

UNIVERSITE DE LOME
SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

*Revue du Laboratoire de Recherches
Biogéographiques et d'Etudes Environnementales
(LaRBE)*



PRESSES DE L'UL

Volume 1

Seizième Numéro Lomé, Décembre 2019

Directeur de publication : Prof. Thiou Tanzidani Komlan TCHAMIE, Université de Lomé, Togo.

Rédacteur en Chef : Prof. Lalle Yendoukoa LARE, Université de Lomé

Secrétariat de publication : Tchaa BOUKPESSI, Paroussiè Wiyao TAKOU, Amah-Edih KOUYA, Minkilibè Paulin DJANGBEDJA, Abdourazakou ALASSANE

Comité Scientifique :

Yao AGBOSSOUMONDE (Lomé, Togo); Kodjo AKLIKOKOU (Lomé, Togo); Atiyihwè AWESSO (Lomé, Togo); Komlan BATAWILA (Lomé, Togo); Tchaa BOUKPESSI (Lomé, Togo); Ibrahim BOUZOU-MOUSSA (Niamey, Niger); Sabiba Kou'Santa AMOUZOU (Lomé, Togo); Moctar BAWA (Lomé, Togo); Michel BOKO (Cotonou, Bénin); Gbandi DJANEYE-BOUNDJOU (Lomé, Togo); Gnon BABA (Kara, Togo); Atsu Koudzo GUELLY (Lomé, Togo); Jean C. HOUNDAGBA (Cotonou, Bénin); Chrsitophe HOUSSOU (Cotonou, Bénin); Koffi DJONDO (Lomé, Togo); Kodjona KADANGA (Lomé, Togo); Koffi Koba (Lomé, Togo); Koffi KILI (Lomé, Togo); Kouami KOKOU (Lomé, Togo); Kossi NAPO (Lomé, Togo); Abou Nappou (Ouagadougou, Burkina-Faso); Edinam KOLA (Lomé, Togo); Komi KOSSI-TITRIKOU (Lomé, Togo); Lalle Richard LARE (Lomé, Togo); Euloge OGOUWALE (Cotonou, Bénin); François de Charles OUEDRAOGO (Ouagadougou, Burkina Faso); Komla SANDA (Lomé, Togo); Brice SINSIN (Cotonou, Bénin); Thiou T. K. TCHAMIE (Lomé, Togo); Brice TENTE (Cotonou, Bénin); Kpèrkouma WALA (Lomé, Togo); Tanga Pierre ZOUNGRANA (Ouagadougou, Burkina-Faso).

Comité de lecture : les lecteurs (referees) sont des scientifiques choisis de par le monde selon les champs thématiques des articles.

Sommaire

1. « *Caractéristiques biogéographiques de l'avifaune du Bénin* », par S. A. CHAFFRA, T. O. LOUGBEGNON & J. T. C. CODJIA..... 7
2. « *L'impact de l'usage de l'espace urbain sur l'émergence du risque d'inondation à Bamako* », par S. BALLO & M. SISSOKO..... 25
3. « *Forêts et bois sacrés en Afrique de l'Ouest : importance écologique, socio-économique et culturelle* », par P. A. OUOBA, K. OUEDRAOGO & D. Evariste Constant DA 43
4. « *Formes d'exploitation du *Thalia geniculata* et ses impacts environnementaux et socio-économiques dans la commune de Sèmè-Kpodji (site Ramsar 1018) au Sud du Bénin* », par T. O. LOUGBEGNON 65
5. « *Typologie et caractéristiques floristiques des formations végétales des sols cuirassés de Kabou (Centre-Togo)* », par T. BOUKPESSI, A. ALASSANE & A. KARABOU ... 79
6. « *Impact de l'expansion urbaine sur la végétation de la commune d'Atakpamé au Togo* », par F. FOLEGA, K. WALA & K. AKPAGANA 101
7. « *Suivi des feux de végétation dans le parc national Fazao Malfakassa et ses terroirs riverains par imagerie satellitaire Modis et Landsat* », par Z. KOUMOI..... 125
8. « *Gestion durable du « Lac Téro » pour l'accès à l'eau potable de la population urbaine de Djougou* », par M. MAKPONSE & A. AHOUCHEDE 143
9. « *Déterminants géographiques des inondations dans la sous basse vallée du Mono (Bénin) à l'exutoire de la Bouche du Roi* », par F. J. G. GBETYETIN, I. YABI & F. AFOUDA 161
10. « *La gestion des effluents de la SHB et FLUDOR Bénin et leurs impacts sur la potabilité des eaux de surface et souterraines de Bohicon et de Zogbomey au Sud-Bénin* », par D. J. GUEDENON, B. FANGNON, M. A. M. TONDRO1, M. GUEZO, C. M. S. DAHANDE, R. C. JOHNSON, M. GIBIGAYE, A. Y. TOHOZIN & N. AGOSSOU. 177
11. « *Evaluation des zones à risque d'inondation sur les berges du fleuve Niger dans le district de Bamako* », par H. DIAWARA, F. MAIGA, A. BALLO & K. S. MALLE.. 193
12. « *Risque d'inondation dans la basse vallée du Zio à la périphérie nord de Lomé : résultat des conditions naturelles ou fruit d'une construction sociale ?* », par B. ALITI ; T. BANASSIM & T. Y. GNONGBO..... 209
13. « *Risques hydro-climatiques perçus et besoins en services météo-climatiques exprimés par les maraichers de la commune d'Athiémé (Sud-Bénin)* », par I. YABI... 229
14. « *Apport de la télédétection à l'étude de la dynamique de l'occupation du sol par approche orientée objet dans un sous bassin versant du Dallol Bosso (Niger)* », par S. TAHIROU & M. WAZIRI MATO..... 253

15. « *Contribution à l'étude de la végétation xérophile des plateaux gréseux des préfectures de Tône et de Kpendjal Ouest dans la Région des Savanes (extrême Nord-Togo)* », par M. DJANGBEDJA, A.-E. KOUYA & T. T. K. TCHAMIE275
16. « *Dynamique de l'occupation des terres et productivité des pâturages autour de la retenue d'hydraulique pastorale de Bouka au nord-est du Bénin* », par I. TOKO IMOROU.....293

GESTION DURABLE DU « LAC TERO » POUR L'ACCES A L'EAU POTABLE DE LA POPULATION URBAINE DE DJOUGOU

Makpondéou MAKPONSE*, Armel AHOUCHEDE

Laboratoire de Biogéographie et d'Expertise Environnementale (LABEE)/Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT)/ Faculté des Sciences Humaines et Sociales (FASHS)/Université d'Abomey-Calavi (UAC)/Bénin

