endogènes sur l'inondation.

Tableau I : Connaissances endogènes sur l'inondation

Dénomination	Ozo ou Oto gbamè
Caractéristiques	Pluie abondante, montées exceptionnelles des eaux, dégâts dans les champs, maladies hydriques
Variantes	- Excès des eaux - Excès des eaux en 3 mois (Septembre à Novembre) - Phénomènes cycliques
Intensité	Forte
Causes	Abondance des pluies, débordement des eaux du fleuve Ouémé
Année d'apparition	1972, 1978, 1984, 1985, 2010
Fréquence de maladies	- Le choléra (diarrhée, vomissement) - Le paludisme, la bilharziose
Signes annonciateurs (inondation)	Changement de couleur de l'eau des rivières, présence de la jacinthe d'eau (<i>Eichlornia crassipes</i>)

Source : Enquête de terrain, juillet 2025

L'examen du tableau I montre que l'inondation est une montée par excès de l'eau. L'inondation est causée par l'abondance des pluies et le débordement des eaux du fleuve Ouémé. L'inondation est appelée localement par les populations « Ozo ,Oto gbamè », ce qui signifie « montée des eaux ». Cette appellation est connue de toutes les populations du cadre d'étude. L'inondation est d'une forte intensité dans la basse vallée de l'Ouémé. La crue est périodique et son arrivée est connue grâce à certaines espèces aquatiques présentées par la photo 1.

Photo 1 : Espèces (houâ) annonçant les hautes eaux dans la Commune des Aguégus



Prise de vue : Dah, Septembre 2018

L'observation des espèces présentées par la photo 2, annonce la période des hautes eaux selon 89 % des populations rencontrées. Ainsi, ces eaux sont à l'origine des crues et des inondations dans la basse vallée de l'Ouémé.

Pour les 11 %, les inondations dépendent de l'intensité ou de la durée des pluies. Elle intervient souvent pendant les mois de septembre à octobre. Elle cause d'énormes dégâts aux populations, et est à l'origine de beaucoup de désagréments (planche 1).

Planche 2 : Champs de maïs détruit dans le village de Hêtin-Houedomey et voies inondée et à Tove sota



Prise de vues : Ouassa août 2019 et Zinsou, septembre 2018

L'agriculture est la principale activité économique dans la basse vallée de l'Ouémé. Les inondations sont à la base de la dégradation des surfaces cultivables, de la destruction des récoltes, des produits maraîchers et de baisse de rendement selon les 89 % des producteurs. Aussi, en période d'inondation, certaines voies sont inondées pendant que d'autres sont très dégradées. Puisque l'eau de crue stagne sur les voies rendant ainsi difficile le transport des personnes et des biens.

La crue est caractérisée par la présence de certaines maladies comme le choléra, le paludisme, la bilharziose.

Au-delà des signes annonciateurs de la saison des pluies, l'arrivée de la saison des pluies est précédée des signes particuliers. Il s'agit :

- du changement de couleur des rivières ;
- la présence de la jacinthe d'eau (*Eichlornia crassipes*).

La densité des inondations dépend aussi de l'abondance des pluies. Les années de pluies extrêmes dont les populations ont encore connaissance sont ; 1972, 1978, 1984, 1985, etc. La

plus récente est l'année 2010 qui reste encore présente dans la mémoire des populations parce qu'elle a causé d'énormes dégâts.

4. Discussion

La présente étude visait à analyser les périodes critiques de crues dans le bassin de l'Ouémé à l'exutoire de Bonou, Les principaux résultats obtenus sont confrontés dans cette discussion aux observations de terrain, mais également aux conclusions des travaux antérieurs menés dans le bassin et dans des contextes similaires.

L'analyse statistique réalisée exclusivement à partir des débits observés, sans recourir aux précipitations ni à d'autres indices, a permis de déterminer avec précision les périodes critiques de crue. Les résultats montrent que les inondations débutent en moyenne autour du 2 septembre et se terminent vers le 6 octobre, avec une période saisonnière comprise entre le 28 juillet et le 2 novembre, et une période d'activité marquée du 16 août au 28 octobre.

Ces résultats s'inscrivent globalement dans les tendances déjà décrites par la littérature. En effet, O. V. Azonnakpo, (2017, p. 83), souligne que les inondations dans la basse vallée de l'Ouémé surviennent généralement entre août et octobre, avec un pic en septembre dépassant parfois 700 m³/s. D'autres auteurs, tels qu'E. Amoussou et al. (2015) dans le Mono, confirment également que les crues maximales à l'échelle régionale se produisent en été.

Ainsi, bien que notre approche soit totalement fondée sur l'analyse des débits, sans mobilisation d'indicateurs externes, elle ne contredit pas les résultats antérieurs. Au contraire, elle apporte une précision temporelle plus fine, notamment dans la détermination des dates moyennes de début, d'intensification et de fin des inondations. Cette finesse est essentielle pour la prévision opérationnelle et la mise en place d'un système d'alerte plus fiable.

