

RUPTURE DE LA DIGUE DE LA RETENUE DE HIDE AU NORD DU TOGO : QUELS ENSEIGNEMENTS EN TIRER ?

BAWA Dangnisso

Université de Lomé

kodjoameya.34@gmail.com

Résumé

La retenue d'eau du village de Hidé, dans le canton de Sara-Kawa, au nord du Togo, construite en 2017 par le Projet Zone d'Aménagement Agricole Planifiée (ZAAP) est une petite retenue collinaire destinée à la pratique des cultures de contre-saison. Cette retenue de 0,025 ha et d'une capacité de 1125 m³ est logée dans un bas-fond drainé par une ravine. A la suite d'une pluie diluvienne, la digue de cette retenue a cédé en 2020, provoquant une vidange de l'eau au 2/3 de sa capacité et la destruction de près de 2 ha de champ de maïs situés en aval. Quels sont les causes de la rupture de la digue de cette retenue ? Cette recherche vise à d'identifier les facteurs à l'origine de la rupture de la digue de la retenue et à expliquer le mécanisme de cette rupture sur la base des processus géomorphologiques. Pour ce faire, la collecte des données documentaires, les travaux de terrain et le traitement des données recueillies ont été nécessaires. Il en ressort que la rupture de la digue est due à un défaut de conception par l'utilisation des matériaux de différentes textures (sablo-limoneux au niveau de la fondation et argilo-sableux en surface). De même, l'absence d'un canal d'évacuation du trop-plein est un autre facteur expliquant ce phénomène, parce que l'eau en passant par-dessus la digue a engendré une brèche qui s'est agrandie par effet de chasse d'eau ayant accéléré la vitesse de l'eau et par conséquent l'érosion de la digue.

Mots clés : *Retenue d'eau, matériaux, digue, érosion, village de Hidé.*

Abstract

The water reservoir in the village of Hidé, in the Sara-Kawa district in northern Togo, constructed in 2017 by the Planned Agricultural Development Zone (ZAAP) Project, is a small hillside reservoir intended for off-season crop cultivation. This 0.025-hectare reservoir with a capacity of 1125 m³ is

located in a lowland drained by a ravine. Following heavy rainfall, the dam of this reservoir collapsed in 2020, causing the water to be released to two-thirds of its capacity and the destruction of nearly 2 hectares of downstream cornfields. What are the causes of the rupture of the dam of this reservoir ? This research aims to identify the factors behind the dam's breach and explain the mechanism of this breach based on geomorphological processes. To achieve this, the collection of documentary data, fieldwork and processing of collected data were necessary. It appears that the dam's breach was due to a design flaw, using materials with different textures (sandy-loam at the foundation and clay-sandy on the surface). Similarly, the absence of an overflow channel is another factor explaining this phenomenon because the water passing over the dam created a breach that enlarged due to the flushing effect, accelerating the water's speed and, consequently, the dam's erosion.

Keywords : *Water reservoir, materials, dam, erosion, Hidé village.*

Introduction

Le problème tant redouté par les promoteurs des retenues de barrages est leur éventuelle rupture liée à la fragilisation de la structure de la digue. L'effectivité de la rupture d'une digue de barrage n'est pas sans conséquences sur les plans humain, socioéconomique et environnemental en aval. A. Gioda et al., (2002) ont signalé les pertes de vies humaines, les dégâts matériels et environnementaux liés à la rupture des barrages en Bolivie. En Afrique, plus précisément au Kenya, M. Douet (2018) a relevé les mêmes conséquences dues à la rupture du barrage de Solai après des pluies diluviennes. Les ruptures de barrages sont signalées partout dans le monde, avec leurs lots de pertes de vies humaines et de dégâts matériels. La rupture des barrages constitue donc une véritable préoccupation en raison des dommages qu'elle cause et de ce fait les recherches visant à comprendre ce phénomène sont indispensables, afin de les prévenir. Il faut noter que l'ampleur des dégâts est fonction de la taille des barrages comme nous avons pu le constater dans le cas de la rupture de la digue de la retenue de Hidé au nord du Togo.