*makpons18@yahoo.fr

Résumé

La population de Djougou fait face à un déficit d'eau potable. Il importe de produire des savoirs capables d'aider les décideurs en charge d'approvisionner les populations en eau potable. Des prévisions quantitatives des besoins en eau des populations et l'identification des moyens de satisfaction de cette exigence dans le futur constituent le principal objectif de cette recherche. Après une recherche documentaire, des enquêtes ont été réalisées à travers, des entretiens, observations, focus group, sondages, levés topographiques et mesures bathymétriques. En outre, la capacité en eau du lac, son débit maximal exploitable et les divers besoins en eau ont été calculés. Le lac Téro est un facteur de développement socio-économique. Il faudra produire un volume de 10964 m³/jour pour subvenir aux besoins en eau d'une population sans cesse grandissante et la préserver des maladies d'origine hydrique. Pour y arriver, il urge de réduire l'ensablement, l'eutrophisation et la dystrophisation du lac en construisant autour de ce dernier et des collecteurs des murettes, de les débarrasser des algues et de reboiser leurs périmètres. Une élévation du seuil déversant de la retenue et son dragage pourraient faire passer sa capacité de 192 767 m³ à 600 000 m³. Les besoins en eau pourraient être durablement satisfaits avec la réalisation d'autres retenues et forages à fort débit. Le coût de la réalisation des travaux d'aménagement et d'assainissement s'élève à un montant de 488754 000 F CFA. Une gestion participative est indispensable dans cette ville.

Mots clés : Aménagement, gestion durable, Djougou, Lac Téro

Abstract

The population of Djougou faces drinking water deficit. It is important to produce knowledge able to help the decision makers who have the responsibility for supplying drinking water to the populations. Quantitative forecasts of the needs of water for the populations and the identification of the means for satisfaction for this requirement in the future constitute the main objective of this research. After a documentary research, investigations were carried out through through talks, observations, focus group, surveys, topographical surveys and bathymetric measures. Moreover, the capacity out of water of the lake, its exploitable maximum flow and the various needs of water were calculated. Lake Téro is a socio-economic factor of development. It will be necessary to produce 10964 m³/ day to satisfy the needs for a population which is unceasingly increasing and to protect them against hydrous diseases. To reach this, it is urgent to reduce the stranding, the eutrophication and the dystrophisation of the lake by building around this latter, collectors, dry stone walls, to remove them from the algae and to afforest their perimeters. A rise in the threshold pouring in reserve and its dredging could make pass its capacity from 192 767 m³ to 600 000 m³. The needs of water could be durably satisfied with the realization of other reserves and drillings with strong flow. The realization of the fitting and settling cost 488 754 000 FCFA. A participative management is essential in this city.

Key words: Fitting, durable management, Djougou, Lake Téro

Introduction

La planète terre compte 7,8 milliards de personnes (ONU, 2019, p.62). Dans ces conditions la gestion des ressources naturelles et plus particulièrement de l'eau, devient un enjeu et un défi majeurs pour les sociétés humaines. L'eau, source de vie, a des effets environnementaux (D. E. McAllisterv *et al.*, 2001, p.120), économiques (E. B. Barbier *et al.*, 2009, p.250), culturels (E. Cremin, 2009, p.32), et surtout une fonction de durabilité (WCD, 2000). L'eau a des caractères sacrés et vitaux pour la population urbaine de Djougou qui s'en approvisionnait traditionnellement de sa capture du sol cristallin à partir des puits et des prélèvements de surface (mares, cours d'eau). La consommation de ces eaux a entraîné la prolifération des maladies d'origine hydrique qui

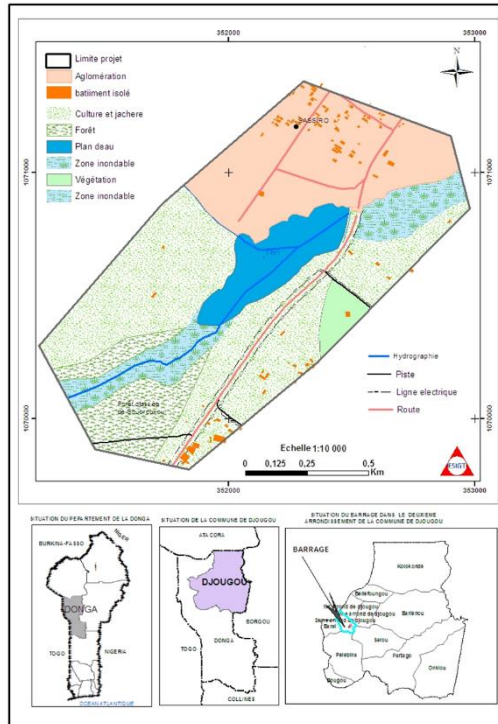
aggravent la pauvreté de la population. Les sécheresses et les irrégularités des pluies exacerbent les difficultés d'accès à l'eau. L'une des réponses ces dernières décennies est la construction de barrages sur de nombreux fleuves et rivières, notamment en Afrique subtropicale, dans le but de créer des réservoirs permettant une disponibilité plus régulière de la ressource-eau à des fins d'approvisionnement en eau potable des populations, d'irrigation et de production hydro-électrique (A. Aghrab, 2003, p.20). Au Bénin, dans la ville de Djougou la réaction fut la construction du barrage de retenue d'eau sur la rivière Téro appelée « Lac Téro ». Ces aménagements sont confrontés à de multiples problèmes. L'envasement au niveau mondial est révélé avec un taux moyen annuel de perte de volume des réservoirs de 0,50 % à 1,00 % du fait de la sédimentation, exacerbée en Afrique (UNESCO, 2006, p.24). Ils subissent comme le « Lac Téro » des effets de réchauffement, de déforestation et posent des problèmes d'eutrophisation, de pollution, d'insuffisance d'eau, de maladies avec des menaces permanentes de périls hydriques. Le recours à l'eau potable et sa distribution par la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) à partir de la retenue de Téro se sont imposés et ont commencé en 1954. Face à l'accroissement démographique et aux variabilités climatiques, la retenue n'arrive pas à couvrir les besoins en eau potable malgré les renforcements du réseau d'adduction. Quel aménagement intégré faut-il opérer pour un accès facile et durable à l'eau potable de la population de Djougou afin de contribuer à un développement socio-économique de la population ? L'objectif du présent travail est de contribuer à la recherche d'une solution participative au déficit d'eau potable à Djougou. Les possibilités d'augmentation de la capacité du lac Téro et les mesures à prendre pour la satisfaction durable des besoins en eau potable sont abordées.

1 Milieu de recherche, un environnement favorable à la construction d'un barrage d'eau

1.1 Situation géographique du lac Téro

Le « Lac Téro » est à l'entrée Sud de la ville de Djougou précisément dans le quartier Taïfa. La retenue est située entre 01°39'15'' longitude Est et 09°41'03'' latitude Nord (Figure 1).

