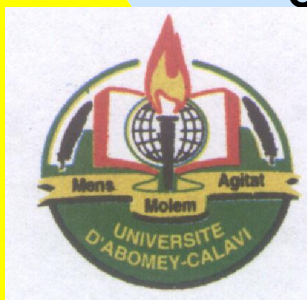


INSTITUT DE GEOGRAPHIE ET AMENAGEMENT DU TERRITOIRE
Laboratoire Pierre PAGNEY
Climat, Eau, Ecosystème et Développement
(LACEEDE)



CLIMAT ET DEVELOPPEMENT

Numéro 35
DECEMBRE 2023



Laboratoire Pierre PAGNEY –Climat, Eau, Ecosystème et Développement (LACEEDE)
B.P. : 526 Cotonou, Tél. (229) : 21 36 00 74 Poste 148 (République du Bénin)

CLIMAT ET DEVELOPPEMENT

Revue scientifique semestrielle éditée par

**Laboratoire Pierre PAGNEY
Climat, Eau, Ecosystème et
Développement (LACEEDE)**

Directeur de Publication

Pr. Constant HOUNDENOU

Rédacteur en Chef

Pr. Placide G. CLEDJO

Conseiller Scientifique

Pr. Euloge OGOUWALE

Comité de Rédaction

Pr. Expédit W. VISSIN
Pr. Léocadie ODOULAMI
Pr. Ibouaïma YABI
Pr. Ernest AMOUSSOU
Pr. Henri S. TOTIN VODOUNON
Pr. Cyr Gervais ETENE
Dr (MA) Patrice M. BOKO

Comité scientifique

Pr. Michel BOKO (Bénin)
Pr. Christophe S. HOUSSOU (Bénin)
Pr. Joseph SAMBA KIMBATA
(Congo Brazzaville)
Pr. Pierre CAMBERLIN (France)
Pr. Tiou TCHAMIE (Togo)
Pr. Fulgence AFOUDA (Bénin)
Pr. Brice SINSIN (Bénin)
Pr. Yves RICHARD (France)
Pr. Téléspore BROU (France)
Pr. Adoté Blim BLIVI (Togo)
Pr. Akpovi AKOEGNINOU (Bénin)
Pr. Abel AFOUDA (Bénin)
Pr. Patrick A. EDORH (Bénin)
Pr. Odile DOSSOU-GUEDEGBE (Bénin)
Pr. Brice TENTE (Bénin)

Editeur: LACEEDE

ISSN: 1840-5452

ISBN-10: 99919-58-64-9

**B.P.: 526 Cotonou,
Tél. (229) : 21 36 00 74 Poste 148
(République du Bénin)
Portable (229) 97 84 66 45**

SOMMAIRE / CONTENTS

5. Caractérisation des vagues de chaleurs à Ouagadougou de 1980 à 2020

*(Characterization of heat waves in Ouagadougou
from 1980 to 2020)*

(KARAMBIRI B. L. C. N., NACOUлма G.,
DIPAMA J. M.)

15. Dynamique spatio-temporelle des plantations d'orangers dans l'Arrondissement de Za-Kpota (Commune de Za-Kpota)

*(Spatio-temporal dynamics of orange plantations
in the District of Za-Kpota (Commune of Za-
Kpota))*

GBESSO F. K., GANKPA M., BRUN L. E.,
TENTE B.

30. Système d'élevage, vulnérabilité des acteurs et précarité des ressources naturelles au Burkina Faso

*(Livestock production systems, stakeholder
vulnerability and the precariousness of natural
resources in Burkina Faso)*

SANOU K.

41. Gestion des points d'eau dans l'arrondissement de Hozin Commune de Dangbo au Bénin (Afrique de l'Ouest)

*(Management of water points in the district of
Hozin Commune of Dangbo in Benin (West
Africa))*

ASSABA H. M., DOSSOU I., OYENIRAN R.,
VISSIN E. W.

54. Caractérisation des propriétés physiques de la rivière Gbêffa, affluent de l'Ouémé au Bénin

*(Characterization of the physical properties of the
Gbêffa river, a tributary of the Ouémé in Benin)*

GBAÏ N. I.

CARACTÉRISATION DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE LA RIVIÈRE GBÈFFA, AFFLUENT DE L'OUÉMÉ AU BÉNIN

GBAÏ NOFODO INNOCENT

Laboratoire de Biogéographie et Expertise Environnementale/EDP/UAC, Boîte Postale (BP) : 677 Abomey-Calavi ; Tél : +229 96 30 33 43 / 64 58 58 56 ; E-mail : gbainofodo@gmail.com

Résumé : La connaissance des propriétés physiques d'un réceptacle naturel d'eau de surface, est un facteur déterminant pour estimer sa capacité à recueillir d'eau et à quantifier la disponibilité de cette denrée. Le présent travail de recherche a permis de mettre en exergue ce qu'il en est du bassin de la rivière Gbèffa, à travers l'indice de compacité, l'indice global de pente, la dénivellée spécifique (Ds) et la densité de drainage (Dd). Les données élaborées sont : l'indice de compacité (Icomp) ; une image radar couvrant la zone (Shuttle Radar Topography Mission : SRTM). Il y a par ailleurs celles brutes qui sont : le périmètre (P) stylisé de tout le bassin de façon globale et sa superficie (S) ; les dénivellées (D) ; et la longueur totale de l'ensemble des cours d'eau constituant le réseau d'eau tous ordres du bassin (Lt). Les systèmes d'information géographique (SIG) ont été utilisés dans le traitement des données. Le calcul des indices a été déterminé à partir du logiciel Arc View 3.2, grâce aux extensions "Arc Trace et Visit" qui sont utilisées sous ESRI.