La rupture de la digue de cette retenue construite en 2017 est survenue lors d'une pluie diluvienne en 2020. La digue en cédant sous la pression de l'eau a provoqué la vidange de 2/3 de la capacité de la retenue et détruit près de 2 ha de champ de maïs situés en aval. Quels sont les facteurs à l'origine de la rupture de la digue de la retenue d'eau de Hidé ? L'hypothèse principale est que cette retenue n'est pas construite suivant les normes requises. De façon spécifique, la conception de la digue n'a pas respecté les normes en la matière, les matériaux ayant servis à réaliser la structure de la digue ne sont pas homogènes et la retenue n'est pas dotée d'un canal d'évacuation du trop-plein.

La méthode adoptée dans le cadre de la présente recherche est empruntée en partie à la géotechnique appuyée par la démarche propre à la géomorphologie. Les données géotechniques sont relatives aux limites d'Atterberg qui fournissent des informations sur les propriétés mécaniques (plasticité et liquidité) des matériaux de la digue. Les données géomorphologiques telles que la nature du sol d'appui, la pente, la granulométrie des matériaux sont indispensables à la compréhension du mécanisme de formation des brèches dans la digue. Les investigations pour comprendre les raisons de la rupture de la digue nécessitent l'acquisition des données susmentionnées. La collecte des données a nécessité l'utilisation d'une tarière hélicoïdale et d'une houe pour prélever les échantillons de matériaux respectivement dans la structure de la digue et sur les parois de la brèche principale, un double décimètre pour la mesure des dimensions de la retenue, un clinomètre de marque Silver pour déterminer les pentes et un appareil photographique pour la prise de vues.

Les résultats auxquels nous sommes parvenus indiquent que la rupture de la digue est due à un défaut de conception. Elle est construite avec des matériaux présentant une granulométrie hétérogène et caractérisés par des indices de plasticité (IP) compris entre 4 et 6,4 qui sont nettement inférieurs à la valeur

seuil (≤ 20) caractérisant les matériaux susceptibles à l'affaissement et à l'effondrement. Par ailleurs, l'absence d'un canal d'évacuation du trop-plein est le facteur déterminant dans le processus de la rupture de la digue.

La structuration de cette production se présente comme suit : d'abord la morphologie de la retenue sera analysée à travers la technique mise en œuvre pour sa construire, ensuite l'analyse des matériaux de la digue sera abordée à travers l'interprétation des résultats de la granulométrie et des limites d'Atterberg et enfin l'impact de l'absence du canal d'évacuation du trop-plein de la retenue sera évoqué.

1. Cadre géographique de la recherche

La retenue du village de Hidé se trouve dans le canton de Sara-Kawa situé dans la préfecture de Doufelgou entre le $1^{\circ} 01'03.10''$ et $1^{\circ}01'26.96''$ longitude E et le $9^{\circ}37'43.49''$ et $9^{\circ}37'59.43''$ latitude N (figure 1). Construite par les responsables du Projet Zone d'Aménagement Agricole Planifiée (ZAAP) en 2017, cette retenue dont la digue est en terre est destinée à la pratique du maraîchage en saison sèche. C'est une petite retenue de 0,025 ha d'une capacité de 1125 m^3 aménagée par agrandissement d'un bas-fond drainé par une ravine.

