

ENVASUREMENT ET DYNAMIQUE HYDROLOGIQUE DU BARRAGE DE DJAPIENI DANS L'EXTREME NORD DU TOGO

BAWA Dangnisso

Université de Lomé

kodjoameya.34@gmail.com

Résumé

De nombreuses études ont montré que les retenues d'eau de barrages sont sujettes à une sédimentation. Les dépôts de sédiments réduisent la capacité de stockage de ces ouvrages et impactent de ce fait les activités pour lesquelles lesdits ouvrages sont aménagés. C'est ce qui a été constaté dans la retenue de Djapiéni, dans l'extrême nord du Togo. Construite en 1988, cette retenue d'une superficie de 4,3 ha et d'une profondeur moyenne de 3 m a vu sa capacité passer de 35 000 à 129 000 m³ après sa réhabilitation en 2015. Malgré l'augmentation de sa capacité, elle est souvent à sec ces cinq dernières années, à partir du mois de mars, bien que ceinturée par une bande végétale censée réduire les flux solides. Pourquoi cet assèchement de la retenue de Djapiéni ? Cette recherche vise à analyser les processus d'envasement et d'assèchement de la retenue de Djapiéni. Elle est menée sur la base de la documentation y afférente, des travaux de terrain et du traitement des données recueillies. Il en ressort que l'assèchement de cette retenue est dû à l'envasement et aux prélèvements excessifs de l'eau. Les sédiments qui atterrissent dans cette retenue ont, en 34 ans (1988-2022) formé une pile sédimentaire de 1,35 m d'épaisseur en moyenne, équivalant à un volume sédimentaire moyen de 58 000 m³ qui a réduit de 45% la capacité de stockage de la retenue. Aussi, l'extension des parcelles de maraîchage autour de cette retenue a augmenté les prélèvements d'eau qui sont passés de 90 m³ par jour pour 6 ha entre 1988 et 2015 à 375 m³ par jour pour 25 ha à partir de 2018. La solution à ce problème passe par l'installation d'une bande végétale permanente autour de la retenue et la pratique du système d'arrosage goutte-à-goutte qui permet d'économiser l'eau.

Mots-clés : Retenue de Djapiéni, érosion, envasement, assèchement, Extrême nord du Togo.

Abstract

Numerous studies have demonstrated that the reservoirs of dams are prone to sedimentation. Sediment deposits reduce the storage capacity of these structures, consequently impacting the activities for which they are designed. This phenomenon has been observed in the Djapiéni reservoir, located in the far north of Togo. Constructed in 1988, this reservoir covers an area of 4.3 hectares and has an average depth of 3 meters. Its capacity increased from 35,000 to 129,000 cubic meters following its rehabilitation in 2015. Despite this capacity expansion, over the past five years, the reservoir has often dried up starting from March, even though it is surrounded by a vegetative strip intended to reduce solid flows. Why is the Djapiéni reservoir experiencing this drying-up ? This research aims to analyze the siltation and drying-up process of the Djapiéni reservoir. It is based on relevant documentation, fieldwork and the processing of collected data. The findings reveal that the drying-up of this reservoir is attributed to siltation and excessive water withdrawals. The sediments that land in this reservoir have, over 34 years (1988-2022), formed a sedimentary pile 1.35 m thick on average, equivalent to an average sedimentary volume of 58,000 m³ which has reduced the capacity by 45% retainer storage.

Additionally, the expansion of vegetable plots around the reservoir has increased water withdrawals, rising from 90 cubic meters per day for 6 hectares between 1988 and 2015, to 375 cubic meters per day for 25 hectares starting from 2018. The solution to this problem involves the installation of a permanent plant strip around the reservoir and the practice of the drip irrigation system which saves water.

Keywords : Djapiéni reservoir, erosion, siltation, drying-up, Far North of Togo.

Introduction

L'une des exigences fondamentales pour pratiquer une agriculture productive et durable est la disponibilité de l'eau en quantité suffisante. Or, l'agriculture dans certains pays est essentiellement tributaire des pluies de plus en plus capricieuses dans le contexte actuel des changements climatiques. Pour faire face à cette situation climatique volatile, les pays qui connaissent les déficits hydriques parfois chroniques ont entrepris la

construction de barrages. L'aménagement de ces ouvrages hydrauliques vise aussi d'une manière implicite à optimiser leur durée de vie, en vue d'atteindre les objectifs à eux assignés par les promoteurs.

Mais, dans leur fonctionnement ils sont sujets à un processus d'envasement qui réduit leur capacité de stockage initiale d'eau, compromettant ainsi les objectifs pour lesquelles ils sont aménagés (D. Bawa, 2012). Ce phénomène de portée mondiale a été relevé par la Commission Internationale des Grands Barrage (CIGB) cité par K. Benyekhlef et *al.* (2014). En Afrique, plus précisément dans les pays magrébins, plusieurs auteurs (B. Remini, 2000 ; T. Hermassi et *al.*, 2013 ; A. Badraoui et *al.*, 2009), relèvent que l'essentiel des transports solides liés à une dégradation spécifique atterrissent dans les retenues de barrages. Ce processus d'envasement est une préoccupation aussi dans les pays d'Afrique subsaharienne, notamment au Burkina Faso où de nombreux barrages surtout collinaires présentent des plans d'eau rarement permanents en raison des dépôts sédimentaires (D. Piquemal, 1991) et au Togo où un certain nombre de barrages sont sujets à l'envasement. Au nombre de ces retenues de barrage impactées par l'envasement figure celle de Djapiéni dans la Région des Savanes à l'extrême nord du Togo qui est une illustration parfaite de retenues sous l'emprise des sédiments, d'autant plus qu'elle est à sec en saison sèche.

Située dans le village de Djapiéni au nord de Dapaong, capitale régionale (figure 1), cette retenue de 35 000 m³ lors de sa construction en 1988 a vu sa capacité passer à 129 000 m³ après sa réhabilitation qui a consisté à rehausser la digue de 5 m.

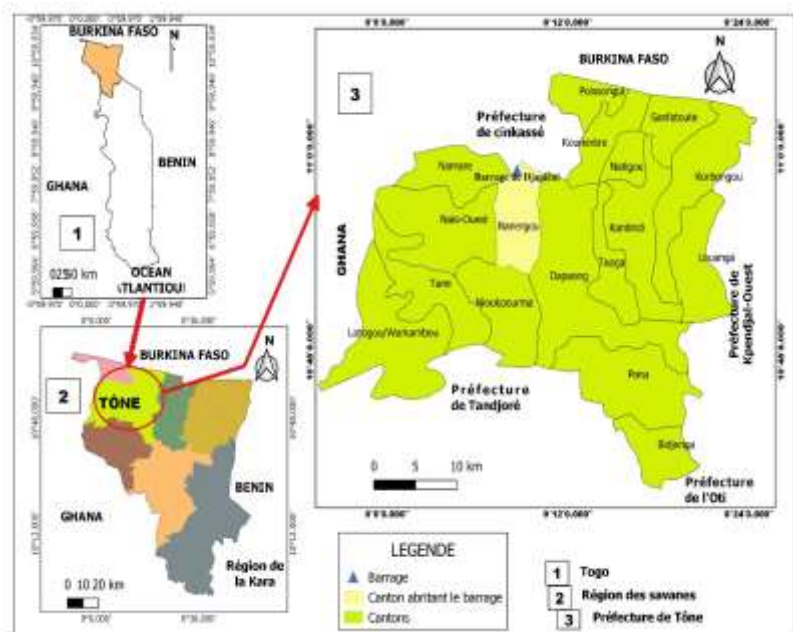


Figure 1 : Carte de localisation de la zone de recherche

Source : Réalisée à partir des fonds de carte du Togo de 2018

Il s'agit d'un barrage collinaire construit en amont du cours d'eau Mpoussa dont le remplissage en saison de pluies se fait grâce aux eaux de ruissellement.