Les résultats ont montré que la valeur de $I_{comp} = 1,371$ est supérieure à 1, d'où le bassin est de forme allongée. Trois sous-bassins occupent chacun plus de 15 % de la superficie totale de l'ensemble du dudit bassin, soit au total un taux de 45 % de la superficie totale. L'indice global de pente (Ig) est de 1,51 m/km, ce qui indique globalement que la pente est relativement faible. Le dénivellé (Ds) calculé est égale à 23,74 m (< 50 m), il se déduit que l'écoulement dans le bassin est influencé par un relief faible. La densité de drainage déterminée est $D_d = 1,31$ km/km². Au regard de cette valeur supérieure à 1, il est établi que l'écoulement est très développé et le réseau de drainage est très dense. La rivière Gbèffa jouit des caractéristiques physiques faisant d'elle un important réceptacle d'eau qui mérite une attention particulière de la part des décideurs politiques du secteur de l'eau au Bénin.

Mots clés : Caractérisation, propriétés physiques, rivière Gbèffa, affluent de l'Ouémé, Bénin

Abstract : Characterization of the physical properties of the Gbèffa river, a tributary of the Oueme in Benin. Knowledge of the physical properties of a natural receptacle of surface water is a determining factor in estimating its capacity to collect water and quantifying the availability of this commodity. The present research work has made it possible to highlight the situation of the Gbèffa river basin, through the compactness index, the overall slope index, the specific elevation difference (Ds) and the drainage density (Dd). The data elaborated are : the compactness index (Icomp); a radar image covering the area (Shuttle Radar Topography Mission: SRTM). There are also the raw ones, which are: the stylized perimeter (P) of the entire basin in a global way and its surface area (S); elevation differences (D); and the total length of all the rivers that make up the water system of all orders of the basin (Lt). Geographic Information Systems (GIS) were used in data processing. The calculation of the indices was determined from the Arc View 3.2 software, thanks to the "Arc Trace and Visit" extensions that are used in ESRI.

The results showed that the value of $I_{comp} = 1.371$ is greater than 1, hence the pelvis is elongated in shape. Three sub-basins each occupy more than 15% of the total area of the entire basin, i.e. a total rate of 45% of the total area. The overall slope index (Ig) is 1.51 m/km, which indicates overall that the slope is relatively low. The calculated difference in height (Ds) is equal to 23.74 m (< 50 m), it can be deduced that the flow in the basin is influenced by a low relief. The determined drainage density is $D_d = 1.31$ km/km². In view of this value greater than 1, it is established that the flow is very developed and the drainage network is very dense. The Gbèffa River has the physical characteristics that make it an important water receptacle that deserves special attention from policy makers in the water sector in Benin.

Key words : Characterization, physical properties, Gbèffa River, tributary of the Ouémé

Introduction

En Afrique, des estimations indiquent que la quantité d'eau douce disponible diminue régulièrement selon L. O. Sintondji (2005, p. 191). Selon sa vision nationale, le besoin en eau de boisson des Béninois en milieu rural à l'horizon 2025, est estimé à 139 Millions de m³/an. A l'horizon 2025, moins de 18% des ressources en eaux souterraines et moins de 40% des ressources en eau de surface seront sollicités pour couvrir les besoins en eau des populations béninoises dans les différentes branches d'activités (DG/Eau, 2010). Le Bénin à l'horizon 2025, vise à assurer l'alimentation en eau potable des populations urbaines et rurales à raison de 70 l/hbt/jour en milieu urbain et de 50l/hbt/jour en milieu rural (MCCAGPDPE et PNUD, 2000). Mais le secteur eau est actuellement marqué par la forte dégradation des ressources naturelles, en particulier les milieux humides (ABE, 1999, p. 26). Les problèmes cruciaux sont liés à la faible mobilisation sociale ; au faible niveau de connaissance des ressources en eau disponible ; à la dégradation relativement rapide des différents écosystèmes (Livre bleu benin,

2009). Ces problèmes sont corroborés par les pratiques culturelles, les techniques de pêche et de pâturage, puis les autres pratiques d'exploitation agricole qui ne sont pas toujours en adéquation avec les propriétés naturelles des écosystèmes des milieux humides pourvoyeurs d'eau (DG-Eau, 2005). La forme caractéristique du bassin de la rivière Gbêffa est-elle bien connue ? Quel est son relief caractéristique ? Quelle est l'étendue de son aire et la densité de son drainage ? Une hypothèse générale constitue la réponse à ces questionnements. La vérification de cette dernière se fonde sur un objectif global. Pour atteindre l'objectif de la recherche, des données ont été collectées, au moyen d'un matériel et d'outils. Des méthodes de collectes, de traitement et d'analyse de résultats ont été adoptées.

La structuration de l'article est en trois parties dont la présentation du milieu d'étude ; le matériel et méthodes ; puis les résultats, et enfin les discussions.

1. Présentation du milieu d'étude

Le bassin Gbêffa est compris d'une part entre 08° 23' et 09° 02' latitude nord, puis d'autre part entre 02° 16' et 02° 40' longitude Est. Il est partagé sur les territoires des Communes de Tchaourou et de Ouèssè respectivement dans le Département du Borgou et des Collines.