Conclusion

L'étude de la variabilité saisonnière du régime hydrologique, des hauteurs pluviométriques maximales sur la période 1992-2023 montre que le bassin de l'Ouémé est sujet à de forte variabilité selon les échelles de temps dont les conséquences restent néfastes pour le développement durable. En effet, la visualisation de la saisonnalité des inondations a clairement démontré que ces événements ne sont pas aléatoires mais se concentrent sur une période critique de l'année (principalement de fin juillet à fin octobre), avec une période d'activité maximale. Cette saisonnalité marquée indique que les conditions propices aux inondations sont récurrentes et prévisibles dans une certaine mesure. Aussi, l'analyse du nombre de dépassements de seuil d'alerte rouge par année a montré une variabilité interannuelle significative de la fréquence des événements, bien qu'aucune tendance linéaire claire n'ait été observée sur la période étudiée. Cette variabilité aléatoire renforce l'importance de la prévision pour chaque saison. Enfin, l'examen de l'évolution du débit maximum annuel a révélé une forte variabilité d'une année à l'autre, avec des pics de débit importants qui peuvent avoir des conséquences dévastatrices. Étant donné cette saisonnalité prononcée, la variabilité interannuelle de la fréquence et de l'intensité des inondations, et les impacts potentiels sur les vies humaines et les biens matériels, il est essentiel de pouvoir anticiper les débits à venir. Développer un modèle de prévision des débits excellent permettra d'améliorer les systèmes d'alerte précoce, d'optimiser la gestion des ressources et de mettre en œuvre des mesures de protection ciblées, contribuant ainsi à éviter ou à limiter considérablement les pertes humaines et les dommages matériels associés aux inondations.

Références bibliographiques

- AMOUSSOU Ernest, TOTIN V. S. Henri, ALLAGBE Simon, KODJA Japhet, AKOGNONGBE S. J. Arsène, SOHOU Brice, VISSIN Expédit W., BOKO Michel, HOUNDENOU Constant, MAHE Gil, 2015, Péjoration climatique et dynamique hydrogéologique dans le bassin-versant du fleuve Ouémé à Bonou au Bénin, 32p.
- AZONNAKPO Vinassého Olivier, 2017, Inondations et santé publique en aval du delta du fleuve Ouémé : cas de la commune de Seme-podji. Mémoire de master en environnement santé et développement durable, CIFRED/UAC, 110 p.
- FAO, 2018, L'état de la sécurité alimentaire et la nutrition dans le monde. Renforcer la résilience face aux changements climatiques pour la sécurité alimentaire et la nutrition, 32p.
- GIEC, 2022, Impacts, options d'adaptation et domaines d'investissement pour une Afrique de l'Ouest résiliente au changement climatique. Rapport de synthèse. Sixième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat 20p. DOI : https://cdkn.org/sites/default/files/2022-04/IPCC%20Regional%20Factsheet%202_West%20Africa%E2%80%93FR_web.pdf
- GIEC., 2007, 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 p. DOI : https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_fr.pdf
- KODJA Domiho Japhet, 2018, Indicateurs des événements hydroclimatiques extrêmes dans le bassin versant de l'Ouémé à l'exutoire de Bonou en Afrique de l'Ouest. Géographie. Thèse de Doctorat Unique, Université de Montpellier, 288p.
- Lawin, A. E., Afouda, A., & Lebel, T., 2011. Analyse de la variabilité du régime pluviométrique dans la région agricole d'Ina au Bénin. European Journal of Scientific Research, 50(3), 425-439
- LE BARBE Luc; ALE Grégoire; MILLET Bertrand; TEXIER Hervé; BOREL Yves et GUALDE René, 1993, Les ressources en eau superficielles de la République du Bénin. IRD/DH, Cotonou, 540 p. DOI : <https://api.ressources-eau.gouv.bj/storage/fichiers/DN0LEPU7HIKaMF6Qi4txKvwxLeBxrEl4neMBg4NK.pdf>
- SALL Moussa, 2015, Les exploitations agricoles familiales face aux risques agricoles et climatiques : stratégies développées et assurances agricoles. Thèse de doctorat. Economies et finances. Université Toulouse le Mirail – Toulouse II, 279p. DOI : <https://theses.hal.science/tel-01342523/document>

OUASSA Pierre, 2022, Evènements hydroclimatiques extrêmes et sécurité alimentaire dans le bassin béninois de la Pendjari à l'exutoire de Porga. PhD/GAGIEE/CIPMA, 292p.

OUASSA Pierre, 2019, Caractérisation des risques hydroclimatiques dans la basse vallée de l'Ouémé au Bénin, Mémoire de Master, MIRD/IGATE/UAC, 97p.