Figure 1 : Situation géographique de la retenue d'eau (Lac Tèro)



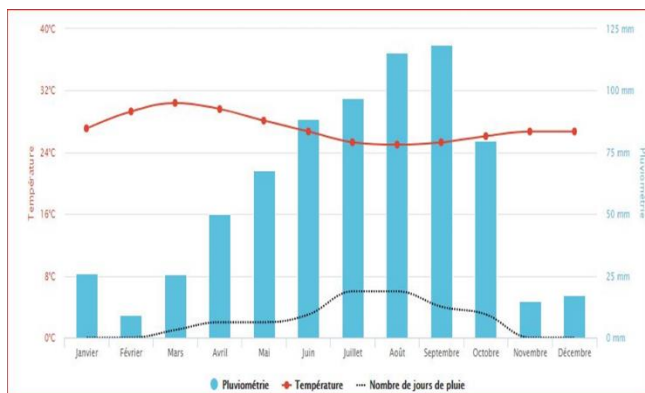
Source : Image google earth modifié, 2017

1.2 Facteurs biophysiques favorables à la construction de la retenue de Téro

Le milieu de recherche se trouve sur un socle précambrien constitué de roches granito gneissiques et présente une pénélaine cristalline parsemée de collines de faible dénivellation (S.K. Adam et M. Boko, 1983, p.25). Deux principaux types de sols y sont observés. Selon B. Volkoff et P. Williams (1976, p.28), il s'agit des sols ferrugineux peu lessivés et des sols hydromorphes dans les zones marécageuses et les vallées des cours d'eau. Ils sont de nature argilo-sableuse ou latéritique, gravillonnaire à caillouteux. Les caractères durs et compacts des roches et sols favorisent le ruissellement des eaux pluviales qui alimentent la retenue pendant sept (07) mois dans l'année à l'exception des contraintes liées aux variabilités climatiques. Le climat de la ville de Djougou est de

type soudano-guinéen avec une saison de pluies d'avril à octobre et une saison sèche d'octobre à avril (Figure 2).

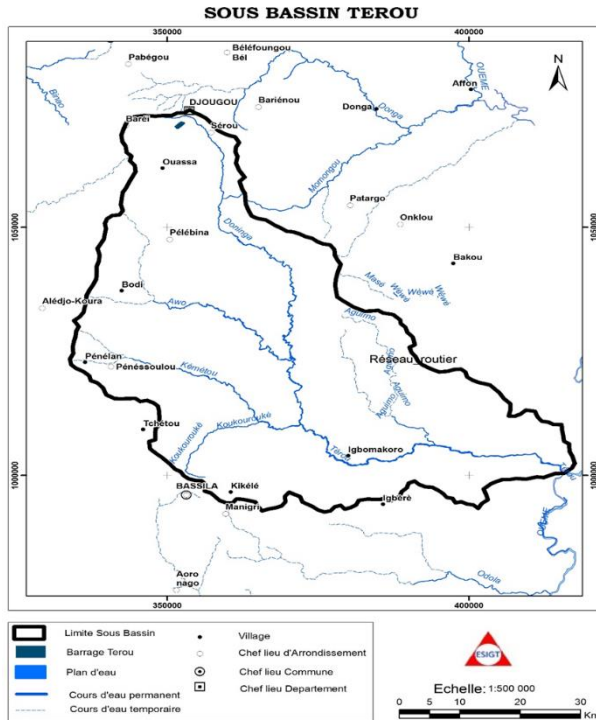
Figure 2 : Moyennes pluviométriques mensuelles en mm de la ville de Djougou de 1988 à 2018



Source : ASECNA, Bénin

La figure 2 présente des moyennes pluviométriques annuelles de 1988 à 2018. Leur moyenne est comprise entre 1000 et 1200 mm pour 75 à 140 jours effectifs de pluies. Les températures varient entre 25 et 31°C (ASECNA, 2017). Les moyennes de températures maximales sont au-dessus des moyennes pluviométriques de janvier à mai et d'octobre à janvier. Les moyennes pluviométriques mensuelles sont au-dessus de la courbe des moyennes mensuelles des températures minimales attestant l'absence de mois aride. La ville est drainée par des rivières Sabari et Téro. Leur régime hydrologique est lié au bassin-versant auquel elles appartiennent (Figure 3). La figure 3 présente les rivières Donga, Affon, Monmongou et Dolinga qui traversent la commune de Djougou, des ruisseaux intermittents. Cet ensemble totalise 21 km de longueur. Les bassins-versants sont occupés par des forêts-galeries et savanes boisées en voie de dégradation. Les principales espèces végétales sont : *Azelia africana*, *Pterocarpus euryraceus*, *Isoberlinia doka*, *Danielia sp*, *Parkia biglobosa*, *Anogeissus leocarpa*, etc. Cette végétation favorise l'infiltration d'une partie des eaux de pluies dans le sol.

Figure 3 : Hydrographie de la ville de Djougou



Source : Ecole Supérieur des Ingénieurs-Topographes, 2017

En plus des facteurs naturels, il existe des facteurs humains et organisationnels favorables à la construction de la retenue de Térou.

1.3 Facteurs humains favorables à la construction de la retenue de Térou

1.3.1. Croissance des usages d'eau à des fins religieuses

Selon l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE, 2013), la ville de Djougou a connu une évolution démographique de 1979 à 2013 avec un accroissement intercensitaire annuel de 3,50 % par rapport à l'année 2002 et les projections de sa population à l'horizon 2025 promettent d'avoir des effectifs élevés (Tableau 1). Le tableau I montre que de 1979 à 2025, la population de la ville de Djougou a plus que triplé en 2013 et va quintupler en 2025. Les

besoins en eau potable de la population ont triplé en 2013. Ils vont quintupler en 2025 surtout que la population est à majorité musulmane.

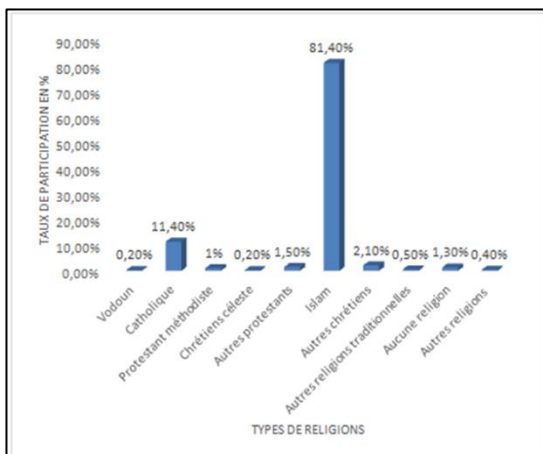
Tableau 1 : Evolution de la population de Djougou

Années	Effectif de la population de Djougou
1979	28934
1992	49769
2002	63623
2013	94773
2015	101523
2017	118754
2019	116500
2021	124797
2023	133686
2025	143208

Source : INSAE, 2013

Plusieurs religions cohabitent à Djougou (Figure 4). Les principales religions pratiquées sont l'islam (81,4 %) et le catholicisme (11,4 %). La figure 4 montre le caractère polythéiste de la société.

Figure 4 : Religions pratiquées dans la ville de Djougou



Source : INSAE, 2013

Pour les 81,4 % de musulmans, l'usage de l'eau est indispensable pour l'ablution qui se fait cinq fois par jour avec en moyenne 02 litres d'eau utilisés par personne et par prière.