Les sols qui y sont rencontrés sont les sous-ensembles constitués de sols ferrugineux tropicaux lessivés bien drainés, sols ferrugineux tropicaux lessivés à engorgement de profondeur et sols ferrugineux tropicaux lessivés mal drainés (Volkoff, 1963). Selon Volkoff (1963), Youssouf et Lawani (2002) les contraintes de mise en valeur des sols ferrugineux tropicaux sont liées : à leur fragilité face à l'érosion hydrique ; à la déficience notoire de la plupart d'entre eux en N P K ; à leur acidité (pH compris entre 4,5 et 6) ; à la faiblesse de leurs réserves en eau utilisable et à leurs profondeurs limitées (par concrétions), pour certains sols.

Du point de vue phytogéographique, il est intégré à la zone de transition guinéo-soudanienne et, plus précisément dans les secteurs « central nord » et « central sud ». Il jouit, à cet effet, du climat guinéo-soudanien de ladite zone qui est comprise entre 7° et 9° latitude Nord (Akoègninou *et al.*, 2006 ; p. 16) et C. J. Houndagba (2001, p. 8). Les formes de terrain rencontrées dans le secteur de recherches sont des collines ou des inselbergs dont les altitudes varient entre 200 m à 300 m (S. K. Adam et M. Boko, 1993 ; p. 25). Le cadre hydrogéologique du bassin de recherches est marqué selon MERPMEDER et DG-Eau (2012) par la présence d'aquifères discontinus à porosité de fissures dont il dispose (formations de couvertures anciennes et du socle). C'est territoire intégré à une zone climatique dont la pluviométrie atteindre 1000 à 1200 mm de pluies, et parfois 1400 mm par an (S. K. Adam et M. Boko ; 1993, p.21). Ces forts niveaux de pluies observés dans le secteur pourraient être dus à la présence des forêts classées riveraines du bassin. Car les forêts sont des éléments caractéristiques des milieux physiques susceptibles de provoquer des pluies orographiques régulières selon Adam et Boko (1993), cités par N. I. Gbaï (2015, p. 78). La prise en considération de ces caractéristiques a permis de se rendre compte des déterminants physiques qui ont caractérisé le secteur d'étude dans un grand ensemble depuis plusieurs décennies.

2. Données, matériel et méthodes

2.1. Données utilisées

Les données utilisées sont composées de celles brutes et de celles élaborées avec des variables quantitatives.

Les données élaborées comprennent :

- le périmètre (P) stylisé de tout le bassin de façon globale en km et sa superficie (S) en km²;

- les dénivelées (D), exprimées en mètre, séparant les altitudes ayant approximativement 5 % et 95 % de la surface du bassin au-dessus d'elles ;
- longueur totale de l'ensemble des cours d'eau constituant le réseau d'eau tous ordres du bassin (Lt) en km.

La production des données élaborées s'est faite par calcul au moyen du logiciel Arc View 3.2, grâce aux extensions "Arc Trace et Visit" qui sont utilisées sous ESRI.

Les données brutes sont :

- l'indice de compacité (Icomp) ;
- les constantes : 0,282 et -1/2
- une image radar couvrant la zone. Il s'agit Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de 90 m de résolution, feuilles n08_e002_1arc_v3, n09_e003_1arc_v3 et n09_e002_1arc_v3 ;
- cartes topographiques feuilles NC-31-III, Savè, au 1/ 200 000 de 1969 ;
- carte géologique du Bénin, feuille de Pira, au 1/100.000, de la Direction des mines.

2.2. Matériel et méthodes

L'ordinateur avec les logiciels de SIG appropriés ont permis de générer le bassin et ses sous bassins en utilisant les images SRTM. La superposition de ses dernières avec le fond topographique des feuilles NC-31-III, Savè, au 1/ 200 000 de 1969 a permis d'avoir une vue couplée du paysage.

2.2.1. Propriétés physiques du bassin

Les paramètres physiques sont déterminés par des indices qui renseignent sur les caractéristiques géométriques du bassin. Les caractéristiques biologiques concernent la végétation, la faune et la flore ainsi que la composante humaine.

2.2.1.1 Indice de compacité

Il est également appelé coefficient de forme, il correspond au rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même superficie :

$$I_{comp} = 0,282 \times P \times S^{-1/2}$$

où :

- P est le périmètre stylisé du bassin en km ;
- S est la superficie du bassin, en km².

Il est proche de 1 pour un bassin versant de forme quasiment circulaire et supérieur à 1 lorsque le bassin est de forme allongée.

2.2.1.2. Indice global de pente

C'est l'indice caractérisant le relief d'un bassin. Il est défini par la formule :

$$I_g = \frac{D}{L}$$

où :

- **D** : représente les dénivelées, exprimées en mètre, séparant les altitudes ayant approximativement 5 % et 95 % de la surface du bassin au-dessus d'elles. Ces altitudes sont déterminées sur la courbe hypsométrique ;
- **L** : est la longueur du rectangle équivalent, exprimée en km. Il est calculé à partir de la formule suivante ;

$$L = \frac{I_{comp} \cdot \sqrt{S}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{I_{comp}} \right)^2} \right) \text{ avec}$$

S : la superficie du bassin en km² ; **I_{comp}** : est l'indice de compacité et **I_g** est exprimé en m/km.

