



Université de Parakou

*****@*****

Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines (FLASH)

*****@*****



Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT)

*****@*****

Master Géoscience et Développement

*****@*****

Laboratoire de Climatologie et Ethnoclimatologie Tropicales

(Labo ClimET)

*****@*****

Mémoire de Master II

Option : SIG et Dynamique environnementale

Variabilité hydroclimatique et gestion des ressources en eau de surface et des berges par les populations riveraines de la rivière Beffa dans la commune de Ouéssè (Bénin)

Réalisé par :

ALOMASSO Codjo Serge

Sous la direction de :

Prof. AGOÏNON Norbert

Maitre de Conférences des Universités de CAMES

Soutenu le 19/12/2022

Dédicace.....	3
Sigles et Acronymes.....	4
Remerciements.....	5
<i>Résumé</i>	6
CHAPITRE I : CADRE THÉORIQUE, FONDEMENTS PHYSIQUES ET HUMAINS DU MILIEU D'ÉTUDE.....	9
1.1 Cadre Théorique.....	9
1.2. Cadre d'étude du bassin versant de la rivière Beffa à Vossa, Commune de Ouéssè.....	14
1.3 Présentation du cadre humain.....	18
CHAPITRE II : APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE.....	19
2.1. Natures et sources des données.....	19
2.2. Outils et techniques de collecte de données.....	20
2.4.1 Méthode d'analyse des impacts des activités anthropiques sur les berges	27
CHAPITRE III : CARACTERISATION HYDROCLIMATIQUE DU BASSIN DE LA RIVIÈRE BEFFA À VOSSA.....	29
3.1 Variabilité climatique et hydrologique dans le bassin de la rivière Beffa 3.1.1 Variabilité climatique dans le bassin de la Beffa à Vossa.....	29
3.1.2 Variabilité hydrologique dans le bassin de la Beffa à Vossa	36
CHAPITRE IV : INFLUENCE DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES SUR LES EAUX DE SURFACE ET DES BERGES DANS LE BASSIN DE LA BEFFA À VOSSA.....	40
4.1 Activité économique et influence sur les ressources en eau dans le bassin de la Beffa à Vossa.....	40
4.2 Impact des activités humaines sur la morphologie des berges.....	42
CHAPITRE V : STRATEGIES DE GESTIONS DES RESSOURCES EN EAU DE SURFACE ET DES BERGES.....	54
5.1 Gestions des ressources en eau de surface.....	54
5.2 Stratégies de gestion des berges.....	59
5.3 Stratégies d'adaptation face aux variations hydroclimatiques dans le bassin.....	62
5.4 Suggestion.....	65
5.6 Discussion.....	66
Conclusion et perspective.....	68
Référence bibliographique.....	70
Liste des figures.....	73
Liste des tableaux.....	74
Annexes.....	75

Dédicace

A

Wabaaa Trinité

Mon fils Alomasso Yanis

Sigles et Acronymes

AEV	: Adduction d'Eau Villageoise
AGN	: Africa Groundwater Network
ASECNA	: Agence pour la Sécurité de la Navigation en Afrique et à Madagascar
CeCPA	: Centre Communale de la promotion Agricole
CePRA	: Centre Régional de la Promotion Agricole
CIPCRE	: Cercle International pour la Promotion de la Création
DGEau	: Direction Générale de l'Eau
DNM	: Direction Nationale de la Météorologie
DNPC	: Direction nationale de la protection Civile
ETP	: Evapotranspiration Potentielle
FLASH	: Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines
FSA	: Faculté des Sciences Agronomiques
GIRE	: Gestion Intégrée des Ressources en eau
IGN	: Institut Géographique National
INRAB	: Institut National de la Recherche Agricole du Bénin
INSAE	: Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique
Labo-climET-UP	: Laboratoire de Climatologie et Ethnoclimatologie Tropicales de l'Université de Parakou
PDC	: Plan de Développement Communal
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitation

Remerciements

Ils sont très nombreux à apporter leur gain de sel, de diverses formes à l'édifice de ce travail. Ainsi, si la gratitude est vertu humaine, la rendre à qui de droit est un devoir. Les profondes reconnaissances et sincères remerciements vont particulièrement à l'endroit de :

***Prof AGOÏNON Norbert**, maître de conférences des universités de CAMES, maître de ce mémoire qui s'est toujours rendu disponible pour les différentes orientations, et différents apports scientifiques malgré ses multiples occupations.

***Docteur Serge TOSTAIN**, Président de l'Association FORMAD-Environnement qui a consacré beaucoup de temps à améliorer la qualité de ce mémoire et a donné du matériel, une bourse d'études et des directives scientifiques pour l'accomplissement de ces travaux de recherche.

Un sincère merci à mes encadreurs : Docteurs OUOROU BARRE Fousseni Imorou, ALOMASSO Alphonse du Labo ClimET-UP, pour leurs encadrements, leurs conseils et apports scientifiques malgré leurs multiples occupations.

*Tous les professeurs du Département de Géographie et Aménagement du Territoire pour leurs enseignements de qualité ;

*Mes oncles ALLOMASSO Tchokponhoue et ALOMASSO Alphonse pour leur soutien financier, moral et matériel ;

*Mes grandes sœurs Pélagie, Judith, et Chimène pour leur soutien financier, moral et matériel ;

*Mon épouse Déo-Gratias CHACLA son soutien moral ;

*Tous ceux de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail

Résumé

La gestion et la conservation des ressources naturelles et des ressources en eau en particulier dont celles du bassin de la rivière Beffa à Vossa dans la commune de Ouèssè posent des questions de recherche importantes. L'étude a pour objectif d'approfondir les connaissances sur la variabilité hydroclimatique et sur l'utilisation des eaux de surface et des berges par les populations riveraines de la Beffa. L'hypothèse est que les actions anthropiques sur la forêt galerie et sur l'utilisation des eaux de surface (prélèvements, pollutions) ajoutées aux facteurs naturels contribuent à l'amenuisement de la ressource en eau. Pour vérifier cette hypothèse, l'approche méthodologique s'est articulée autour de la recherche documentaire, l'enquête de terrain, la collecte des données (pluviométriques de 1980 à 2016, hydrologiques, démographiques et d'occupation de sol) et le traitement statistique d'un échantillonnage.

L'analyse de la variation hydroclimatique, montre une forte instabilité pluviométrique dont l'indice varie entre 2 et -2 dans le bassin. L'analyse de la relation pluie-débit montre une corrélation positive avec un coefficient de détermination supérieur à 90 %.

L'observation des unités d'occupation de sol de 1990, 2006 et 2020 révèle une régression des formations naturelles et une progression des formations anthropisées. Les formations savanicoles et forestières sont passées de 95 % en 1990 à 46 % en 2020 et les formations anthropisées de 4,5 % en 1990 à 53,5 % en 2020.

Selon les populations riveraines la dégradation des berges de la rivière Beffa observée depuis ces dernières décennies est essentiellement anthropique.

En réponse aux effets de la variabilité pluviométrique et des destructions du milieu, des cultivateurs ont tenté différentes stratégies : l'adoption de nouvelles cultures, la mise en valeur des bas-fonds, etc.

Mots clés : Régime hydrologique, Eau de surface, berges, bassin versant de la Beffa à Vossa, Ouèssè

Abstract

The management and conservation of natural resources and water resources in particular, including those of the Beffa river basin in Vossa in the commune of Ouèssè, raise important research questions. The aim of the study is to deepen our knowledge of hydroclimatic variability and of the use of surface water and banks by the populations living around the Beffa. The hypothesis is that anthropogenic actions on the gallery forest and on the use of surface water (abstraction, pollution) added to natural factors contribute to the depletion of the water resource. To verify this hypothesis, the methodological approach was based on documentary research, the field survey, data collection (rainfall from 1980 to 2016, hydrological, demographic and land use) and statistical processing. sampling.

The analysis of the hydroclimatic variation shows a strong rainfall instability, the index of which varies between 2 and -2 in the basin. Analysis of the rainfall-runoff relationship gives a positive correlation with a coefficient of determination greater than 90%. Observation of the land use units of 1990, 2006 and 2020 reveals a regression of natural formations and a progression of anthropized formations. Savannah and forest formations increased from 95% in 1990 to 46% in 2020 and anthropized formations from 4.5% in 1990 to 53.5% in 2020. According to the riparian populations, the degradation of the banks of the Beffa river observed in recent decades is essentially anthropogenic.

In response to the effects of rainfall variability and environmental destruction, farmers have tried different strategies: the adoption of new crops, the development of lowlands, etc.

Key words: Hydrological regime, Surface water, banks, Beffa watershed in Vossa, Ouèssè

Introduction

L'Afrique de l'ouest est l'une des régions du monde les plus vulnérables aux variabilités climatiques. L'insuffisance des pluies et leur mauvaise répartition dans le temps est marquée par la récurrence des phénomènes climatiques extrêmes. Les conséquences de ces évènements et l'ampleur de leurs impacts sur les populations, suscitent la volonté de réaliser des études pour mieux comprendre comment ces risques hydroclimatiques impactent les écosystèmes. (H.Koumassi, 2014 ; p.9)

Les effets des changements et variabilités climatiques sur les ressources en eau et les divers secteurs d'activités socio-économiques des populations se font de plus en plus sentir. Ils ont des conséquences immédiates et durables sur l'environnement biophysique et économique (Djohy et *al*, 2018, p. 84). L'eau est aujourd'hui un enjeu majeur et une exigence de développement pour l'Afrique, continent le plus touché par la pénurie économique d'eau, surtout en raison de sa demande croissante pour les décennies à venir. Ceci implique de faire un état des changements enregistrés par les systèmes aquatiques sous forme d'excès et de pénuries aussi bien en milieu rural (baisse pluviométrique, assèchement des cours d'eau, augmentation de l'occurrence d'événements climatiques exceptionnels) qu'urbain (inondations par ruissellement pluvial ou fluvial, pollution des ressources, etc.) (Nguimalet et *al.*, 2016, p. 319).

Le pays reçoit annuellement en moyenne entre 700 et 1 300 mm de hauteur de pluie du Nord au Sud. Cette hauteur peut atteindre 1 400 mm dans sa partie Sud-Est. Le Bénin est drainé par un dense réseau hydrographique constitué de cours d'eau à régime d'écoulement saisonnier. Les ressources en eau renouvelables du pays sont estimées à une quinzaine de milliards de m³ d'eau par an dont environ 2 milliards et 13 milliards de m³ respectivement d'eaux souterraines et d'eaux de surface inégalement réparties dans l'espace et dans le temps. (Ministère de L'énergie, des Recherches Pétrolières, et Minières, De l'Eau et du Développement Des Energies Renouvelables, 2011, p11).

Le bassin de la Beffa dans la commune de Ouèssè dispose d'une quantité importante de ressource en eau de surface soumise à de différentes formes de pollution et de dégradation de berges de ces cours d'eau. Ainsi, il est nécessaire d'évaluer les ressources en eau ainsi que sa gestion. C'est dans cet objectif que le sujet « Variabilité hydroclimatique et gestion des ressources en eau de surface et des berges par les populations riveraines de la rivière Beffa dans la Commune de Ouèssè (Bénin) » est proposé. Cette étude s'articule en cinq chapitres :

- le premier chapitre présente les cadres théoriques et les fondements géographiques, physiques et humains, du bassin versant de la Beffa à Vossa;

- le deuxième chapitre est consacré aux méthodologies utilisées ;
- le troisième chapitre expose la caractérisation hydroclimatique dans le bassin de la Beffa
- le quatrième présente l'influence des activités humaines sur les eaux de surfaces et des berges dans le bassin de la rivière Beffa ;
- le cinquième présente les stratégies de gestion des ressources en eau de surface et des berges ainsi que la discussion ;

CHAPITRE I : CADRE THÉORIQUE, FONDEMENTS PHYSIQUES ET HUMAINS DU MILIEU D'ÉTUDE

Ce chapitre est consacré à la présentation du cadre théorique utilisé pour cette étude ainsi que les fondements physiques et humains du bassin de la Beffa à Vossa dans la Commune de Ouèssè.

1.1 Cadre Théorique

Le cadre théorique s'articule autour de la problématique, la clarification de certains concepts et de la revue de littérature

1.1.1. Problématique

L'Afrique de l'Ouest est l'une des régions du monde les plus vulnérables aux variabilités climatiques et aux extrêmes. L'impact souvent désastreux des extrêmes climatiques au cours des trente dernières années est une bonne illustration et un des signes avant-coureurs de cette vulnérabilité. En effet, l'espace climatique tropical connaît depuis quelques décennies une augmentation de l'occurrence des phénomènes extrêmes (H. Koumassi, 2014, p. 11).

Les pluies de mousson ouest-africaine constituent les plus importantes perturbations qui conditionnent la disponibilité en eaux pluviales, superficielles et souterraines et par conséquent le développement des activités socioéconomiques (A. Akognongbé, 2014, p. 78)

En fait, parmi les principaux défis de l'eau en Afrique, il y a le faible accès à l'eau potable, la très faible mobilisation des ressources en eau et la faible capacité de stockage, la protection de la ressource hydrique etc., lesquels sont en cours d'exacerbation dans de nombreux pays sous l'effet combiné du contexte hydro-climatique déficitaire. Ainsi, en ces défis répertoriés, semble être cernée la sécurité de l'eau comme une option majeure en vue de les juguler. Les pressions exercées sur les ressources en eau mettent en lumière l'interdépendance hydrologique, sociale, économique et écologique dans les bassins de fleuves, des lacs et dans les aquifères. La gestion d'une ressource naturelle est étroitement dépendante d'une part des caractéristiques propres au système naturel concerné (ressource-flux ou stock, ressource renouvelable ou non, etc.) (Variable naturelle) et d'autre part des régimes de gestion adoptés par la société pour mettre en valeur cette ressource (variable anthropique). La mise en œuvre d'une politique et d'institutions de gestion adaptées à la ressource semble être indispensable pour assurer une gestion durable de cette dernière (E. Reynard, 1999, p. 54).

Au Bénin, le potentiel en eau des cours d'eau excepté les eaux du fleuve Niger, est globalement estimé en moyenne à 13 milliards de mètres cubes par an. L'utilisation actuelle de ces eaux de surface est très peu significative et ne concerne que l'alimentation en eau potable de quelques villes, l'abreuvement du bétail et l'irrigation d'environ 9 000 hectares de cultures diverses

(CIPCRE, 2013, p. 1). Depuis quelques années, la protection et la conservation des milieux naturels, en particulier la qualité des eaux, est devenue une préoccupation majeure et un objectif principal dans les programmes de développement (G. Atchadé, 2014, p. 140).

La gestion conjointe des eaux souterraines et des eaux de surface est également un principe directeur de la GIRE. Cependant, la gestion intégrée des eaux de surface et souterraines a pris du retard dans de nombreux organismes de bassin pour diverses raisons. Il s'agit notamment de la séparation (traditionnelle) institutionnelle de la gestion des eaux souterraines et de surface, de la différence de systèmes de connaissances et de compétences nécessaires aux eaux de surface et eaux souterraines, et le fait que les systèmes aquifères peuvent ne pas coïncider avec les frontières des bassins hydrographiques. (AGW, 2015, p. 4)

La dynamique et les usages de la ressource en eau comptent parmi les questions clés du XXI^e siècle. Cette ressource sera de plus en plus dépendante de la variabilité du climat générée en partie par l'activité humaine. Les oscillations climatiques et le changement global (tendance au réchauffement) qui se dessinent et pourront s'amplifier au cours du siècle imposent une étude approfondie de la relation qui existe entre la ressource en eau et cette variabilité climatique (A. Zinsou, 2012, p. 8)

Cette étude se fonde sur les interrogations ci-après :

- ✓ Quelle est l'évolution des paramètres hydroclimatiques dans le bassin versant de la Beffa ?
- ✓ Quelle est l'influence des activités humaines sur l'eau de surface et des berges du bassin versant de la Beffa ?
- ✓ Quelles sont les stratégies de gestion des ressources en eau et celles d'adaptations des populations riveraines faces aux variations hydroclimatiques ?

Pour répondre à ces questions des hypothèses ont été formulées

Hypothèses :

- Les variations climatiques influencent les ressources eaux de surface du bassin versant de la Beffa ;
- les activités humaines menées dans le bassin influencent les ressources en eau de surface et les berges;
- plusieurs stratégies de gestion des ressources en eau de surface, des berges ainsi que celles d'adaptation faces aux variations hydroclimatiques existent dans le bassin de la Beffa à Vossa.

Objectif général

L'objectif général de cette recherche est de contribuer à l'étude de la variabilité hydroclimatique et la gestion des ressources en eau de surface et des berges du bassin versant de la Beffa à Vossa dans le Commune de Ouèssè

Objectifs spécifiques

De façon spécifique il s'agit de :

- ❖ caractériser la variabilité hydroclimatique dans le bassin versant de la Beffa ;
- ❖ analyser l'influence des activités anthropique sur les ressources en eau de surface et des berges dans le bassin versant de la Beffa;
- ❖ examiner la gestion des ressources en eau de surface et des berges ainsi que les stratégies d'adaptation des populations face aux variations hydroclimatiques dans le bassin versant de la Beffa.

1.1.2 Définitions opératoires

La clarification des concepts est utilisée pour faciliter la compréhension de ce travail

Variabilité climatique : Selon Boko (1988), c'est l'ensemble des fluctuations naturelles des valeurs réelles interannuelles des éléments du climat (précipitation, température, autres phénomènes météorologiques, etc.) autour de leurs moyennes. Pour cette étude, ce concept désigne l'ensemble des modifications liées à la précipitation, la température et les phénomènes météorologiques.

La Convention - Cadre des Nations Unies sur les variabilités Climatiques (CCCC) définit le changement climatique comme les changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observé au cours des périodes comparables.

Variabilité pluviométrique : C'est l'un des éléments intégrateurs de la variabilité climatique, Elle fait pressentir la mobilité ou la variation du schéma pluviométrique moyen et l'accentuation des valeurs extrêmes à toutes les échelles temporelles et spatiales. Autant que possible, elle est analysée par rapport aux valeurs centrales ou médianes des séries plutôt que par rapport aux valeurs moyennes ou normales, qui sous-entendent l'idée de fixité du climat. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique ou à des variations du forçage externe anthropique (H. Koumassi, 2014, p51).

Disponibilité et gestion des ressources en eau : la disponibilité en eau appelle en tout premier lieu la notion de quantité. La gestion des ressources en eau souterraine est analysée en se

focalisant sur l'ensemble des techniques de mobilisation, d'approvisionnement et d'usage à des fins écologiques et socioéconomiques. Elle est conditionnée par la disponibilité (volume et qualité) de ces ressources et tributaire, entre autres, de la dynamique climatique. Les formes de gestion sont aussi mises en relation avec l'évolution du climat qui pourrait compromettre la disponibilité des eaux souterraines et accroître les conflits d'usages (A. Alomasso, 2017, p37). Dans le cadre de cette étude, la gestion des ressources en eau repose beaucoup plus sur les eaux de surface.

Ressources en eau : Houanou (2010), définit les ressources en eau comme l'ensemble de la quantité des eaux de surface et souterraine disponible à l'échelle mensuelle dans une région et susceptible de satisfaire les besoins domestiques, industriels, agricoles. De toutes les ressources, les ressources en eau sont les plus vulnérables et les plus menacées du fait que les conditions climatiques, hydrauliques et hydrogéologiques rendent leur gestion très complexe (Atchadé, 2014).

La ressource en eau désigne la quantité ou la réserve d'eau dont un utilisateur peut faire usage. (A. Alomasso, 2017, p38).

Eau de surface : Selon la définition de Météo France, le terme "eau de surface" regroupe toutes les formes d'eau en contact avec le sol, c'est-à-dire les glaciers, le manteau neigeux, les lacs, les fleuves et les rivières. Est désigné par eau de surface, les eaux de ruissellement, des cours et plans d'eau (A. Akognongbé, 2014, p24).

Dans le cas de ce travail la seconde définition est la plus appropriée. Donc est désigné par eau de surface les eaux de ruissellement des cours d'eau (fleuve, rivière, marigot, ruisseau).

Berges : C'est une zone de séparation entre le milieu aquatique et le milieu terrestre. (P. Saffache ; 2003, p112). Elle est également une portion de terrain qui limite tout cours d'eau. C'est effectivement une zone de séparation entre le milieu aquatique et le milieu terrestre. (A. Ayena, 2016, p. 13).

Dans le cadre de cette étude c'est l'aspect morphologique de la berge qui est abordé. De manière simple la berge peut désigner les abords immédiats d'un cours d'eau.

Activité anthropique : Une activité anthropique est une activité menée par l'homme pour subvenir à leurs besoins. En d'autres termes, il s'agit d'une activité de subsistance basée sur l'exploitation des ressources naturelles disponibles en quantité suffisante ou non. (A. Ayena, 2016, p. 13). Dans cette recherche, les activités anthropiques se réfèrent à celles que les populations pratiquent le long de la rivière Beffa.

1.1.3 Point des connaissances

Pour cerner tous les contours de ce sujet, il est important de présenter les travaux antérieurs des différents auteurs qui ont eu à aborder d'une manière ou d'une autre le sujet.

Le Bénin ces dernières années est sujet à la variabilité climatique et hydrologique qui attire l'attention de plusieurs auteurs qui se sont penchés sur la question. Les résultats issus de leurs travaux seront importants pour mener à bien cette recherche.

L'eau manque quantitativement ou qualitativement partout en Afrique du fait non seulement des conditions climatiques moyennes, mais aussi de pressions sur les ressources (croissance démographique, pollution) et du manque d'infrastructures hydrauliques, de collecte et d'exploitation dans de nombreux pays, y compris ceux où l'eau existe en abondance, comme en Afrique centrale (C. Nguimalet et *al.*, 2016, p. 319). A ce contexte se superposent dans plusieurs régions des modifications climatiques qui se remarquent par la violence des pluies, le stress hydrique, l'érosion, le tarissement des cours d'eau (rivières, lacs, marais ou sources) et des nappes phréatiques, les inondations éclair, et la précarité des activités agricoles, extra-agricoles, voire industrielles ou urbaines.

Le Sud et le Centre du Bénin sont classés dans la diagonale de la sécheresse du Golfe de Guinée, l'un des facteurs qui expliquent la baisse relativement brutale de la pluviométrie au cours des décennies 70 (E. Bokonon-Ganta, 1987). Les déficits pluviométriques ont été évalués à environ 40 % de la normale. Ce qui a sans doute entraîné une diminution sensible des productions agricoles qui en dépendent. La dégradation du couvert végétal due aux activités humaines dans le sous-bassin du Couffo et par la porosité qu'elle génère aurait entraîné une réduction de l'infiltration, facilitant un drainage rapide de l'eau, une forte érosion et une réduction des réserves en eau du sol (Amoussou, 2010, p. 217).

Durant les épisodes d'inondations, de larges dommages peuvent survenir, alors que durant les épisodes de faibles débits ou d'étiages, des conséquences sur l'approvisionnement en eau et sa qualité peuvent apparaître (A. Bauwens et *al.*, 2012, p. 77). Les bas débits ont des incidences sur différents secteurs tels que la navigation intérieure, l'agriculture, la production d'eau potable et l'économie.