1.3.2. Maladies d'origine hydrique et activités économiques liées à l'eau

L'analyse au laboratoire des eaux consommées a révélé qu'il existe des bactéries comme des coliformes totaux, fécaux, des entérobactéries, des staphylocoques et des colonies de *Clostridium perfringens* qui sont des indicateurs de pollution microbienne des eaux et de risques hydro-fécaux dans la ville de Djougou (C. S. Lègba, 2017, p. 57). La consultation en 2017 des registres des centres de santé de Djougou ont révélé que 62,5% des malades souffrent du paludisme, 5,3% du choléra, 2,9% de draconculose, 12,3% de la méningite, 6,8% de la fièvre typhoïde, 4,2% de la fièvre jaune et 6% d'autres maladies. L'agriculture occupe 42% des ménages, soit 49% de la population urbaine dont les champs se situent en zone périurbaine (INSAE, 2013). Selon 85,7% des femmes transformatrices du manioc en tapioka, 30 litres d'eau sont nécessaires à l'extraction de 50 kg. Pour 78,2% des propriétaires de moulins à condiments, 10 litres d'eau sont utilisés par jour. Djougou compte 25978 bovins. La quantité moyenne journalière d'eau nécessaire pour un bovin en milieu tropical est de 12 litres (P. Lhoste, 1993, p.165). Les besoins en eau et les variabilités pluviométriques ont contraint la population et les autorités à des lacs artificiels ou retenues comme celle sur la rivière Téro.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Matériel utilisé

Un GPS (Global Positioning System) a permis des observations directes du secteur de recherche. Une Station totale a donné automatiquement les coordonnées X, Y et Z de tous les points rayonnés sur le terrain en zones couvertes à partir des points bases. Un appareil photographique numérique a été utilisé pour prendre les images des objets en situation réelle. Des rubans ont servi à mesurer des dimensions.

2.2. Méthodes

2.2.1. Collecte des données

2.2.1.1. Nature des données et recherche documentaire

Il s'agit des données climatologiques, géologiques, pédologiques et biogéographiques. Elles ont permis de déterminer les saisons pluvieuses et sèches, d'identifier les périodes d'alimentation en eau et d'étiage du « lac Téro », la nature et la dureté des roches, la texture et la structure des sols et d'apprécier l'ampleur de l'érosion et les différentes demandes en eau. La capacité du lac Téro, son débit maximal exploitable, ses pertes d'eau, les besoins en eau potable de la population ont été calculés. Le centre de documentation de l'Agence pour la Sécurité et la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) a permis d'avoir des données climatiques. La documentation de l'Office Béninois des Mines a révélé la nature des roches. Le Centre National d'Agro-pédologie du Bénin a renseigné sur les sols. L'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) a fourni des données socio-économiques. L'internet a été exploré pour avoir des informations récentes sur la question d'alimentation en eau potable des populations. Cette recherche documentaire a permis de circonscrire la problématique de recherche et de fixer des objectifs.

2.2.1.2 Enquêtes de terrain

Les enquêtes de terrain ont lieu pendant les saisons pluvieuses et sèches de l'année 2017.

2.2.1.2.1 Techniques de collecte des données

Un sondage a été réalisé et trois focus group installés à raison d'un par arrondissement (Djougou I, II, III). Ainsi, les perceptions de la population sur leur accès à l'eau potable ont été obtenues et les informations individuelles croisées. Des interviews et entretiens, des informations relatives à la variation du niveau de l'eau, l'alimentation de la population en eau potable, les types de maladies d'origine hydrique ont été recueillies. Des observations directes sur le terrain ont permis de faire l'état des lieux. L'interprétation des photos aériennes et images satellitaires du secteur de recherche ont été réalisées.

2.2.1.2.2. Travaux topographiques et bathymétriques

Les travaux topographiques se sont déroulés sur les rives de la rivière Téro. Trois points nommés S1, S2 et S5 ont été relevés par la station GPS. Pour les travaux bathymétriques, des profondeurs du lac Téro ont été relevées à l'aide d'une canne télescopique dotée de réflecteur allant jusqu'à 4 m de hauteur. Le réflecteur est observé depuis la rive par un opérateur à l'aide d'une station totale. Cette méthode a permis d'évaluer le volume total de la retenue d'eau, d'effectuer les relevés exacts en période de crue pour pouvoir dimensionner des ouvrages d'assainissement et de calculer des débits des eaux de ruissellement, des pentes des ouvrages et le tirant d'écoulement.

2.2.1.2.3. Outils de collecte des données et échantillonnage

Des questionnaires ont été adressés à des populations cibles. Pour faciliter les entretiens, interviews et les observations sur le terrain, un guide d'entretien et une grille d'observation ont été élaborés. Un échantillon représentatif a été choisi. Le choix des membres de l'échantillon a été raisonné. Des groupes cibles ont été choisis selon leur position dans la vie sociale, leur profession, leur âge (au moins 18 ans), sexe, situation matrimoniale, position géographique. La population-mère compte en 2017, 118754 habitants répartis en Djougou I, Djougou II et Djougou III. La faible disparité entre les arrondissements en matière d'équipements, d'infrastructures et de population a été la raison principale du choix égalitaire de 100 personnes interrogées par arrondissement. Au total 300 personnes ont été investiguées.

2.2.2 Traitement des données et analyse des résultats

Les traitements ont été manuels et à l'informatique. Les données ont été rangées dans des tableaux, et représentées sous formes des graphiques à l'aide des logiciels Word et Excel. Les cartes ont été élaborées grâce aux logiciels Surfer et ArcView 3.2. Le caractère pluridisciplinaire de la présente recherche met en exergue l'interaction des différentes composantes des milieux naturel et humain. Pour cette raison les modèles d'analyse des résultats utilisés sont l'approche systémique et le PEIR (Pression, Etat, Impacts et Réponses).

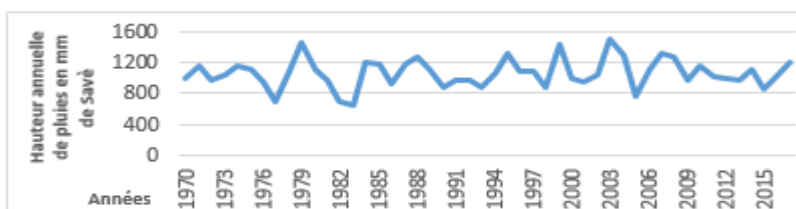
3. Résultats et discussion

3.1. Résultats

3.1.1. Variation et disponibilité de l'eau dans le lac Téro

La rivière Téro a un régime hydrologique de type soudanien avec une variation des moyennes annuelles de pluies (Figure 5). La figure 5 révèle que le secteur d'étude a connu des pluviométries supérieures à la normale (1200 mm) avec au moins 1300 mm en 1979, 2000 et 2003.