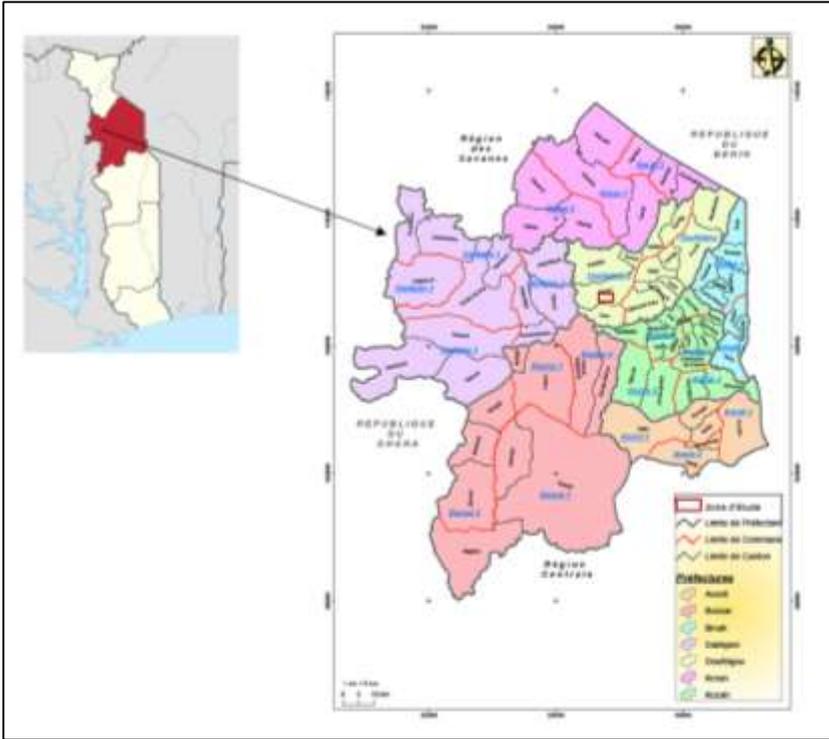


Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude

Source : Fond de carte du Togo et carte administrative de la Région de la Kara (2018)

Le cadre physique de la zone de recherche est caractérisé par un contraste morphologique, climatique et une diversité de la végétation sur des sols aussi variés. Le village de Hidé est situé dans la partie terminale ouest de la pénéplaine bénino-togolaise au contact entre les structures de l'Atacora formant des plateaux subaplanis de 500 à 600 m d'altitude et le socle granito-gneissique de 300 à 350 m. Cette portion de la pénéplaine marque le début de la passe de Pessidè ouverte par le cours d'eau Kara qui franchi les structures de l'Atacora par surimposition (D. Bawa, 2012).

Le climat est de type soudano-guinéen, avec des hauteurs de pluies qui se situent entre 1200 mm et 1400 mm par an. Deux saisons caractérisent cette zone : une saison pluvieuse de 6 mois qui court de mai à octobre durant laquelle le régime de la mousson de l’Afrique de l’ouest est prédominant et une saison sèche de novembre à avril sous l’influence de l’harmattan, alizé du nord-est sec et poussiéreux.

Le couvert végétal est une mosaïque de savanes et de forêts sèches. Mais, il faut noter que le faciès de la végétation est influencé par le relief. Sur les plateaux de l’Atacora, le couvert végétal est essentiellement forestier avec des essences telles que : *Anogeissus leiocarpus*, *Monotes kertingii*, *Uapaca togoensis*, *Isoberlinia doka* et *Isoberlinia tomentosa* (MERF, 2003). Dans la pénéplaine, dominent les savanes à Combretaceae et Andropogonae ; elles sont parcourues par de vastes étendues de forêts sèches à *Anogeissus leiocarpus*.

La nature des sols est aussi influencée par le relief. Sur les plateaux, il s’agit de sols peu évolués d’érosion très rocailleux, en revanche dans la pénéplaine les sols sont de type ferrugineux concrétionnés voire cuirassés (P. Faure, 1985). Les sols dans la pénéplaine sont relativement épais, mais leur mise en valeur intensive les a exposés à une forte érosion qui explique par endroits leur faible épaisseur. L’activité principale qui occupe plus de 85% de la population est l’agriculture et accessoirement l’élevage.

L’irrégularité des pluies dans cette zone essentiellement agricole, dans le contexte actuel des changements climatiques est la raison qui a sous-tendu l’aménagement de la retenue de Hidé, dont le but est de stocker l’eau pour permettre la pratique du maraîchage en saison sèche. Ces cultures de contre-saison permettent de combler le manque à gagner lié aux mauvaises récoltes suite aux caprices du climat. La présente recherche vise à identifier les facteurs à l’origine de la rupture de la digue de la

retenue de Hidé et à expliquer le mécanisme de cette rupture sur la base des processus géomorphologiques.

2. Approche méthodologique

La méthodologie utilisée est basée sur la collecte des données documentaires, les travaux de terrain et le traitement des données recueillies. Les travaux de terrain et le traitement des données ont été effectués à partir de matériels spécifiques.

2.1. Données documentaires

Les documents utilisés sont des thèses, des articles et rapports qui ont été consultés dans les bibliothèques de l'Université de Lomé et sur l'internet à partir du moteur de recherche Google. Ces documents portent sur le cadre physique de la zone d'étude, les barrages plus précisément sur la rupture des barrages et les conséquences qui en découlent.