Le paysage morphologique de ce barrage est une pénélaine appelée plaine du Gourma (L. Kankpéndja, 2014) qui s'étend jusqu'au Burkina-Faso. Cette surface d'aplanissement de 300 m d'altitude en moyenne est un socle d'âge Birimien couvrant une partie de l'Afrique de l'ouest. La trame lithologique est essentiellement constituée de granodiorites, de tonalites et diorites et accessoirement de migmatites, de quartzites, de gneiss ou orthogneiss indifférenciés et d'amphibolites à grain fin et gros grain (J. Collart et al., 1985).

Le climat est de type soudanien avec deux saisons bien distinctes. Une saison sèche, de novembre à avril, très marquée en janvier et février par l'effet de l'harmattan, alizé du nord-est sec et poussiéreux. Une saison pluvieuse de mai à octobre, dont le maximum pluviométrique est centré sur le mois d'août. Les températures sont dans l'ensemble élevées : elles varient de 39° à 17° en saison sèche et de 34° à 22° en saison pluvieuse. Ces conditions climatiques entretiennent une végétation de savane arborée de type soudanien. Les sols ferrugineux caractéristiques de cette plaine sont sujets à une érosion intense (L. Kankpéandja et *al.*, 2012 ; L. D. Kolani, 2022).

Les activités qui occupent l'essentiel de la population sont l'agriculture et l'élevage. L'irrégularité des pluies dans cette région, qui a pour conséquence la baisse des rendements agricoles, pousse de nombreux paysans à pratiquer les cultures de contre-saison (maraîchage), afin de compenser le manque à gagner dû aux mauvaises récoltes. C'est dans cette optique que beaucoup de barrages collinaires dont celui de Djapiéni qui fait l'objet de la présente recherche ont été aménagés.

L'objectif de cette recherche est d'analyser les processus d'envasement et d'assèchement du barrage de Djapiéni. L'intérêt de la recherche est d'attirer l'attention des utilisateurs de cette retenue sur les méfaits de leurs activités qui impactent la dynamique hydrosédimentaire de ladite retenue et l'importance d'une utilisation rationnelle de l'eau de la retenue pour une production agricole soutenable.

1. Approche méthodologique

L'atteinte des objectifs poursuivis par la présente recherche a nécessité la mise en œuvre d'une approche méthodologique. Elle est basée sur la collecte de données primaires, secondaires et le traitement desdites données.

1.1. Collecte des données primaires

Les données primaires sont celles recueillies sur le terrain et qui concernent les levés topographiques, bathymétriques, les mesures d'épaisseur des sédiments, l'échantillonnage des sédiments et des sols et l'enquête sociologique. Ces données ont été obtenues à partir de matériels appropriés.

1.1.1. Levés topographiques et mesure des pentes

Ils ont consisté dans un premier temps à repérer et délimiter à partir d'un GPS, les contours du haut bassin versant où est aménagée la retenue et dans un second temps à délimiter à l'aide du même dispositif les contours de la retenue à plein bord. Pour ce faire, des points GPS à intervalle de 30 m et de 10 m ont été pris respectivement autour du bassin versant et de la retenue. Le but de ces levés est de déterminer la superficie du haut bassin versant et celle de la retenue. En tout, 250 points ont été levés autour du haut bassin versant et 120 points autour de la retenue. Au cours de cette activité, 10 échantillons de sols ont été prélevés, ensachés et étiquetés pour l'analyse granulométrique au laboratoire, afin de déterminer leur susceptibilité à l'érosion. Les pentes ont été mesurées à l'aide d'un clinomètre de marque Silver.

1.1.2. Levés bathymétriques

La bathymétrie a permis de déterminer la profondeur de l'eau de la retenue à plein bord en saison pluvieuse. Elle a été faite à l'aide d'une pirogue à partir d'un mètre ruban de 20 m lesté d'un poids en béton de 2kg, suivant des transects matérialisés à l'aide de piquets implantés en lignes droites en travers de la retenue. Les profondeurs partant d'un bord à l'autre sont notées sur une fiche sur laquelle a été préalablement matérialisé le plan de la retenue et le positionnement des transects. Les points bathymétriques sont pris à intervalle de 15 m le long de 10 transects. Cette opération a permis de déterminer la profondeur moyenne actuelle de l'eau.

1.1.3. Mesure des épaisseurs de sédiments et échantillonnage

La mesure de l'épaisseur actuelle des sédiments a été effectuée en saison sèche à la faveur de l'assèchement de la retenue. Une tarière hélicoïdale a servi à faire le carottage et un mètre ruban pour mesurer les épaisseurs des sédiments prélevés. Le carottage s'est fait à l'emplacement de piquets implantés à intervalle de 10 m formant des transects. Au total huit (8) transects marqués de 5 à 18 piquets (en fonction de la variation des dimensions de la retenue) ont été positionnés en travers de la retenue. Les échantillons ont été prélevés dans la partie superficielle des carottes, dans la partie médiane et à la base. L'échantillonnage a concerné les sables et les vases ; au total 22 échantillons de sables et 12 de vases ont été prélevés, mis en sachets et étiquetés pour l'analyse granulométrique.

1.1.4. Enquête sociologique

Elle a concerné 75 exploitants (20 femmes et 55 hommes) disposant au moins d'une parcelle de maraîchage et utilisant l'eau de la retenue pour leurs activités. Le critère d'éligibilité est qu'il faut avoir exploité sa parcelle 10 ans au moins. Ceci nous permet de recueillir des informations auprès des exploitants qui ont débuté leurs activités avec la mise en service du barrage en 1989 et qui les ont poursuivis après son agrandissement en 2015. Les questions ont porté essentiellement sur les superficies exploitées dans le temps, le volume d'eau utilisé lors de l'arrosage des plantes et son évolution dans le temps. Il faut préciser que le nombre actuel de maraîchers est estimé à 110.

1.2. Collecte des données secondaires

Il s'agit de données documentaires, cartographiques, satellites et climatologiques. Elles ont été exploitées après l'analyse de leur contenu qui nous a permis de déterminer leur pertinence et leur utilité pour la réalisation de la présente recherche.