2.2.1.3. Dénivelée spécifique (Ds)

La dénivelée spécifique est le produit de l'indice de pente global (**I_g**) par la racine carrée de la superficie du bassin (**S**). Elle s'exprime en mètre et est indépendante, en théorie, de l'aire du bassin.

$$Ds = I_g \times \sqrt{S}$$

I_g : Indice global de pente ; **S** : est la superficie du bassin versant, exprimée en km².

On peut distinguer différentes classes de relief en fonction de **Ds**:

Type de relief	Dénivelée spécifique (DS)
Relief faible	Ds < 50 m
Relief modéré	50 m < Ds < 100 m
Relief fort	100 m < Ds

2.2.1.3. Densité de drainage (Dd)

La densité de drainage est le rapport de la longueur totale des cours d'eau de tous ordres et de la superficie du bassin versant.

$$Dd = \frac{L_t}{S} \text{ avec}$$

L_t : longueur totale des cours d'eau de tous ordres en km ; **S** : superficie du bassin en km²

2.2.2. Traitement des données

Les systèmes d'information géographique (SIG) ont été utilisés dans la gestion et le traitement des données. Le calcul des indices est très dépendant de l'aire du bassin et de son périmètre. Ces derniers ont été déterminés à partir du logiciel Arc View 3.2, grâce aux extensions "Arc Trace et Visit" qui sont utilisées sous ESRI. Les grands axes des traitements effectués sont les rubriques qui suivent.

2.2.3. Systèmes d'Information Géographique (SIG)

L'information géographique est devenue une donnée d'importance primordiale pour la gestion des espaces. Ce concept désigne toute information relative aux points spatialement référencés à la surface de la terre.

Avec l'essor de l'informatique, est apparue la possibilité de numériser l'information géographique : c'est ainsi que sont nés les Systèmes d'Information Géographique (SIG) que

l'on peut définir comme des systèmes de traitement d'informations géoréférencées (Moussa, 1991).

Les SIG ont bénéficié des progrès réalisés par la conception assistée par ordinateur (CAO) dont dérivent le dessin assisté par ordinateur (DAO) et la cartographie assistée par ordinateur. Ces outils permettent aux SIG de manipuler des données spatiales et leurs données descriptives associées.

Les potentialités de traitement de l'information permises par le SIG, dans une optique d'analyse et de gestion des espaces, sont particulièrement développées.

3. Résultats et discussions

Les spécificités géométriques du bassin ont été déterminées à partir du calcul de 4 indices : l'indice de compacité, la densité de drainage, l'indice global de pente et la dénivelée spécifique. Le calcul des paramètres géométriques (superficie et périmètre) du bassin est calculé et les résultats sont consignés dans le tableau I.

Tableau I: Superficie et périmètre du bassin de la Gbêffa.

Superficie (m ²)	Superficie (km ²)	Superficie (ha)	Périmètre (m)	Périmètre (km)
2 106 664 68,917	2 106,66	210 666,497	223 134,443	223,134

Source : Résultats de recherches, 2015.

La superficie du bassin fait à peine 1,85 % de la superficie totale du territoire du Bénin.

3.1. Compacité du bassin et densité de drainage (Dd)

3.1.1. Compacité ou forme du bassin

La détermination de l'indice de compacité (I_{comp}) ou du coefficient de forme, correspond au rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même superficie. Les résultats de l'application numérique sont présentés dans le tableau II ci-après.

Tableau II: Résultat du calcul de l'indice de compacité du Bassin de la Gbêffa

Désignation	Valeur
$s^{-1/2}$	45,898366
P	223,134
Constante	0,282
I_{comp}	1,371

Source : Résultats de recherches, 2015

La valeur de $I_{comp} = 1,371$, est supérieure à 1 ; il en donc que le bassin de la Gbêffa est de forme allongée. Cette forme du bassin est présentée à travers la figure ci-après :

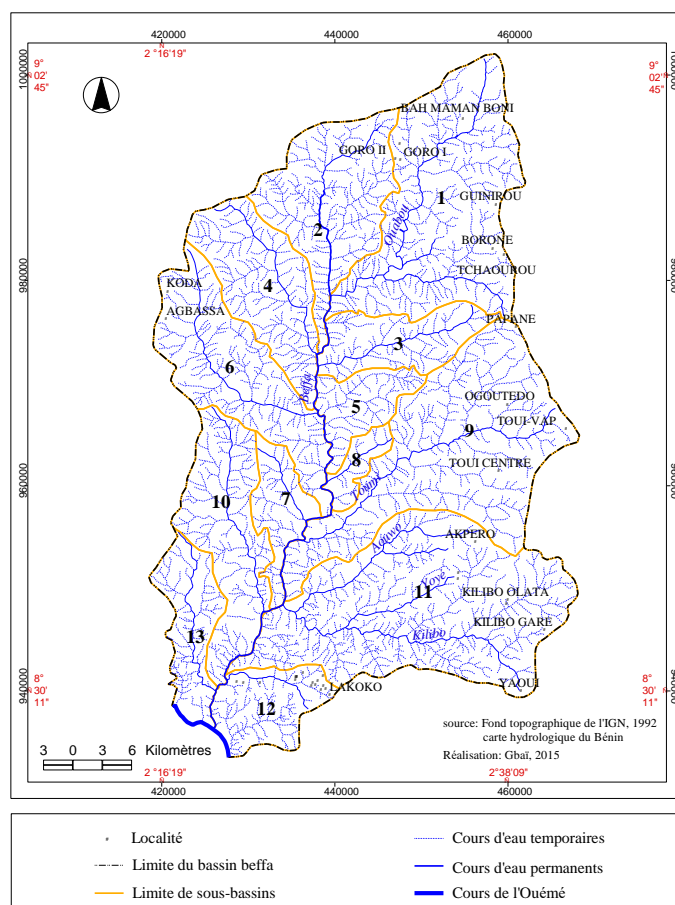


Figure 1 : Bassin de la Gbêffa et ses sous bassins

Treize (13) sous-bassins sont dénombrés. Ils sont drainés par des cours d'eau aussi bien temporaires que permanents. Le tableau ci-après présente l'importance des différents sous-bassins en superficie.