Les eaux destinées à la consommation des populations du Bassin du Mono sont impropres à cause de leur caractère vulnérable (Babadjide et *al.*, 2009, p. 93). Les pollutions sont dues aux activités agricoles surtout la culture du coton qui nécessite l'utilisation d'intrants toxiques, l'insalubrité, le manque des lieux d'aisance et le manque d'hygiène, les activités menées aux abords des eaux de surface et la mauvaise gestion des ordures ménagères. Ceci explique la présence des coliformes et streptocoques fécaux due à la contamination des eaux. Les cours

d'eau sont dynamiques et continuellement en évolution. Ils assurent des échanges vitaux avec les écosystèmes terrestres pouvant supporter une grande diversité biologique à travers, leurs berges qui sont des zones particulièrement sensibles (Boyer et *al.*, 2012 cité par AA. Ayéna 2016, p9). D. R. Araye 2008, p. 49 montre que, lorsque les pentes sont fortes ou très fortes, le ruissellement est très remarquable du fait de la vitesse de l'eau. Ainsi, dans un tel cas, les risques d'érosion sont très forts.

Ces différents auteurs ont montré que les différentes variations hydroclimatiques ont d'importantes conséquences sur les écosystèmes. Les variations climatiques impactent le régime hydrologique Ainsi cette étude vise à étudier la variabilité hydroclimatique, son influence sur les ressources en eau de surface et les berges, la gestion qui est faite de ces ressources afin de proposer des mesures correctives.

1.2. Cadre d'étude du bassin versant de la rivière Beffa à Vossa, Commune de Ouèssè

1.2.1 Présentation du secteur d'étude

Le bassin de la rivière Beffa à *Données cartographiques* Vossa dans la commune de Ouèssè est situé entre 8°30'' et 8° 45'' latitude Nord et 2°18'' et 2°39'' longitude Est. Il couvre les arrondissements de Gbanlin, Ikémon, Toui, Laminou, Odougba. Il est limité au Nord de la commune de Ouèssè par le bassin de la Beffa à Tchaourou, au Sud par le bassin de l'Ouémé moyen, à l'Ouest par le bassin d'Aguima et à l'Est par le bassin de l'Okpara. Il couvre environ 1900 km². La figure 1 présente le bassin de la rivière Beffa à Vossa.

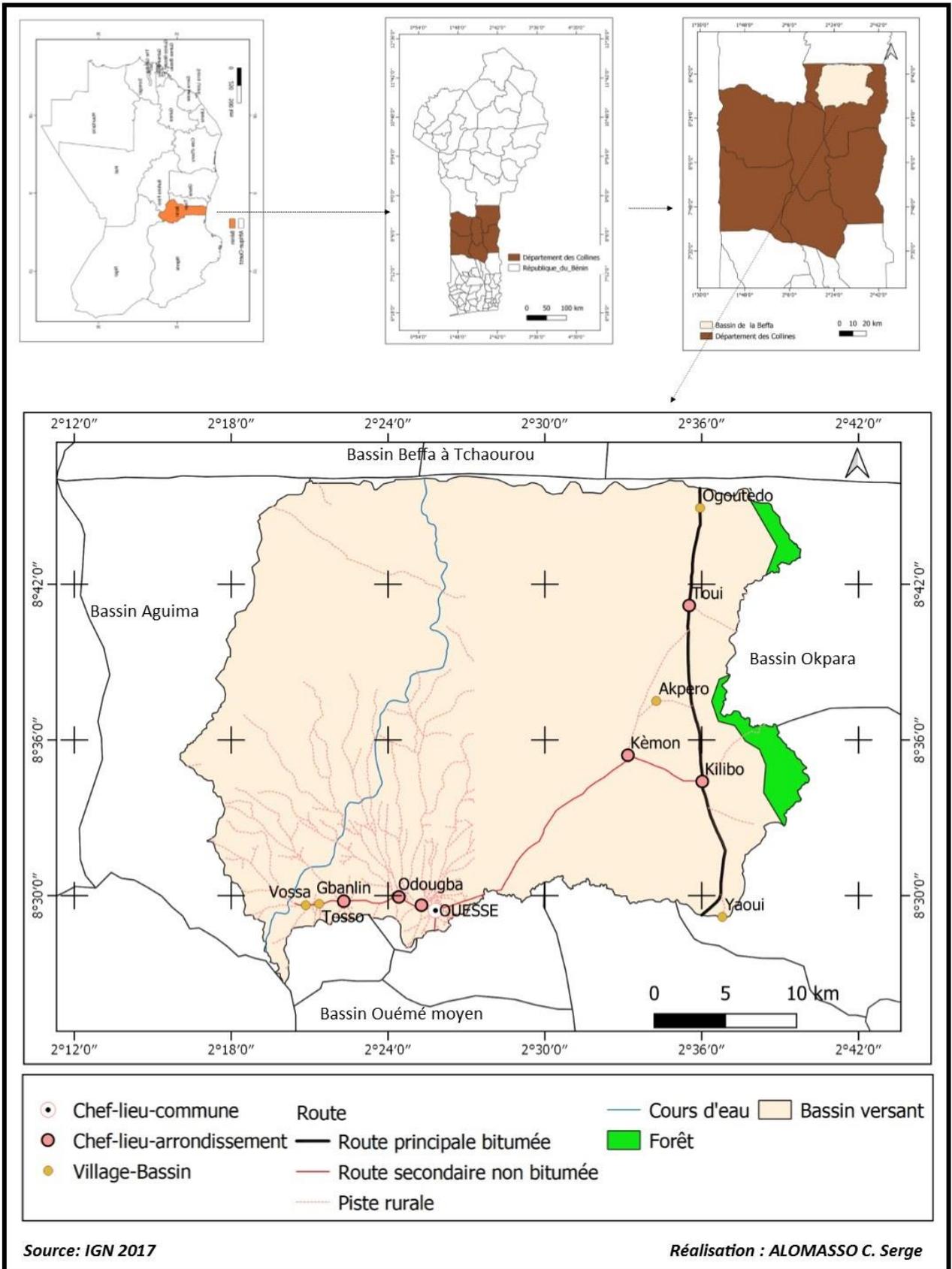


Figure 1 : Situation géographique du bassin de la Beffa à Vossa

1.2.2 Hydrographie

Classée dans la 5ème zone agro-écologique du Bénin et se situant dans la zone tropicale humide, le bassin versant de la Beffa jouit d'un climat tropical intermédiaire entre le climat guinéen et le climat soudanien, avec la tendance ces dernières années vers une saison de culture au lieu de deux par an. Il est principalement parcouru par la rivière Beffa et ses affluents (Kilibo, Toumi, Aouwo et Yoyé). Tous ces cours d'eau se jettent dans le fleuve Ouémé Moyen. Leur débordement en période de saison pluvieuse obstrue le passage sur les pistes traversant leur lit et isole les paysans de leurs champs. La figure 2 présente le réseau hydrographique du bassin de la Beffa à Vossa.

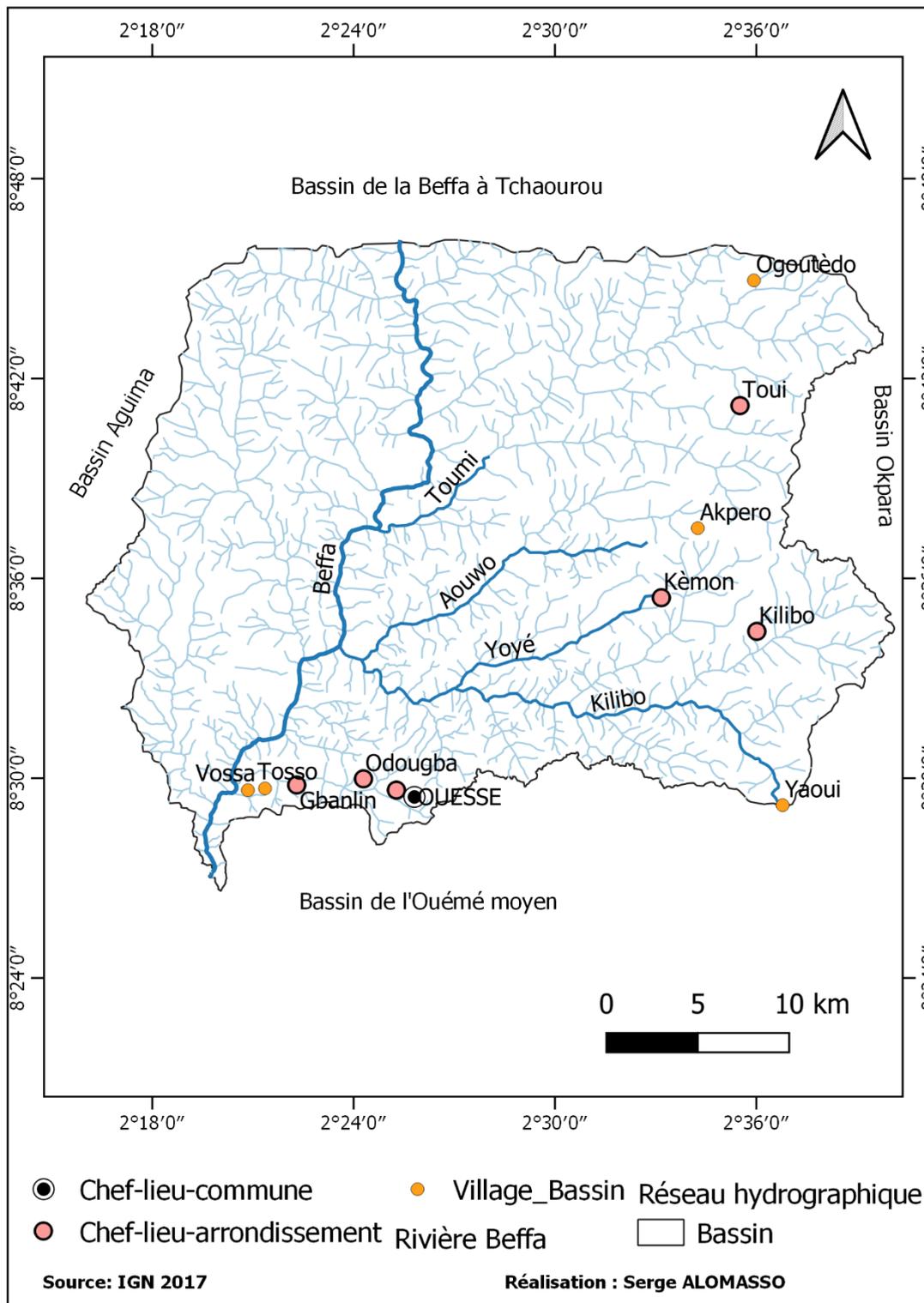


Figure 2 : Réseau hydrographique du bassin de la Beffa à Vossa

Ce réseau constitue, une véritable source d’approvisionnement en eau aux populations et aux gros bétails. Il favorise également la production agricole. Tous ces cours d’eau s’écoulent vers le sud du département des collines avec un régime essentiellement tropical, la seule période de crue s’observe le plus souvent entre septembre et août. Mais, depuis quelques décennies ces

cours d'eau connaissent un début d'étiage précoce à cause du climat local qui de nos jours subit des modifications (G. Atchadé, 2007, p. 31).

1.2.3 Relief et nature des sols

Le bassin versant de la Beffa a un relief peu accidenté et des sols ferrugineux tropicaux sur socle cristallin et des sols colluviaux (figure 3). Sur l'ensemble des types de sols, environ 72 % sont favorables à la production des céréales. Au-delà des céréales, les sols ferrallitiques sont aptes à la production du coton et des tubercules (G. Atchadé, 2007, p. 34). On note par ailleurs, l'existence de bas-fonds aux sols hydromorphes propices à la riziculture et au maraîchage (ville de Ouèssè par exemple).

1.3 Présentation du cadre humain

1.3.1 Activités économiques

L'agriculture demeure la principale activité du secteur d'étude. Cependant, elle compte la production des cultures, l'élevage, la pêche, la chasse et l'artisanat mais à diverses proportions. Dès lors, environ 73 % de la population sont agriculteurs, 15 % des artisans, 7 % des éleveurs, 1,4 % des chasseurs et 1,1 % des pêcheurs et 2,5 % autres (F. Dadaho Guinnou, 2013, p. 24) Deux types de spéculations caractérisent l'agriculture dans ce bassin. La spéculation "igname" et "arachide". La première est une culture itinérante axée sur la rotation igname-maïs-arachide tandis que la seconde spéculation "arachide" est basé sur des jachères relativement courtes avec les rotations suivantes : maïs-arachide-maïs-manioc. En dehors de ces cultures, la population cultive le haricot, le voandzou, le soja, etc. Les cultures de rente demeurent le coton (*Gossypiumhirsutum*), l'arachide (*Arachishypogea*) et le manioc (*Manihotesculenta*). L'élevage occupe une place socioéconomique prépondérante dans le bassin versant. Il s'agit de l'élevage de bovin et du petit élevage. L'élevage bovin est majoritairement l'activité des peuhls, tantôt transhumants, tantôt sédentarisés. L'existence des pâturages dans les formations savaniques et les points d'abreuvement le long des cours d'eau sont les facteurs qui favorisent cette activité (CeCPAOuèssè, 2008).

Ce chapitre a permis de mieux comprendre le sujet à travers la problématique et la revue de littérature ajoutées à la clarification des concepts. Il a également permis de cerner les réalités de cadre géographique, humain et de fixer quelques objectifs. Ainsi pour atteindre les objectifs, la démarche méthodologique présentée par le chapitre II a été adoptée

CHAPITRE II : APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Ce chapitre expose d'une part, la nature et la qualité des données utilisées, les techniques et outils de traitement, d'analyse et d'interprétation des résultats et d'autre part de met en exergue les variations hydroclimatiques dans le bassin de la rivière Beffa à Vossa et leurs impacts sur les ressources en eau.

2.1. Natures et sources des données

Elles concernent les données hydrométriques, climatologiques, socioanthropologiques et démographiques :

- ✓ **les statistiques climatologiques** : pluviométries (journalières, mensuelles et annuelles) à Ouèssè et à proximité (Toui, Bassila et Savè) sur la période 1980-2016 et l'évapotranspiration potentielle. Les températures maximales et minimales (mensuelles) de la station synoptique de Savè sont collectées à la Direction Nationale de la Météorologie (DNM).
- ✓ **les données hydrométriques** (débits journaliers et mensuels) de la Beffa à Vossa (Latitude : $8^{\circ}29.625'$, longitude $2^{\circ}20.468'$) sur une période de 36 ans sont recueillies au Service Hydrologie de la Direction Générale de l'Eau à Cotonou ;
- ✓ **les données démographiques** sont collectées dans les bases de l'INSAE en considérant les données du RGPH₃ de 2002, RGPH₄ de 2013 et les estimations réalisées pour 2025 et 2050. Ces données sont complétées par les informations qualitatives d'investigations socio-anthropologiques dans le bassin de la rivière Beffa.
- ✓ Des **enquêtes socio-anthropologiques** ont permis d'appréhender les perceptions des populations sur la dynamique hydroclimatique et leurs influences sur les ressources en eau de surface ainsi que les modes de gestion des ressources en eau de surface et des berges.

2.1.1. Qualité des données utilisées

Les données collectées présentent des lacunes, qui sont reconstituées pour éviter des résultats tronqués. La fiabilité des données manquantes de pluies dépend de la qualité des données existantes et des unités géographiques choisies pour l'homogénéisation entre stations (G. Mahé, 1992, p35). Il convient de signaler que presque toutes les stations avaient des données manquantes dans des proportions variables. Néanmoins, une reconstitution des valeurs manquantes a été faite au moyen d'une régression multiple de type linéaire de la façon suivante : Dans une série statistique à 4 caractères, soit Y la variable dépendante pour laquelle une des valeurs y de l'année i (Y_i) représente les totaux annuels ou mensuels. x_1 , x_2 et x_3 désignent les variables explicatives des séries pluviométriques non lacunaires. x_{1i} , x_{2i} , x_{3i} représentent

respectivement les totaux mensuels et annuels des stations 1, 2, 3 de l'année i. L'équation de régression peut s'écrire ainsi :

$Y_i = a_1x_{1i} + A_2x_{2i} + A_3x_{3i} + c$ avec $c = \text{constant}$ et $a_1, a_2, a_3 = \text{coefficient de détermination}$

Les données hydrologiques utilisées concernent la station hydrométrique de Vossa à Ouèssè.

La station synoptique de Savè est la seule qui a fourni les autres données climatiques (températures, humidité et évapotranspiration)

2.2. Outils et techniques de collecte de données

2.2.1. Outils de collecte de données

Comme outils, il s'agit du **questionnaire, du guide d'entretien**. Ces outils ont permis de collecter les informations sur la perception des populations sur la dynamique hydroclimatique et leurs influences sur les ressources en eau de surface ainsi que les modes de gestion de ces ressources.

Un **GPS** (Global Positioning System) pour la prise des coordonnées géographiques

Un **appareil photo numérique** est utilisé pour les prises de vue sur le terrain afin de pouvoir illustrer le document.

En plus des outils de collecte, cette étude nécessite l'utilisation des techniques de collecte appropriées suivantes

2.2.2. Techniques de Collecte de données

Les techniques de collecte utilisées concernent essentiellement la recherche documentaire et les investigations en milieu réel afin de recueillir toutes les données et informations nécessaires à la réalisation de cette étude.

2.2.2.1. Recherche documentaire

Elle est une étape essentielle qui permet de faire l'état des connaissances sur les variations hydroclimatiques en général et à l'échelle du secteur d'étude en particulier.

Une recherche documentaire a été réalisée dans les centres, services et institutions de recherche dont les activités ont un rapport avec l'objet de cette recherche. Il s'agit entre autres du Laboratoire de Climatologie et Ethnoclimatologie tropicales (Labo ClimET) de l'université de Parakou, de la Direction Générale de l'Eau (DG-Eau), plus précisément du service de l'hydrologie, de l'Agence de la Direction Nationale de la Météorologie (DNM), dans les centres de documentation de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) et de la Faculté des Lettres Arts et Sciences Humaines (FLASH), Direction nationale de la protection Civile (DNPC), etc. Ces données et informations recueillies sont complétées par les enquêtes de terrain.

2.2.2.2 Enquêtes de terrain

Elles ont permis de compléter les informations collectées afin de mieux cerner non seulement les réalités du terrain mais aussi de recueillir la perception endogène des populations relative à la manifestation des événements hydrométéorologiques et les stratégies endogènes d'atténuation ou d'adaptation au cours des dernières décennies.

Sur la base d'un échantillonnage prédéfini, les investigations en milieu réel ont pris en compte les populations installées le long ou aux environs immédiats du bassin et ayant au moins une ancienneté de trente ans pour avoir vécu ou observé la variation des phénomènes hydrométéorologiques. Pour cela, les investigations sont réalisées par des entretiens semi-directifs, des interviews et des *focus-groups*.

2.2.2.3. Echantillonnage

Le choix des enquêtés est fait sur la base des critères définis suivants :

- être paysan et avoir au moins quarante ans et au plus soixante-cinq ans pour avoir vécu les phénomènes hydroclimatiques et les différentes mutations environnementales du milieu ;
- avoir vécu en permanence dans le milieu ces trente dernières années ;
- avoir une bonne connaissance sur les eaux de surfaces du bassin.

La taille de l'échantillon est déterminée suivant la formule de SCHWARTZ (2002) avec un degré de confiance de 95 % soit une marge d'erreur de plus ou moins 5 %.

$$N = Z\alpha^2 PQ / d^2 \quad \text{Avec :}$$

N= taille de l'échantillon par arrondissement

$Z\alpha$ = écart fixé à 1,96 correspondant à un degré de confiance de 95 %

P = nombre de ménages de l'arrondissement / nombre ménages du bassin.

d = marge d'erreur qui est égale à 5 %

$$Q = 1 - P$$

Tableau I : Caractéristiques de l'échantillonnage

Arrondissements	Villages	Ménages agricole	Nombre de ménages enquêtés	proportion en %
	Akpero	307	18	7
	Kemon Ado	280	17	7
KEMON	Kemon Adelahoun	441	26	11
	Vossa	487	29	12
	Tosso	114	7	3
	Gbanlin	563	33	14
GBANLIN	Wokpa	180	11	4
	Ogoutedo	666	39	16
TOUI	Toui Centre	772	46	19
	Kilibo			
KILIBO	Adjougou	342	20	8
Totaux		4152	245	100

Source : INSAE, 2013 ; enquête de terrain 2021

Au total 245 ménages agricoles ont été enquêtés dans 11 villages des arrondissements de Kemon, Gbanlin, Toui et Kilibo. Ces villages ont été choisis en fonction de leur proximité de la rivière Beffa ou l'un de ses affluents.

2.3. Méthodes de traitement des données

Les méthodes utilisées pour l'étude de la variabilité pluviométrique en rapport avec la dynamique hydrologique dans le cadre de ce travail sont essentiellement statistiques.

Elles concernent le dépouillement des fiches d'enquêtes et guides d'entretien et le traitement des données. Le dépouillement a consisté à saisir les réponses recueillies des questionnaires et guides d'entretien suivant un canevas de tableau conçu dans le logiciel Excel et pouvant permettre de faire des graphiques ou des analyses nécessaires.

2.3.1. Evaluation des hauteurs de pluie dans le bassin versant de la Beffa

2.3.1.1. Etude des tendances pluviométriques et hydrologiques

Il s'agit de déterminer par la méthode de régression les tendances thermométriques, pluviométriques de 1980 à 2016 et hydrologiques. Elle consiste en une représentation graphique

de droite de régression de type affine qui traduit l'évolution linéaire et permet de déceler la tendance. L'équation de la droite de tendance est sous la forme $y = ax + b$ avec :

a est le coefficient directeur et représente la pente et b une constante.

- Si $a > 0$, on a une tendance à la hausse ;

- Si $a < 0$, on a une tendance à la baisse

La mise en évidence de l'indice pluviométrique a permis de caractériser les anomalies et d'identifier les périodes de crues et d'étiages dans le bassin.

2.3.1.2. Indice pluviométrique

Cette étude statistique a permis d'identifier les séquences sèches ou déficitaires, les séquences humides ou excédentaires et les séquences moyennes ou normales sur la période (1980-2016).

L'indice pluviométrique est déterminé à partir de la formule :

$$I_p = \frac{(X_i - \bar{X})}{\sigma}$$
 Où X_i est la pluviométrie de l'année i,

\bar{X} la pluviométrie moyenne interannuelle sur la période de référence et

σ : L'Ecart type de la série.

Si $I_p < 0$: l'année est sèche ou déficitaire.

Si $I_p = 0$: l'année est dite moyenne ou normale.

Si $I_p > 0$: l'année est humide ou excédentaire.

2.3.1.3. Caractérisation des aléas hydroclimatiques

Les données utilisées sont relatives aux champs de précipitations. Une étude de corrélation des précipitations / débits suivant la période de 1980 à 2016 permet de mettre en évidence les impacts des écoulements dans le bassin.

2.3.1.4. Bilan Climatique

Il traduit la succession d'excédents et de déficits en eau dans le complexe. Ainsi, le climat devient sec quand les précipitations sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle, et qu'il n'y a pas de réserve d'eau disponible (Vissin, 2007). Le bilan climatique (P_u) exprime donc la différence entre la somme des abats pluviométriques (P) et celle de l'évapotranspiration potentielle (ETP) : $P_u = P - ETP$ quand il est supérieur à 0. Il correspond à la partie de l'averse ayant pu raisonnablement donner lieu au ruissellement. Son utilité dans cette étude contribue à identifier les éventuelles périodes au cours desquelles les risques hydrométéorologiques peuvent être observés. Ainsi :

- le bilan climatique est excédentaire, si $P > ETP$;
- le bilan est déficitaire, si $P < ETP$;
- le bilan est équilibré quand $P = ETP$.

Lorsqu'il est positif, le surplus disponible participe à la recharge en eau du sol et à l'écoulement

2.3.2. Recherche de liaison ou de dépendance statistique entre pluie et lame d'eau écoulée

Le coefficient de corrélation linéaire est utilisé pour mesurer le degré de liaison ou de dépendance qui existe entre les lames précipitées et les lames écoulées dans le bassin. Il est défini par :

$$r = \frac{\frac{1}{N} \sum (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sigma(X) \cdot \sigma(Y)}$$

Avec : N est le nombre total d'individus ; x_i et y_i sont les valeurs des séries ; et \bar{y} est la moyenne des variables ; $\sigma(x)$ et $\sigma(y)$ représentent leurs écart-type respectifs.