Figure 5 : Evolution des moyennes pluviométriques de 1970 à 2017



Source : ASECNA, 2017

Les périodes 1970- 1977 ; 1990-1994 ; 2009-2015 ont été marquées par des années sèches. Les plus criardes sont : 1977 avec 700 mm de pluies ; 1983 avec 600 mm à indice de -2 ; 2006 avec 800 mm. Le contexte climatique est caractérisé par une très forte irrégularité, une très mauvaise répartition des précipitations et une augmentation des températures maximales et minimales. En saison sèche, un sévère déficit de précipitation par rapport à l'évaporation de janvier à mai, mois écologiquement secs est observé. Ainsi, le lac Téro est sujet à des perturbations pendant les saisons sèches (Photos 1 et 2).

Photo 1 : Déversoir sous l'eau



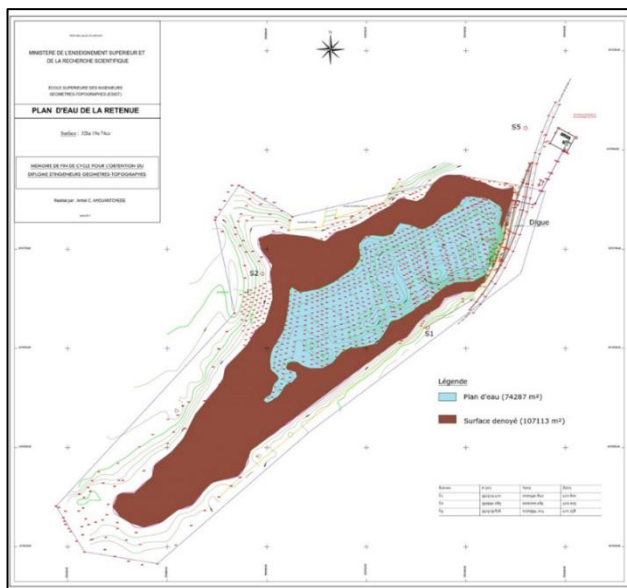
Photo 2 : Retrait des eaux vers le lit



Prise de vue : MAKPONSE, mai 2017

La photo 1 met en relief le déversoir submergé en période de crue contrairement à la période de décrue quand il est émergé (Photo 2) avec un espace (du bas vers le milieu de la photo 2) abandonné par les hautes eaux et est en cours d'être colonisé par des herbes. L'eau s'est retirée vers le lit mineur (Figure 6).

Figure 6: Variation du niveau de l'eau dans le lac Téro au cours des saisons



Source : Travaux de terrain, avril 2017

Ces valeurs sont connues grâce aux travaux bathymétriques (Tableau 2).

Ce retrait laisse des surfaces dénoyées de 85 729 m². Les données issues des levés bathymétriques implémentés dans le logiciel COVADIS 14 ont révélé un plan d'eau de 74350 m² à la date du 15 avril 2017. Dans cette configuration, il est observé une surface dénoyée de 107113 m². La baisse du niveau d'eau dans le lac va du seuil existant 420,44 m de cote pour un volume de 251447 m³ à la cote de 419 m pour un volume de 58670 m³. Son assèchement est constaté à la cote 417 m pour un volume de 99 m³. La couleur bleue symbolise la présence de l'eau et le marron désigne la surface dénoyée. La figure 5 montre la topographie du site du « lac Téro » avec des courbes de niveau. La profondeur du seuil existant est 3,68 m

Tableau 2 : Résultats des travaux bathymétriques

Côte	Surface (ha)	Hauteur (m)	Volume (10 ³ .m ³)
417	0,09	0	0,10
417,5	0,74	0,5	2,44
418	2,50	1	10,86
418	2,50	1	10,86
419 (plan d'eau à la date du 05 avril 2017)	7	2	58,67
419,5	10	2,5	102,08
420	12	3	157,02
420,5	15	3,5	223,59
420,6	16	3,6	238,81
420,65	16	3,65	246,66
420,68 (seuil existant)	16	3,68	251,44

Source : Enquêtes de terrain, avril 2017

La variation des dimensions observées sur le Tableau 2 dépend principalement de la déforestation qui a favorisé l'érosion des sols et le comblement du lac Téro par des sédiments. Des pièges à sédiments érigés du 1^{er} au 31/08/ 2017 sur des rigoles conduisant des eaux de ruissellement à la cuvette du lac, 3,5 tonnes de sable ont été récoltées. Pour 42,1 % des personnes interrogées la mauvaise gestion des ordures participe également au comblement du lac. Ce comblement est estimé à

une hauteur moyenne de 1,6 m d'épaisseur de sédiments par les études bathymétriques.

3.1.2. Débit maximal exploitable de la retenue et besoins en eau potable de la population

Le temps de pompage au niveau de la retenue et le débit d'alimentation en Eau Potable (AEP) de la population ont été respectivement fixés à 16 h et à $75 \text{ m}^3/\text{h}$ de manière à ce que le niveau de l'eau dans le lac ne descende pas en dessous de la cote 418 m, ce qui garantit une tranche morte d'eau de 1 m en toute saison. Ainsi, la crépine d'aspiration ne pourra aspirer des sédiments. Pendant 16 h, le débit journalier est égal à $75 \text{ m}^3 \times 16 \text{ h} = 1200 \text{ m}^3$. Cependant, la production d'eau brute nécessaire pour couvrir les besoins en eau journaliers dès 2017 s'élève à 2099 m^3 . Ceci implique un déficit de 899 m^3 . La ressource en eau de la retenue se révèle insuffisante pour assurer l'AEP des populations (Tableau 3).

Tableau 3 : Besoins en eau de la population de Djougou à l'horizon 2025

Paramètres	2 017	2 018	2 019	2 020	2 021	2 022	2 023	2 024	2 025
Cs (l/j)	35	37	39	41	43	45	47	49	50
Dd (m3/j)	1 283	1 717	2 214	2 780	3 419	4 138	4 943	5 840	6 703
DS (m3/j)	115	155	199	250	308	372	445	526	603
DAE (m3/j)	26	34	44	56	68	83	99	117	134
Djm (m3/j)	1 424	1 906	2 458	3 085	3 795	4 594	5 487	6 483	7 440
Djp (m3/j)	1 795	2 401	3 097	3 888	4 782	5 788	6 914	8 168	9 374
V stockage (m3/j)	1 994	2 668	3 441	4 320	5 313	6 431	7 682	9 076	10 416
V produit (m3/j)	2 099	2 809	3 622	4 547	5 593	6 769	8 086	9 554	10 964

Source : Enquêtes de terrain, mai, 2017

Depuis 2016, le gouvernement de la rupture préconise de l'eau potable à tous, donc les 143209 habitants de la ville de Djougou seront raccordés à la SONEB en 2025. Pour R. Yonaba (2015, p.75), en se basant sur plusieurs variables, les besoins journaliers en eau en milieu rural varient entre 15 et 25 litres /jour/ habitant et ceux en milieu urbain entre 20 et 35 litres /jour/

habitant. Dans la présente étude, l'évaluation des besoins en eau potable s'est basée sur le seuil tolérable de 35 l d'eau par jour par personne pour un minimum vital. En se basant sur les 35 l d'eau par jour et tenant compte de l'évolution démographique de la ville de Djougou, les besoins ou demandes en eau potable connaîtront une croissance au fil des années à l'horizon 2025, un volume d'eau de **10964 m³/j** sera nécessaire pour satisfaire les besoins en eau des populations de Djougou, soit **10964 m³ x 365 = 4 001 860 m³** alors que la capacité actuelle de la retenue du lac Téro est **192 767 m³**. Il est alors nécessaire de procéder à des aménagements pour augmenter le volume de la retenue.