2.2. Travaux de terrain

Ils ont consisté à analyser *in situ* les matériaux utilisés pour réaliser la digue de la retenue, à mesurer les dimensions de la retenue et les pentes, à décrire la technique mise en œuvre pour la réalisation de la retenue, à échantillonner les matériaux de la digue pour des analyses au laboratoire et à s'entretenir avec les représentants des promoteurs et réalisateurs de la retenue. Les outils utilisés dans le cadre de ces activités sont : une tarière hélicoïdale, une houe, un double décimètre, un clinomètre et un appareil photographique.

Les dimensions de la retenue (longueur, largeur et profondeur) ont été déterminées à l'aide du double décimètre et les pentes avec un clinomètre de marque Silver. La technique de construction de la retenue a été identifiée à partir du talus de déblaiement de 1,5 m sur lequel repose les matériaux de remblaiement formant la digue. Cette technique a été confirmée par les promoteurs.

Les échantillons de matériaux de la digue au nombre 25 ont été prélevés à pas de 2 m sur une longueur totale de 50 m. Les échantillons ont été ensachés et étiquetés pour des analyses au laboratoire.

L'entretien avec deux représentants des promoteurs et réalisateurs de la retenue et le Chef du village a permis de recueillir des informations sur l'utilité de la retenue, la technique utilisée pour construire cette retenue et les causes qui sont selon leur entendement à l'origine de la rupture de la digue.

2.3. Traitement des données

Il a concerné les échantillons des matériaux de la digue qui ont été analysés au Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics (LNBTP). Il s'agit d'analyses géotechniques indispensables pour comprendre les mécanismes de rupture de la digue. Les essais géotechniques ont permis de déterminer la granulométrie et les limites d'Atterberg. La granulométrie permet de déterminer les pourcentages des différentes tailles de particules constituant les échantillons et les limites d'Atterberg renseignent sur leurs propriétés mécaniques (plasticité et liquidité).

2.3.1. Analyse granulométrique

Elle a consisté à séparer d'abord les particules des échantillons à l'eau, à sécher ensuite la fraction sableuse dans une étuve à 150° pendant 24 heures et enfin à la faire passer à travers une série de tamis AFNOR (Association Française de Normalisation) (80 mm, 50 mm, 32 mm, 20 mm, 10 mm, 5 mm, 2 mm, 1 mm, 0,4 mm, 0,1 mm et 0,08 mm) placés sur un agitateur (tamiseur). Le refus de chaque tamis recueilli et pesé a permis de déterminer le pourcentage des particules qui composent les différents échantillons. La fraction inférieure à 0,08 mm a été analysée à partir d'un granulomètre, afin de séparer les limons des argiles.

2.3.2. *Limites d'Atterberg*

Les limites d'Atterberg ont été déterminées de deux façons :

- En recherchant la teneur en eau pour laquelle une rainure pratiquée dans un sol placé dans une coupelle de 100 mm environ se referme lorsque la coupelle et son contenu sont soumis à 25 chocs. Pour cet essai qui consiste à déterminer la limite de liquidité (W_L) et qui se fait suivant la méthode de Casagrande, la fraction granulométrique utilisée qu'on appelle mortier est de l'ordre 0,4 mm.
- En recherchant la teneur en eau pour laquelle un rouleau de sol réalisé manuellement et de dimension fixée à 3 mm se fissure. Cette opération permet de déterminer la limite de plasticité (W_P).

L'indice de plasticité qui permet de déterminer la quantité d'argile dans un échantillon est calculé à partir de la formule :

$$IP = W_L - W_P$$

3. Résultats

3.1. *Morphologie de la retenue*

Les dimensions qui caractérisent la morphologie de la retenue sont relevées dans le tableau I. Il s'agit de données obtenues par mesures *in situ* à l'aide d'un double décamètre, parce que la retenue de Hidé n'a pas de fiche technique.

Tableau I : Caractéristiques de la retenue

Longueur (m)	75
Largeur (m)	50
Hauteur (m)	4,5
Surface (m ²)	250
Capacité (m ³)	1125

Source : Travaux de terrain (août 2023)

Comme on peut le voir sur le tableau I, c'est une retenue de forme rectangulaire (photo 1) de 0,025 ha et d'une capacité de 1125 m³.