✓ **Le coefficient de détermination R** est calculé de la manière suivante, avec r :

$$R = r^2$$

2.3.3 La technique d'évaluation de la dynamique des états de surface

La dégradation de l'environnement évolue au gré des conditions bioclimatiques et de l'action anthropique. Cette dégradation est d'autant plus inquiétante qu'elle ne laisse indifférents ni acteurs de développement, ni chercheurs (Heymans et *al.*, 2000 ; Boko, 2001). Au Bénin, et particulièrement dans la vallée de l'Ouémé, la détérioration des écosystèmes constitue une préoccupation pour la survie des populations dont le nombre augmente sensiblement depuis plusieurs années (Paskoff, 1998). La vallée de l'Ouémé fait partie des zones humides du Bénin ; une région où l'eau est le principal élément qui contrôle le milieu naturel et la vie animale et végétale associée (Convention de Ramsar, 1998). Les zones humides sont parmi les milieux naturels les plus productifs du monde. Ecosystèmes privilégiés de la diversité biologique, elles fournissent l'eau et les produits primaires dont dépendent pour leur survie, des espèces innombrables de plantes et d'animaux.

Elles rendent des services économiques très importants, telles l'alimentation en eau, les pêcheries, l'agriculture, la production de bois d'œuvres, les ressources énergétiques, la flore et la faune sauvage, la navigation, les activités touristiques, etc.

Les états de surface sont décrits à partir des observations de terrain, de la procédure cartographique et de l'analyse diachronique de l'occupation et de l'utilisation des terres dans la zone d'étude. Les unités d'occupation du sol sont supposées connaître une évolution de leur superficie entre 1990 et 2006 d'une part et entre 2006 et 2020 d'autre part. Les états de

l'occupation du sol sur ces trois années permettront d'apprécier la variation de la pression humaine sur les hydrosystèmes dans la commune de Ouèssè.

Ainsi, trois cartes d'occupation (1990, 2006 et 2020) du sol seront réalisées à partir de l'interprétation des images satellites LANDSAT de 1990, 2006 et 2020.

2.3.3.1 Analyse diachronique des unités d'occupation du sol

L'analyse diachronique de la dynamique des unités d'occupation de sol dans le bassin versant de la Beffa est faite à partir des images satellites LANDSAT et des données de vérification collectées sur le terrain.

- **Données caractérisant l'occupation du sol**

Il s'agit d'une part des données fournies par les cartes d'occupation du sol de 1990, 2006 et 2020. Les types d'occupation du sol suivants ont été identifiés : formation forestière, formation savanicole, mosaïque de culture et jachère, plan d'eau, établissement humain.

La superficie de chacun des états de surface élémentaires a été déterminée pour les années 1990, 2006 et 2020.

- **Analyse des états d'occupation du sol**

L'objectif est de comparer les modifications intervenues dans les unités d'occupation du sol entre 1990 et 2006 d'une part et entre 2006 et 2020 d'autre part. La télédétection utilisée pour la cartographie des états de surface a permis d'envisager une spatialisation de l'aptitude des sols à l'infiltration et au ruissellement. A partir des observations de terrain décrivant les états de surface, la procédure cartographique proposée consiste à réaliser deux décodages à trois dates différentes d'images satellites (LANDSAT). Le choix de cette méthode se justifie par le fait qu'elle puisse permettre d'identifier les types d'occupation du sol, mais aussi de déterminer l'évolution de leur superficie.

2.3.3.2 Protocole d'établissement des cartes des types d'occupation du sol de 1990, 2006 et 2020.

Trois cartes d'occupation du sol ont été respectivement réalisées à partir de l'interprétation des images LANDSAT. Le calage, le géo référencement et le traitement des images ont été faites pas le Centre National de Télédétection (CENATEL). Les travaux ont été effectués par étapes successives.

- **Images satellites**

Les images satellites ont été interprétées à partir des tonalités issues du signal d'origine. La clé d'interprétation utilisée est résumée dans le tableau II.

Tableau II : Clé d'interprétation des images satellites

Code	Forme	Tonalité	Identification
1	Irrégulière	Rouge vif	Forêt claire
2	Sinueuse	Rouge vif	Galerie forestière
3	Irrégulière	Rouge modéré	Savane boisée
4	Irrégulière	Rouge pâle	Savane arborée
5	Irrégulière	Vert parcouru de fines traces rouges	Savane arbustive d'eau
6	Effilée	Bleu	Cours d'eau

- **Edition et mise en forme**

Les objets transformés sont ensuite édités en leur donnant la couleur ou le symbole approprié selon les signes conventionnels et les règles de la cartographie. Ainsi, par exemple, les cours d'eau et plan d'eau sont représentés en bleu et la végétation en vert. D'autres couleurs sont aussi utilisées pour rendre la carte plus lisible.

Cet ensemble est mis en forme pour l'espace disponible et sous le format voulu. L'étude diachronique permet alors la comparaison des cartes réalisées (1990 et 2006 ; 2006 et 2020) afin de faire ressortir la dynamique des états de surface dans le bassin.

- **Étude diachronique**

L'étude diachronique s'est déroulée en trois phases :

2.3.3.3 Carte des types d'occupation du sol en 1990, 2006 et 2020

Les cartes des types d'occupation du sol ont été respectivement réalisées à partir de l'interprétation des images satellites LANDSAT 1990, 2006 et 2020. On a successivement abordé :

La cartographie dynamique des types d'occupation du sol. Elle consiste à superposer les cartes issues de l'analyse de l'occupation du sol de 1990, 2006 et 2020 pour établir celle de l'évolution de la végétation entre ces deux états.

Ainsi si :

U-1978 est la superficie d'une unité spatiale en 1990 ;

U-1998 est la superficie d'une unité spatiale en 2006 ;

U-2010 est la superficie de la même unité spatiale en 2020 et

ΔU la variation de la superficie de ladite unité entre 1990, 2006 ;

$\Delta U = U-2006-U-1990$.

$\Delta U'$ la variation de la superficie de ladite unité entre 2006 et 2020 ;

$\Delta U' = U-2020-U-2006$.

Si ΔU ou $\Delta U' = 0$, l'unité est dite stabilisée ;

Si ΔU ou $\Delta U' > 0$, l'unité est dite progressée ;

Si ΔU ou $\Delta U' < 0$, l'unité est dite régressée.

Sur la base des cartes d'occupation du sol, une carte de synthèse a été déterminée. Elle correspond à la carte des modifications d'état obtenue par superposition de deux cartes d'occupation (1990 et 2006 ; 2006 et 2020).

Dans cette étude, on a réalisé aussi un tableau synthèse récapitulant les types d'occupation du sol en 1990, 2006 et 2020 et les progressions ou régressions enregistrées au niveau de chacun des types d'occupation du sol.

2.3.4 Méthode d'estimation de la population

La formule d'estimation d'une population connue en un temps t donné avec un taux d'accroissement r est par définition :

Avec P_t = population estimée ; P_0 = population initialement constatée ; r = taux d'accroissement ; t = période d'estimation.

2-4 Méthode d'analyse des résultats

2.4.1 Méthode d'analyse des impacts des activités anthropiques sur les berges

Dans cette partie, 2 étapes sont à distinguer à savoir :

- l'identification des composantes environnementales pouvant être affectées ;
- l'évaluation des impacts ;

Cette démarche est appliquée à chacune des activités anthropiques identifiées. Des propositions de mesures de protection destinées à restaurer au mieux les milieux touchés.

✓ **Identification des composantes environnementales affectées** : il s'agit d'un croisement des activités et des composantes environnementales du milieu à travers un modèle de matrice de type Léopold (op.cit). On distingue :

les impacts pendant les travaux de préparation ;

les impacts pendant la pratique de l'activité ;

les impacts en phase terminale.

✓ **Evaluation de l'importance des impacts** : elle repose sur une méthodologie qui intègre les trois paramètres de l'impact négatif à savoir : la durée (momentanée, temporaire ou permanente), l'étendue (ponctuelle, locale ou régionale) et le degré de perturbation (très fort, fort, moyen ou faible). Le croisement de ces trois paramètres à travers le cadre de

référence de l'ABE a permis de déduire si l'importance de l'impact est forte, moyenne ou faible (tableau III).

Tableau III : Cadre de référence pour l'évaluation de l'importance des impacts

Durée	Etendue	Degré de perturbation			
		Faible	Moyen	Fort	Très fort
		Importance de l'impact			
Momentanée	Ponctuelle	Faible	Faible	Faible	Moyenne
Momentanée	Locale	Faible	Faible	Moyenne	Moyenne
Temporaire	Ponctuelle	Faible	Faible	Moyenne	Forte
Temporaire	Locale	Faible	Faible	Moyenne	Forte
Momentanée	Régionale	Faible	Moyenne	Moyenne	Forte
Permanente	Ponctuelle	Faible	Moyenne	Forte	Forte
Temporaire	Régionale	Faible	Moyenne	Forte	Forte
Permanente	Locale	Faible	Moyenne	Forte	Forte
Permanente	Régionale	Moyenne	Faible	Forte	Forte

Source : ABE, 1998

CHAPITRE III : CARACTERISATION HYDROCLIMATIQUE DU BASSIN DE LA RIVIÈRE BEFFA À VOSSA

Ce chapitre présente les résultats de la dynamique hydroclimatique du bassin de la Beffa. Ainsi, il y a d'abord l'influence des déficits pluviométriques sur le cycle hydrologique puis les autres paramètres climatiques.

3.1 Variabilité climatique et hydrologique dans le bassin de la rivière Beffa

3.1.1 Variabilité climatique dans le bassin de la Beffa à Vossa

L'analyse des éléments du climat est importante dans le cadre de cette étude. La figure 3 présente la répartition spatiale des moyennes pluviométriques du bassin la rivière Beffa à Vossa de 1980 à 2016

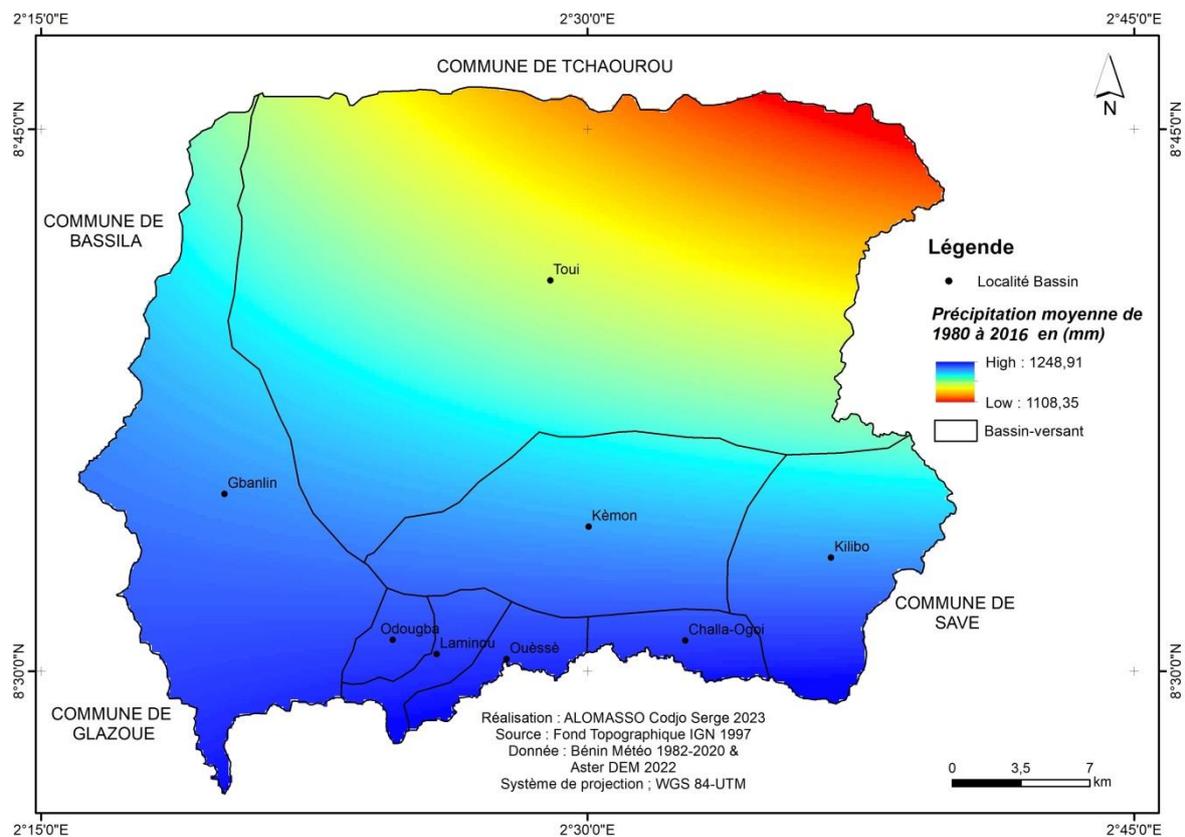


Figure 3 : Répartition spatiale des moyennes pluviométriques du bassin de 1982 à 2020

La précipitation moyenne annuelle du bassin varie dans le temps et dans l'espace ; elle oscille entre 1108 mm et 1248 mm. Elle s'accroît du nord au sud du bassin. La partie sud-ouest du bassin est plus arrosée, ceci pourrait être expliqué par la présence de cours d'eau et une végétation non négligeable dans cette zone.

3.1.1.1 Variabilité interannuelle des hauteurs de pluie

L'analyse de la variabilité interannuelle de la pluie dans le bassin de la rivière Beffa à Ouèssè porte sur la période 1980-2016 (figure 4).

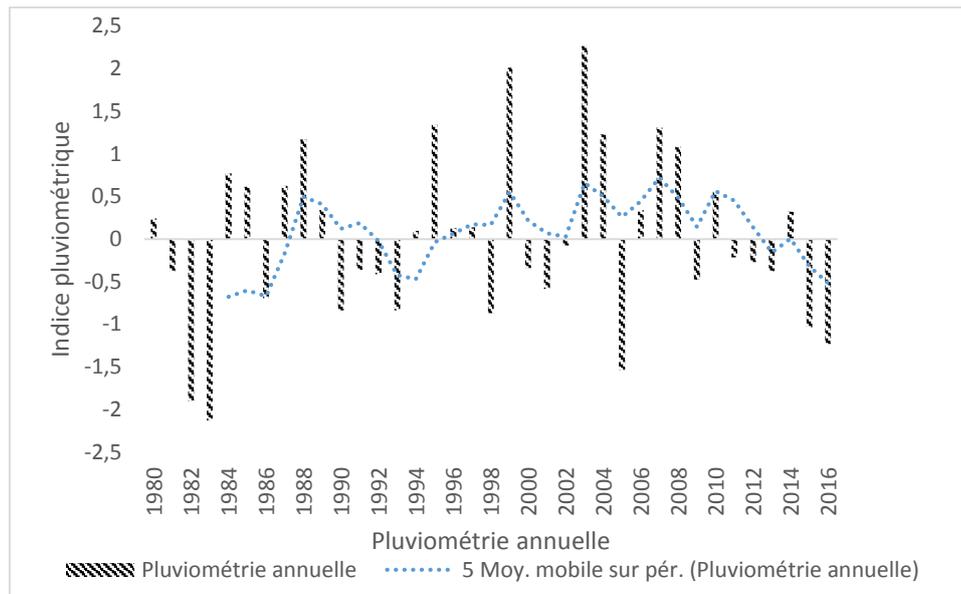


Figure 4 : Variabilité interannuelle de la pluie dans le bassin de la rivière Beffa à Ouèssè sur la période 1980-2016

De l'analyse de la figure 4, il ressort une forte instabilité pluviométrique dans le bassin. L'indice pluviométrique varie entre 2 et -2. Les années 80 sont marquées par de grands déficits pluviométriques avec comme référence l'année 1983. Elle représente l'année où le plus grand déficit a été observé sur la période d'étude avec une hauteur de 640 mm de pluie. Ces résultats corroborent l'étude de plusieurs chercheurs qui ont montré que les années 70 et 80 en Afrique de l'Ouest sont marquées par une baisse de pluviométrie (Bokonon-Ganta 1987, Vissin 2007, Akognongbé 2014).

3.1.1.2 Recherche de rupture de stationnarité dans les séries pluviométriques

Pour déterminer d'éventuel point de changement au niveau des séries pluviométriques pouvant permettre de découper la série originelle en des sous-périodes, les tests de Pettitt et de Buishand ont été réalisés.

La figure 5 montre le test de Pettitt et de Buishand appliqué aux séries pluviométriques annuelles (1980-2016) dans le bassin versant de la Beffa.

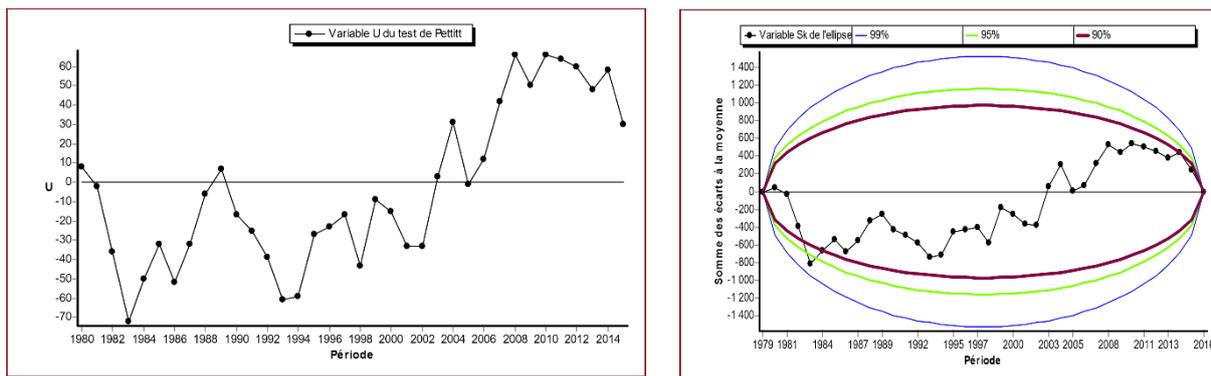


Figure 5 : Test de pettitt et de buishand appliqué aux séries pluviométriques annuelles (1980-2016) dans le bassin versant de la Beffa.

Il ressort de la figure 5 que l’hypothèse nulle (absence de rupture) est acceptée au seuil de 95 %. La série étudiée est ainsi aléatoire et ne compte pas de point de changement. Mais on note une baisse remarquable de la pluviométrie dans les années 80 comme l’avait remarqué plusieurs études en Afrique de l’Ouest. Une recrudescence sensible de la sécheresse s’est manifestée en 1983 et 1987 dans tous les sous bassins et l’indigence pluvieuse reste la règle jusqu’en 1992 dans le sous bassin de la Sota à Coubéri (Vissin, 2007, p117).

Le tableau IV présente le résultat du test de segmentation proposée par Hubert dans la rupture de stationnarité.

Tableau IV : segmentation d’Hubert

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1980	2016	1055,138	194,868

La moyenne pluviométrique sur toute la période de 1980 à 2016 est 1055,13. En absence de rupture il est important de faire une étude des moyennes mensuelles des précipitations dans le bassin.

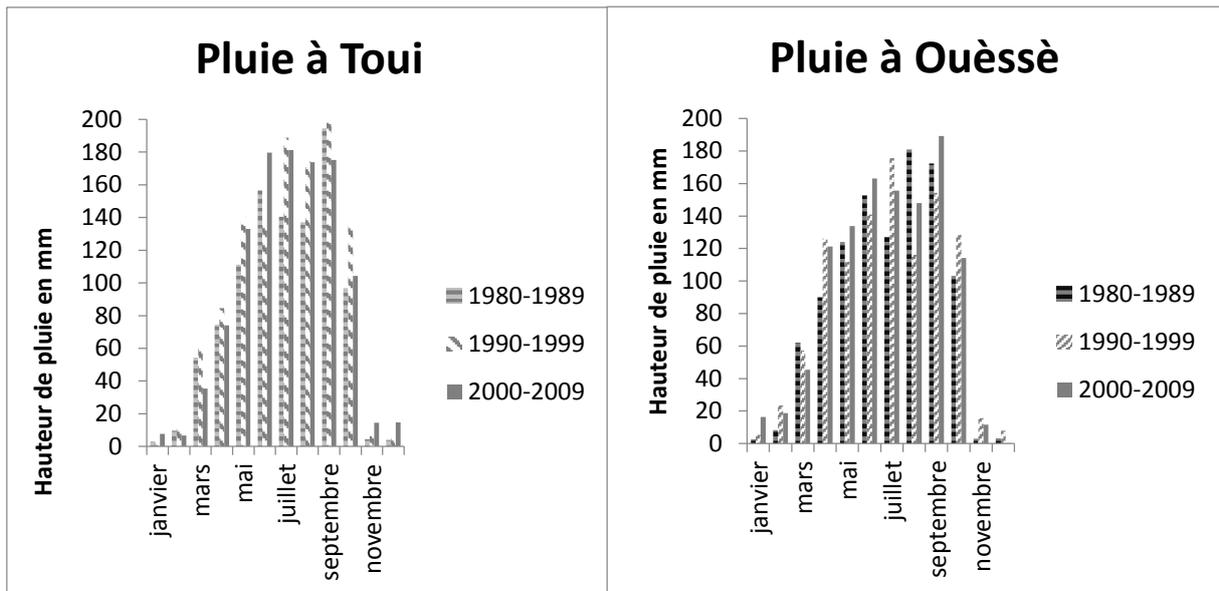


Figure 6 : variation des régimes pluviométriques mensuels moyens sur l'ensemble du bassin de la Beffa entre les périodes 1980-1999 et 1990-1999 et 2000-2009

Il faut retenir la de figure 6 que sur l'ensemble du bassin les précipitations sont moins importantes sur la décennie 1980-1999. Ceci confirme la baisse des précipitations observée dans le bassin de l'Ouémé. Les décennies 1990-1999 et 2000-2009 sont les plus humide du bassin.

3.1.1.3 Variabilité et tendance thermométrique dans le bassin de la rivière Beffa à Vossa sur la période 1980-2016

3.1.1.3.1 Variabilité mensuelle de la température dans le Bassin de la Beffa à Vossa de 1980 à 2016.

La figure 7 présente l'évolution mensuelle de la température dans le Bassin de la Beffa à Vossa de 1980 à 2016

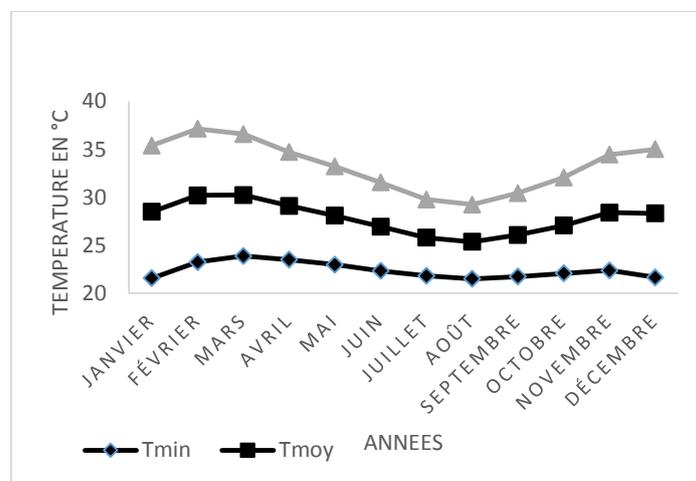


Figure 7 : évolution mensuelle de la température dans le bassin de la Beffa à Vossa de 1980 à 2016 estimée à partir de la station de Savé.