3.1.5. Aménagement et assainissement de la retenue du lac Téro

Le curage du lac Téro et le rehaussement du seuil du déversoir en béton armé de 0,82 m pour augmenter la capacité de la retenue s'imposent. La capacité en eau du lac passerait de 251 437 m³ à 336 171 m³ alors que les besoins en 2025 sont évalués à 4001860 m³. Il urge de procéder à un sondage hydro géotechnique afin de détecter les poches souterraines d'eau et y installer des forages en nappe profonde afin d'assurer la durabilité de l'accès à l'eau potable de la population de Djougou. Le reboisement du bassin-versant de la rivière Téro et la construction des collecteurs des eaux pluviales drainées vers le lac réduirait la vitesse de son comblement. Une éducation relative à une bonne gestion de l'environnement est utile pour la population. La réalisation de ces tâches nécessite un coût estimé à 488754 000 francs CFA toutes taxes comprises.

3.2. Discussion

L'étude de la gestion durable d'un plan d'eau a fait l'objet de travaux scientifiques de plusieurs auteurs comme Lègba (2017), OMS-UNICEF (2000), etc. Ils sont parvenus à des résultats identiques à ceux du présent travail. Les aléas climatiques évoqués comme cause de la pénurie d'eau à Djougou se retrouvent à l'échelle régionale comme le met en exergue le Conseil mondial de l'eau en recommandant l'adaptation aux changements climatiques en Afrique et de bien gérer les ressources hydriques et les acteurs responsables de celles-ci. C.S. Lègba (2017, p.57) a révélé comme la présente étude la pollution de la retenue du lac Téro par les ordures ménagères venues du centre-ville. Il précise que la quasi-inexistence de système d'assainissement fragilise davantage la qualité des

types d'eau utilisés dans les ménages et leur consommation sans traitements est à l'origine de la résurgence des maladies hydriques telles que le choléra, la diarrhée et la gastro-entérite. En évoquant les normes de l'OMS en matière de besoins en eau, il est arrivé comme dans le présent travail, à la conclusion selon laquelle le lac Téro ne peut satisfaire les besoins en eau de la population urbaine de Djougou. La présente étude a proposé des aménagements. La méthode utilisée pour estimer les demandes en eau des populations présente des limites. En effet, selon la Direction Générale de l'Hydraulique (2005), suivant l'accroissement constant du niveau de vie des populations urbaines le besoin en eau sera de 90 litres par habitant et par jour en 2025. Mais, l'offre de l'eau potable aux populations de la ville de Djougou est largement en deçà de cette valeur avec un déficit de 89, 25 %. La distance doit être intégrée dans la possibilité d'accès à l'eau potable. Selon S. Dos Santos (2005, p.84), dans les villes du sud, et particulièrement dans les villes africaines, au-delà de la disponibilité de la ressource et des équipements nécessaires à son traitement, un meilleur accès à l'eau se traduit par la distance au point d'eau, et/ou le temps consacré à la collecte de l'eau, et par le coût inhérent à l'achat de l'eau. Pour l'OMS-UNICEF (2000, p.37), l'accessibilité raisonnable en termes de distance est l'existence d'un point d'eau potable permanent à une distance inférieure à 200 mètres de la concession.

Conclusion

Traditionnellement, les populations de Djougou s'approvisionnaient en eau à partir des puits de faibles profondeurs, dans les cours et plans d'eau, les anfractuosités des collines. Des réserves sont réalisées dans des jarres, des citernes. Ces moyens élémentaires sont devenus inefficaces avec la croissance de la population et l'ampleur des maladies d'origine hydrique, d'où la réalisation du « lac Téro » pour la fourniture de l'eau potable. Les limites de ce dernier exigent de l'assainissement et de l'aménagement mais aussi, l'exploration des nappes d'eau et le forage des puits de grande profondeur pour compléter l'apport du lac Téro.

Références bibliographiques

- ADAM Kolawolé Sikirou et BOKO Michel, 1983, *Le Bénin*, Cotonou, EDICEF/SODIMA
- AGHRAB Abdallah., 2003, *Caractérisation de sécheresse et élaboration des indicateurs climatiques pour son alerte précoce dans la région du Sais*. Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, Maroc.
- BARBIER Edward, BAUMGÄRTNER Stefan, CHOPRA Kanchan, COSTELLA Christopher, DURAIAPPAH Anantha HASSAN Rashid, KINZIG ANN, LEHMAN Markus, PASCUL Anai, POLASKY Stephen and PERRINGS Charles 2009, "The valuation of ecosystem services", *In book, Biodiversity Ecosystem Functioning, and Human Wellbeing, Publisher University Press, Oxford*, pp. 248-262
- CARDER, 2017, *Rapport annuel d'activités, campagne 2016-2017*.
- CREMIN Emilie, 2011, « Endiguement du Brahmapoutre et risques hydrologiques dans les territoires de la tribu Mising (Subdivision de de Dhakuakhana, Assam, Nord-est de l'Inde) », *Vertigo, La revue électronique en sciences de l'environnement (En ligne) Hors-série 10/Décembre 2011, mis en ligne le 30/11/2011*. URL/[http : //Vertigo.revues.org/11417](http://Vertigo.revues.org/11417).DOI :10.4000/Vertigo.11417
- DGH, 2005, *Stratégie nationale de l'approvisionnement en eau potable en milieu rural du Bénin 2005-2015*, MMEH, Cotonou.
- DOS SANTOS Stéphanie, 2005, *Kom La viim ; Enjeux socio-sanitaires de la quête de l'eau à Ouagadougou (Burkina-Faso)*, Thèse de Doctorat, Université de Montréal (Canada), Département de démographie
- INSAE, 2013, *Quelques résultats du troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH 4)*. Ministère Chargé du Plan, de la Prospective et du Développement/INSAE.
- INSAE, 2005, *Cahiers des quartiers et villages : Département de l'Atlantique*.