1.2.1. Données documentaires

La documentation exploitée est constituée d'ouvrages généraux portant sur les aspects physiques du milieu, les articles traitant de la sédimentation des barrages ainsi que de l'utilité des retenues d'eau pour les cultures de contre-saison, les mémoires et thèses traitant de la thématique de l'érosion des sols dans les bassins versants. Ces documents ont été consultés dans les bibliothèques de l'Université de Lomé et sur internet à partir du moteur de recherche Google.

1.2.2. Données cartographiques et satellites

Les travaux de terrain ont nécessité l'utilisation de cartes topographique et géologique de Dapaong au 1/200 000. Elles nous ont permis respectivement de nous orienter de repérer la zone d'étude et de caractériser les formations lithologiques de cette zone. Les images Google Earth de 2022 ont été aussi utilisées pour circonscrire le haut bassin versant et la retenue dans l'espace et la réalisation des cartes.

1.2.3. Données climatologiques

Elles concernent la pluviométrie et les températures que la Direction Générale de la Météorologie Nationale nous a fourni. Ces données climatologiques sont celles des trente dernières années (1991 -2021). Elles nous ont permis d'apprécier la distribution des pluies dans le temps et dans l'espace, l'évolution des températures au cours de l'année et de calculer l'indice d'agressivité climatique de Fournier.

1.3. Traitement des données

Les données traitées sont celles recueillies sur le terrain à savoir : les levés topographiques, bathymétriques, les échantillons de sédiments, de sols, les données de l'enquête sociologique, les données climatologiques et satellites. Hormis la granulométrie faite en laboratoire les autres traitements ont été faits sur ordinateur à partir de logiciels spécifiques.

1.3.1. Essais de laboratoire et données granulométriques

L'analyse granulométrique des échantillons de sols et de sédiments a été faite au laboratoire de l'Institut Togolais de Recherche Agronomique (ITRA). Elle a consisté à faire passer 100 g de chaque échantillon à travers une colonne de cinq tamis de 0,003 à 2,5 mm de la série AFNOR (Association Française de Normalisation) placée sur un agitateur. Les refus de chaque tamis sont pesés et notés sur une fiche dans le but de calculer le pourcentage des passants cumulés. Pour les échantillons de sols, une séparation des fines (argile et limons) des sables a été faite en les passant sous l'eau contenue dans un récipient. Ainsi la granulométrie de ces échantillons a concerné la fraction sableuse, tandis que la fraction fine restée dans l'eau ayant servie à séparer les deux fractions a été traitée par la méthode de temps de chute.

1.3.2. Calcul de l'érosion à l'échelle du bassin versant

Pour l'estimation de l'érosion à l'échelle du bassin versant, l'indice d'agressivité climatique de Fournier a été calculé. L'indice d'agressivité climatique de Fournier est exprimé par la formule :

$$I = P^2/P$$

Où : P^2 est le carré de la pluviométrie moyenne du mois le plus humide et P la pluviométrie moyenne de l'année.

1.3.3. Cartographie, traitement des données climatologiques et d'enquête sociologique

Le traitement des données GPS recueillies sur le terrain a été fait par ordinateur grâce au logiciel Arc-Gis10.2 en intégrant les points GPS dans le système de l'image Google Earth 2022. Cette opération a permis de réaliser la carte du bassin versant comportant la retenue.

Les données de précipitations et de températures ont été traitées à partir du logiciel Excel 2016. Le résultat du traitement de ces données nous a permis d'analyser respectivement la distribution annuelle des pluies, leur fréquence, les variations de températures au cours de l'année et leur incidence sur le volume d'eau journalier utilisé pour le maraîchage. Le dépouillement et le traitement des données sociologiques sont réalisés à partir du logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 16.0.

1.3.4. Calcul du volume d'eau utilisé par les maraîchers

Ce calcul a été fait sur la base des résultats de l'enquête sociologique. Le volume d'eau journalier utilisé par les maraîchers déterminé suite à l'enquête a été multiplié par 30 jours de travail dans le mois (l'arrosage se fait tous les jours de la semaine) pour obtenir le volume d'eau total utilisé dans le mois. Etant donné que cette activité s'étend sur 6 mois correspondant à la saison sèche, le volume mensuel a été multiplié par 6, afin d'obtenir le volume total nécessaire pour la pratique des cultures de contre-saison durant un an. En soustrayant ce volume du volume d'eau disponible dans la retenue ont défini le bilan hydrologique de la retenue.

2. Résultats

Les résultats concernent l'impact de l'envasement sur la réduction du volume d'eau de la retenue et celui des prélèvements d'eau excessifs sur son assèchement. Les exigences pour une clarté des résultats passent par l'analyse de la morphologie de la cuvette du barrage et du processus de son remplissage par les flux liquide et solide ; celle de la distribution sédimentaire qui en résulte et la provenance des sédiments. Ces exigences concernent aussi les prélèvements excessifs d'eau liés à l'extension des parcelles, à la nature des sols et au stress

hydrique de plus en plus prononcé lorsque la saison sèche s'installe.

2.1. Envasement et réduction de la capacité de la retenue

Le rôle de la sédimentation dans la baisse de la capacité de stockage de la retenue de Djapiéni sera analysé à travers la morphologie du haut bassin versant et celle de la cuvette de la retenue, la distribution des sédiments et leur volume dans la retenue. La source des sédiments liée à l'érosion à l'échelle du bassin versant complètera cette analyse.

2.1.1. Morphologie du haut bassin versant et de la cuvette du barrage

2.1.1.1. Haut bassin versant

L'amont du bassin versant de la rivière Mpoussa d'une superficie de 2,29 km² a la forme d'un hémicycle qui bute sur une ligne de partage des eaux armée de roches granodioritiques. La pente topographique de 12 à 18% atteint au sommet du versant marqué d'affleurements rocheux une valeur de 35%. La partie sommitale de ce versant de profil concave constitue la ligne de partage des eaux entre le bassin versant du Mpoussa et un autre bassin versant opposé. Par contre, la pente hydrologique est moins prononcée (9 à 10%) au niveau des chenaux embryonnaires marquant le début du système hydrographique de ce bassin versant. Les altitudes dans cette section du bassin versant varient entre 312 m au sommet de la ligne de partage des eaux et 308 m aux abords de la retenue. La dénivelée de l'ordre de 4 m est inférieure à la hauteur de la digue du barrage.

2.1.1.2. Cuvette du barrage

D'une superficie de 4,3 ha, la cuvette du barrage de Djapiéni a l'allure d'un triangle dont la base est la digue (figure 2).