La température moyenne varie à la station de Savè entre 25,4 °C en Août (mois humide) et 30,2 °C en mars mois le plus chaud du bassin. La hausse de température observée entre février et mars serait due à l'absence de mousson pouvant apporter des couvertures nuageuses en cette période de l'année considérée comme sèche.

3.1.1.3.2 Variation interannuelle de la température de 1980 à 2016 dans le bassin de la Beffa à Vossa

L'analyse de l'évolution des températures trouve son intérêt dans cette étude du fait que ce paramètre influence l'évaporant de l'air et représente un facteur déterminant dans l'hydrodynamisme des réservoirs souterrains (G. Atchadé, 2014, P98). La figure 8 montre l'évolution des températures minimales, maximales et moyennes dans le bassin.

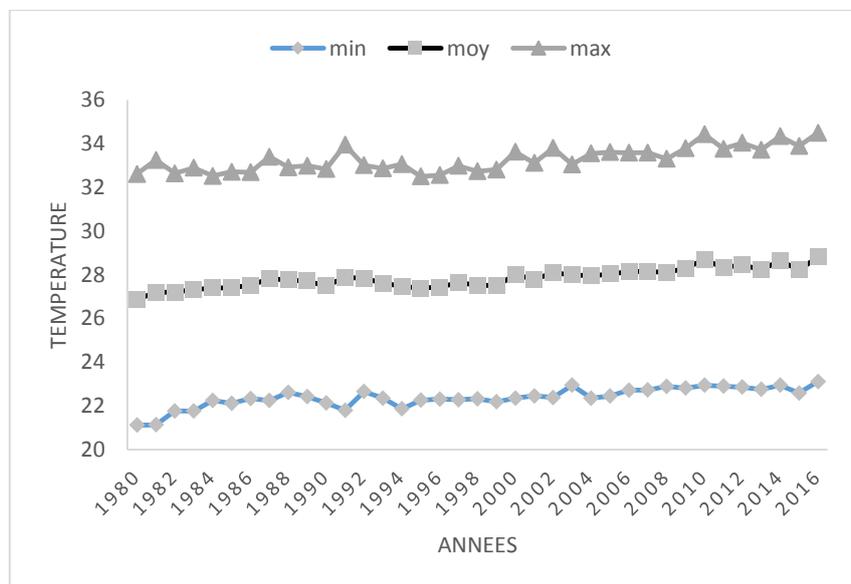


Figure 8 : évolution interannuelle des températures minimales, maximales et moyennes dans le bassin sur la période 1980-2016.

On observe une tendance générale à la hausse des températures (figure 8). Elles sont passées globalement sur la période d'étude de 32,50 °C à 34,34 °C soit une augmentation de 1,84 °C pour les températures maxi et de 21,12 à 22,94 °C soit 1,82 °C pour les températures mini. Cette hausse contribue à l'augmentation du pouvoir évaporant de l'air. Sa variation influe sur la transformation des eaux en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol (A. Akognongbé 2014, p108). La figure 9 illustre davantage ce réchauffement par les anomalies positives observées.

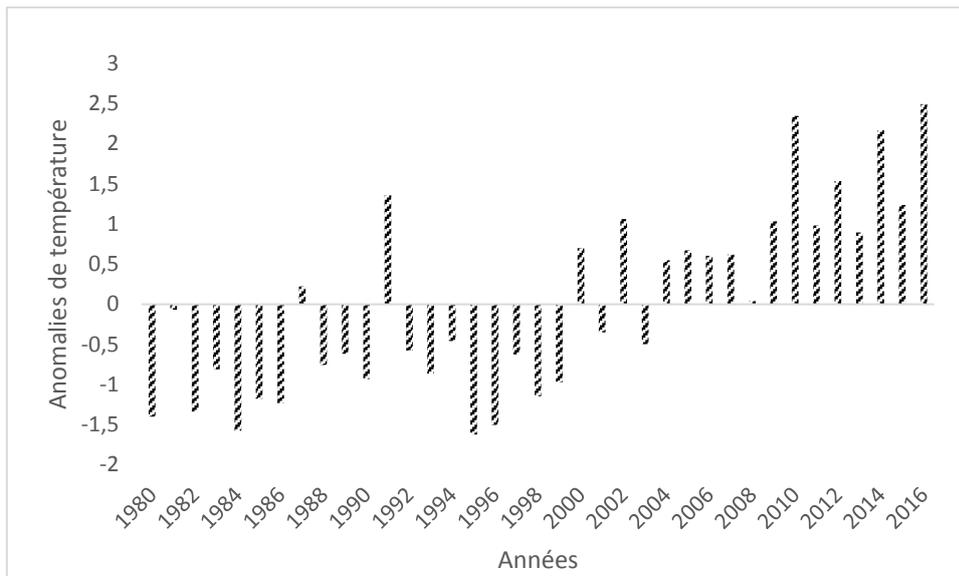


Figure 9 : Anomalies thermométriques dans le bassin de la Beffa à Vossa.

La figure 9 montre que les anomalies thermométriques varient entre -1,6 et +2,1 dans le bassin. La hausse de la température est plus accentuée ces dernières années. Les fortes valeurs correspondent à l'augmentation du rayonnement solaire dont l'action va être ensuite contrecarrée par l'arrivée des pluies, d'où la baisse des températures qui débute avec l'hivernage, et le minimum du mois d'août (H. Koumassi, 2014, p107)

3.1.1.4 Pouvoir évaporatoire de l'air

La figure 10 montre la relation effective qui existe entre la température moyenne et le pouvoir évaporant de l'air sous climats tropicaux

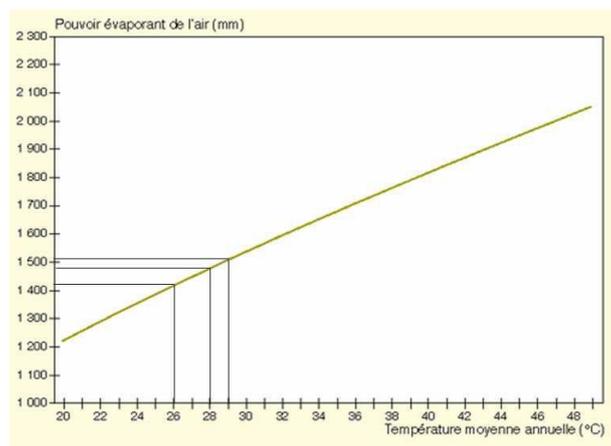


Figure 10 : Relation entre le pouvoir évaporant de l'air (en mm/an) et la température annuelle (en °C) en climats tropicaux ; Daget et Djellouli, 2002 cités par Akognongbé 2014, p110

Les valeurs de pouvoir évaporant de l'air correspondant à l'intervalle de température 26-29 °C sont de 1400 à 1500 mm pour les climats tropicaux (Daget et Djellouli, 2002). En tenant compte des températures minimale et maximale (23,77°C et 34,17°C à Savè), les valeurs du pouvoir

évaporatoire de l'air sont comprises entre 1320 et 1600 mm à Savè (Atchadé, 2014, p100). Cette évaporation influe sur la disponibilité des ressources en eau de surface dans le bassin. Le constat fait est que lorsque la température augmente, l'ETP évolue également dans le même sens à l'échelle du bassin (figure 11)

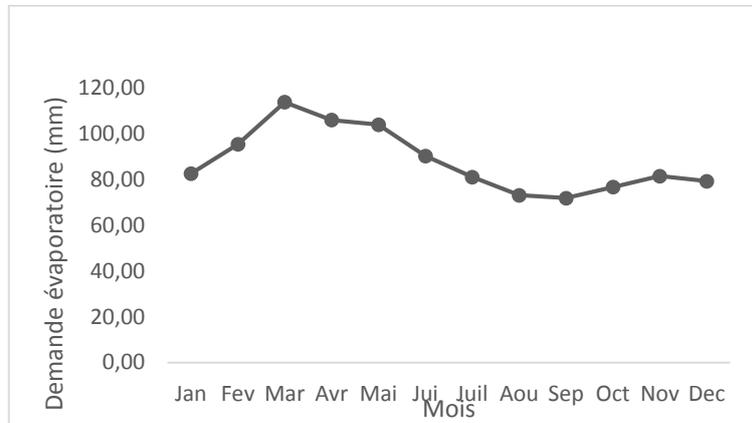


Figure 11 : Variation mensuelle de la demande évapotranspiratoire mensuelle moyenne (1980-2016) dans le bassin de la Beffa.

La valeur maximale de l'ETP s'observe en mars où on note également des températures très élevées. Cette valeur baisse considérablement entre août et septembre (mois pluvieux).

3.1.1.5 Bilan climatique

Le bilan climatique a été calculé dans le cadre de cette étude pour caractériser les mois secs et humide. Il traduit la différence entre les larmes de pluie tombées et celle de l'évapotranspiration potentielle (ETP). La figure 12 montre l'évolution mensuelle du bilan climatique à Vossa.

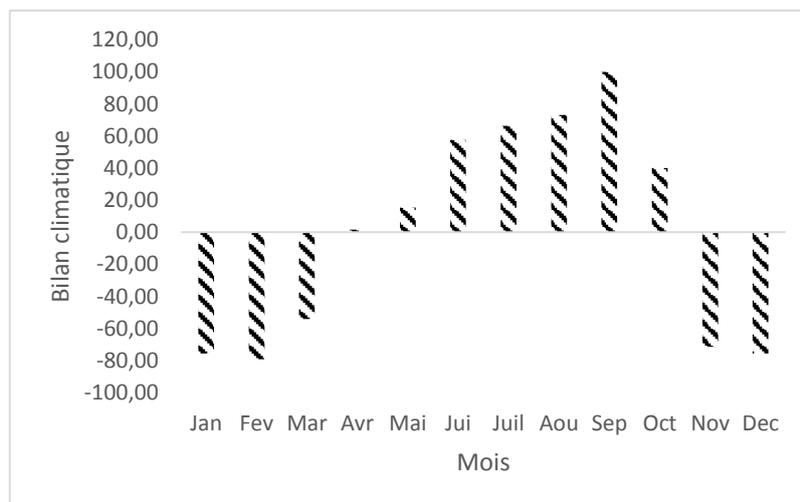


Figure 12 : Bilan climatique

De l'analyse de cette figure 12 il ressort que les mois de mai, juin, juillet, août septembre et octobre connaissent un bilan excédentaire tandis que ceux de novembre à avril enregistre un bilan déficitaire. Ces déficits traduisent le fait que pendant ces mois, l'évaporation est plus

importante que la pluie. Cette variation du bilan climatique influence le fonctionnement hydrologique du Bassin.

3.1.2 Variabilité hydrologique dans le bassin de la Beffa à Vossa

3.1.2.1 Régime hydrologique moyen mensuel de la disponibilité en eau de ruissellement dans le bassin.

Le secteur de Vossa présente montre que le secteur d'étude présente des débits quasiment nuls entre décembre et avril (figure 13). Cette période correspond à celle des mois secs. Pendant ces mois l'accès à l'eau de la rivière devient difficile pour les populations riveraines de la Beffa.

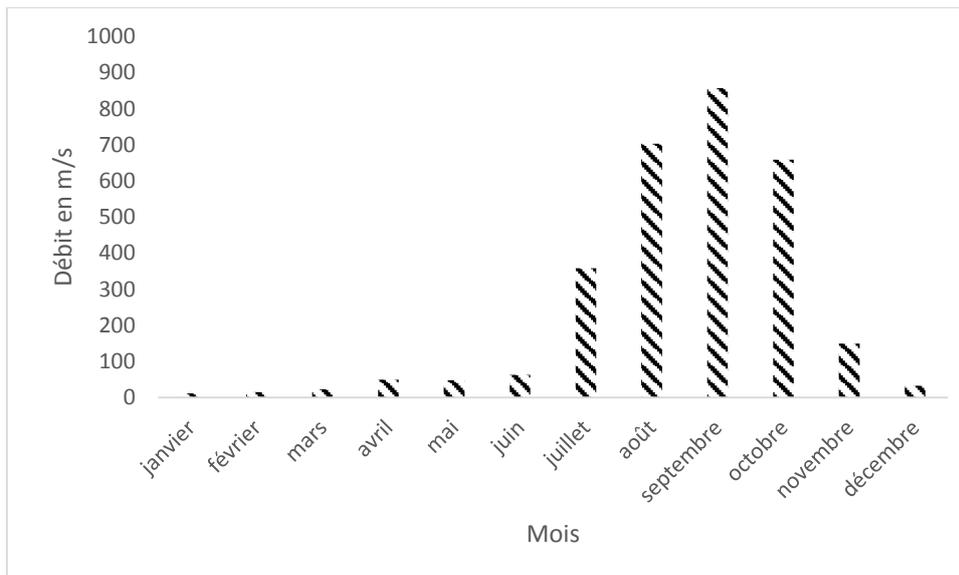


Figure 13 : Le débit mensuel à Vossa de 1980 à 2016

Les mois de juillet, août septembre et octobre sont les mois où l'écoulement est important. Selon 95 % des enquêtés, les mois d'août, septembre sont les mois pendant lesquels la crue de la rivière Beffa s'observe dans le bassin créant des inondations.

3.1.2.2 Variation interannuelle des débits dans le bassin versant de la Beffa à Vossa

La figure 14 Présente la variation interannuelle des débits dans le bassin versant de la Beffa à Vossa

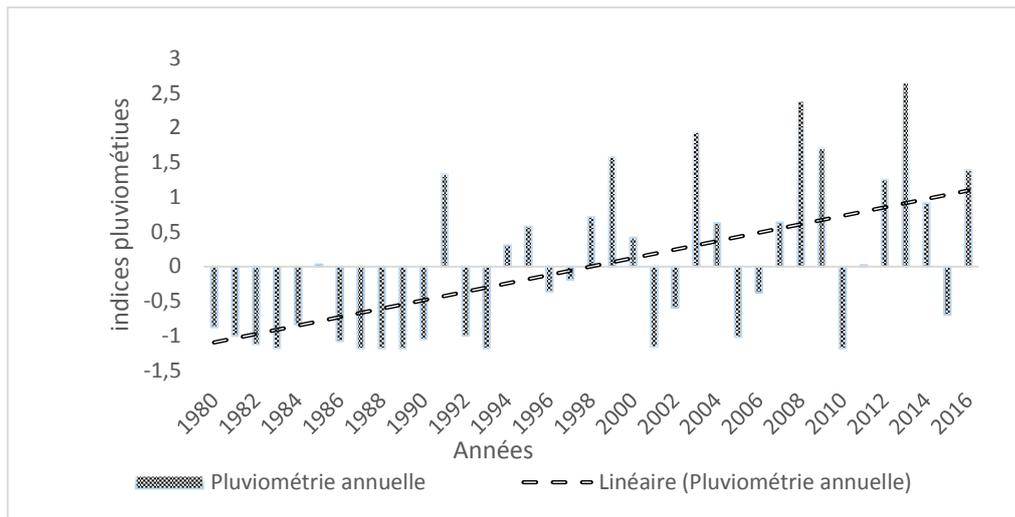


Figure 14 : Variation interannuelle des débits dans le bassin versant de la Beffa à Vossa

L'analyse de la figure 14 révèle une très grande variabilité de l'écoulement et une tendance générale significative à la hausse dans le bassin de la Beffa. Cette variabilité semble identique à celle de la pluie sur la même période de l'étude. 95 % de la population enquêtée reconnaît que l'intensification des pluies est à la base de l'augmentation de l'écoulement dans la rivière Beffa ces dernières années. L'écoulement est déficitaire pendant les années 80. Ceci confirme que la sécheresse des années 80 en Afrique de l'Ouest en générale a également touché le bassin de la rivière Beffa à Vossa.

3.1.2.3 Relation pluies/débits dans le bassin versant de la Beffa a Vossa

Dans l'étude du fonctionnement du régime hydrologique, il est important de connaître l'influence qu'exerce la pluie sur l'écoulement. Ainsi le coefficient de détermination a été utilisé pour apprécier le degré de liaison ou de dépendance qui existe entre les larmes précipitées et celles écoulées dans le bassin de Beffa à Vossa. La Figure 15 montre la corrélation écoulement/pluie dans le bassin-versant de la Beffa à Vossa de 1980 à 2016

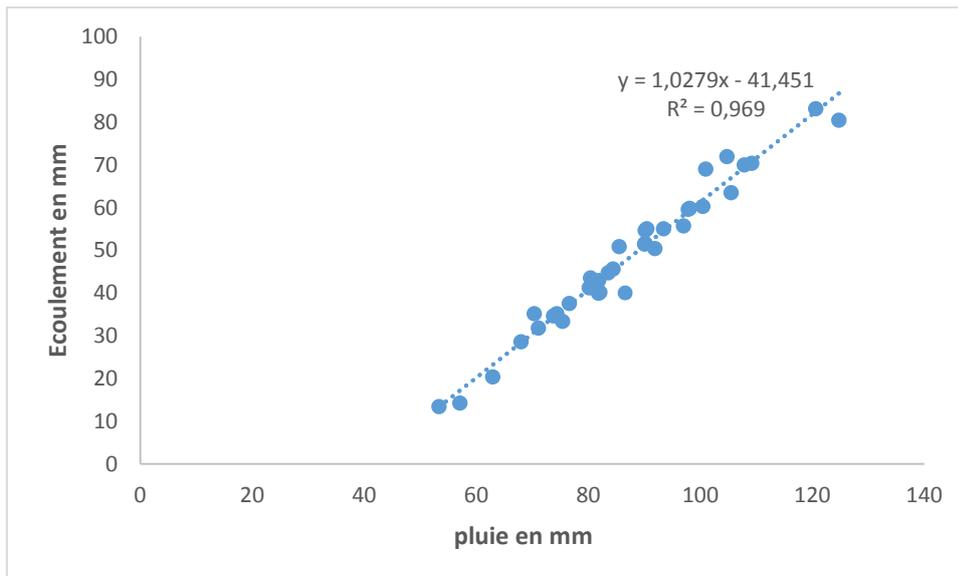


Figure 15 : Corrélation écoulement/pluie dans le bassin-versant de la Beffa de 1980 à 2016

De l'analyse de la figure 15 il ressort une corrélation positive entre la pluie et l'écoulement avec un coefficient de détermination supérieur à 90 %. Ceci explique l'apparition de l'écoulement après l'intensification des pluies. Mais la pluie ne constitue pas le seul paramètre qui le détermine. Zannou (2006) à Bétérou qui indique clairement que l'écoulement n'est pas lié à la forme géométrique du bassin, mais plutôt aux autres paramètres de l'environnement (pluie, superficie, nature et occupation des sols, topographie, activité humaine...).

3.1.2.4 Variation du bilan hydrologique

Le bilan hydrologique est la balance comptable entre les entrées et les sorties. La pluie est déterminante pour toute étude du bilan hydrologique notamment à l'échelle d'un bassin versant (J. A. Dohami, 2013, p 45). La figure 16 présente les termes du bilan hydrologique dans le bassin de la rivière Beffa à Vossa

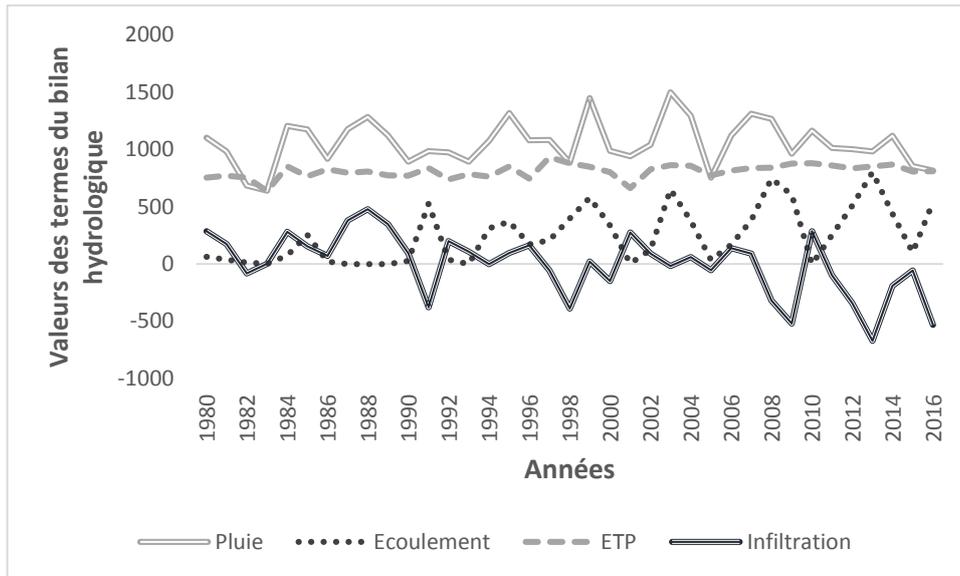


Figure 16 : Termes du bilan hydrologique dans le bassin de la rivière Beffa à Vossa

L'analyse de la figure 16 révèle que la pluie a une influence très importante sur les autres termes du bilan hydrologique dans le bassin de la rivière Beffa à Vossa. Ainsi pour une pluviométrie de 1496,8 mm en 2003, il est enregistré un écoulement de 87,5 mm ; en 2008 et des précipitations de 1265,8 mm entraînent un écoulement de 67,6 mm ; pour une lame d'eau précipitée de 640,2 mm, l'écoulement enregistré est de 13,45 mm en 1983. L'ETP conserve pratiquement la même allure que celle de la pluie (76,9 % de la pluie) sur la période d'étude. En effet toute eau précipitée s'évapore suivant le cycle de l'eau (J. A. Dohami, 2013, p 46). L'écoulement et l'infiltration représentent respectivement 20,47 % et 2,8 % des larmes précipitées.

CHAPITRE IV : INFLUENCE DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES SUR LES EAUX DE SURFACE ET DES BERGES DANS LE BASSIN DE LA BEFFA À VOSSA

4.1 Activité économique et influence sur les ressources en eau dans le bassin de la Beffa à Vossa

4.1.1 Agriculture

L'agriculture est la principale activité économique menée dans le bassin de la rivière Beffa. L'augmentation de sa production agricole suit la croissance de la population. Les effets de l'agriculture peuvent être dommageables pour l'environnement car ils contribuent à la dégradation de la qualité des terres, de l'eau et de l'air par l'usage abusif des engrais chimiques et des pesticides. Les cultures vivrières dominent les productions. Il s'agit principalement du maïs, de l'arachide du manioc et de l'igname. Il faut noter que la pratique culturale dans le bassin est archaïque. L'agriculture surtout concernant les cultures vivrières, est pratiquée avec les techniques rudimentaires entraînant des effets néfastes sur l'environnement (A. Akognongbe, 2014, p135). La principale culture de rente est le coton. Il était produit principalement autrefois par les colons agricoles de Wopka dans le bassin. Le coton est la première culture de rente à être introduite dans la région du confluent Ouémé-Beffa. Mais il a été abandonné par les populations au détriment des autres cultures. Cet abandon traduit le fait que les paysans de cette région accordent peu d'intérêt à la culture de coton. La production de coton est demeurée de ce fait à l'étape embryonnaire (A. Alomasso, 2009, p49). Mais il connaît une ampleur de plus en plus grandissante dans le bassin ces dernières années. Selon 95 % des agriculteurs enquêtés, la mauvaise répartition, la persistance des poches de sécheresse et les pluies tardives constituent les facteurs de baisse des rendements et de leur conversion vers les cultures plus résistantes comme le coton et le soja.