Photo 1 : Vue partielle de la retenue de Hidé

Source : Prise par D. Bawa en août 2023

Sa profondeur estimée à 4,5 m résulte de l'excavation d'un bas-fond drainé par une ravine de 2 m de large pour une profondeur de 1,5 m. Les travaux d'excavation ont été réalisés à l'aide d'un bulldozer pour nettoyer le terrain et d'une excavatrice pour creuser la cuvette. La retenue a été calibrée par l'entreposage des matériaux excavés sur les bordures de la cuvette. Selon les promoteurs de la retenue, le compactage de la digue s'est fait à l'aide du godet de l'excavatrice.

Les pentes sont très contrastées : la pente hydrologique qui commande l'écoulement de l'eau est de 5% à l'entrée de la retenue et de 15% en amont. Les pentes topographiques varient entre 15 et 25% à l'échelle du petit bassin versant. Les pentes de la digue sont de l'ordre de 18 à 20%. Les fortes pentes de la digue s'expliquent par la petite différence de largeur entre la base et le sommet : la base fait 3,5 m de large et le sommet fait 3 m.

3.2. Matériaux de la digue et conception

3.2.1. Granulométrie et origine des matériaux de la digue

Les matériaux de la digue sont des sols reconstitués, prélevés sur place. Ils sont composés de sables et de particules fines à différentes proportions. La granulométrie des échantillons est donc variée. Cependant, sur les 25 échantillons analysés, 15 présentent les mêmes caractéristiques granulométriques et ne sont pas été de ce fait pris en compte dans le renseignement du tableau II.

Tableau II : Granulométrie des échantillons de matériaux de la digue

N° éch.	Profondeur (m)	Granulométrie (%)					Total
		Sable gros.	Sable moy.	Sable fin	Limons	Argiles	
Matériau de surface							
1	0,5	32,5	26,5	16	13,5	11,5	100
2	1	24,5	23,5	17	13,5	21,5	100
3	1,5	24	21	19	16,5	19,5	100
4	2	23,5	19	20	17,5	20	100
5	2,5	22,5	20	20	17	20,5	100
6	3	20	18	21	21	20	100
7	3,5	20	17	20,5	21,5	21	100
Moyenne		23,41	20,19	18,91	17,35	20,14	100
Matériau sous-jacent							
8	4	28,5	26	20,5	14,5	10,5	100
9	4,5	27	26,5	20	14,5	12	100
10	5	27,5	25,5	19,5	15,5	12	100
Moyenne		27,66	26	20,01	14,83	11,5	100

NB : Ech. = échantillon, gros. = grossier, moy. =moyen

Source : Résultats d'analyse au laboratoire

Le tableau II montre un démarquage de deux types de matériaux et une diversité granulométrique des échantillons. Le matériau de surface de 3,5 m d'épaisseur et de couleur jaunâtre (photo 2), contraste avec celui de la base de couleur brun clair de 1 m

d'épaisseur reposant sur le sol d'appui de même couleur (photo 3).



Photo 2 : Matériau de surface de la digue



Photo 3 : Matériau du fond de la digue

Source : Photos prises par D. Bawa en août 2023

Le matériau de couleur jaunâtre est composé en moyenne de 56,2% de particules fines (sable fin, limons et argiles) et de 43,8% de particules grossières (sable grossier et sable moyen). Il est à noter que l'échantillon 1 présente le taux de particules fines le plus bas (43%) comparativement aux échantillons sous-jacents (échantillon 2 : 56,5% ; échantillon 3 : 55% ; échantillon 4 : 57% ; échantillon 5 : 57,5% ; échantillon 6 : 62% ; échantillon 7 : 63%). En revanche, le taux de particules grossières dans cet échantillon est plus élevé (55%) que celui des autres échantillons qui en contiennent entre 38 et 48%.

Au-delà de 3,5 m, le matériau de couleur brun clair est caractérisé par un taux de particules fines égal en moyenne à 46,34% et de particules grossières de 53,66%. En plus de ces particules, on note une présence remarquable de gravillons ferrugineux à 36%. Cette composition granulométrique est identique à celle du sol de support qui est un sol ferrugineux gravillonnaire.