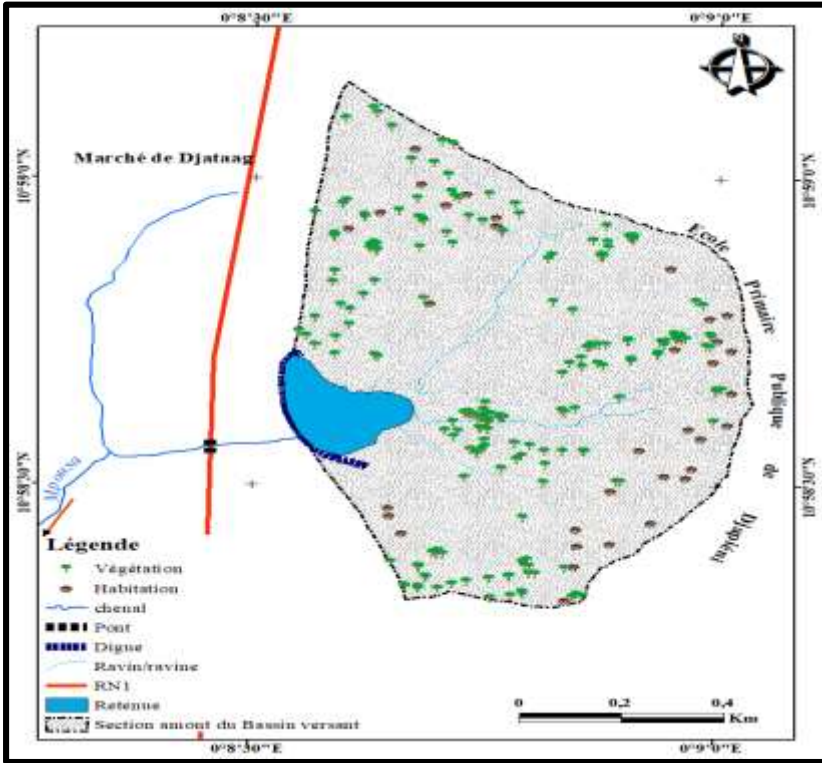


Figure 2 : Carte montrant la retenue et le haut bassin versant de la rivière Mpoussa

Source :

La digue de 275 m de long et d'une hauteur de 8 m en terre renforcée de blocs de cuirasse est marquée d'un canal d'évacuation du trop-plein aménagé sur son flanc gauche. La longueur maximale du barrage de l'amont à la digue est de 220 m et sa largeur de 250 m. La cuvette est bordée de berges dont la valeur de la pente varie entre 6 et 10%. C'est une cuvette dissymétrique dont la rive droite rectiligne a une déclivité d'environ 6% et la rive gauche une inclinaison plus marquée (10%).

Les profondeurs de la retenue à plein bord sont variables et augmentent progressivement de l'amont vers l'aval autour de la digue. De 0,94 m en moyenne en amont, la profondeur passe à 1,81 m au centre de la retenue et 2,2 m au pied de la digue. La profondeur moyenne de l'eau à l'échelle de la retenue est de 1,65 m. Cette variation des profondeurs d'amont en aval est définie par une déclivité axiale de l'ordre 4%. Le long des berges elles sont aussi variables : sur la berge droite, elles sont de 1 à 1,5 m tandis que la berge gauche enregistre des profondeurs de 1,5 à 2 m. Le niveau moyen de l'eau au regard de la topographie se situe à la cote 309 m et le point le plus bas de cuvette est à 305 m.

2.1.2. Distribution et volume sédimentaire dans la cuvette de la retenue

La répartition des sédiments dans la cuvette a été analysée à la faveur de l'assèchement quasi-total de la retenue (photo 1) qui survient souvent au mois de mars.



Photo 1 : Vue partielle de la retenue asséchée

Source : Photo prise par D. Bawa en mars 2022

La distribution des sédiments dans la retenue présente un granoclassement qui place les sables grossiers (65%) et moyens (35%) contenant quelques rares graviers au droit des ravins et des ravines convoyant les eaux chargées de sédiments dans la retenue (photo 2).



Photo 2 : Épandage de sables en bordure de la retenue au droit d'une ravine

Source : Photo prise par D. Bawa en mars 2022

Cet épandage de sédiments hétérométriques en forme d'éventail et subaquatique lors de sa mise en place devient apparent lorsque la retenue vient à s'assécher. Le reste de la cuvette est recouvert en moyenne de sables grossiers à 5%, de sables moyens à 15 %, de sables fins à 42 %, de limons à 13% et d'argiles à 25% (tableau I).

Tableau I : Distribution des sédiments au fond de la cuvette de la retenue

Transect	Sables grossiers%	Sables moyens%	Sables fins%	Limons %	Argiles %	Total
1	5	15	42	13	25	100
2	5,5	15,5	41,5	13	24,5	100
3	4,5	15	42,5	11,5	25,5	100
4	5	15	41	14	25	100
5	5,5	14,5	42,5	13	24,5	100
6	4,5	15	42	13,5	25	100
7	5	15	42,5	12,5	25	100
8	5	15	42	12,5	25,5	100
Moyenne	5	15	42	13	25	100

Source : Résultats de l'analyse granulométrique des sédiments prélevés dans la cuvette

Les sables grossiers et moyens forment des dépôts localisés dans les 20 premiers mètres de la retenue en amont et sont quasiment absents dans les dépôts situés près de la digue qui ne comportent que des sables fins. Le faciès de ces sédiments varie donc en fonction des sites d'accumulation (figure 3).

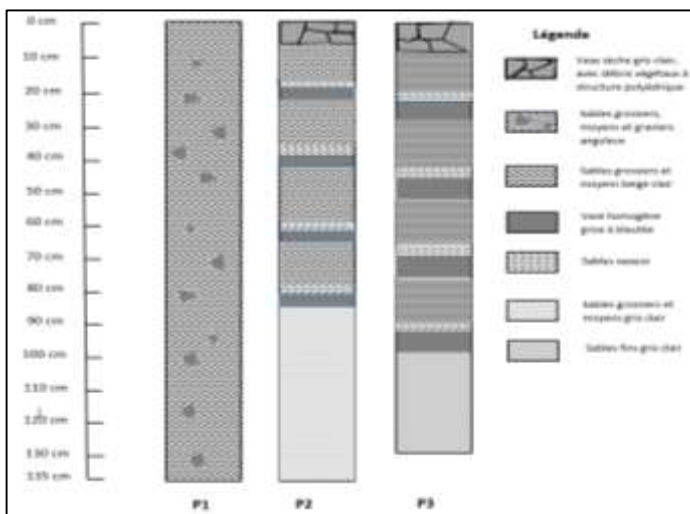


Figure 3 : Profil de sédiments dans la retenue de Djapiéni (P1 : profil des sédiments au droit des ravins, P2 : profil des sédiments en amont de la cuvette, P3 : profil des sédiments au pied de la digue)

Source : Travaux de terrain (mars 2022)

Sur la figure 3, le profil P1 montre les caractéristiques des dépôts hétérométriques au droit des ravins et ravines. Le profil P2, les dépôts en amont de la retenue qui débutent par des sables de couleur gris clair non triés (mélange de sables grossiers et de sables moyens) de 55 cm d'épaisseur, surmontés d'une mince couche de vase homogène grise à bleutée de 4 à 5 cm. Cet ensemble est recouvert d'un dépôt de sables de couleur beige clair d'une épaisseur de 80 cm, présentant trois (3) niveaux d'intercalation de vase homogène grise à bleutée de 5 cm. Toute

cette pile sédimentaire est recouverte d'un mélange de limons et d'argiles formant une vase de 5 à 9 cm d'épaisseur, sèche de couleur gris clair et de structure polyédrique. La base des différents dépôts de sables comporte des niveaux centimétriques de sables vaseux.