La forte pression des agriculteurs riverains contribue à la pollution des eaux de surface du bassin. Cette pollution peut être liée à l'utilisation abusive des intrants agricoles qui d'une manière ou d'une autre s'accumule dans les cours d'eau mettant en danger les individus et l'écosystème aquatique vue les différents usages de ces eaux.

Les agriculteurs utilisent les engrais pour faciliter la croissance et le développement des plantes à cause de l'état surexploité des terres. 99 % des agriculteurs font usage de ces engrais ainsi que des pesticides. (Tableau V)

Tableau V : Engrais et pesticides utilisées dans le bassin de la Beffa

Catégorie	Nom commercial	Culture
Engrais	NPK	Maïs, coton, ignames
		Maïs, coton, ignames
Herbicides	Califor-g	Coton, maïs
	Primagram	Maïs, soja

De l'analyse du tableau V, il ressort que les engrais chimiques (NPK et Urée) sont les plus utilisés dans le milieu d'étude. Plusieurs agriculteurs utilisent les pesticides à la place des sarclages afin d'empêcher les herbes de pousser ce qui n'est pas sans conséquence sur la fertilité des sols ainsi que l'environnement.

4.1.2 Elevage

L'élevage fait partie des activités secondaires dans le bassin. Les principales espèces élevées sont : les bovins, les caprins, les ovins, les porcins et les volailles. De même que l'agriculture, l'élevage reste une activité traditionnelle, étroitement liée aux milieux aquatiques, en particulier aux cours d'eau, et constitue à son tour une source de pollution non négligeable (A. Akognongbé 2014, p140).

L'élevage du gros bétail se fait principalement par les peulh sédentaires ou nomades venus du Niger et du Nigeria. De nos jours de nombreux particuliers autochtones s'adonnent de plus en plus à cette activité en confiant aux peulh des troupeaux de bovins sous divers termes de contrat. Le petit élevage est quasi dominé par les volailles et presque tous les ménages le font. Cette activité mal organisée est caractérisée par la divagation des bêtes, le manque de suivi vétérinaire des animaux et le taux élevé de mortalité. La non matérialisation des couloirs de transhumance et des zones de pâturage participent à l'intensification des différents conflits entre éleveurs et agriculteurs.

4.1.3 La pêche

La pêche fait partie des activités secondaires dans le bassin. Elle est généralement pratiquée par les Haoussa et certains autochtones. La pisciculture est presque absente dans le bassin. L'équipement utilisé par les pêcheurs est principalement les filets.

4.1.3 Exploitation forestière

Dans le bassin de la Beffa se font également l'exploitation forestière. Les espèces ligneuses sont abattues à la hache ou au moyen de la tronçonneuse (photo 1).



Photo 1 : Arbre abattu à la tronçonneuse dans le bassin de la Beffa a Vossa

Cette activité n'est pas contrôlée dans le bassin. Ce qui a des répercussions sur les ressources ligneuses du bassin. Tous ces arbres sont utilisés à des fins diverses.

4.2 Impact des activités humaines sur la morphologie des berges

Les activités humaines menées sur le bassin de la rivière Beffa ne sont pas sans conséquences.

4.2.1 Aspect morphologique de la berge du bassin de la beffa

Les points les plus hauts du bassin se trouvent au nord-est avec une altitude qui varie entre 360 et 415 m. Dans la partie sud du bassin, l'altitude est inférieure à 200 m.

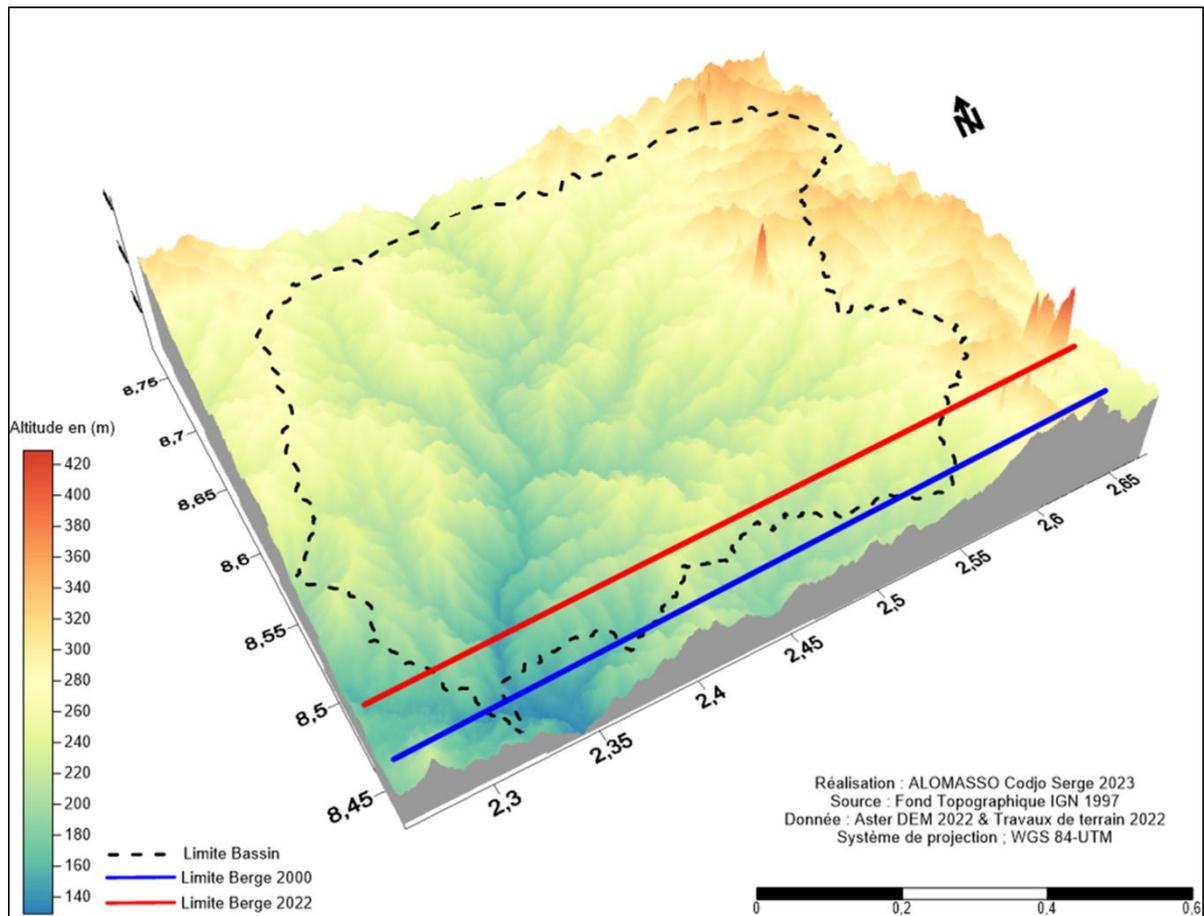


Figure 17 : Aspect morphologique de la berge du bassin de la Beffa

Sur ce relief se répartissent plusieurs types de sols qui restent les principaux supports de la production agricole. Ainsi les berges du bassin ont connu une évolution entre 2000 et 2022, ceci serait la cause des différents usages fait de cette dernière. Les changements géomorphologiques du chenal, pendant l'événement de crue, sont dus à l'érosion des berges et du lit.

4.2.2 Identification des sources d'impacts et composantes environnementales

Les différentes sources d'impacts identifiées pour chaque activité sont :

- agriculture : le défrichage, les feux de végétation, le sarclage, l'usage des pesticides ;
- élevage : le pâturage, l'abreuvement dans le cours d'eau ;
- pêche : les filets éperviers ;
- exploitation forestière : la coupe sans contrôle, la fabrication de charbon.

L'eau, le sol, la flore, et la ripisylve sont les composantes du milieu naturel qui subissent les impacts de ces différentes activités.

La matrice de Léopold (1971) a permis de croiser les sources d'impacts et les composantes du milieu. Ce croisement a permis de faire ressortir les composantes du milieu affectées positivement et/ou négativement. L'évaluation des impacts environnementaux est faite sur la

base des observations faites sur le terrain et des informations socio-anthropologiques obtenues. Le tableau VI montre la matrice d'identification des impacts liés aux activités anthropiques sur les berges de la rivière Beffa.

Tableau VI : matrice d'identification des impacts liés aux activités anthropiques sur les berges de la rivière Beffa.

Sources d'impact	Composantes du milieu affectées			
	Eau	Sol	Flore	Ripisylve
AGRICULTURE				
Défrichement	-	-	-	-
Labour /Sarclage		-	-	-
Usage de pesticides	-	-	-	-
ELEVAGE				
Pâturage/surpâturage	-	-	-	
Abreuvement	-	-	-	-
PECHE				
Filet épervier	-		-	-
EXPLOITATION FORESTIERE				
Coupe / Abattage sans contrôle		-	-	-
Fabrication charbon bois		-	-	-

Source : Travaux de terrain, octobre 2021

Légende : (-) = impact négatif,

De l'analyse du tableau VI, Il ressort que les activités anthropiques pratiquées dans le bassin de la Beffa à Vossa affectent négativement les berges. Aucun impact positif n'a été noté ; ce qui traduit le niveau élevé de dégradation des berges.

4.2.3 Dynamique des états d'occupation du sol entre 1990, 2006 et 2020

L'anthropisation des écosystèmes forestiers est devenue un problème environnemental majeur qui impacte la biodiversité dans le monde (S. BIAOU, 2019, p2)

4.2.3.1 Description des cartes d'occupation de sol en 1990, 2006 et 2020

L'analyse des cartes de l'occupation de sol montre une évolution des formations anthropiques au détriment de celles naturelles (forestières et savaniques). Les figures 18, 19 et 20 respectivement présentent l'évolution des différentes unités d'occupation de sol dans le bassin de la Beffa à Vossa entre 1990, 2006 et 2020.

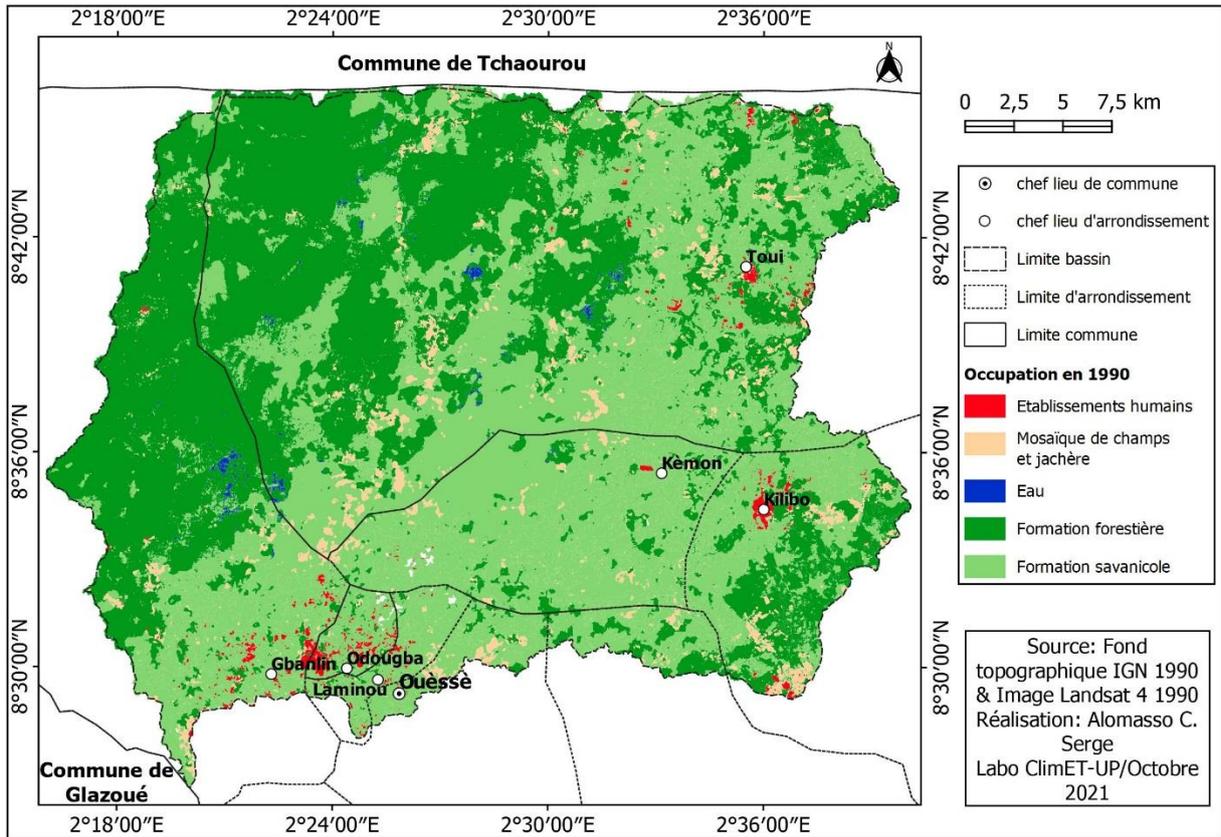


Figure 18 : Occupation du sol dans le bassin de la Beffa à Vossa en 1990.

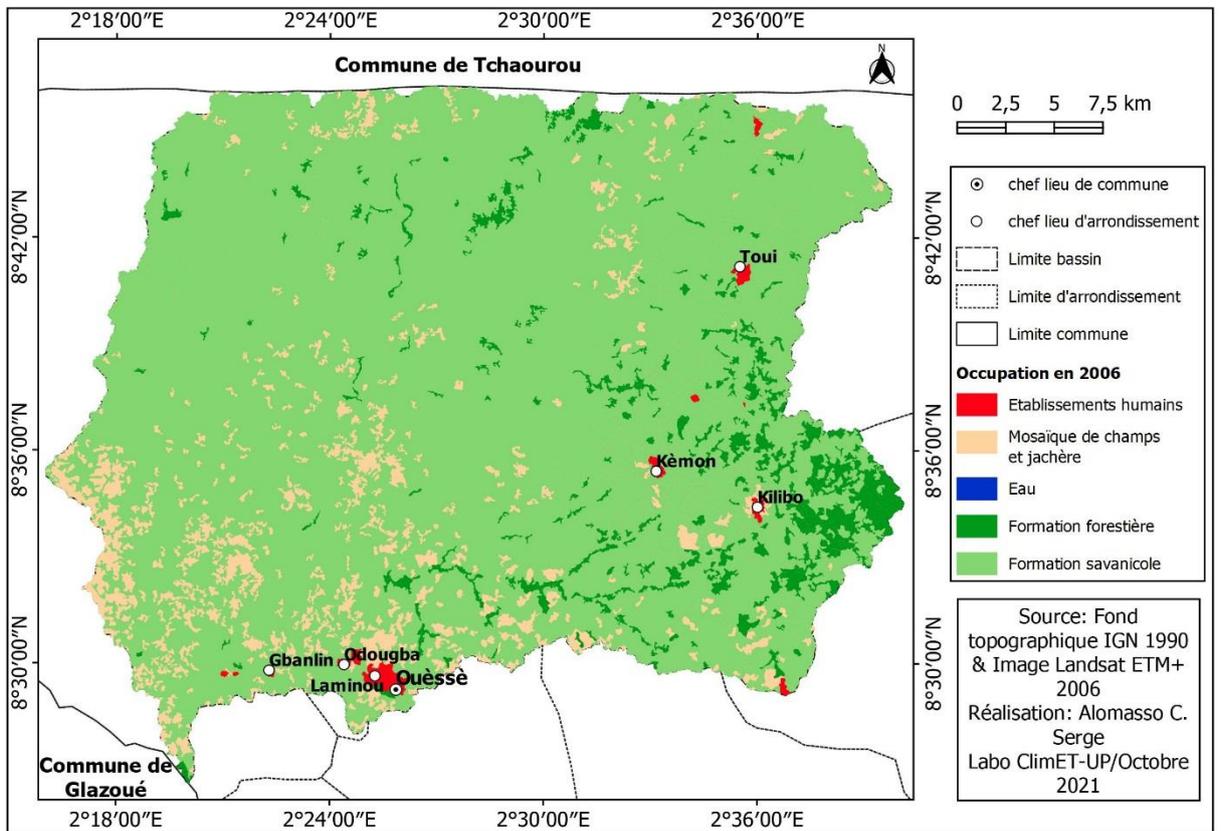


Figure 19 : Occupation du sol dans le bassin de la Beffa à Vossa en 2006.

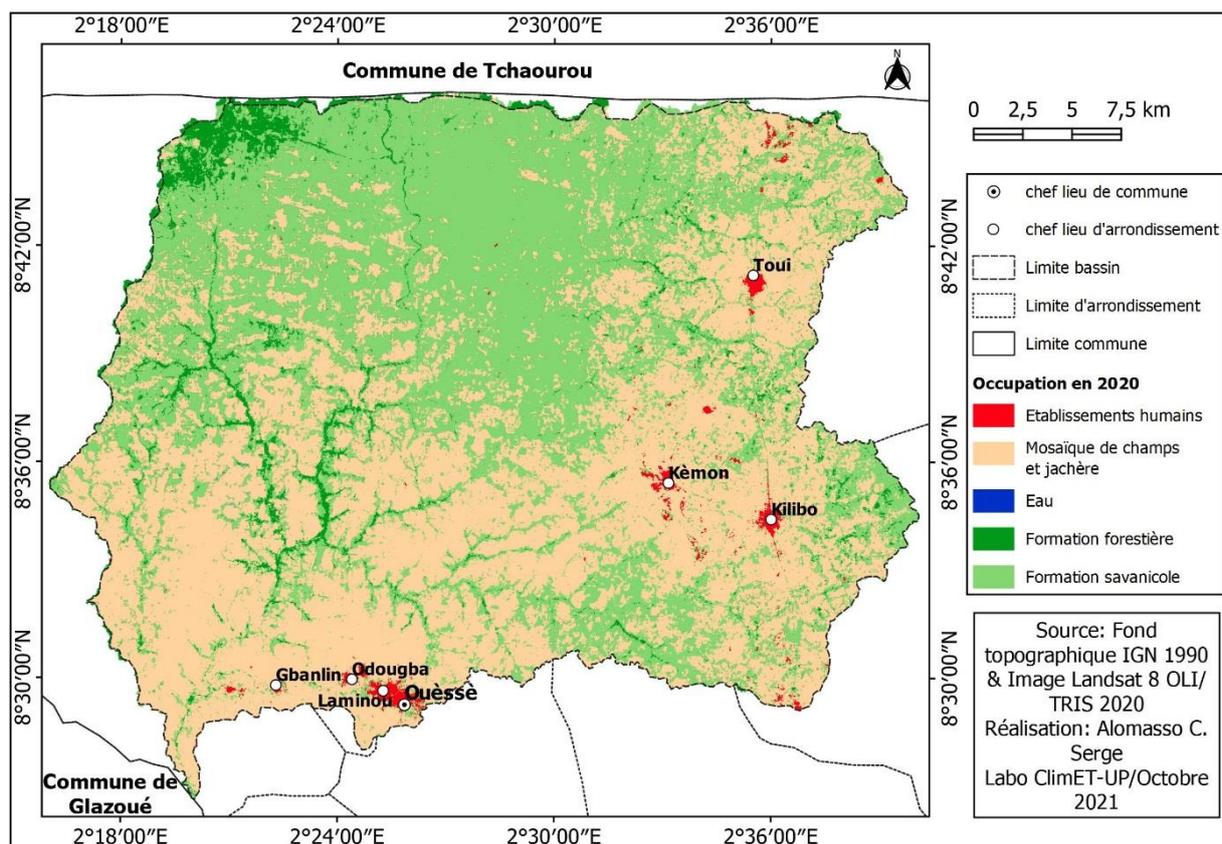


Figure 20 : Occupation du sol dans le bassin de la Beffa à Vossa en 2020.

En 1990, on note une prédominance des formations savaniques (arborées et arbustives) qui représentaient 50 % de la superficie du bassin. Ces formations s’observent beaucoup plus dans la partie Sud et Est du Bassin. S’en suit les formations forestières (forêt galerie de l’Ouémé et dense) qui occupaient 44,49 % et dominent la partie Ouest du bassin. Les mosaïques de champs et jachères (4,42 %) sont réparties un peu partout du centre à l’Est du bassin. Les établissements humains (0,15 %) sont beaucoup plus concentrés à Ouèssè, Toui et Kilibo. Les plans d’eau sont presque absents et occupent moins de 1 % de la superficie totale du bassin.

En 2006, les formations savaniques ont connu une augmentation de leur superficie (85,24 %) et sont réparties sur l’ensemble du bassin du Nord au Sud et de l’Est à l’Ouest. Cette augmentation pourrait s’expliquer par la transformation des formations forestières en des formations savaniques. Viennent en deuxième position les mosaïques de champs et jachères (8,49 %) rependues beaucoup plus au Sud-Ouest et au centre du bassin. Les formations forestières (5,77 %) s’observent au Sud-Est.

En 2020, les étendues de cultures et de jachères (52,6 %) sont présentes un peu partout dans le bassin, dominant surtout à l’ouest, à l’est et au sud. Les formations savaniques ont régressé de plus de leur moitié en 2006 (42,3 %) sont concentrées au Nord du bassin. Les formations forestières ne représentent finalement que (3,4 %) et sont concentrées au Nord-ouest du bassin.

Les établissements humains ont connu une augmentation et sont toujours concentrés à Ouèssè, Toui et Kilibo. Les plans d'eau sont quasiment inexistantes. En Comparaison avec la situation de 1990, 2006, en 2010, les superficies des formations naturelles (forestières et savaniques) ont diminué au profit des formations anthropiques.

4.2.3.2 Etat des unités d'occupation du sol en 1990 et 2006

L'évolution des différentes unités du couvert végétal entre 1990 et 2006 est présentée sur les figures 18 et 19. Ainsi, le tableau VII et la figure 21 est déduit de l'analyse de ces figures.

Tableau VII : Evolution des différentes unités du couvert végétal de 1990 à 2006

Classes d'occupation du sol	Superficies 1990		Superficies 2006		Te
	Km ²	%	Km ²	%	
Etablissement humain	1,7	0,2	5,9	0,5	0,4
Mosaïque de champs et jachère	50,1	4,4	101,3	8,5	4,1
Eau	4,1	0,4	0,01	0,00	-0,4
Formation Forestière	504,25	44,5	68,8	5,8	-38,7
Formation savanicole	573,3	50,6	1016,5	85,2	34,7

Source : Données cartographiques, 1990 et 2006 : Résultat images Landsat.

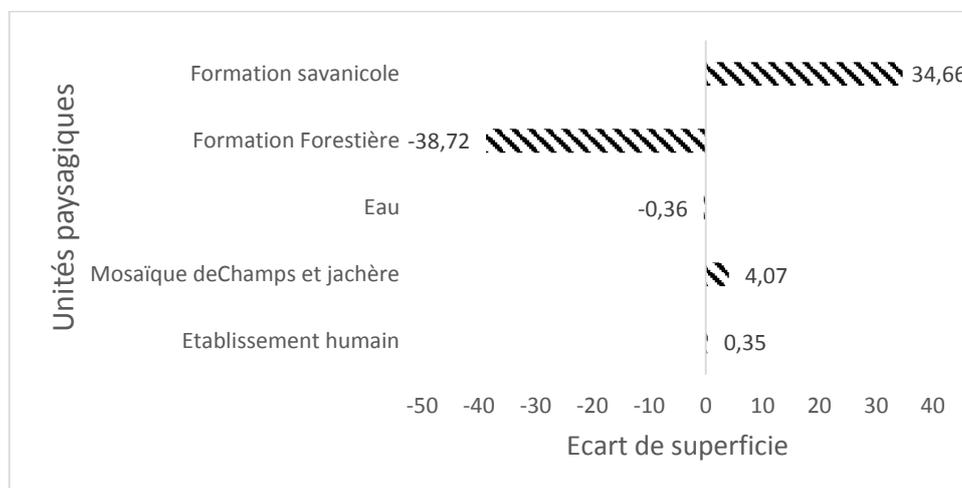


Figure 21 : Taux d'évolution des unités d'occupation

Source : Données cartographique 1990, 2006

Sur les cinq unités d'occupation identifiées, deux ont connu en seize ans une forte régression de -39,1 %. Il s'agit des formations forestières qui ont connu une régression significative de 38,72 % et les plans d'eau une régression de 0,4 %. Par contre les établissements humains, les mosaïques de champs et jachères et les formations savaniques ont connu respectivement une progression de 0,4 % ; 4,1 % et 34,7 %.