Tableau III: Superficie des sous-bassins de la Gbêffa

N°	Superficie (km ²)	Superficie (ha)	Superficie (%)
1	317,78	31778,42	15,08
2	176,51	17650,95	8,38
3	89,78	8978,28	4,26
4	142,13	14212,80	6,75
5	60,05	6005,04	2,85
6	184,43	18443,17	8,75
7	57,37	5736,90	2,72
8	26,52	2652,31	1,26
9	335,13	33513,48	15,91
10	153,97	15396,67	7,31
11	399,62	39961,77	18,97
12	80,82	8081,99	3,84
13	82,53	8252,79	3,92
Totaux	2106,65	210664,57	100,00

Source : Résultats de recherche, 2015

De l'analyse du tableau III, il ressort que les 3 sous-bassins (N° : 1 ; 9 et 11) occupent chacun plus de 15 % de la Superficie totale du bassin, soit un taux de 45 % pour l'ensemble de ces trois sous-bassins. Alors que l'ensemble des quatre sous-bassins (N° : 2 ; 4 ; 6 et 10) ne couvre qu'environ 31 % de l'étendue totale du bassin. Enfin, les 6 autres restants occupent dans l'ensemble moins de 24 % de la superficie totale du bassin. Il en résulte que chaque sous-bassin est différenciable par rapport à sa taille. Qu'en est-il de la densité du drainage du bassin ?

3.1.2. Indice global de pente

Le modèle numérique de terrain (MNT) extrait des cartes topographiques utilisées donne l'allure du relief en trois dimensions (figure 2).

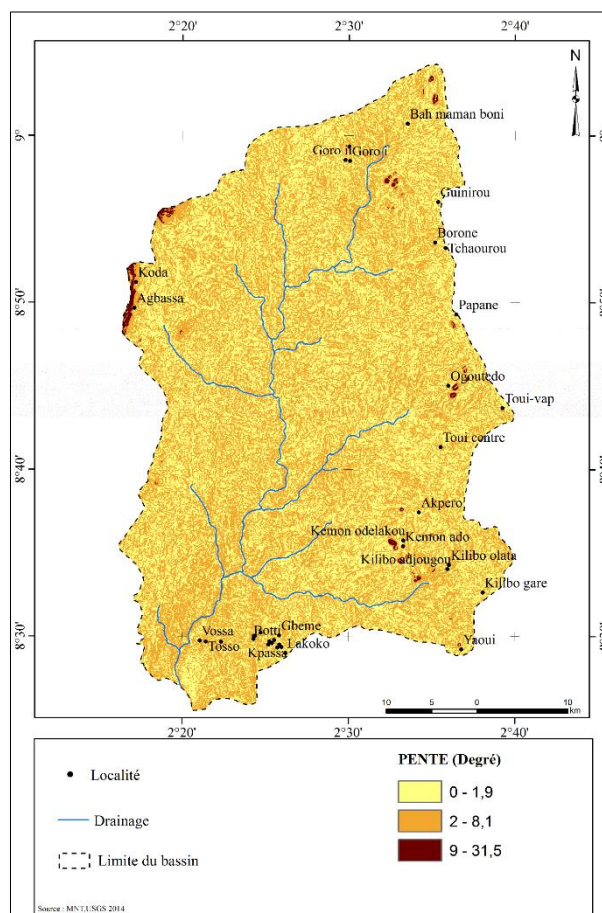


Figure 2 : Dénivelée ou pente du Bassin de la Gbèffa

Dans la zone de 5 % de la superficie totale du bassin, la cote de la courbe hypsométrique est de 120 m, elle passe à 470 m dans la zone de 95 % de la superficie totale du bassin. La longueur du rectangle équivalent calculée est de 232 km. Ainsi, la valeur de l'indice global de pente I_g est de 1,51 m/km. Cette valeur de l' I_g indique globalement que la pente est relativement faible dans l'ensemble car il faut parcourir 1 km pour s'élever de 1,81 m.

3.1.3. Dénivelé spécifique (D_s)

Le dénivelé (D_s) calculé est égale à 23,74 m ; cette valeur étant inférieure à 50 m, il s'ensuit que le relief du bassin est qualifié de faible. Ce relief influence l'écoulement dans le bassin. La figure ci-après présente en 3 D le relief du bassin, avec les principaux cours d'eau.