Sur le profil P3 présentant les dépôts en aval près de la digue, le schéma organisationnel des sédiments semble différent d'un point de vue granulométrique. En effet, il s'agit de lits de sables fins séparés par des niveaux vaseux de couleur beige clair sur une épaisseur de 100 cm qui prennent une teinte gris clair en profondeur sur les 33 cm restant (épaisseur du profil est de 133 cm). Les niveaux vaseux intercalaires au nombre de trois comme dans le profil précédent sont aussi homogènes, de couleur grise à bleutée, mais de 8 à 9 cm d'épaisseur et surmontés de dépôts centimétriques de sables vaseux.

L'épaisseur des sédiments comme on peut l'observer dans le tableau 2 varie de 133 à 138 cm de l'amont vers l'aval, avec une moyenne de 135 cm. Les épaisseurs les plus importantes se situent dans le prolongement des ravins et ravines.

Tableau II : Epaisseurs des sédiments dans la retenue

Transect	Epaisseur des sédiments en cm									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Moy
1	137	135,5	134,5	134,5	133,5					135
2	136,5	135,5	135,5	135,5	134,5	134	133,5			135
3	136	135,5	135,5	135,5	135	134,5	134,5	134,5	134	135
4	138	137	135,5	135,5	135,5	135,5	135,5	135,5	135,5	
5	138	136,5	136	135,5	135,5	135,5	135,5	135,5	135,5	
6	138	136,5	135,5	135,5	135,5	135,5	135,5	135,5	135,5	
7	136	135,5	135,5	135,5	134,5	134,5	134,5	134,5	134,5	135
8	137	135,5	135,5	134	133					135

Transect	P10	P11	P 12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	Moy
4	135,5	135	134,5	134,5	133,5	133,5	133,5	133,5	133	135
5	135,5	135,5	135	134,5	134	133	133	133	133	135
6	135,5	135,5	135	134,5	134	133,5	133	133	133	135

NB : P = piquet, Moy=moyenne

Source : Travaux de terrain

Au regard de la superficie de la cuvette qui est de 4,3 ha et de l'épaisseur moyenne des sédiments évaluée à 1,35 m, le volume total de sédiments stockés dans ladite cuvette est de 58 050 m³. De sa construction en 1988 en passant par sa réhabilitation en 2015 jusqu'en 2022, il s'est écoulé 34 ans. Le dépôt sédimentaire annuel moyen estimé à 1707 m³ a réduit dans les mêmes proportions le volume d'eau de la retenue.

2.1.3. Volume d'eau actuel de la retenue et source sédimentaire

Construit pour stocker un volume d'eau de 129 000 m³, la retenue d'eau de Djapiéni ne contient plus que 70 950 m³. Elle a perdu en 34 ans, un volume d'eau équivalent à 58 050 m³ qui correspond au volume de sédiments qui s'y sont déposés.

Les sédiments qui atterrissent dans la retenue d'eau proviennent du processus d'érosion en amont du bassin versant. Le processus d'érosion à l'origine de la sédimentation dans la retenue est analysé à travers les différents facteurs mis en jeu. Il s'agit de la nature des sols définie par celle des roches dont ils sont issus, des précipitations pluvieuses et des activités anthropiques.

Les sols en amont du bassin versant de Mpoussa sont des sols ferrugineux tropicaux cuirassés par endroits. Lorsqu'ils ne sont pas cuirassés, comme c'est le cas dans le haut bassin versant de Mpoussa, ils ont une texture sablo-argileuse (tableau III) et une structure particulière sur roches granitiques, granodioritiques ou quartzitiques.

Tableau III : Texture des échantillons de sols du haut bassin versant de Mpoussa

Echantillon	Sable grossier (%)	Sable moyen (%)	Sable fin (%)	Limons (%)	Argiles (%)	Total (%)
1	10	25	35	8	22	100
2	9,5	26	35,5	10	19	100
3	11	24,5	34,5	7	23	
4	10,5	24,5	36	10	19	100
5	9,5	25,5	35,5	10	19,5	100
6	10,5	24,5	36	10,5	18,5	100
7	11,5	24,5	35,5	10,5	18	100
8	9,5	25	35	10,5	20	100
9	10,5	25	35,5	10	19	100
10	10	25,5	35	10	19,5	100
Moyenne	10,25	25	35,35	9,65	19,75	100

Source : Résultats de l'analyse granulométrique au laboratoire

Il faut préciser que l'altération des granites et des granodiorites engendre des altérites contenant une forte proportion de sables qui prend le nom d'arène granitique et que celle des quartzites engendre plus de sables que d'argiles. La granulométrie des échantillons de sols dans le haut bassin versant est caractérisée par une prédominance de sables qui représentent 70,6% des particules de sols, suivis des argiles à 19,75% et des limons à moins de 10% (9,65%). La texture sablo-argileuse des sols qui en résulte est favorable au détachement des particules de sols en cas de pluie, car leur cohésion est mal assurée, du fait du faible taux d'argiles qui sont des colloïdes minéraux. Ce faible taux des argiles vulnérabilise les sols face à l'érosion.

Les pluies représentent le facteur déclenchant l'érosion hydrique dans la zone d'étude. Elles se manifestent pleinement de mai à octobre après une saison sèche de 6 mois (novembre à avril)

(figure 5). Ce régime pluviométrique de type soudanien engendre un volume d'eau variant de 700 à 1000 mm/an.

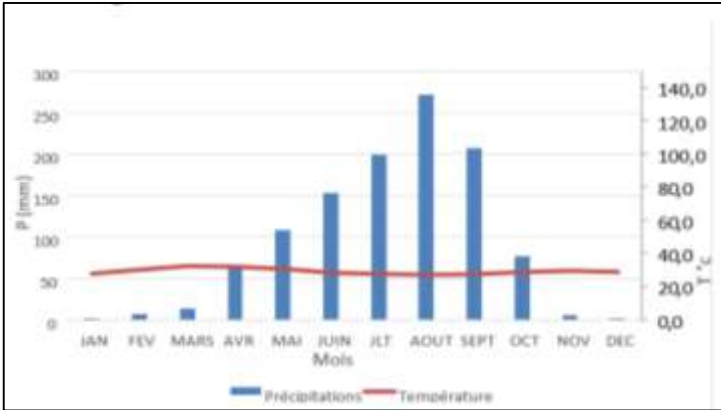


Figure 5 : Courbe ombrothermique de la zone de recherche

Source : Réalisée à partir des données de pluviométrie et de température de la station synoptique de Dapaong

Les mois pluvieux caractérisés par un excédent d'humidité sont : mai, juin, juillet, août, septembre et octobre. L'intensité des pluies est variable dans le temps : les pluies qui tombent en mai et juin sont caractérisées par de fortes intensités estimées entre 16 et 17 mm en 15 minutes, bien qu'elles ne soient pas particulièrement abondantes (85 à 110 mm par mois). L'intensité des pluies devient moyenne à faible entre juillet et septembre (12 à 13 mm en 15 minutes), mais elles tombent souvent sans discontinuer surtout en août. L'intensité des pluies remonte entre 15 et 16 mm en 15 minutes en octobre avec les dernières pluies qui s'accompagnent souvent de vents violents. Les pluies de fortes intensités en début et en fin de saison pluvieuse sont les plus agressives en termes d'érosion des sols, car elles tombent respectivement sur des sols nus suite à la pratique du brûlis et sur des sols peu protégés par les cultures et ameublés par le labour.