4.2.3.3 Etat des unités d'occupation du sol en 2006 et 2020

L'analyse diachronique de l'occupation du couvert végétal entre 2006 et 2020 montre une modification des superficies de certaines unités d'occupation du sol comme le présente la figure 18 et 20 dont est extrait le tableau VIII et la figure 22.

Tableau VIII : Evolution des différentes unités du couvert végétal de 1998 à 2010

Classes d'occupation du sol	Superficies 2006		Superficies 2020		Taux d'évolution en %
	Km ²	%	Km ²	%	
Etablissement humain	5,9	0,5	9,9	0,9	0,4
Mosaïque de champs et jachère	101,3	8,5	596,3	52,6	44,1
Eau	0,01	0,0	0,01	0,0	0,0
Formation Forestière	68,8	5,8	39,09	3,45	-2,3
Formation savanicole	1016,5	85,2	478,9	42,3	-42,9

Source : Données cartographiques, 1990 et 2006 : Résultat images Landsat.

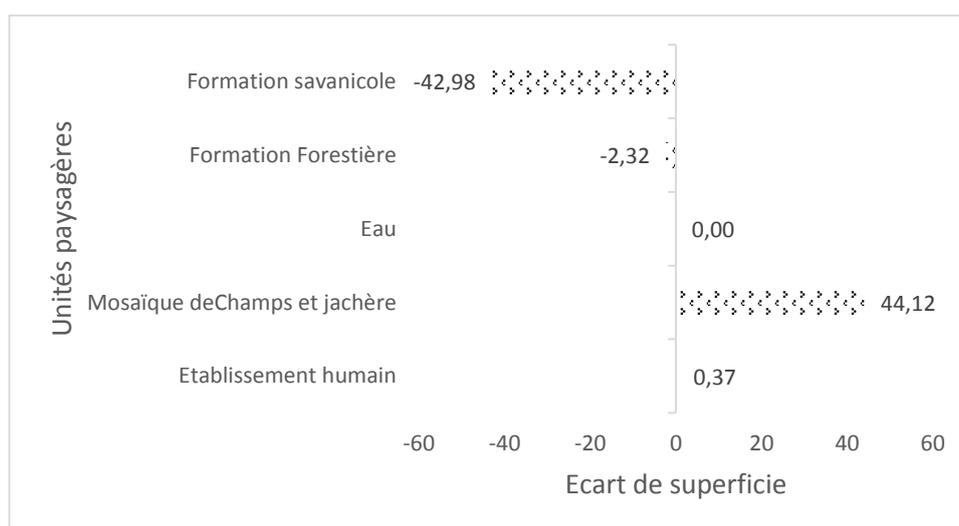


Figure 22 : Taux d'évolution des unités d'occupation

Source : Données cartographique 2006, 2020

De 2006 à 2020 les formations naturelles (forestières et savanicoles) ont connu une régression non négligeable (45,30 %) de leurs superficies dans le bassin en termes de dynamique des unités paysagères. Par ailleurs les unités anthropisées ont connu une progression notable de 44,49 %. Ces unités concernent les établissements humains et les mosaïques de champs et jachères. Les plans d'eau ont connu une stabilité entre ces deux années dans le bassin.

4.2.3.4 Synthèse de la dynamique d'occupation de sol de 1990 à 2020.

La synthèse des unités d'occupation de sol est résumée dans le tableau IX et la figures 23.

Tableau IX : Synthèse des unités du couvert végétal de 1990 à 2020

Classes d'occupation du sol	Superficies		Superficies		Superficies 2020		Te en %
	1990		2006		2020		
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	
Etablissement humain	1,7	0,2	5,9	0,5	9,9	0,9	0,2
Mosaïque de champs et jachère	50,1	4,4	101,3	8,5	596,3	52,6	39,7
Eau	4,1	0,4	0,01	0,0	0,01	0,0	-0,4
Formation Forestière	504,3	44,5	68,8	5,77	39,1	3,45	-46,8
Formation savanicole	573,27	50,6	1016,5	85,2	478,9	42,3	-93,6

Source : Données cartographiques, 1990 et 2006 : Résultat images Landsat.

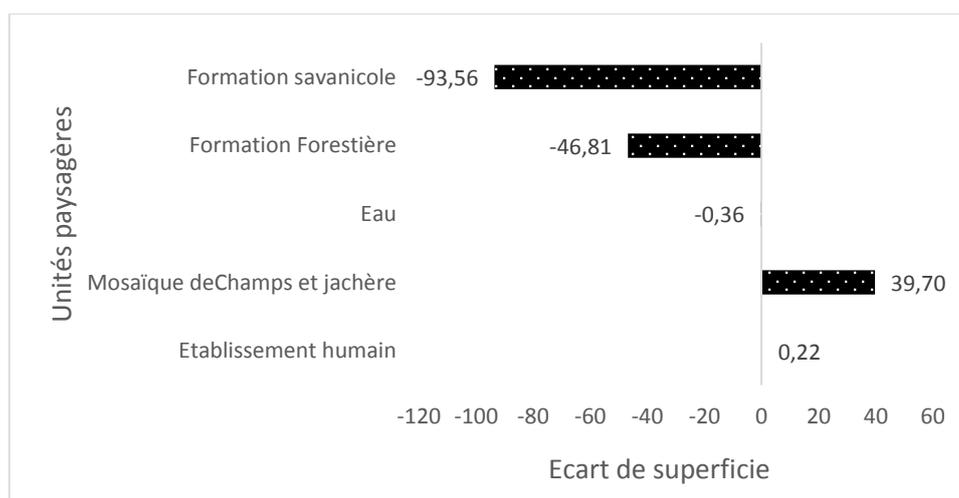


Figure 23 : Taux d'évolution des unités d'occupation

Source : Données cartographique 2006, 2020

Les formations naturelles (forestières et savanicoles) de 1990 à 2020 ont connu une régression (-140,7 %) de leurs superficies au détriment des formations anthropisés (établissement humains et mosaïques de champs et jachères) qui ont connu une progression estimée à 40 % en termes de dynamique des unités paysagères.

Ainsi, on note un recul général des formations savanicoles et forestières qui passaient de 95,4 % en 1990 à 45,7 % en 2020 au moment où les formations anthropisés passaient de 4,5 % en 1990 à 53,49 % en 2020.

4.2.4 Bilan de l'évaluation des impacts de l'occupation du sol sur les berges

Tableau X : l'évaluation des impacts de l'occupation du sol sur les berges

ACTIVITES	Impacts	Durée	Etendue	Degré de perturbation	Importance de l'impact
PRODUCTION VEGETALE : Agriculture et Exploitation forestière					
Préparation du sol (défrichage, feux de végétation, laboure)	Destruction de la végétation	Permanente	Régionale	Forte	Forte
	Destruction des horizons du sol	Permanente	locale	moyenne	Forte
Entretien (sarclage, traitement phytosanitaire)	Pollution du sol	Permanente	Locale	Forte	Forte
	Destruction du couvert végétal	Permanente	Régionale	Forte	moyenne
Coupe non contrôlée de bois / Abattage des arbres	Déboisement sur les versants	Permanente	Régionale	Forte	Forte
	Erosion des berges	Permanente	Régionale	Forte	Forte
Fabrication de charbon de bois	Perte de biodiversité floristique	Permanente	Locale	Forte	Forte
PRODUCTION ANIMALE : Elevage et Pêche					
Pâturage	Destruction de la végétation	Permanente	Régionale	Forte	Forte
	Déstructuration du sol par piétinement	Permanente	Locale	Forte	Forte
Abreuvement dans les cours d'eau	Dégradation de la ripisylve	Permanente	Régionale	Moyenne	Moyenne
	Effondrement des berges	Permanente	Régionale	Moyenne	Moyenne
Utilisation des outils de pêche (filets, nasses, hameçons)	Encombrement des cours et plans d'eau	Temporaire	Locale	Forte	Moyenne
	Diminution de la diversité aquatique	Permanente	Locale	Forte	Moyenne

Source : Tavaux de terrain juin 2021

4.2.3 Evolution démographique dans le bassin

Les mouvements migratoires ajoutés à l'accroissement naturels ont entraîné une évolution de la population du bassin de la Beffa entre 2002 et 2013. Les projections faites sur 2025 et 2050 font cas d'une population de plus en plus grandissante. La figure 24 présente la dynamique démographique dans le bassin de la Beffa à Vossa

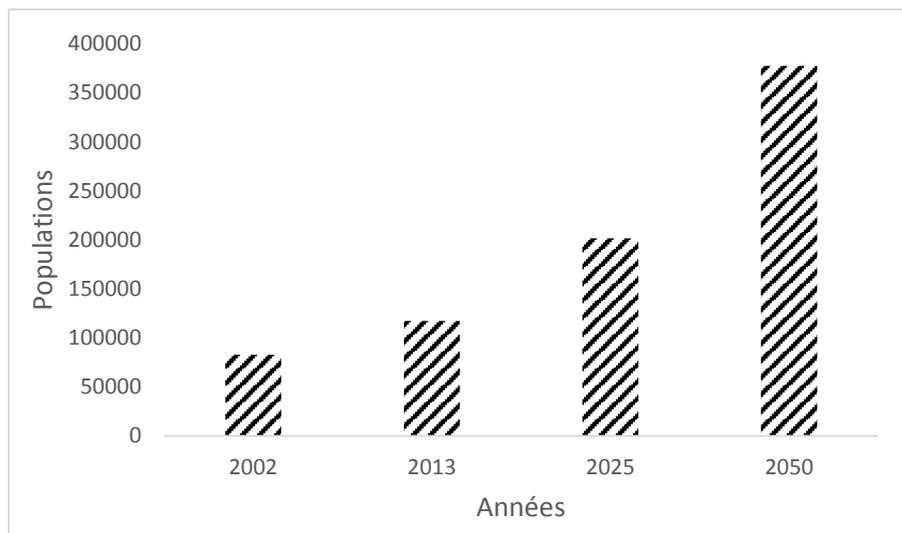


Figure 24 : Dynamique démographique dans le bassin de la Beffa à Vossa

Source : INSAE 2002, 2013 ; résultats d'enquête de terrain 2021

La population du bassin passe de 82736 habitants en 2002 à 117256 habitants en 2013. Une projection de cette population sur 2025 et 2050 donnerait respectivement 201680 et 377564 habitants. Cette augmentation de la population du bassin accroît l'exploitation des terres agricoles donc augmentent le niveau de pollution des eaux superficielles du bassin et la dégradation des berges.

4.3.5 Bilan des changements intervenus dans le bassin de la Beffa à Vossa en 1990, 2006 et 2020

La régression des formations naturelles observée dans le bassin a laissé des empreintes dommageables pour l'environnement en général et pour les ressources en eau en particulier. La régression constatée au niveau des forêts galeries entraîne l'ensablement de certains cours d'eau et leur disparition permettent aux populations d'avoir accès aux forêts galeries et d'exploiter facilement les bordières de ces cours d'eau (A. Akognongbé 2014, p154). Ainsi dans le bassin de la Beffa la présence d'activité sur les berges et les versants participent à l'ensablement des cours d'eau (planche 1).



Photos 2a : activité humaine sur le versant du Kilibo à Kèmon



Photos 2b : ensablement du Kilibo à Kèmon

Prise de vue : Alomasso C. Serge, Juin 2020

Planche 1 : ensablement du kilibo

De la photo 1a on note en avant plan l'érosion du sol et transport de matières vers les cours d'eau. L'absence de couvert végétal et les pratiques culturales facilitent ces phénomènes dans le bassin. Ainsi, en saison pluvieuse les particules de sable sont transportées de l'amont vers l'aval, ce qui participe au comblement de la rivière Beffa. Ceci explique l'observation des populations qui affirment que les parties du cours d'eau non franchissable à pied même en saison sèche sont complètement comblées par de sable. Ces modifications s'expliquent par les actions anthropiques sur les ressources naturelles en générale et celles en eau en particulier. La production du charbon de bois, les feux de végétations tardives et l'agriculture sont les principales activités humaines participant à la dégradation des formations naturelles dans le bassin.

4.3.6 Perception locale de la dégradation du couvert végétal

Selon 99 % des enquêtées, la régression du couvert végétal observée ces dernières décennies est notamment due à l'agriculture. Ils estiment que la population s'accroît, ce qui entraîne une augmentation des terres cultivables. Ainsi, le couvert végétal est détruit laissant place aux différentes cultures vues que leur présence n'est pas trop favorable au développement de ces cultures (photo 3). Dans les champs de cultures seules quelques espèces à caractères économique, thérapeutique, ou nutritionnel sont épargnées. Ces espèces concernent *Manguifera indica* appelés *Mangotin en mahi*, *Parkia biglobosa* (*Néré*) *Ahouatin*, *Vitellaria Paradoxa* *Karité Limitin*, *Kaya senegalensis* (*Caïlcédrat*) *Kossotin*.

La production de l'igname contribue largement à la régression des savanes arborées. Car cette culture se fait généralement dans les milieux disposants d'assez d'arbres sans feuillage pour favoriser son bon développement. A tout cela s'ajoute la production de charbon qui connaît une allure grandissante depuis ces dernières années.



Photo 3 : destruction d'arbre au profit de la culture à Vossa 8°29' 124''N et 2°17'996''E
Prise de vue : Alomasso Serge, juillet 2021

Les arbres sont détruits chaque fois que les cultivateurs estiment que ces derniers constituent une menace pour ses cultures. En effet l'ombrage des arbres ne facilite pas le bon développement des plantes. Ainsi pour l'éviter les agriculteurs abattent les arbres qui se retrouvent sur le passage de leurs cultures.

CHAPITRE V : STRATEGIES DE GESTIONS DES RESSOURCES EN EAU DE SURFACE ET DES BERGES

Cette partie aborde la gestion des ressources en eau de surface et celle des berges par les populations riveraines.

5.1 Gestions des ressources en eau de surface

Le caractère multiple de la ressource impose d'agir à différents niveaux de structuration du territoire et des acteurs. Le partenariat entre les localités ayant en partage un même bassin versant et entre les corps socioprofessionnels n'est donc pas une vue de l'esprit. Il est une exigence pour réussir une gestion durable des ressources naturelles, car le manque de collaboration et d'actions en synergie peut aboutir à l'anéantissement des efforts déployés suivant une démarche de type sectaire ou sectoriel (A. A. Alomasso 2017, p64).

On ne peut apprécier les modes et sources d'approvisionnement en eau ainsi que les différents usages dans le bassin sans faire au préalable l'inventaire des ressources en eau de surfaces qui y sont disponibles

5.1.1 Inventaire des ressources en eau de surface dans le bassin de la rivière Beffa à Vossa

Les eaux de surface sous ses différentes formes sont naturellement disponibles dans certains milieux mais dans d'autres elles peuvent être artificielles suite à l'action de l'Homme. La disponibilité de ces ressources en un milieu peut dépendre des facteurs naturels ou artificiels. Leur présence sur un territoire peut être bénéfique ou dommageable pour les populations riveraines. Le bassin de Beffa dispose d'une variété de ressource en eau de surface qui dans l'ensemble est sous-exploitée.

Les eaux superficielles du bassin de la Beffa à Vossa concernent essentiellement :

➤ Rivière Beffa

Long de 78 km, elle prend sa source dans la commune de Tchaourou. Elle coule suivant une direction méridionale et travers la commune de Ouèssè du Nord au Sud-Ouest. Elle constitue un affluent important de la rive gauche du fleuve Ouémé avec les cours d'eau comme Alpouro, Yérou Maro et l'Okpara. La photo 4 présente la rivière Beffa à Vossa



Photo 4: Rivière Beffa à Vossa, 8°29'601''N et 2°20'466''E
Prise de vue : Alomasso Serge, juillet 2021

Cette rivière est alimentée par plusieurs marigots et ruisseau dans le bassin.

➤ **Marigots et ruisseau**

Plusieurs cours d'eau temporaire alimentent la rivière Beffa. Kilibo, Toumi, Aouwo, Yoyé, Hounwla et Sinlin sont les plus importants. Ces différents cours d'eau s'assèchent pendant la saison sèche. Les ruisseaux sont plus exploités pendant la saison pluvieuse et leur débordement obstrue le passage aux agriculteurs.

Dans l'arrondissement de Gbanlin pour se rendre au champs 97 % des agriculteurs sont obligés de traverser au moins un ruisseau, marigot ou la rivière. Ainsi, n'ayant pas de système d'embarcation installé au préalable, ils se retrouvent bloqués par ces cours d'eau soit en allant aux champs soit au retour. Tout ceci pourrait être préjudiciable aux rendements agricoles dans le bassin.

5.1.2 Source d'approvisionnement en eau de consommation des populations riveraines

Dans le bassin de la Beffa les sources d'approvisionnements en eau de consommation sont diverses et varient en fonction des saisons.

✓ **En saison pluvieuse**

L'approvisionnement en eau des populations riveraines de la rivière Beffa ne dépend plus seulement des eaux de rivière et marigots comme auparavant. La figure 25 présente la répartition de l'usage des sources d'approvisionnement en eau de consommation en saison pluvieuse

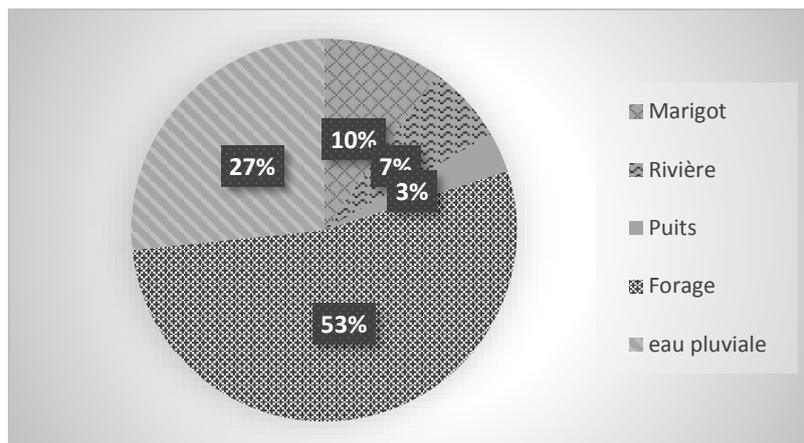


Figure 25 : Répartition de l'usage des sources d'approvisionnement en eau de consommation en saison pluvieuse

Source : résultats d'enquêtes de terrain, Juin 2021

Il ressort de l'analyse de cette figure que les eaux de surface ne représentent que 17 % de l'eau consommation. Les eaux de forages et atmosphériques représente respectivement 55 % à 24 %. En effet, pendant cette saison les populations en majorité agricoles se trouvent dans les champs pour les travaux champêtres. Ce qui fait que certains consommes l'eau superficielle compte tenue de la distance pour s'approvisionner en eau potable ou manque de moyen financier. De même ces populations ont développé des systèmes traditionnels de stockages de l'eau pluviale qu'elles consomment. La consommation de ces eaux de qualité douteuse pourrait avoir d'influence sur la santé des populations riveraines. La mise en place des systèmes d'approvisionnement en eau potables à réduire considérablement la consommation des eaux de surface.

✓ **En saison sèche**

La figure 26 présente la répartition des sources d'approvisionnement en eau de consommation en saison sèche.

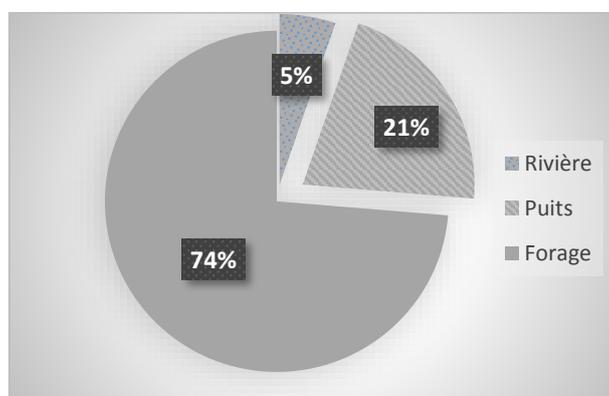


Figure 26 : Répartition de l'usage des sources d'approvisionnement en eau de consommation en saison sèche.

Il ressort de cette figure que les sources d'approvisionnement en eau de consommation représentent respectivement 74 % et 21 % pour les forages et puits en saison sèche. Les eaux de surfaces ne représentent que 5 %. Ceci s'explique par le fait qu'en cette période les habitants sont rares dans les champs et les marigots et ruisseaux les plus exploités tarissent.

5.1.3 Usages de l'eau de surface dans le bassin de la Beffa à Vossa.

L'eau un élément vital a des usages multiples et multiformes. Ces usages varient en fonction du milieu ainsi que la diversité des ressources en eau disponible. Dans le bassin de la Beffa l'usage de l'eau atmosphérique, souterraine et superficielle varient suivant les saisons. L'accent est mis ici sur l'usage des eaux de surfaces. Les cours et plans d'eau ont des usages multiples dont par exemple la pêche, le maraichage, la consommation domestique, l'abreuvement pour le bétail.

➤ Usages pour l'agriculture

Les eaux atmosphériques tombant à la surface participe au développement de l'agriculture. Il faut noter que l'agriculture est principalement pluviale dans le bassin. Les eaux superficielles sont faiblement exploitées pour la production agricole. Les quelques exploitations qu'on rencontre se font en cas de déficit hydrique surtout pour les cultures maraichères produites aux abords des cours d'eau. Dans ce cas, les agriculteurs utilisent des motopompes pour aspirer l'eau de la rivière, des marigots, étangs pour l'arrosage. Les basfonds sont également exploités surtout ces dernières années pour la production du riz. En effet, l'existence des nappes souterraines à faible profondeur dans les bas-fonds permet également la culture de contre-saison alimentée en eau à partir de puits ou forages tubés peu profonds (H. Koumassi 2014, p190).

➤ Usage pour la pêche et l'élevage

L'eau de la rivière Beffa constitue un habitat pour certaines espèces aquatiques. Les produits issus de la pêche sur la rivière Beffa sont essentiellement destinés à l'autoconsommation et dans de rare cas à la vente. Elle se pratique souvent en saison pluvieuse car pendant la saison sèche la disponibilité de l'eau qui constitue un habitat pour les poissons devient problématique.

En ce qui concerne l'élevage, l'eau des marigots et rivières sont les principales sources d'abreuvement des bovins. Le cours d'eau est d'importance pour l'alimentation et l'abreuvement aussi bien des animaux des populations riveraines que ceux des transhumants (S. Drabo 2007, p34).

➤ Autres usages des ressources en eau de surface dans le bassin de la Beffa

En dehors de l'agriculture, l'élevage et la pêche l'eau de la rivière Beffa est utilisée à d'autres fins. Elle intervient surtout dans les constructions d'habitats pour réduire les coûts par rapport

à l'approvisionnement en eau des forages ou AEV. Elle est également utilisée pour la lessive (planche 3).



Planche 3 : usages des eaux de surfaces par les populations riveraines de la rivière Beffa
Prise de vue : Alomasso Serge, juin 2021.

Les bidons sont utilisés pour transporter l'eau de la rivière à l'endroit d'usage. La lessive est souvent faite sur place et l'eau usée avec tous les déchets sont versés dans le cours d'eau.