Ce caractère non homogène des matériaux de la digue est un facteur qui concourt à la fragilisation de cette digue. Le contraste granulométrique s'explique par deux faits : d'une part, la technique mise en œuvre pour construire la retenue et d'autre

part la migration des particules fines vers le bas de la digue. Rappelons que les matériaux ayant servi à réaliser la digue sont prélevés sur place par creusement au centre de la retenue qui a permis par ailleurs d'approfondir la cuvette. Les horizons superficiels du sol (A1 et A2) du site de texture sablo-limoneux ont été entreposés en première position sur le sol d'appui lui aussi sablo-limoneux (échantillon 10 du tableau II). Le matériau jaunâtre reposant sur le précédent et qui résulte de l'excavation dans les horizons B d'accumulation a une texture essentiellement fine. Sous l'action des eaux d'infiltration, les particules fines ont été entraînées en profondeur. Ce qui explique sans doute la forte concentration relative des particules grossières sur une profondeur de 0,5 m (tableau II).

3.2.2. Les limites d'Atterberg

Il s'agit des limites de liquidité, de plasticité et de l'indice de plasticité IP. Les limites de liquidité et de plasticité des échantillons ont été déterminés en relation avec leur granulométrie. Les valeurs de ces données et celles de l'indice de plasticité IP sont représentés dans le tableau III.

Tableau III : Granulométrie, limites de liquidité, de plasticité et indice de plasticité (IP) des échantillons

Matériau	Notation	Ech .1	Ech .2	Ech .3	Ech .4	Ech .5	Ech .6	Ech .7	Ech .8	Ech .9	Ech. 10
De surface et sous-jacent	% sable	59	48	45	42, 5	42, 5	38	37	54, 5	53, 5	53
	% < 80 µm	41	52	55	57, 5	57, 5	62	63	45, 5	46, 5	47
	W _L (%)	23, 3	27, 5	28, 7	31, 6	31, 6	32, 2	32, 4	24, 5	24, 8	24, 9
	W _P (%)	19, 2	22, 3	22, 9	25, 8	25, 8	26, 3	26, 5	20, 5	20, 7	20, 8
	IP	4,1	5,2	5,8	5,8	5,8	5,9	5,9	4	4,1	4,1

Source : Résultats d'analyse de laboratoire

Dans le tableau III, la limite de liquidité des échantillons se situe entre 23,3 et 32,4% et la limite de plasticité inférieure à 27% se situe entre 19,2 et 26,3%. Dans le domaine du Génie civil, les matériaux dont la limite de liquidité est comprise entre $15 \% \leq W_L \leq 35 \%$ sont susceptibles à l'affaissement et à l'effondrement (T. Ayadat et *al.* (1999)). De même, les indices de plasticité IP ($W_L - W_p$) inférieurs à 20 indiquent une susceptibilité des matériaux à ces processus mécaniques qui sont à l'origine de la rupture de la digue, dans les conditions hydrologiques exceptionnelles liées à une crue.

3.2.3. Impact de l'absence d'un canal d'évacuation du trop-plein de la retenue

Le canal d'évacuation du trop-plein encore appelé canal d'équilibre est aménagé pour maintenir un volume d'eau supportable par la structure de la retenue d'eau du barrage afin d'éviter sa rupture liée à son débordement surtout lorsque la digue est en terre. L'absence de cette structure hormis la mécanique des matériaux serait sans aucun doute le facteur qui explique la rupture de la digue de la retenue de Hidé. En effet, dans ces conditions techniques, lorsque la retenue est pleine lors d'une averse, le trop-plein d'eau passé par-dessus la digue, plus précisément dans sa partie axiale sujette au phénomène d'affaissement dû au tassement par migration des particules fines que nous avons relevé plus haut. La lame d'eau qui passe par-dessus engendre une brèche au début peu marquée comme on peut le voir sur la photo 4.



Photo 4 : Esquisse d'une brèche au sommet de la digue

Source : Photo prise par D. Bawa en août 2023

L'eau en s'engouffrant dans cette brèche l'a agrandi à travers l'effet de « chasse d'eau ». C'est une rupture brusque de la digue s'expliquant par l'accélération de la vitesse de cette eau qui a emporté une partie des matériaux créant ainsi une grande brèche (photo 5). La brèche ouverte fait 3 m en amont, 4 m en aval et 1,8 m dans la partie médiane. Cette forme de la brèche caractérisée par un rétrécissement médian s'explique par un taux élevé d'argile à partir de 1 m de profondeur au cœur de la digue.