La végétation dans la zone de recherche est annuellement ravagée par les feux de brousse volontairement allumés soit par les paysans pour préparer les parcelles de culture soit par les éleveurs qui ont besoin de la repousse d'herbes fraîches pour leur bétail. Ces feux sont particulièrement pernicious lorsqu'ils sont pratiqués tardivement. Dans ce cas, l'herbe trop sèche est systématiquement brûlée jusqu'aux racines qui sont censées fixer le sol. Cette pratique participe à l'érosion des sols en début de saison pluvieuse caractérisé par des pluies de fortes intensités. L'effet protecteur de la végétation n'est effectif qu'en milieu de saison pluvieuse, marqué cependant par le nettoyage des champs enherbés à travers le sarclage. Le sarclage qui permet de débarrasser les champs des mauvaises herbes ameublisse le sol qui devient, de ce fait vulnérable à l'érosion.

L'indice d'agressivité climatique de Fournier (1967) dans la zone d'étude est en moyenne de 67,5. Cette moyenne ne doit pas éluder les variations interannuelles relevées. Les années à déficit hydrique sont marquées par des indices très faibles (24 et 25) nettement inférieur à la norme fixée par l'auteur qui est de 40. Les années excédentaires enregistrent des indices d'agressivité de 56,5 à 67,5. Les pertes en terre calculées à partir de l'indice d'agressivité de Fournier s'élèvent en moyenne à 525,5 t/km²/an. A l'échelle du haut bassin versant dont la surface totale est de 2,29 km², la quantité de terre perdue par érosion est en moyenne de 1 203 t/an. En termes de volume (la densité des sédiments est d'environ 1,7), c'est environ 2 045 m³ de sédiments qui sont mis en mouvement par an en direction de la retenue. Il faut préciser que ce volume sédimentaire ne correspond pas à celui qui a atterri annuellement dans la retenue depuis sa construction et qui est estimé à 1707 m³. Environ 17% de ces sédiments sont en transit au pied des versants en pente dans l'ensemble faible (7 à 8%) et dans de nombreuses incisions dans l'attente d'une autre phase de transport à la prochaine saison de pluies. Il apparaît donc que durant toute la saison des pluies, l'érosion des sols est active et fournit aux eaux de

ruissellement des sédiments qui sont déposés dans la retenue de Djapiéni.

2.2. Prélèvements excessifs d'eau et assèchement de la retenue

L'eau de la retenue est utilisée par les maraîchers et les éleveurs du gros bétail. N'ayant pas pu évaluer le volume d'eau consommé par le bétail, nous allons nous focaliser uniquement sur celui utilisé par les maraîchers qui ont dans le temps agrandi les parcelles destinées à leur activité.

2.2.1. Extension des parcelles de maraîchage et besoins en eau

La superficie totale des parcelles consacrées au maraîchage à la mise en service du barrage en 1988 est estimée à 6 ha en 1995, soit 7 ans après la construction de ce barrage. Cette surface est passée à 18 ha en 2016, soit un an après l'agrandissement de la retenue d'eau. Elle est de 25 ha en 2022 et s'étend depuis 1995 au-delà du haut bassin versant et en aval de la digue.

Les cultures maraîchères pratiquées dans la zone sont : les tomates (*Lycopersicon esculentum*), carottes (*Daucus carota*), oignons (*Allium cepa*), (planche des photos 1), poivrons (*Apcicum annuum*), laitues (*Lactuca sativa*) etc.



Planche 1 : A : culture de tomates ; B : culture de carottes ; C : culture d'oignons

Pour l'arrosage journalier sur 1 ha consacré aux légumes feuilles, fruits et à bulbes, les maraîchers utilisent environ 15 m³ et l'arrosage se fait deux fois par jour (matin et soir). Ce volume d'eau journalier par ha est resté identique dans le temps, mais la surface emblavée autour de la retenue n'a cessé de croître. Ainsi, de 6 ha entre 1988 et 2015, elle est passée à 18 ha de 2016 à 2017 et à 25 ha de 2018 à 2022. Les volumes d'eau journalier, mensuel et annuel utilisés pour produire ont suivi cette évolution des surfaces comme on peut le voir sur le tableau IV.

Tableau IV : Evolution des surfaces de culture et du volume d'eau utilisé dans le temps

Evolution des surfaces dans le temps		Volume d'eau/jour (m ³)	Volume d'eau/mois (m ³)	Volume d'eau/an (m ³)
Année	Surface totale			
1988-2015	6 ha	90	2 700	16 200
2016-2017	18 ha	270	8 100	48 600
2018-2022	25 ha	375	11 250	67 500

Source : Travaux de terrain

Le tableau IV présente l'évolution des surfaces consacrées au maraîchage et celle du volume d'eau utilisé par jour, par mois et par an par les maraîchers pour arroser les plantes. Pour 6 ha qui représentaient la surface totale emblavée de 1988 à 2015, les volumes d'eau journalier, mensuel et annuel sont estimés respectivement à 90 m³, 2700 m³ et 16 200 m³, à raison de 15 m³ par ha. Ces volumes sont passés à 270 m³, 8100 m³ et 48 600 m³ de 2016 à 2017 pour une surface totale de 18 ha ; de 2018 à 2022 avec une surface totale 25 ha, les volumes d'eau ont atteint 375 m³, 11 250 m³ et 67 500 m³.

De 1988 à 2015, année de l'agrandissement de la retenue, les prélèvements d'eau estimés à 16 200 m³/an ne représentaient que 46,28% du volume d'eau de la retenue qui était de 35 000 m³. Entre 2016 et 2017, avec un volume prélevé équivalent à 48 600 m³ et un volume d'eau total de la retenue estimé à 70 950 m³ suite à l'envasement, les prélèvements représentaient 68,49% de la capacité de la retenue. De 2018 à 2022, les prélèvements qui s'élèvent à 67 500 m³ par an représentent 95,13% de la capacité totale de la retenue. Ainsi, à partir de 2018, le volume d'eau restant après les prélèvements ne représentait plus que 4,86% de la capacité de la retenue, soit un volume d'eau de 3 448,17 m³.