5.1.4 Divinité et leurs rôles dans la gestion des ressources en eau dans le bassin

La rivière Beffa comme la plupart des rivières du Bénin est liée à une divinité avec ses interdits. Elle a été pendant longtemps une source d'approvisionnement en eau de boisson et autres pour les populations riveraines. De ce fait elle avait une grande importance pour ces populations. En effet, en dehors de ses usages courants (ménage, agriculture, etc.), elle intervient dans toutes les cérémonies d'invocation des mânes des ancêtres, soit pour obtenir leur faveur, soit pour implorer leur pardon et leur clémence (Vissin 2007 p55).

La divinité liée à la rivière Beffa est appelé « *Tovodoun* » (l'esprit de l'eau). Elle est évoquée lorsque s'annonce une sécheresse. En cas d'absence ou rareté de pluie les dignitaires initient la cérémonie appelée « *Tohouiô- houiô* ». Cette cérémonie consiste à regrouper la population au bord de la rivière de la rivière Beffa à Vossa où chacun se présente avec de nourriture. Les dignitaires immolent des moutons qui se préparent et manger sur place avec toutes les nourritures. Après cette cérémonie, la pluie tombe ce même jour. Mais il faut noter que ces pratiques endogènes de gestion de l'eau dans le bassin sont en voies de disparition car les populations ne s'impliquent plus comme au paravent dans ces cérémonies.

✓ Les interdits de la rivière Beffa

La couleur rouge est en générale interdit pour accéder à la rivière Beffa. Il est également interdit aux femmes en menstruations et celles qui ont de nouveau-né de se rendre à la rivière. Mais aujourd'hui ces interdits ne sont plus respectés à cause du christianisme. Tout ceci est à

la base de la rareté de la pluie, le comblement et le tarissement de la rivière Beffa ces dernières années selon la population enquêtée.

5.2 Stratégies de gestion des berges

5.2.1 Usages des berges dans le bassin de la Beffa

Les berges de la rivière Beffa sont utilisées à des fins diverses. La figure 27 présente les différents usages faits des berges de la Beffa.

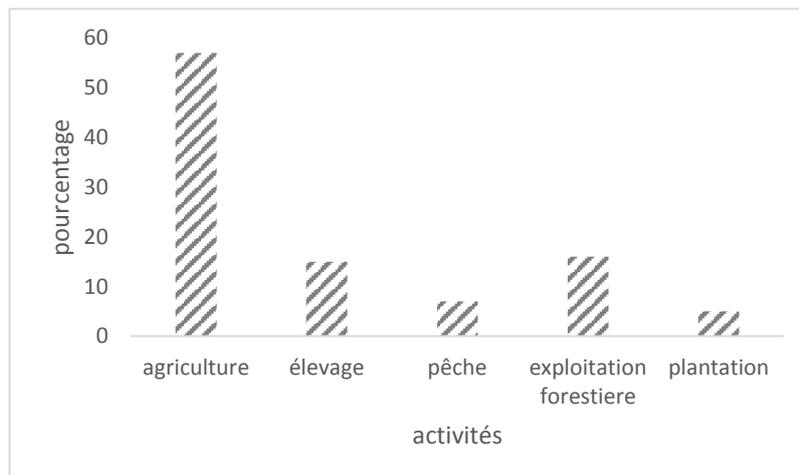


Figure 27 : Activités menées sur les berges de la rivière Beffa à Vossa.

Source : enquête de terrain, Juin 2021.

De cette figure 27, il ressort que l'agriculture est la principale activité menée à 57 % sur les berges. On y rencontre les cultures d'arachide, maïs, manioc et voandzou. Les cultures maraichères (tomates, piments, légumes) se produisent par endroit et sont rares sur les berges. En plus de l'agriculture, se pratiquent également l'exploitation forestière (16 %), l'élevage (15 %), la pêche (5 %) et les plantations (4 %). Toutes ses activités en dehors des plantations contribuent à la dégradation des berges, de la qualité de l'eau et au comblement des cours d'eau.

5.2.2 Perception paysanne de la dégradation des berges.

Selon les populations riveraines la dégradation des berges de la rivière Beffa observée depuis ces dernières décennies est essentiellement d'ordre anthropique. Les pratiques culturelles embryonnaires, la surexploitation des ressources forestières et le surpâturage constituent les principaux facteurs de dégradation des berges. En effet l'augmentation de la population accroît les besoins en ressource ligneuse. Pour satisfaire ces besoins les populations ne respect aucune mesure d'exploitation de ces ressources pour la sauvegarde de l'équilibre environnementale. Cette exploitation est pratiquée sans aucun respect du caractère renouvelable des essences de valeur. Cela se traduit déjà par la raréfaction de certaines essences de valeur telles que *Azelia africana*, *Khaya senegalensis*, *Pterocarpus erinaceus*, *Anogeissus leiocarpa*, *Khaya*

senegalensis, Burkea africana et Isoberlinia doka (A. Akognongbé 2014 p140). La photo 5 présente la fabrication de charbon sur la berge de la rivière Beffa à Vossa.

Photo 5 : Fabrication de charbon sur la berge de la rivière Beffa à Vossa.

Prise de vue : Alomasso c. Serge, juin 2021.



De la photo 5, Il ressort en premier plan la fabrication du charbon et en second plan la forêt galerie en voie de disparition. La notion de protection des berges est peu connue par les populations riveraines qui ne trouvent aucun inconvénient à abattre les arbres sur les berges pour en produire du charbon. Cette pratique contribue à la dégradation des berges et l'ensablement des cours d'eau.

5.2.3 Proposition de stratégies de protection des berges.

La protection des berges est importante pour la vie aquatique. De ce fait et en fonction de ses multiples rôles, il est important de lutter pour assurer son bon fonctionnement. Jusqu'à présent la notion de protection et l'importance des berges sont peu connues par les populations riveraines qui sont censées être les premières protectrices de ces berges. Le droit de propriété de l'Etat sur les lits et berges de cours d'eau et l'interdiction de les cultiver ne sont ni sus ni reconnus (IRNAB, 2013, p2). Il est donc nécessaire de sensibiliser les populations riveraines sur les dispositions prises par les lois et autres pour la protection des berges. Des comités locaux de suivis et de gestion des berges peuvent être créés pour rendre compte aux structures compétentes des différentes mutations sur les berges.

L'entretien de la ripisylves est capital dans le maintien des berges car elle assure plusieurs fonctions comme limiter l'érosion par leur système racinaire, constituer une zone d'habitation pour la faune aquatique que terrestre. La présence des strates herbacées (joncs, carex, ...), arbustives (viornes, pruneliers, saules...) et arborées (aulnes, frênes, ...) avec des espèces adaptées permet pleinement d'assurer ces fonctions (ONEMA, 2014, p1).

La déforestation, l'exploitation incontrôlée et abusive des ressources forestières sur les berges conduisent à sa dégradation. Il est important de penser à la restauration de la végétation naturelle en invitant les populations riveraines à de bonnes pratiques. Cela implique aussi la délimitation des couloirs de transhumances.

La promotion des plantations au détriment des cultures aux abords des cours d'eau est une action pouvant ralentir l'érosion des berges et l'ensablement des cours. La planche 2 montre la présence d'activité humaine sur la berge de la rivière Beffa.



Planche 2 : présence d'activité humaine sur la berge de la rivière Beffa.

Prise de vue : Alomasso c. Serge, juin 2021.

Cette planche montre en avant plan la culture de maïs sur la berge et en arrière-plan la rivière Beffa. Cette pratique de culture au détriment de la végétation s'observe sur la rive gauche que droite et prend d'ampleur depuis ces dernières années. Il urge d'œuvrer pour la restauration du couvert végétal à ces endroits dégradés par les activités humaines.

5.3 Stratégies d'adaptation face aux variations hydroclimatiques dans le bassin.

5.3.1 Perception locale des risques hydroclimatiques dans le bassin.

L'inventaire des risques hydroclimatiques sont récapitulés dans le tableau.

Tableau XI

: L'inventaire des risques hydroclimatiques.

Risques climatiques	Caractéristiques
Démarrage tardif des pluies	95 % des enquêtés ont affirmé qu'il y a bouleversement du calendrier agricole compte tenu du démarrage tardives des pluies dans le bassin. La pluie qui démarrait en avril s'installe véritablement en juin ces dernières années.
Fin précoce des pluies	Les précipitations au lieu de prendre fin en novembre se terminent déjà vers fin septembre.
Mauvaise répartition des pluies	Selon les enquêtés les champs ne sont pas uniformément arrosés.
Inondation	Selon 80 % des enquêtés les inondations sont peu fréquentes et s'observent plus dans le lit des cours d'eau ou les milieux marécageux.
Hausse de la température	Pour 60 % des enquêtés la chaleur devient de plus en plus excessive.
Faux démarrage des pluies	Selon 95 % des enquêtés ces faux démarrages de pluies trompes beaucoup de paysans et ils font des semis qui se trouvent confronter à des déficits hydriques. Ils sont obligés de faire des semis à nouveau.
Poche de sécheresse en saison pluvieuse	90 % affirment que la rupture de pluie en pleine saison pluvieuse est de plus en plus fréquente.

Source : enquête de terrain juin 2021

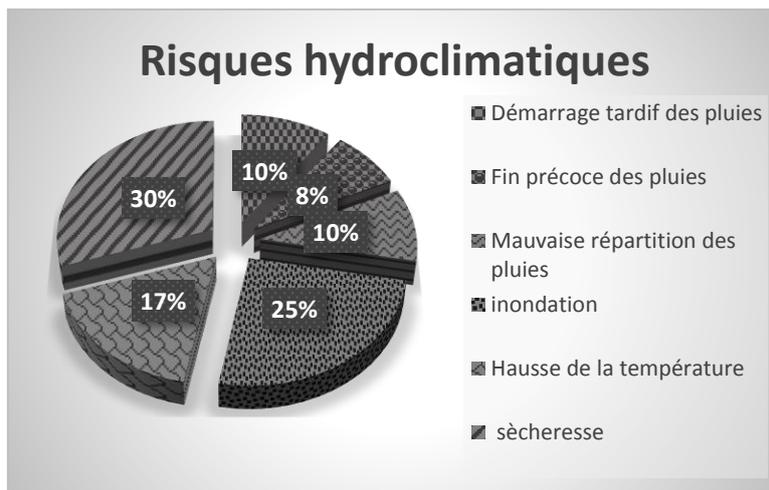


Figure 28 : Fréquence des risques hydroclimatiques dans le bassin de la Beffa à Vossa.
Source : enquête de terrain, Juin 2021.

Les risques hydroclimatiques majeurs identifiés par les populations sont la sécheresse et l'inondation. Ces risques ajoutés à la hausse des températures et le démarrage tardif des pluies causent d'énormes difficultés aux cultivateurs.

5.3.2 Stratégies endogènes.

❖ Techniques et méthode de culture.

Plusieurs techniques et méthodes de culture sont utilisées par les agriculteurs pour s'adapter aux variations climatiques et pour augmenter la production. Ces techniques et méthodes varient d'un milieu à un autre en fonction du degré de fertilité du sol ou de sa nature. Ainsi on note comme technique et méthodes de culture ; les rotations et associations de cultures, demis échelonnés, répétés, tardives, augmentation de dose d'engrais et le développement d'autres activités. Les techniques de labour reposent essentiellement sur le billonnage et le buttage. Les systèmes d'irrigations sont très peu développés ce qui rends rare les cultures de contre saison. Toujours dans le but d'adaptation 82 % des agriculteurs affirment avoir augmenté les superficies d'emblavures pour espérer combler les rendements avec les superficies supplémentaires suite aux effets de la variabilité climatique.

➤ Rotations et associations de cultures.

Pour 67 % des enquêtés la rotation des cultures permet d'augmenter le pouvoir naturel de fertilisation des terres. Ainsi ils affirment qu'une rotation ou association de culture de maïs-manioc, maïs-arachide sont les plus pratiquées pour leur adaptation. En effet, les cultivateurs seraient dans une politique de multiplication des chances de garantir un minimum de récolte en fin de saison. « Si l'un échoue, l'autre peut réussir » est l'assertion qui symbolise la parfaite illustration de cette logique (W. Akpla, 2014, p36).

➤ **Semis précoces et tardif**

Les dates de démarrage de saison ne sont plus maîtrisées par les agriculteurs du fait de la variabilité pluviométrique. En effet dès les premières pluies les agriculteurs démarrent les semis. Ceci étant un risque que ces cultivateurs acceptent de prendre dans l'espoir de ne pas tout perdre. Cette situation est à la base des semis répétés qui deviennent de plus en plus courant dans le bassin. En effet, le paysan s'aventure dans une incertitude puisque la pluie peut débiter et ne pas continuer sur une longue durée donc, il risque de perdre les semis (W. Akpla, 2014, p37). Cette pratique a pour cause le démarrage tardif des pluies qui fait parties des risques climatiques majeurs perçus par les agriculteurs. Les semis tardifs sont pratiqués également parce que les dates de fin de saison ne sont plus maîtrisées par ses producteurs.

➤ **Cérémonies religieuses pour attirer la pluie**

Les perturbations climatiques observées sont imputés aux mauvaises pratiques des habitants selon la perception locale. Il faut donc implorer le pardon des divinités pour restaurer l'ordre naturel des choses. Ainsi, après consultation les sages et les « faiseurs de pluies » procèdent aux sacrifices d'intercession pour apaiser « la colère des dieux ». Il est à noter que ces pratiques deviennent de plus en plus rares face à l'ampleur du christianisme dans le milieu.

5.3.3 Stratégies exogènes

Les paysans utilisent plusieurs stratégies exogènes pour faire face aux effets de la variabilité climatique

❖ **Recours aux bas-fonds**

La variabilité climatique est un fait qui n'est pas pris à la légère par les producteurs. Ils sont conscients des changements qui s'observent au niveau des paramètres climatiques et ses effets sur leur production. En effet, de jours en jours, ces agriculteurs sont à la recherche de stratégies pour mieux s'adapter à ces variations. Ainsi on note de plus en plus une mise en valeur des bas-fonds par la production de riz. Cette production est majoritairement destinée à la consommation. La production maraîchère est présente par endroit dans ces bas-fonds mais très peu développée.

❖ **Adoption de variété à cycle court**

Recours à l'adoption de variété à cycle court est utilisé pour s'adapter aux variations hydroclimatique. Cette adoption rend moins vulnérable les producteurs face à la variabilité des pluies, aux poches de sécheresse et à la fin précoce des pluies. En dehors de l'adoption des variétés à cycle court, on note la conversion des agriculteurs vers de nouvelles cultures jugées plus résistantes à la variabilité climatique. Il s'agit surtout du soja et le coton dans le bassin de la rivière Beffa.

❖ **Utilisation des fertilisants organiques et chimiques**

Les fertilisants organiques sont misent à contribution dans le but d'accroître les rendements en restituant au sol les résidus de soja, arachide et de manioc. Ces résidus pourrissent et contribuent ainsi à la fertilisation du sol. Les engrais chimiques sont utilisés à une forte proportion pour accroître les rendements. 83 % des agriculteurs affirment que les terres sont de plus en plus non fertiles faute de leurs usages permanents. Ce qui justifie l'usage abusif des engrais chimiques.

5.4 Suggestion

Il s'avère nécessaire de formuler quelques suggestions pour une meilleure gestion des ressources en eau de surface et des berges ainsi qu'à la variabilité hydroclimatique dans le bassin de la Beffa.

• ***Pour la gestion des ressources en eau de surface***

Pour une meilleure gestion des ressources en eau de surface pour le développement il faut :

- Construire des retenues d'eau à des fins d'élevage et de pêche ;
- Aménagement des bas-fonds pour leur mise en valeur ;
- Eloigner les établissements humains des cours d'eau et les basfonds ;
- Développement de l'aquaculture et la pisciculture aux abords des cours d'eau ;
- Construction de mini barrages hydroagricoles pour favoriser le développement des cultures de contre saison ;
- Il est important que le service hydrologique de la direction générale des eaux veille à la satisfaction des agents préleveurs de données hydrologiques pour assurer la qualité et le prélèvement régulier de ces données.

• ***Pour la bonne gestion des berges***

Pour la protection des berges il est important de :

- Matérialiser les couloirs de transhumance pour éviter le pâturage le long des cours d'eau qui participe à la dégradation des berges et au comblement des cours d'eau ;
- Promouvoir le développement du maraichage ;
- Eviter l'agriculture aux alentours des cours d'eau et l'utilisation des engrais chimiques sur les berges ;
- Promouvoir les plantations ;
- Sensibiliser les populations sur l'importance des berges ;
- Créer des comités de gestion des berges dans chaque localité riveraine du bassin.

• ***Pour l'adaptation aux variations hydroclimatique***

Pour faire face à la variabilité hydroclimatique ce travail propose de :

- Œuvrer pour la maîtrise de l'eau, la mise à disposition des motopompes pour encourager l'agriculture par l'irrigation,
- mise à disposition des machines agricoles pour transformer l'agriculture dont les pratiques demeurent jusqu'à présent archaïques en une agriculture mécanisée pouvant permettre de réduire l'usage des pesticides.
- Il faut que la direction générale de la météorologie œuvre pour l'installation des pluviomètres proche des agriculteurs pour la fiabilité des prévisions de début et fin de saison. Multiplier les canaux d'information de ces prédictions jusqu'à atteindre le plus petit producteur.

5.6 Discussion

L'analyse de la variabilité pluviométrique révèle une forte instabilité du régime pluviométrique. Les années 80 sont marquées par de grands déficits pluviométriques avec comme référence l'année 1983 dans le bassin de la Beffa. On peut conclure à une instabilité du principal paramètre climatique de la zone soudanienne que sont les précipitations. Cette instabilité des pluies constitue une expression des changements et variabilités climatiques au Nord-Bénin (Djohy et *al*, 2018, p. 89). Ceci corrobore les résultats de (E. Amoussou et *al.*, 2016, p2187) qui indique une tendance significative à la baisse des précipitations de 1951 à 2010 dans le bassin-versant béninois du fleuve Niger. Cette baisse est plus marquée dans les décennies 1970 et 1980 suivie d'une légère reprise au cours de la décennie 1990, moins humide que les décennies 1950 et 1960. Cette instabilité pluviométrique impacte en général les ressources en eau et celle de surface en particulier. En Afrique de l'Ouest, il a été observé d'une part, une baisse de la pluviométrie et des débits moyens de l'ordre de 10 % en zones humides et subhumides et de 30 % au Sahel d'une part. D'autre part, il a été remarqué un rétrécissement des zones humides, une dégradation de la qualité des eaux, une baisse des écoulements, une élévation de la température avec apparition des végétaux envahissants suite à une eutrophisation croissante, un déficit du remplissage des retenues et des inondations récurrentes (A. Goula, et *al.*, 2006, P2).

L'analyse de la dynamique de l'occupation du sol du bassin versant de la Beffa à Vossa montre les différents changements qui se sont opérés dans le temps. Ainsi, les résultats révèlent de 1990 à 2020, une régression des formations forestières (forêt dense, claire et galerie) et savaniques (savanes arborées et arbustives) au profit des mosaïques de culture et jachère. Ceci est le résultat d'une forte anthropisation de l'écosystème dans le bassin. Ces résultats corroborent ceux de (S. Biaou et *al.*, 2019, p15) dans la forêt de l'Ouémé-Bénoù dans le Nord

Bénin qui a montré de 1990 à 2014, une régression des forêts claires, des forêts galeries et des savanes arborées au profit des mosaïques de cultures et de jachères. Cela suggère une demande de plus en plus accrue de terres fertiles par la population locale. Le taux de conversion issu de l'analyse des matrices de transition montre une forte anthropisation de ces écosystèmes marquée par l'augmentation de l'aire des mosaïques de cultures et de jachères. L'augmentation des populations du bassin entraîne une pénurie des terres cultivables, d'où une forte emprise sur les formations végétales naturelles, suivie d'une augmentation sensible des terres arables dans tous les sous bassins du fleuve Niger (E. Vissin, 2007, p240). Cependant, à partir du moment où la densité de population atteint et dépasse certaines limites critiques, la période de jachère se raccourcit, et la végétation se dégrade, souvent irréversiblement (I. Bamba, 2010, p81).

Les activités anthropiques (agriculture, élevage la pêche etc.) menées sur les berges contribuent à sa dégradation et agissent sur le fonctionnement hydrologique du bassin. Selon les populations, l'Homme constitue la principale cause de dégradation des berges du cours d'eau. En effet, les pratiques culturelles inadaptées, la surexploitation des ressources forestières (bois de feu, bois de service, bois d'enclos, etc.) et le surpâturage (piétinement et brout excessifs) dans la zone, accélèrent l'érosion qui favorise l'ensablement du cours d'eau. (S. Drabo 2007, P46). Ainsi, (A. Ayena, 2016, p62) dans la vallée du fleuve Niger à Malanville et Karimama montre que plusieurs activités socio-économiques sont développées sur les berges. Ces activités anthropiques influencent la morphologie et le fonctionnement hydrologique des berges qui, de façon permanente, subissent une dégradation accentuée.

Conclusion et perspective

Le système climatique dans lequel figure l'Afrique de l'Ouest en général et le Bénin en particulier, est soumis à des modifications qui s'amplifient par les facteurs naturels et anthropiques. Ainsi, le bassin de la Beffa à Vossa est sujet à de forte variabilité ou à des changements suivant les échelles de temps avec des conséquences néfastes pour le développement durable. Cette étude sur la variabilité hydroclimatique et gestion des ressources en eau de surface et des berges de la rivière Beffa montre que les années très humides et sèches représentent respectivement 16,66 % et 11,66 % de la série étudiée (1980-2016). La baisse de la pluviométrie impact directement les ressources en eau de surface dans le bassin. Ceci est montré à partir de l'étude de la relation pluies/débits réalisée. La température et l'évapotranspiration sont également des éléments climatiques qui influencent la disponibilité des ressources en eau de surface.

Les activités anthropiques menées dans le bassin sont principalement l'agriculture, l'élevage et la pêche. Sur les berges on note la présence également de l'agriculture (57 %), l'exploitation forestière (16 %), l'élevage (15 %), la pêche (5 %) et les plantations (4 %). Toutes ses activités en dehors des plantations contribuent à la dégradation des berges, de la qualité de l'eau et au comblement des cours d'eau.

L'analyse de l'état d'occupation du sol a montré une modification des unités paysagères entre 1990 et 2020, avec une régression sensible des formations forestières (forêt et savane) et une progression des formations anthropisées (mosaïques de cultures et jachère) liée à la croissance démographique qui génère plus de bouche à nourrir, une demande croissante de terre cultivables et d'exploitation des bois. Il y a donc une forte pression anthropique sur les champs de cultures suivant l'augmentation de la population et l'arrivée des nouveaux colons agricoles.

Selon les populations riveraines la dégradation des berges de la rivière Beffa est essentiellement d'ordre anthropique basée sur les pratiques culturelles embryonnaires, la surexploitation des ressources forestières et le surpâturage. En effet l'augmentation de la population accroît les besoins en ressource ligneuse contribuant ainsi à la dégradation du couvert végétal et des berges qui à leur tour participe à la dégradation des cours d'eau. Ainsi des mesures correctives ont été proposées pour la protection et la restauration des berges. Il est donc nécessaire de sensibiliser les populations riveraines sur les dispositions prises par les lois et autres pour la protection des berges ; des comités locaux de suivis et de gestion des berges peuvent être également créés pour rendre compte aux structures compétentes des différentes mutations sur les berges et œuvrer pour l'entretien de la ripisylves.