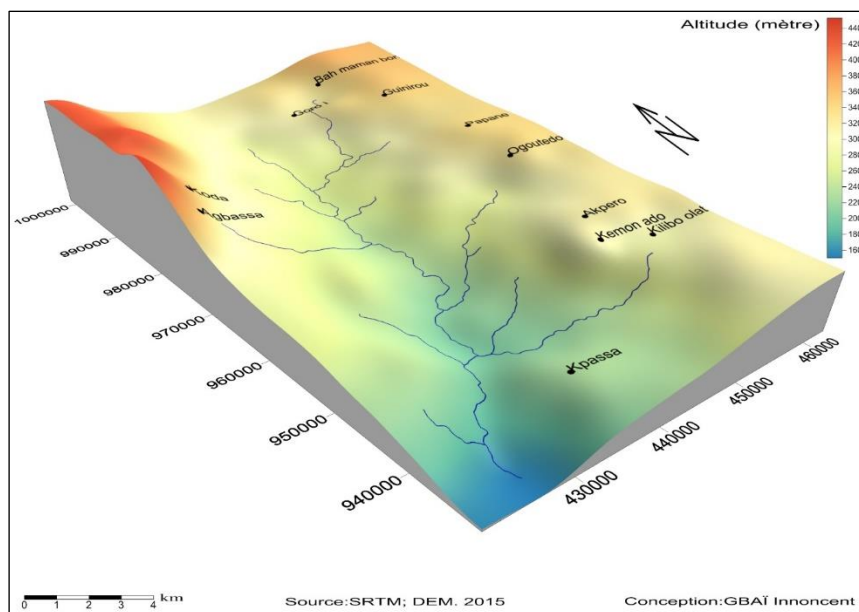


Figure 3 : Bloc diagramme en 3 D du bassin de la Gbêffa

Le réseau hydrographique qui draine le bassin de la Gbêffa est composé d'un cours principal appelé Gbêffa et de ses affluents. Ce cours principal prend sa source au Nord-Ouest de la localité de Goro II, où les altitudes varient entre 280 m et 320 m. Il se fraye un passage orienté Nord-Est, Sud-Ouest, donnant lieu à une vallée qui constitue son lit d'écoulement. Le cours principal de la Gbêffa reste pourvu d'eau tout au long de l'année, même pendant les mois secs. Il est alimenté en eau par les apports de ses affluents, au nombre desquels il convient de citer : Ouabou, Kilibo, Liga, Nonomi, Aouwo et Toumi. Ces affluents ne résistent pas aux mois secs de l'année ; ainsi, ils sont des cours d'eau temporaires. La variation des altitudes au niveau des vallées qui entretiennent le cours d'eau principal et ses affluents est comprise entre 150 m et 280 m. Il convient de notifier la présence du fleuve Ouémé qui est complètement en aval de la Gbêffa, et qui accueille les apports en eau de cette dernière. Ces cours d'eau arrosent la plupart des arrondissements auxquels s'intègre le bassin, favorisant de ce fait le développement des activités économiques du secteur primaire.

Leur débordement en période de décrue (août-septembre) obstrue le passage sur les pistes traversant leur lit et isole plusieurs paysans de leurs champs. Dans ce cas de figure, on note en période de pluie l'isolement des localités des Arrondissements de Gbanlin, Djègbé, Odougba et Papanè. En réaction communautaire et avec l'appui d'une association, un pont est actuellement construit sur la Gbêffa dans l'Arrondissement de Gbanlin. Mais compte tenu de la qualité de l'ouvrage, l'espoir ne pourrait durer.

Entre autres formes, on constate que la présence de quelques cuvettes modelées entre les collines. Elles recueillent de l'eau aussi bien de façon temporaire que permanente. Ces formes donnent lieu à des réseaux de bas-fonds, à des mares et à des étangs. La durée d'inondation des vallées, dans ce secteur, est variable. Les inondations courtes durent moins de 3 mois, celles longues durent 3 à 7 mois et, enfin, les très longues inondations durent plus de 7 mois. D'une manière générale, les bas-fonds du secteur sont larges ou moyens pendant que les franges sont moyennes ou larges.

3.1.4. Densité de drainage (Dd)

La densité de drainage est le rapport de la longueur totale du réseau hydrographique et de la superficie du bassin versant. Les résultats de calculs sont les suivants (tableau IV) :

Tableau IV: Résultat du calcul de l'indice de drainage du Bassin de la Gbêffa

Indice	Valeur
L_t (km)	2774,30209
S (km ²)	2106,66497
L/S ou Dd (km/km ²)	1,31
$C=1/Dd$	759,350

Source : Résultats de recherche, 2015

La densité de drainage déterminée est $D_d = 1,31$ km/km². Au regard de cette valeur supérieure à 1, la conclusion tirée établit que l'écoulement est très développé et le réseau de drainage est très dense. Autrement dit, beaucoup d'affluents apportent de l'eau au cours principal (voir figure 23, plus haut). Près de treize (13) affluents sont dénombrés avec une multitude de temporaires.

En effet, la densité du drainage est très dépendante des caractéristiques géomorphologiques, lithologiques, climatiques et aussi humaines de chaque bassin versant. En réalité, les valeurs de densité de drainage varient de 3 à 4 km/km² pour des régions où l'écoulement n'a atteint qu'un développement très limité et se trouve concentré ; elles dépassent la valeur 1000 pour certaines zones où l'écoulement est très ramifié avec peu d'infiltration ; comme c'est le cas dans le présent bassin où la longueur totale des cours d'eau est de 2774,33 km.