2.2.2. Stress hydrique et rythme des prélèvements d'eau

Le volume d'eau utilisé pour l'arrosage dépend de la nature des sols et du degré d'ensoleillement durant la journée. Il faut rappeler que les sols du périmètre de maraîchage sont de texture sablo-argileuse. C'est donc des sols perméables du fait de leur structure particulière qui s'explique par la prépondérance des sables et le faible taux d'argiles censées réduire les pertes en eau par infiltration. Ces sols très drainants connaissent un stress hydrique lorsque l'insolation est maximale comme c'est généralement le cas en saison sèche où les températures atteignent parfois 40°C à l'ombre. Dans ces conditions caniculaires auxquelles il faut ajouter l'effet asséchant de l'harmattan qui sévit dans la zone durant la saison sèche, l'arrosage des plantes exige beaucoup d'eau parce que d'une part cette eau s'infiltre rapidement du fait de la texture du sol et d'autre part parce que l'eau s'évapore aussi rapidement à cause des températures élevées et l'effet de l'harmattan. C'est ce qui explique les grandes quantités d'eau prélevées pour les arrosages journaliers qui se font le matin et le soir. Il faut noter que les prélèvements d'eau de la retenue se font à l'aide de motopompes par les maraîchers ayant plus de 2 ha et d'arrosoirs pour ceux disposant de parcelles de moins de 2 ha.

3. Discussion

La discussion va porter sur les résultats de recherche relatifs à l'impact de la sédimentation sur la retenue à travers l'analyse de la distribution des sédiments, le volume sédimentaire et la provenance des sédiments. Elle va concerner aussi l'impact des prélèvements excessifs d'eau sur la dynamique hydrique de la retenue.

La distribution des sédiments dans la retenue de Djapiéni observée et analysée est organisée suivant la dynamique hydrologique qui anime le plan d'eau stagnant de la retenue. Les dépôts sédimentaires en bordure de la retenue et au droit des ravins et ravines constitués de sables grossiers (65%) et moyens (35%) en forme d'éventail sont dus à la diminution de la valeur de pente hydrologique. En effet, de 12% en amont, cette pente qui induit l'écoulement de l'eau dans les incisions passe à 5% à l'entrée de la retenue. Ces sédiments grossiers (graviers, sables grossiers et sables moyens) se sont déposés en vrac suite à la baisse de la compétence de l'eau ruisselante eu égard à la faiblesse de la pente. L'organisation des sédiments dans l'ensemble de la cuvette qui place les sables grossiers et moyens surmontés de minces couches de vase en amont de la retenue et les sables fins interstratifiés avec d'épais niveaux vaseux en aval relève d'un tri granulométrique opéré par la dynamique hydrologique en lien avec la valeur de la pente. Ce granoclassement caractérisant les dépôts sédimentaires dans la retenue est signalé par A. Ben Mamou (1998), T. Mansouri (2001) et D. Bawa (2012 et 2021).

Le volume sédimentaire de la retenue estimé à 58 050 m³ est le facteur principal de la réduction du volume d'eau de la retenue. Dans le barrage de Tamasgho Burkina-Faso, O. I. Sanon (1998) a estimé l'envasement à 83 898,8 m³ en moyenne par an. D. Bawa (2012) l'a évalué dans le barrage de la Kozah au nord du Togo à 23 750 m³. Cette sédimentation est à l'origine de la

diminution de la capacité de la retenue à hauteur du même volume qu'il représente, soit 45% de cette capacité. Le volume d'eau restant est estimé 70 950 m³, soit 55% de la capacité de la retenue. En 34 ans, le barrage de Djapiéni a perdu pratiquement la moitié de sa capacité. Cette réduction drastique du volume d'eau de retenue de barrages est relevée aussi par O. I. Sanon (1998) qui l'a estimée dans le barrage de Tamasgho Burkina-Faso à 3 640 800 m³ soit une perte de 38,8% de la capacité initiale. Dans le barrage de Kozah, D. Bawa (2012) l'a évalué à 94 270 m³/an, soit 33,25% de la capacité de rétention dudit barrage.

L'envasement du barrage de Djapiéni est dû à un processus d'érosion estimée à 525,5/t/km²/an. Cette valeur des pertes en terre a été évaluée par L. D. Kolani (2022) à 523,12t/km²/an dans le bassin versant de la Gambarara, situé aussi dans la plaine du Gourma. A. Badraoui et A. Hajji (2009) l'ont évalué entre 500 et 2000 t/km²/an dans les bassins versants du Maroc. Cette dégradation mécanique des sols s'explique par leur structure instable particulière liée à leur texture sablo-argileuse qui devient franchement sableuse dans les secteurs intensément mis en valeur. La vulnérabilité des sols sablo-argileux à l'érosion a été relevée par P. Duchaufour et *al.* (1970), CTFT (1979), O. I. Sanon (1998), D. Bawa (2012) D. Bawa et *al.* (2019) et D. Bawa (2020). L'érosion des sols dans la zone est animée par des pluies de volume et d'intensité variables durant la saison pluvieuse. Peu abondantes mais d'intensité forte en début de saison, elles engendrent une forte érosion sur des sols nus du fait du brûlis pratiqué pour diverses raisons. Par contre, bien que d'intensité moyenne à faible au maximum de la saison, elles érodent aussi les sols du fait de leur abondance et de leur fréquence qui plus est dans un contexte de sarclage qui ameublissent les sols. Ces pratiques aggravant l'érosion sont signalées par CTFT (1979), O. I. Sanon (1998) et D. Bawa (2012).

Outre l'envasement qui réduit le volume d'eau de la retenue, les prélèvements excessifs d'eau à des fins de maraîchage constituent aussi un facteur déterminant dans le processus d'assèchement du barrage de Djapiéni. Le volume d'eau initial du barrage estimé à 129 000m³ après sa réhabilitation en 2015 est actuellement de 70 950 m³. Ce volume restant fait l'objet d'un prélèvement journalier estimé à 270 m³ entre 2016 et 2017 pour l'arrosage de 18 ha soit un prélèvement annuel de 48 600 m³. Avec ce volume d'eau prélevé annuellement durant cette période, le barrage contenait, en début de saison de pluies un volume d'eau de 22 350 m³ si on fait abstraction des pertes par infiltration et évaporation. De 2018 à 2022, les prélèvements journaliers sont passés à 375 m³ pour 25 ha soit un volume total de 67 500 m³. Le volume restant du barrage n'est plus que de 3 450 m³. C'est ce qui explique l'assèchement de la retenue qui survient vers le mois de mars, car le faible volume restant est perdu par infiltration et par évaporation et aussi par breuvage de la part du bétail. Le problème de la gestion en eau des barrages, lié à l'envasement a été signalé par A. Badraoui et A. Hajji (2009), O. I. Sanon (1998) et D. Bawa (2012).