Les communautés locales ont identifiées plusieurs risques hydroclimatiques (démarrage tardif des pluies, fin précoce des pluies, mauvaise répartition des pluies, inondation, hausse de la température, faut démarrage des pluies, poche de sècheresse en saison pluvieuse) qui nécessite de nouvelles stratégies à savoir, l'adoption de nouvelles semences, la mise en valeur des bas-fonds, l'augmentation des emblavures, l'organisation des cérémonies à l'endroit des dieux etc. pour s'adapter aux variations hydroclimatiques.

Le présent travail n'a pas pu prendre en compte tous les contours du sujet. Ainsi les travaux prochains aborderont « environnement, qualité de l'eau et santé de la population riveraine de l'Ouémé moyen ».

Référence bibliographique

Akognongbé Arsène Josué Sègla, 2014, « Influence de la variabilité climatique et des activités anthropiques sur les eaux de surface dans le bassin de l’Ouémé à Bétérou au Bénin ». Thèse de doctorat ; EDP/FLASH/UAC, 255p.

Akpla Wenceslas, 2014, stratégies d’adaptations paysannes aux variabilités climatiques dans la commune de Dogbo, mémoire de maîtrise, DGAT/FLASH/UAC, 65p.

Amoussou Ernest 2010, « Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l’ouest) », Histoire. Université de Bourgogne, Français, 313p.

Amoussou Ernest, Totin Vodounon Sourou Henri, Hougni Alexis., Vissin Expédit.

Wilfrid, Araye Dourotimy Rachel, 2008, « mobilisation et gestion des eaux de ruissellement dans les arrondissements urbains de dassa 1 et dassa 2 » ; mémoire de maîtrise, DGAT/FLASH/UAC, 96p.

Ardoin-Bardin Sandra, 2004, « Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne ». Thèse de doctorat unique ; Université Montpellier II ; 392p

Atchadé Gervais, 2007, « Péjoration Pluviométrique et Production Céréalière dans le Centre Bénin : cas de la commune de Ouèssè » Mémoire de maîtrise DGAT /FLASH/UAC 84 p

Atchadé Gervais, 2014, « Impact de la dynamique du climat et de l’occupation des terres sur les ressources en eau du bassin versant de la rivière Zou dans le Bénin méridional ». Thèse de doctorat ; EDP/FLASH/UAC, 235p.

Ayena Abraham Ayédon, 2016, « Activites anthropiques et morphodynamique des berges du fleuve niger dans les communes de malanville et karimama », mémoire de master, Université d’Abomey-Calavi, 76p

Babadjide Charles Lambert, Fangnon Bernard, Houssou Christophe, 2009, « Gestion endogène de l’eau et état de santé des populations du bassin du Couffo », in « *Ben Géo* », Cotonou, vol 6, pp. 80-96

Bamba Issouf, 2010, « anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers » en République Démocratique du Congo ; Thèse de doctorat, université libre de Bruxelles, p187

Bauwens Alexandra, Sohier Catherine, Degré Aurore, 2012 « Impacts du changement climatique sur l’hydrologie et la gestion des ressources en eau du bassin de la Meuse ». In *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2013 ,76-86

Biaou Séverin, Houeto Ogoubiyi Félix, Gouwakinnou Gérard Nounagnon, Biaou Samadori Sorotori Honoré, Awessou Beranger, Tovihessi Sèwanou Marc, Tete Raphaël,

2019, « Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénu au Nord Bénin » ; in *OSFACO* 2019, Cotonou, Bénin.

Bokonon-Ganta Eustache. Bonaventure, 1987, « Les climats de la région du Golfe du Bénin ». Thèse de Doctorat de 3ème cycle. Institut de Géographie, Université de Paris-Sorbonne, Paris, 248 pages + annexe.

Houdenou Constant, Mahe Gil, Boko Michel, 2016, « Changements environnementaux et vulnérabilité des écosystèmes dans le bassin-versant béninois du fleuve Niger », *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(5) : 2183-2201, 2016.

CIPCRE 2013 : gestion intégrée des ressources en eau.
http://cipcrebenin.org/index.php?option=com_content&view=article&id=101&Itemid=133

Dadaho Guinnou Fulgence, 2013, « systèmes cultureux et mutations environnementales dans la commune de ouesse », mémoire de maîtrise, DGAT/FLASH/UAC, 83p.

Djohy Gildas Louis, Edja Ange Honorat, 2018, « Effet de la variabilité climatique sur les ressources en eau et stratégies d'adaptation des éleveurs et maraîchers au Nord Bénin », in *Annales de l'université de parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie »* ISSN : 1840-8494, eISSN : 1840-8508 Parakou, Bénin ? p83-91

Drabo Simon, 2007, « contribution à la protection des berges du cours d'eau gourouol dans la portion du bassin du Niger située au Burkina-Faso, diplôme d'Inspecteur des Eaux et Forêts, Ecole Nationale des Eaux et Forêts Burkina-Faso ; p59.

Ehou Salvador Oscar Tadéglà, 2016, « qualité des eaux et santé des populations dans la commune de Dangbo : cas des arrondissements de Houédomey et de Kessounou » ; mémoire de Master, Université d'Abomey-Calavi, 127p.

Idrissa Mamoudou, 2018, « impact du climat sur et des activités anthropiques sur les écosystèmes dans le Nord-ouest de la région de Tillabéri », thèse de doctorat unique, Université Abdou Moumouni, Niamey, 133p.

Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 2012, « Bonnes pratiques pour la restauration du couvert végétal sur les berges dans la gestion des habitats des poissons au Bénin », fiche technique, Dépôt légal N° 6297 du 7/9/2012, 3ème trimestre 2012, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin, ISBN : 978-99919-1-023-9. P10.

Koumassi Hervé, 2014, « Risques hydroclimatiques et vulnérabilités des écosystèmes dans le bassin versant de la Sota à l'exutoire de Koubéri ». Thèse de doctorat ; EDP/FLASH/UAC, 235p.

L'intégration de la gestion des eaux souterraines pour les Organismes de Bassins Transfrontaliers en Afrique, 2015 « un manuel de formation produit par AGW-Net, BGR, IWMI, Cap Net, RAOB, et IGRAC ».

Mahe Gil, 1992, « Les écoulements fluviaux sur la façade Atlantique de l'Afrique. Etude des éléments du bilan hydrique et variabilité interannuelle, analyse de situations hydroclimatiques moyennes et extrêmes ». Thèse de doctorat, université Paris XI ORSAY, Paris, 384 pages.

Nguimalet Cyriaque-Rufin, Mahe Gil, Laraque Alain, Orange Didier, Yakoubou Boris Modeste, 2016, « Note sur le changement climatique et la gestion des ressources en eau en Afrique : Repenser l'usage et l'amélioration des services éco-systémiques d'eau » ; *in Geo-Eco-Trop*, Université de Bangui, B.P : 1037, Bangui, République Centrafricaine. P317-326

Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques 2014, « Gestion des berges : l'entretien de la ripisylve », <http://www.adm54.asso.fr/UserFiles/File/Mission%20formation/autres-publications/des-riv-pr-dem-guide.pdf>.

Plan d'Action National de Gestion Intégrée des Ressources en Eau du Bénin, 2011, « Ministre de l'Energie, des Recherches Pétrolières, et Minières, de l'Eau et du Développement des Energies Renouvelables », 74p.

Reynard Emmanuel, 2000, « Cadre institutionnel et gestion des ressources en eau dans les Alpes : deux études de cas dans des stations touristiques valaisannes », *in « Swiss Political Science Review »* 6(1) : p53-85

Saffache Pascal 2003 : Dictionnaire simplifié de Géographie. 345 p.

Vodounnon Justine, 2008, « Contribution à l'étude de la caractérisation hydropluviométrique du bassin de l'Ouémé avec le modèle GR2M, mémoire de maitrise », DGAT/FLASH/UAC, 83p.

Zinsou Aurélie, 2013, « variabilité hydro-pluviométrique et gestion des ressources en eau dans la commune de Dangbo », mémoire de maitrise en géographie, Université d'Abomey-Calavi/FLASH ; 80p.

Biaou Séverin, Houeto Felix, Gouwakinnou Gérard, Biaou Samadori Sorotori Honoré, Awessou Beranger, Tovihessi Sèwanou, Tete Raphaël, 2019, « Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou au Nord Bénin », Conférence OSFACO : Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, Mar 2019, Cotonou, Bénin. hal-02189367

Vissin Espédit Wilfried, 2007, « 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, 267 p. + Annexes.

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique du bassin de la Beffa à Vossa	15
Figure 2 : Réseau hydrographique du bassin de la Beffa à vossa	17
Figure 3 : Répartition spatiale des moyennes pluviométriques du bassin de 1982 à 2020.....	29
Figure 4 : Variabilité interannuelle de la pluie dans le bassin de la rivière Beffa à Ouèssè porte sur la période 1880-2016	30
Figure 5 : Test de pettitt et de buishand appliqué aux séries pluviométriques annuelles (1980-2016) dans le bassin versant de la Beffa.	31
Figure 6 : Variation des régimes pluviométriques mensuels moyens sur l'ensemble du bassin de la Beffa entre les périodes 1980-1999 et 1990-1999 et 2000-2009.....	32
Figure 7 : évolution mensuelle de la température dans le bassin de la Beffa à Vossa de 1980 à 2016.	32
Figure 8 : Evolution interannuelle des températures minimales, maximales et moyennes dans le bassin sur la période 1980-2016.	33
Figure 9 : Anomalies thermométriques dans le bassin de la Beffa à Vossa.....	34
Figure 10 : Relation entre le pouvoir évaporant de l'air (en mm/an) et la température annuelle (en °C) en climats tropicaux Daget et Djellouli, 2002 cités par Akognongbé 2014, p110.....	34
Figure 11 : Variation mensuelle de la demande évapotranspiratoire mensuelle moyenne (1980-2016) dans le bassin de la Beffa.....	35
Figure 12 : Bilan climatique.....	35
Figure 13 : Le régime hydrologique mensuel à Vossa de (1980 à 2016)	36
Figure 14 : Variation interannuelle des débits dans le bassin versant de la Beffa à Vossa.....	37
Figure 15 : Corrélation écoulement/pluie dans le bassin-versant de la Beffa de 1980 à 2016...38	
Figure 16 : Termes du bilan hydrologique dans le bassin de la rivière Beffa à Vossa.....	39
Figure 17 : Aspect morphologique de la berge du bassin de la Beffa.....	43
Figure 18 : Occupation du sol dans le bassin de la Beffa à Vossa en 1990.....	45
Figure 19 : Occupation du sol dans le bassin de la Beffa à Vossa en 2006.....	45
Figure 20 : Occupation du sol dans le bassin de la Beffa à Vossa en 2020.....	46
Figure 21 : Taux d'évolution des unités d'occupation.....	47
Figure 22 : Taux d'évolution des unités d'occupation.....	48
Figure 23 : Taux d'évolution des unités d'occupation.....	49
Figure 24 : Dynamique démographique du bassin de la Beffa à Vossa	51
Figure 25 : Répartition de l'usage des sources d'approvisionnement en eau de consommation en saison pluvieuse	56

Figure 26 : Répartition de l'usage des sources d'approvisionnement en eau de consommation en saison sèche.....	56
Figure 27 : Activités menées sur les berges de la rivière Beffa à Vossa.....	59
Figure 28 : Fréquence des risques hydroclimatiques dans le bassin de la Beffa à Vossa	59
Liste des tableaux	
Tableau I : Caractéristiques de l'échantillonnage.....	22
Tableau II : Clé d'interprétation des images satellites.....	26
Tableau III : Cadre de référence pour l'évaluation de l'importance des impacts.....	28
Tableau IV : Segmentation d'Hubert.....	32
Tableau V : Engrais et pesticides utilisées dans le bassin de la Beffa	41
Tableau VI : Matrice d'identification des impacts liés aux activités anthropiques sur les berges de la rivière Beffa.....	44
Tableau VII : Evolution des différentes unités du couvert végétal de 1990 à 2006.....	47
Tableau VIII : Evolution des différentes unités du couvert végétal de 1998 à 2010.....	48
Tableau IX : Synthèse des unités du couvert végétal de 1990 à 2020.....	47
Tableau X : L'évaluation des impacts de l'occupation du sol sur les berges.....	50
Tableau XI : L'inventaire des risques hydroclimatiques.....	58
Liste des photos	
Photo 1 : Arbre abattu à la tronçonneuse dans le bassin de la Beffa a Vossa.....	42
Photos 2a : Activité humaine sur le versant du Kilibo à Kèmon.....	52
Photos 2b : Ensablement du Kilibo à Kèmon.....	52
Photo 3 : Destruction d'arbre au profit de la culture à Vossa 8°29' 124''N et 2°17'996''E.....	53
Photo 4 : Rivière Beffa à Vossa, 8°29'601''N et 2°20'466''E.....	55
Photo 5 : Fabrication de charbon sur la berge de la rivière Beffa à Vossa	60
Liste des planches	
Planche 1 : Usages des eaux de surfaces par les populations riveraines de la rivière Beffa.....	58
Planche 2 : Présence d'activité humaine sur la berge de la rivière Beffa.....	61

Annexes

Fiche d'enquête

Fiche N° : / _____ /

Date de l'enquête : / ____ / ____ / 20

Département : _____ Commune : _____

Arrondissement _____ Village : _____

Quartier : _____ / Profession : _____ / Année : _____ /

Nom et prénoms : _____ /

Age : ____ / Sexe : M ____ / F ____ / Niveau d'instruction : _____ /

Activité principale : _____ /

I Caractérisation hydroclimatique du bassin de la Beffa

1. La crue de la rivière Beffa s'observe dans quel mois auparavant ?

.....

Et de nos jours ?

2. Qu'est ce qui est à la base de cela ?

Baisse de pluie Hausse de la température

Autres à préciser

.....

3. Les crues s'observent-elles toujours comme auparavant ?

Oui Non

Comment ?

A la baisse

A la hausse

4. Qu'est ce qui est à la base de ce changement ?

Baisse des pluies Ensablement

Autres à préciser ?

.....

5. Quelle est l'influence du climat sur les ressources en eau de la rivière ?

.....

6. Quels sont les risques hydroclimatiques auxquels vous êtes confrontés

.....

.....

7. Quelles sont les stratégies que vous utilisez pour lutter contre ces risques hydroclimatiques ?

.....

.....

Influence des activités humaines sur les ressources en eau

II-1-Usage des berges

1. Exploitez-vous les berges du bassin ?

Oui Non

2. Quelles sont les activités qui s'y mènent ? :

Maraîchage Plantation Agriculture

Si non, pourquoi ?

.....

.....

1- Quelle est la superficie emblavée par speculation (ha)?

.....Hectare(s)

2- Quel est le système d'irrigation que vous utilisez?

- Gravitaire
- Aspersions
- Goutte à Goutte
- A l'arrosoir
- Autres (à préciser).....

3- Y a-t-il des divinités liées à l'eau ?

4- Oui Non

Si oui lesquelles ?

.....

5- Quel est leur rôle dans la gestion des ressources en eau ?

II-2-Agriculture

6- Quelles sont les spéculations principales de votre culture ?

Mais Arachide Soja Igname Manioc

7- Utilisez-vous des engrais pour vos cultures ?

Oui Non

Si oui lesquels ?

NPK

Urée

Autres.....

8- Quel est le lieu d'achat de ces engrais ?

9- Marché chez les détaillants

10- Commerçant agréés

11- Quelles sont les destinations des productions que vous obtenez ? (Préciser les spéculations concernées pour chaque cas)

Autoconsommation

Vente

Gestion des ressources en eau

12- L'eau que vous buvez en saison sèche provient d'où ?

Marigot Rivière Puits Forage

13- L'eau que vous buvez en saison pluvieuse provient d'où ?

Marigot Rivière Puits Forage

14- Comment gérez-vous l'eau usée ?

Rejet dans la cour Puisard dans les cours d'eau

15- Quel est l'état actuel des rivières

Permanentes Tarissements

16- Quelles sont les maladies hydriques fréquentes dans le milieu ?

.....
.....

17- Existent-ils des interdits liés à la rivière ?

Oui Non

Si oui lesquels

.....
.....

18- Quel est l'importance du cours d'eau dans le milieu ?

.....
.....

Selon vous l'état des formations végétales est la même comme auparavant ?

Oui Non

Si non donnez votre appréciation

Evolution Régression Stable

Qu'est ce qui justifie l'état actuel des formations végétales ?

.....

 Stratégies d'adaptation aux risques hydroclimatiques

Techniques

Quelles sont les techniques de lutte contre les risques hydroclimatiques	1- Reboisement 2- Jachère 3- autres
Quelles pratiques culturales adoptez-vous	1-variétés améliorées// 2- autres

Stratégies

Quelles stratégies adoptez-vous pour augmenter les chances de réussite de vos activités ?	1-dispersion des champs// 2-engrais/ 3-autres.....
---	---

Institutionnelles

Recevez-vous des aides de la part du gouvernement ou des ONG pour faire face aux effets néfastes du changement climatique ?	Oui Non
Si oui quelles sont les natures de ces aides ?	1-Subventions engrais ou intrants..... 2-Dons de matériels agricoles Autres
Quels appuis attendez-vous de l'état ou autres pour exercer votre activité	1-Subventions engrais ou intrants..... 2-Dons de matériels agricoles Autres

Table des matières

Dédicace.....	3
Sigles et Acronymes.....	4
Remerciements.....	5
<i>Résumé</i>	6
Introduction.....	7
CHAPITRE I : CADRE THÉORIQUE, FONDEMENTS PHYSIQUES ET HUMAINS DU MILIEU D'ÉTUDE.....	9
1.1 Cadre Théorique.....	9
1.1.1. Problématique	9
1.1.2 Définitions opératoires	11
1.1.3 Point des connaissances	13
1.2. Cadre d'étude du bassin versant de la rivière Beffa à Vossa, Commune de Ouéssè.....	14
1.2.1 Présentation du secteur d'étude	14
1.2.2 Hydrographie	16
1.2.3 Relief et nature des sols	18
1.3 Présentation du cadre humain.....	18
1.3.1 Activités économiques	18
CHAPITRE II : APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE.....	19
2.1. Natures et sources des données.....	19
2.1.1. Qualité des données utilisées	19
2.2. Outils et techniques de collecte de données.....	20
2.2.1. Outils de collecte de données	20
2.2.2. Techniques de Collecte de données	20
2.2.2.1. Recherche documentaire	20
2.2.2.2 Enquêtes de terrain	21
2.2.2.3. Echantillonnage	21
2.3. Méthodes de traitement des données.....	22
2.3.1. Evaluation des hauteurs de pluie dans le bassin versant de la Beffa	22
2.3.1.1. Etude des tendances pluviométriques et hydrologiques	22
2.3.1.2. Indice pluviométrique	23
2.3.1.3. Caractérisation des aléas hydroclimatiques	23
2.3.1.4. Bilan Climatique	23
2.3.2. Recherche de liaison ou de dépendance statistique entre pluie et lame d'eau écoulée	24
2.3.3 La technique d'évaluation de la dynamique des états de surface	24

2.3.3.1	Analyse diachronique des unités d'occupation du sol.....	25
2.3.3.2	Protocole d'établissement des cartes des types d'occupation du sol de 1990, 2006 et 2020.....	25
2.3.3.3	Carte des types d'occupation du sol en 1990, 2006 et 2020.....	26
2.3.4	Méthode d'estimation de la population	27
2-4	Méthode d'analyse des résultats.....	27
2.4.1	Méthode d'analyse des impacts des activités anthropiques sur les berges.....	27
CHAPITRE III : CARACTERISATION HYDROCLIMATIQUE DU BASSIN DE LA RIVIERE BEFFA À VOSSA.....		
29		
3.1	Variabilité climatique et hydrologique dans le bassin de la rivière Beffa 3.1.1 Variabilité climatique dans le bassin de la Beffa à Vossa.....	29
3.1.1.1	Variabilité interannuelle des hauteurs de pluie.....	29
3.1.1.2	Recherche de rupture de stationnarité dans les séries pluviométriques.....	30
3.1.1.3	Variabilité et tendance thermométrique dans le bassin de la rivière Beffa à Vossa sur la période 1980-2016.....	32
3.1.1.3.1	Variabilité mensuelle de la température dans le Bassin de la Beffa à Vossa de 1980 à 2016.....	32
3.1.1.3.2	Variation interannuelle de la température de 1980 à 2016 dans le bassin de la Beffa à Vossa.....	33
3.1.1.4	Pouvoir évaporatoire de l'air	34
3.1.1.5	Bilan climatique.....	35
3.1.2	Variabilité hydrologique dans le bassin de la Beffa à Vossa	36
3.1.2.1	Régime hydrologique moyen mensuel de la disponibilité en eau de ruissellement dans le bassin.	36
3.1.2.2	Variation interannuelle des débits dans le bassin versant de la Beffa à Vossa	36
3.1.2.3	Relation pluies/débits dans le bassin versant de la Beffa a Vossa	37
3.1.2.4	Variation du bilan hydrologique.....	38
CHAPITRE IV : INFLUENCE DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES SUR LES EAUX DE SURFACE ET DES BERGES DANS LE BASSIN DE LA BEFFA À VOSSA		
40		
4.1	Activité économique et influence sur les ressources en eau dans le bassin de la Beffa à Vossa.....	40
4.1.1	Agriculture.....	40
4.1.2	Elevage.....	41
4.1.3	La pêche.....	41
4.1.3	Exploitation forestière.....	42
4.2	Impact des activités humaines sur la morphologie des berges	42
4.2.1	Aspect morphologique de la berge du bassin de la beffa	42
4.2.2	Identification des sources d'impacts et composantes environnementales	43
4.2.3	Dynamique des états d'occupation du sol entre 1990, 2006 et 2020.....	44

L'anthropisation des écosystèmes forestiers est devenue un problème environnemental majeur qui impacte la biodiversité dans le monde (S. BIAOU, 2019, p2)	44
4.2.3.1 Description des cartes d'occupation de sol en 1990, 2006 et 2020	44
4.2.3.2 Etat des unités d'occupation du sol en 1990 et 2006	47
4.2.3.3 Etat des unités d'occupation du sol en 2006 et 2020	48
4.2.3.4 Synthèse de la dynamique d'occupation de sol de 1990 à 2020	49
4.2.4 Bilan de l'évaluation des impacts de l'occupation du sol sur les berges	50
4.2.3 Evolution démographique dans le bassin	50
4.3.5 Bilan des changements intervenus dans le bassin de la Beffa à Vossa en 1990, 2006 et 2020	51
4.3.6 Perception locale de la dégradation du couvert végétal	52
CHAPITRE V : STRATEGIES DE GESTIONS DES RESSOURCES EN EAU DE SURFACE ET DES BERGES	54
5.1 Gestions des ressources en eau de surface	54
5.1.1 Inventaire des ressources en eau de surface dans le bassin de la rivière Beffa à Vossa ...	54
5.1.2 Source d'approvisionnement en eau de consommation des populations riveraines	55
5.1.3 Usages de l'eau de surface dans le bassin de la Beffa à Vossa	57
5.1.4 Divinité et leurs rôles dans la gestion des ressources en eau dans le bassin	58
5.2 Stratégies de gestion des berges	59
5.2.1 Usages des berges dans le bassin de la Beffa	59
5.2.2 Perception paysanne de la dégradation des berges	59
5.2.3 Proposition de stratégies de protection des berges	60
5.3 Stratégies d'adaptation face aux variations hydroclimatiques dans le bassin.	62
5.3.1 Perception locale des risques hydroclimatiques dans le bassin	62
5.3.2 Stratégies endogènes	63
5.3.3 Stratégies exogènes	64
5.4 Suggestion	65
5.6 Discussion	66
Conclusion et perspective	68
Référence bibliographique	70
Liste des figures	73
Liste des tableaux	74
Liste des planches	74
Annexes	75