- LHOSTE Philippe, 1993, *Zootchnie des régions chaudes. Les systèmes d'élevage*, Paris, Collection manuels et précis d'élevage.
- McALLISTERV Don Evan, CRAIG John, DAVIDSON Nick, MURRAY Dianne and SEDDON Mary, 2001, *Biodiversity Impacts of large Dams*, UNEP, UNF, IUCN.
- ONU-UNICEF, 2000, *Rapport sur l'évaluation de la situation mondiale de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement en 2000*.
- ONU, 2019, *Rapport démographique du premier trimestre, 2019*.
- SONEB, 2015, *Perspectives Plan d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement - Horizon 2020. 2015*.
- UNESCO, 2006, *Variability in time and space of extreme rainfalls, floods and droughts*, edition Ennio Ferrari Pasquale Versace, 2nd International Workshop on Hydrological Extremes AMHY-FRIEND group, University of Calaria, Cosenza (Italy) 6-8, June, 2007
- VOLKOFF Boris et Willieme Pierre, 1976, *Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200.000: feuille de Porto-Novo*, Notice d'explication, OROSTOM. Paris.
- WCD, 2000, "Dams and development. A new framework for decision-making. The report of the World Commission on Dams". First published in the UK and USA IN 2000 by Earthen Ltd, Copyrights and CMD, 2000, p 25-35
- YONABA Roland., 2015, *Adduction d'eau potable calcul des ouvrages constitutifs des ouvrages des réseaux d'AE*.

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

1. Conditions de publication

La Revue Sciences de l'Environnement en abrégé *Rev. Sc. Env.* est une revue thématique du Laboratoire de Recherches Biogéographiques et d'Etudes Environnementales (LaRBE) de l'Université de Lomé (Togo). C'est une revue ouverte à toutes les spécialités s'intéressant à la thématique de l'environnement. Elle publie des articles originaux, rédigés en français ou en anglais, non publiés auparavant et non soumis pour publication dans une autre revue. Elle paraît annuellement et, au besoin, en hors-série et en édition spéciale.

2. Le manuscrit

Tout manuscrit soumis à examen, doit comporter les éléments suivants :

- un titre (en majuscule, centré par rapport au texte) ;
- une signature comportant le prénom (en minuscule avec l'initial en majuscule) suivi du nom (en majuscule) de ou des auteur (s) ;
- le nom et l'adresse complète de l'institution d'attache ;
- le courriel ;
- un résumé en français et en anglais (de 250 mots au maximum présentant la problématique, l'approche méthodologique, les résultats et les perspectives) ;
- des mots clés (un minimum de trois et un maximum de cinq).

Ce texte doit respecter les formes habituelles de présentation :

- introduction ;
- cadre géographique ;
- approche méthodologique (ou matériels et méthodes) ;
- résultats ;
- discussion ;
- conclusion ;
- les références bibliographiques.

Ce schéma classique peut être adapté selon le type de recherche.

Le volume et la typographie :

- le volume d'un article est de 15 pages au maximum, y compris les références bibliographiques pour les contributions théoriques et 20 pages pour les autres ;
- Interligne simple ; police : Times New Roman ; taille 11 ;
- le format : A5 ; les marges de haut et de bas : 1,9 cm ; de gauche et de droite : 1,75 cm ;
- Les espacements avant et après les paragraphes et titres sont de 6. Le texte doit être saisi « au kilomètre », c'est-à-dire sans application d'une feuille de style quelconque.

Les articulations du développement du texte, les titres et sous-titres sont à présenter ainsi :

Les articulations d'un article, à l'exception de l'introduction, de la conclusion, des références bibliographiques, doivent être titrées, et numérotées par des chiffres (exemples : 1. ; 1.1. ; 1.1.1. ; 2. ; 2.2. ; 2.2.1 ; etc.).

1. Premier niveau (Times 12 gras)

1.1. Deuxième niveau (Times 12 gras italique)

1.1.1. Troisième niveau (Times 12 italique sans le gras).

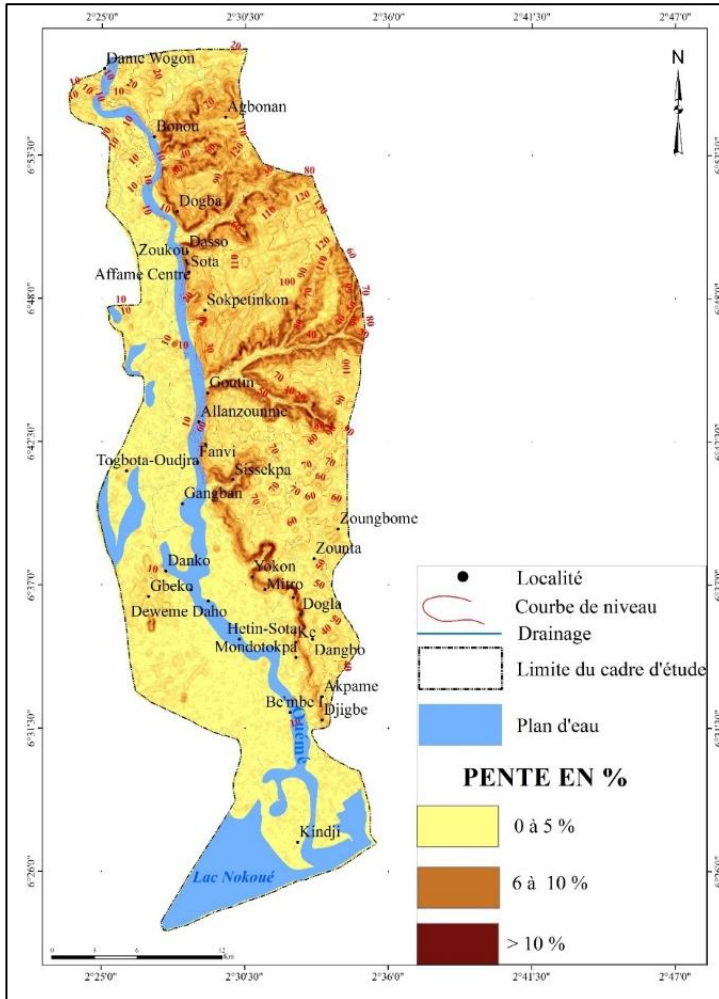
Les noms scientifiques doivent être écrits en entier, avec le nom du descripteur ou de l'auteur, à la première apparition (ex. : *Tectona grandis* L.). On peut donner uniquement le nom du genre suivi du nom de l'espèce à la deuxième apparition (ex. : *Tectona grandis*). Dans le cas où il s'agit d'une série de mêmes genres qui se suivent, le nom du premier genre sera écrit en entier et en abrégé les autres, suivis des noms des espèces (ex. : *Terminalia laxiflora* Engl., *T. ivorensis* A. Chev., *T. superba* Engl. & Diels).