Conclusion

L'assèchement de la retenue de Djapiéni résulte de la conjonction de deux processus. L'envasement de la cuvette de la retenue lié à l'érosion des sols à l'échelle du haut bassin versant et les prélèvements excessifs d'eau de la retenue à des fins de maraîchage. Les atterrissements ont réduit le volume d'eau initial de la retenue et les prélèvements excessifs d'eau assèchent la retenue au plus fort de la chaleur. La structure particulière et la texture sablo-argileuse des sols constituent le facteur favorisant la dégradation mécanique de ces sols. L'érosion et la sédimentation qui s'opèrent en saison pluvieuse sont contrôlées par des pluies de forte intensité au début de la saison et de moyenne à faible intensité au maximum de cette

saison. La vulnérabilité des sols liée à leurs caractéristiques pédologiques est accrue par le labour qui les ameublissent davantage. La destruction par brûlis intentionnel en saison sèche de la bande végétale ceinturant la retenue en saison pluvieuse favorise l'arrivée des sédiments dans ladite retenue par le truchement de nombreuses rigoles et par le ruissellement en nappe en début de saison.

L'envasement suivi de l'assèchement de la retenue de Djapiéni pose la problématique de l'utilisation rationnelle des ressources naturelles du bassin versant. Les sols ameublissés par le travail superficiel des maraîchers sans mesures conservatoires sont la source des sédiments qui arrivent dans la retenue et les ponctions mal maîtrisées de l'eau de la retenue entraînent son assèchement. Les bonnes pratiques susceptibles de permettre une production durable doivent porter sur la conservation des sols et la gestion de l'eau. Pour redonner à la retenue sa capacité initiale, un dragage des sédiments dans la cuvette est indispensable. La mise en défens de la bande végétale de 50 m de large autour de la retenue doit être préconisée, afin que les herbacées même sèches puissent fixer les sédiments grossiers charriés par les eaux de ruissellement en début de saison pluvieuse. L'adoption du système d'arrosage goutte-à-goutte est indispensable pour réduire le volume d'eau journalier destiné à l'arrosage des parcelles de maraîchage.

Références bibliographiques

Bawa D. (2012). La dynamique hydrosédimentaire du barrage de la Kozah : un processus vers son colmatage. *Revue de Géographie de LARDYMES*, Université de Lomé, N° 9, 6^è année, pp. 212-226.

Bawa D. (2019). Erosion hydrique dans le quartier d'Adidogomé-Awatamé à Lomé : quelles mesures d'aménagement pour une gestion durable ? *Revue Ivoirienne de Géographie des*

Savanes (RIGES), Université Alassane OUATTARA de Bouaké, N° 6, pp. 24-46.

Bawa D. (2021). Analyse de l'érosion hydrique sous l'angle morphopédologique à Sogbossito dans la périphérie nord-ouest d'Agoè-Nyivé au sud du Togo. *Journal, Revue de la Direction de la Recherche et de l'innovation* de l'Université de Lomé, n° 3, vol. 23, pp.

Badraoui A., Hajji A. (2009). Envasement des retenues de barrages. *La Houille Blanche*, 87 :6-7, pp. 72-75, DOI : 10.1051/lhb/2001073.

Collart J., Ouassane I., Sylvain J-P. (1985). *Notice explicative de la carte géologique à 1/200 000, feuille de Dapaong*. 1^{ère} édition, mémoire N° 2, 42 p.

CTFT. (1979). *Conservation des sols au sud du Sahara*. 2^e édit, Vesoul, France, Ministère de la Coopération, D.L., N° 2418-II-80, 295 p.

Duchaufour P., Bonneau M., Jacquin F., Souchier B. (1970). *Précis de pédologie*. 3^e édit, Paris, Masson et Cie, 481 p.

Hermassi T., Habaieb H., Boufaroua M., Lamachere J. M. (2013). Impact des aménagements hydro-forestiers sur l'envasement des lacs collinaires en zone semi-aride tunisienne. *La Houille Blanche*, n°6, pp. 58-67. DOI : <https://doi.org/10.1051/lhb/2013052>

Kankpénandja L., Gnongbo T. Y. (2012). Erosion, risque d'alluvionnement et colmatage des retenues d'eau dans le bassin versant de la Sansargou, Nord-Togo et Sud-Est du Burkina Faso. *Revue de Géographie du Laboratoire Leïdi*, N° 10, pp. 312-326.

Kolani L.-D. (2022). *Changements climatiques et risques hydro-géomorphologiques dans le bassin versant de l'Oti au Togo*. Thèse de Doctorat de Géographie physique (Géomorphologie), Université de Lomé, 227 p.

Kpankpenandja L., Tchararé B. M., Badaméli K. (2014). Flux de matières solides en suspension en zone de climat sud-soudanien au nord du Togo et du Bénin : l'exemple des rivières Kara et Kéran. *Actes du colloque international de Ouagadougou* (8-10 mars 2012), Sciencesconf.org, pp.125-141.

Sanon O. I. (1998). *Contribution à l'étude de l'envasement des retenues d'eau en milieu tropical : exemple du barrage de Tamasgho dans la province du Sanmatenga (Burkina Faso)*. Mémoire de maîtrise de géographie, Université de Ouagadougou, 139 p.

Webographie

Ben Mamou A. (1998). *Barrages Nabeur, Sidi Salem, Sidi Saad et Sidi Boubaker. Quantification, étude sédimentologique et géotechnique des sédiments piégés. Apports des images satellitaires*. Thèse de Doctorat en Géologie, Tunis II. [Consulté le 22/04/2023]. <https://core.ac.uk/download/pdf/12095811.pdf>

Kara B., Nemdili A. (2014). Les mesures préventives de lutte contre l'envasement des barrages. *Colloque international sur la lutte contre l'envasement des barrages*, pp. 1-10. [Consulté le 13/04/2023].

https://www.researchgate.net/publication/331072506_Mesures_Pr_eventives_Contre_l'Envasement_des_Barrages_en_Algerie

Mansouri T. (2001). *Modélisation spatialisée des écoulements et du transport solide des bassins versants des lacs collinaires de la Dorsale tunisienne et du Cap Bon*. Thèse de doctorat en Géologie, Tunis El Manar 286 p. [Consulté le 12/04/2023]. https://www.researchgate.net/publication/40438336_Matiere_organique_dans_les_sediments_des_barrages_collinaires_en_zone_mediterraneenne_semi-aride_de_Tunisie

Piquemal D. (1991). Inventaire et bilan des retenues d'eau au Burkina Faso. *Cahier d'outre-mer*, N° 175, 44^e année, pp. 259-280. [Consulté le 25/04/2023]. https://www.persee.fr/doc/caoum_0373-5834_1991_num_44_175_3399

Remini B. (2000). L'envasement des barrages : quelques exemples algériens. *Bulletin du RESEAU EROSION*, N° 20, pp. 165-171. [Consulté le 30/04/2023]. <https://beep.ird.fr/collect/bre/index/assoc/20-165-1.dir/20-165-171.pdf>