La valeur inverse de la densité de drainage, $C=1/D_d$, s'appelle « constante de stabilité du cours d'eau ». Elle représente la surface du bassin nécessaire pour maintenir des conditions hydrologiques stables dans un vecteur hydrographique unitaire (section du réseau). Dans le cas du bassin de la Gbêffa, la valeur de $C= 0,76$ km²/km, cette valeur est très basse, ce qui traduit que le bassin ne dispose pas de surface nécessaire ou suffisante pour maintenir des conditions hydrologiques stables. Ce résultat confirme les observations sur le terrain. En effet, bien qu'il y ait la présence d'eau dans le bassin toute l'année, cette eau se retire dans le lit mineur de la Gbêffa et ses principaux affluents en début d'étiage. En plein étiage (février à mi-avril), tous les affluents tarissent et c'est seulement dans le lit mineur de la Gbêffa même que des poches d'eau se trouvent. C'est d'ailleurs la période de pleine activité de pêche et de prélèvement de sable fluvial. La Planche 1, illustre la présence de l'eau pendant les mois de décembre, janvier, février et mars.



Photo 1.a : Groupe d'enfants barbotant dans l'eau du cours de la Gbêffa à Vossa.



Photo 1.b : Galerie forestière bordant le cours de la Gbêffa à Toumi.

Planche 1 : Présence d'eau dans le bassin de la Gbêffa toute l'année

Prise de vue : Gbaï, février et mars 2015

En effet, de l'observation des Photos 1.a et 1.b, on note la présence d'eau dans le bassin toute l'année. Ainsi, pendant la période d'étiage, les activités de pêche sont menées, les bas-fonds accueillent la riziculture, l'abreuvement du bétail est assuré et les paysans s'approvisionnent en eau de boisson lors des travaux champêtres.

3.2. Discussion des résultats

La perception des caractéristiques morphométriques du bassin de la rivière Gbêffa s'est fondée sur la caractérisation des propriétés physiques dudit bassin. Les données utilisées dans le cadre de ce travail de recherches sont essentiellement obtenues sur des bases techniques. Il s'agit donc de données élaborées qui sont relatives aux dimensions du bassin. L'essentiel desdites données est composé de la superficie du bassin (en km²), de son périmètre (en km), de la longueur totale de l'ensemble des cours d'eau (km). Ces données élaborées ont été obtenues par calcul, dans des logiciels de SIG, dont Arc View 3.2, grâce aux extensions "Arc Trace et Visit" qui sont utilisées sous ESRI. Il s'agit d'une technique moderne basée sur la nouvelle technologie de la géomatique, de la cartographie numérique au moyen des Systèmes d'Informations Géographiques. Cette même démarche avait été suivie par J. B. K Vodounou (2010, p. 64 ; 65 ; 69) dans le cadre de sa thèse portant sur le bassin de la Sô au Bénin. En outre, M. Roche (1964, p. 1-14) dans le cadre de sa Première Conférence intitulée : « Généralités sur les caractéristiques physiques des bassins exploitation des bassins du point de vue hydrologique », il a enseigné l'usage des mêmes formules pour déterminer les propriétés physiques des bassins sans s'être prononcé sur la méthode ou les démarches qu'il fallait adopter pour obtenir les données utilisées. Bien que la caractérisation de la forme d'un bassin soit très importante pour l'étude de la dynamique autour des terres riveraines, C. J. Houndagba, A. Akoegninou, G. Dannon, et G. Zannou (2007) dans le cadre de leurs recherches portant sur « La présente recherche a permis de caractériser la dynamique climatique et l'évolution de l'occupation des terres autour des petits lacs sur le plateau de Zagnanado au Bénin », n'en ont pas fait une préoccupation. Ces derniers se sont préoccupés de la pluviométrie qui règne dans le milieu, à partir de la chronique des précipitations annuelles sur soixante ans. Ce qui leur a permis d'arriver au résultat selon lequel, le secteur de recherche est caractérisé par une succession de phases humides (47 %) et sèches (53 %). Pour E. K. Agbossou, L. Sintondji, et B. Ahamide (2009) dans le cadre de la Modélisation hydrologique dans le bassin du Zou avec le SIG, ne se sont non plus préoccupés de la caractérisation dudit bassin. La présente recherche vient à point nommé pour montrer l'importance de tenir compte de la caractérisation des propriétés physiques des bassins qui sont des réceptacles naturels de l'eau.

Selon A. Fauchon (1975), l'unité de base pratique d'appréciation de la dynamique du relief continental est le bassin hydrographique. Pour R. E. Horton 1945 et A. N. Strahler (1954), l'élaboration de méthodes quantitatives d'analyse permet de mieux apprécier les caractères du réseau hydrographique d'un réceptacle naturel qu'est le bassin. Elle permet par ailleurs, la comparaison entre plusieurs réseaux de cours d'eau. La caractérisation géométrique d'un bassin versant, fait appel à différents indices de forme qui sont déterminés et destinés à comparer les bassins concernés. Et permet même aussi d'estimer certaines de leurs caractéristiques hydrologiques. Les différents indices calculés dans le cadre de la présente recherche ont permis de connaître les caractéristiques géométriques du bassin de la Gbêffa. Il s'agit de l'indice de compacité, de l'indice global de pente, de la dénivelée spécifique et de la densité de drainage. Les calculs ont été faits tel que défini par Roche en 1963 et la FAO en 1996 à la suite de R. E. Horton (1945) et de A. N. Strahler (1956).