3. Les illustrations

- Les figures et photos doivent être de bonne qualité visuelle avec une très bonne résolution en format ***png** (plus conseillé) ou ***jpeg** ;
- les graphiques et autres schémas réalisés en Ms Word, Excel ou tout autre logiciel devraient être convertis strictement aux formats images indiqués ci-dessus (***png**, ***jpeg**). Au cours de la conversion, il faudrait veiller à choisir la résolution maximale, nécessaire à un bon rendu visuel à l'impression ;
- un fichier Word contenant toutes les illustrations (tableaux, figures, photos) doit accompagner l'article. Dans ce fichier, les tableaux, graphiques et autres figures réalisées en MS Word ou Excel seront conservés dans leur format d'origine sans conversion ;
- les figures doivent montrer à la lecture visuelle, suffisamment d'informations compréhensibles sans recours au texte ;
- les tableaux, les cartes, les figures, les graphiques, les schémas et les photos doivent être numérotés (numérotation continue) en chiffres arabes selon l'ordre de leur apparition dans le texte ;
- ils doivent comporter un titre concis, placé au-dessus de l'élément d'illustration (centré, taille 10 gras) ;
- la source est indiquée (centrée) au-dessous de l'élément (Taille 10, normal) ;
- il est important que ces éléments d'illustration soient d'abord annoncés, ensuite insérés, et enfin commentés dans le corps du texte ;
- les illustrations doivent être référencées avec précision dans le texte. Exemple : Tableau 1 ou Figure 1, lorsque l'illustration est appelée ; (Tableau 1), (Figure 1) lorsque la référence de l'illustration est placée à la fin d'une phrase. Les illustrations sont numérotées et commentées dans un ordre chronologique.

Exemples d'illustrations

Figure 1 : Différents types de pentes dans le bassin inférieur de l'Ouémé



Source : Image SRTM, 2013 et Fond topographique, IGN 1999

Tableau 5 : Vitesse de sapement des fondations et calcul des pertes de terres dans le secteur de recherche

Commune	Vitesse de sapement moyenne en km/heure	Volume des terres perdues par les ravinelements en moyenne en m³
Bonou	5,5	7
Adjohoun	6	5
Dangbo	4,7	3
Aguégués	3,33	2

Source : Résultats de recherche, mai 2017

Photo 1 : Sapements de berges participant à la recharge sédimentaire des rivières



Prise de vue : Agbomahènan, Décembre 2017

4. Normes bibliographiques

✓ Comment citer les auteurs ?

Les références de citation sont intégrées au texte citant, selon les cas, de la façon suivante : Initiale (s) du Prénom ou des Prénoms et du Nom de l'Auteur, année de publication, pages citées.

Les passages cités sont présentés en italique ou entre guillemets. Lorsque la citation dépasse trois lignes, il faut aller à la ligne, pour la présenter (interligne 1) en retrait, en diminuant la taille de police d'un point (taille 10).

Lorsque l'auteur est appelé

Exemples :

- selon T. T. K. Tchamiè (2012, p. 12) ; quand il s'agit d'un document d'un auteur ;
- selon T. T. K. Tchamiè et L. Y. Laré (2012, p. 19) ; quand il s'agit d'un document de deux auteurs ;
- selon W. Takou & *al.*, (2012 ; p. 10) ; quand il s'agit d'un document de plus de deux auteurs ;
- si plusieurs références se suivent, elles doivent être séparées chacune par une virgule et classer par ordre chronologique de publication. Exemple : Selon Y. Dakissaga (2006, p. 22), Z. Nassa (2009, p. 31) et T. Polorigni (2012, p.80).

Lorsque la référence est placée à la fin d'une phrase

Exemples :

- (T. T. K. Tchamiè, 2012, p. 12) ; quand il s'agit d'un document d'un auteur ;
- (T. T. K. Tchamiè et L. Y. Laré, 2012, p. 19) ; quand il s'agit d'un document de deux auteurs ;
- (W. Takou & *al.*, 2012, p. 10) ; quand il s'agit d'un document de plus de deux auteurs.

- Si plusieurs références se suivent, elles doivent être séparées chacune par un point-virgule et classer par ordre chronologique de publications. Exemple : (Y. Dakissaga, 2006, p. 22 ; Z. Nassa, 2009, p. 31 et T. Polorigni, 2012, p.80).

✓ **Références bibliographiques**

Seules figurent dans la bibliographie, les références citées dans le texte. Inversement, tout auteur cité doit figurer dans la bibliographie. L'ordre retenu pour les **références bibliographiques** est alphabétique. Elles se présentent de la manière suivante :

NOM et Prénom (s) de l'auteur, Année de publication, Zone titre, Lieu de publication, Zone Editeur, les pages (p.) des articles pour une revue.

Dans la zone titre, le titre d'un article est présenté en Time New Roman (sans italique) et entre guillemets, celui d'un ouvrage, d'un mémoire ou d'une thèse, d'un rapport, d'une revue ou d'un journal est présenté en italique. Dans la zone Editeur, on indique la Maison d'édition (pour un ouvrage), le Nom et le numéro/volume de la revue (pour un article). Au cas où un ouvrage est une traduction et/ou une réédition, il faut préciser après le titre le nom du traducteur et/ou l'édition (ex : 2^{nde} éd.).

Exemples :

✚ **Cas de la littérature grise et ouvrage simple**

- AMIN Samir, 1996, *Les défis de la mondialisation*, Paris, L'Harmattan.
- AUDARD Catherine, 2009, *Qu'est-ce que le libéralisme ? Ethique, politique, société*, Paris, Gallimard.
- BERGER Gaston, 1967, *L'homme moderne et son éducation*, Paris, PUF.
- DI MEO Guy, 2000, *Géographie sociale et territoires*, Paris, Nathan.

 **Article d'une revue**

- DIAGNE Souleymane Bachir, 2003, « Islam et philosophie. Leçons d'une rencontre », *Diogène*, 202, p. 145-151.

 **Ouvrage collectif**

- BARROS (De) Phillipe et KUEVI Dovi André, 1989, « Prospection archéologique au Togo », in *Togo-Dialogue*, n°45, Lomé, p. 40-42.

5. Soumissions et évaluation des articles

Les textes doivent être **exclusivement envoyés** à l'adresse revuelarbe@gmail.com

- Tout manuscrit qui ne respecte pas les normes su-énumérées sera purement et simplement rejeté.
- Les projets d'articles sont attendus entre le **1^{er} janvier** et le **30 juin de chaque année**, délai de rigueur. Un délai de deux (2) mois est nécessaire pour instruire les articles. Les articles sont évalués par des scientifiques choisis de par le monde selon leurs champs thématiques.
- Les projets d'articles corrigés par les auteurs doivent parvenir à la direction de la publication de la revue, au plus tard le 30 septembre. Le mois d'octobre est consacré au traitement des articles par le comité scientifique et le secrétariat de publication de la revue, avant d'être renvoyés au besoin, aux auteurs pour les ultimes corrections. A l'issue de cette étape, la liste définitive des articles à publier sera retenue. Les articles publiés sont attendus au plus tard le 15 décembre de chaque année.
- Les articles sont évalués par des scientifiques de par le monde en fonction des spécialités.
- Les frais d'évaluation de l'article sont envoyés au moment de la soumission de l'article. Ils s'élèvent à **20 000 f CFA**
- Les frais de publication, sont versés après acceptation de l'article. Ils s'élèvent à **30 000 f CFA**.