L'indice de compacité a été le plus considéré, il est encore dit de Gravelius. En effet, la valeur de cet indice pour le Bassin Gbêffa, a permis de qualifier le bassin d'allongé, sans être effilé. Sa pente longitudinale globalement faible détermine un relief non accidenté. Les autres

paramètres permettent de comprendre la structuration spatiale du réseau hydrographique. Elle établit la concentration des débits d'amont en aval et c'est celle que reprend la classification de R. E. Horton (1945) qui acquiert une forme définitive avec S. A. Schumm (1956) et de A. N. Strahler (1954a ; 1954b ; 1957). Les résultats obtenus dans le cadre de cette recherche sont similaires à ceux obtenus par J. B. K Vodounou (2010, p. 94-140).

Conclusion

La densité du drainage de la Gbêffa est très tributaire de ses caractéristiques géomorphologiques, lithologiques, climatiques et humaines. En effet, bien qu'il y ait la présence d'eau dans le bassin toute l'année, cette eau se retire dans le lit mineur du principal cours et aussi de ses principaux affluents en début d'étiage. Il s'agit d'une rivière qui par ses caractéristiques physiques constituent un important réceptacle d'eau qui mérite une attention particulière de la part des décideurs politiques du secteur de l'eau au Bénin, en vue d'optimiser sa contribution à la satisfaction des aspirations escomptées à court, moyen et long terme.

Références bibliographiques

- ABE, 1999. *Étude diagnostique de la gestion des zones humides du Sud- Bénin : état actuel des connaissances relatives aux zones humides du Sud- Bénin*. Rapport de synthèse, MEHU Cotonou, 55 p.
- Adam Kolawolé Sikirou et Boko Michel, 1993. *Le Bénin*. Les Editions du Flamboyant/EDICEF, 96 p.
- Agbossou Euloge K., Sintondji Luc Ollivier, Ahamide Bernard, 2009. Modélisation hydrologique dans le bassin du Zou avec le SIG. Rapport d'étude, LHME /FSA-UAC, Abomey-Calavi, Bénin, 18 p.
- DG-EAU, 2005 : Inventaire des ouvrages d'AEP et retenues d'eau. Rapport, Bénin.
- Fauchon André., 1975. Hydrographie de la partie ouest du bassin de la rivière des Etchemins (Québec). *Cahiers de géographie du Québec*, vol. 19, n° 47, 1975, p. 369-381. <http://id.erudit.org/iderudit/021264ar> (Site consulté le 26 décembre 2023 à 19h05' TU)
- Gbaï Nofodo Innocent, 2015. Impacts des systèmes d'exploitation des ressources naturelles sur les écosystèmes dans le bassin de la Beffa au Bénin, Afrique de l'ouest. Thèse de doctorat Unique, Université d'Abomey-Calavi, EDP, UAC, Bénin, 316 p.
- Horton Robert E., 1945. «Erosional developmet of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology », *Geol. Soc. America Bull.*, 56, p. 275-370.
- Houndagba Cossi Jean, 2001. *Inventaire et caractérisation des écosystèmes des complexes Est et Ouest des zones humides du Sud-Bénin*. Rapport de synthèse, Cotonou, Bénin, 88 p.
- Houndagba Cossi Jean, Akoegninou Akpovi, Dannon G., et Zannou G., 2007. Etude de la dynamique des petits bassins lacustres du Sud-Bénin : Cas des lacs Hlan et Sélé. *Revue N°3 du LaRBE : Science de l'environnement*, Presse de l'UL, pp 199-213.
- LIVRE BLEU BENIN, 2009. L'eau la vie, le développement humain. *Etat des lieux. Document de stratégie*. Bénin, 11 p.
- MCCAGPDPE et PNUD, 2000. Etudes nationales de perspectives à long terme Bénin 2025. ALAFIA (stratégies de développement du Bénin à long terme), Cotonou, 308 p.
- Roche Marcel, 1964. Généralités sur les caractéristiques physiques des bassins, exploitation des bassins du point de vue hydrologique. Ecole Nationale du Génie R u r a l, Support de première Conférence à l'Université de GAND, 14 p.
- Schumm Stanley A., 1956. «Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey », *Geol. Soc. America Bull.*, 67, p. 597-646.
- Strahler Arthur Newell, 1954a. « Quantitative geomorphology of erosional landscapes », *C.-R. 19th Intern. Geol. Cong.*, Algiers, 1952, p. 341-354.
- Strahler Arthur Newell, 1954b. « Statistical analysis in geomorphic research », *J. Geol.*, 62, p. 1-25
- Strahler Arthur Newell, 1957. «Quantitative analysis of watershed geomorphology», *Am. Geophys. Union Trans.*, 38(6), p. 913-920

Vodounou Kpatindé Jean Bosco, 2010. Les systèmes d'exploitation des ressources naturelles et leurs impacts sur les écosystèmes dans le bassin de la Sô au Bénin. Thèse de doctorat des Universités de Lomé et Abomey-Calavi, EDP, UAC, Bénin, 305 p.

Volkoff B., 1963. *Etude des sols de la région littorale du Dahomey. Notice explicative de la carte pédologique au 1/20000*. Feuille Savè - Pira, ORSTOM, Cotonou, 21 p.

Youssef I. et Lawani M., 2002. Les sols béninois : classification dans la Base de référence mondiale. *Quatorzième réunion du Sous-Comité ouest et centre africain de corrélation des sols*, ORSTOM, Cotonou, 29-49 p.