Photo 5 : Brèche ouverte dans la digue (1 : amont, 2 : aval, 3 : axe)

Source : Photo prise par D. Bawa en août 2023

Selon les propos du Chef du village lors de notre entretien, avant la rupture de la digue, des fuites d'eau à la base de la digue étaient perceptibles. Ce phénomène qui est le signe avant-coureur peut s'expliquer à notre avis par le caractère hétérogène des matériaux de la digue et surtout par la présence des gravillons ferrugineux dans la structure du sol d'appui et dans le matériau de la fondation. Les gravillons ferrugineux ont accru la perméabilité du matériau de base à cause du faible taux d'argiles et ont joué comme des billes favorisant ainsi le glissement de toute la structure de la digue sous la pression de l'eau. Par ailleurs, le taux élevé de fines dans le matériau de surface a favorisé leur passage à l'état liquide au contact d'une grande quantité d'eau. La présence d'esquisses de brèches sur la crête de la digue, de multiples rigoles sur le talus aval de cette structure et les suintements d'eau à sa base indiquent que la rupture de la digue relève de la conjonction de ces mécanismes. Il faut noter que vraisemblablement le faible compactage du matériau constaté sur place, mais qui n'a pas été mesuré, aurait facilité la rupture de la digue de la retenue d'eau de Hidé.

Le bilan hydrologique indique que pour un volume d'eau total de 1125 m³, la retenue n'en contient plus que 375 m³ représentant le 1/3 de la capacité de ladite retenue. Ce volume d'eau restant est logé dans la partie centrale de la cuvette qui a été, rappelons-le calibré par creusement. Cette rupture de la digue a mis fin au projet de maraîchage pour lequel la retenue a été construite. Aucun réaménagement de la retenue n'est envisagé du moins pas dans l'immédiat et surtout pas au même endroit.

Discussion

La rupture de la digue de la retenue d'eau de Hidé est due à la nature des matériaux en lien avec la technique mise en œuvre dans sa construction et à l'absence d'un canal d'évacuation du

trop-plein d'eau. Ce dernier facteur nous a amené à éluder le facteur pluie, car la présence d'un canal d'évacuation aurait empêché le débordement de l'eau de la retenue qui est à l'origine de la rupture de la digue. C'est donc la conjonction des facteurs techniques et humains qui explique ce processus de rupture de la digue survenu lors d'une pluie ayant engendré une crue dévastatrice.

Les facteurs techniques relèvent d'un vice de construction et de matériaux. La superposition de deux matériaux différents d'un point de vue granulométrique est un paramètre de fragilisation de la structure de la digue. Le matériau de la fondation de la digue riche en gravillons ferrugineux est moins cohérent que celui de la surface issue des horizons B d'accumulation, contenant un taux élevé de particules fines. Les particules fines, en l'occurrence les argiles agglomèrent plus efficacement les autres particules les rendant ainsi moins vulnérables à l'érosion, comme l'ont remarqué P. Duchaufour et *al.* (1970), CTFT (1979) et D. Bawa (2019). Le matériau gravillonnaire provenant des horizons A de sols ferrugineux, moins riches en argiles et peu cohérents sont donc perméables et plus vulnérables à l'érosion (D. Bawa 2012). Dans ces conditions pédologiques, l'utilisation d'un tapis d'étanchéité est recommandée de même que la réalisation de talus en pente douce. Aucun matériau d'étanchéité (béton, produits bitumineux, géomembrane etc.) n'a été utilisé ni sur la partie interne de la digue ni sur sa partie externe, qui plus est les pentes de la digue de la retenue de Hidé sont fortes. Le dispositif d'étanchéité et la pente douce du talus ont été préconisés par (B. A. Rodriguez et *al.*, 2004), et A. Namane et *al.*, (2016) dans leurs travaux dans le cadre de l'aménagement des retenues en remblai.

A sec, les argiles s'agglomèrent et deviennent compactes. Mais au contact de l'eau, elles se gonflent et se dispersent pour former des suspensions plus ou moins stables (J. Méring, 1964). Si le matériau de la fondation de la digue est perméable en raison du

faible taux d'argiles et de la présence des gravillons ferrugineux, le matériau de la partie superficielle de la digue contenant un taux élevé d'argiles se gonfle au contact de l'eau et se déforme facilement lorsqu'il est soumis à une pression externe. Dans ces conditions, le passage de ce matériau de l'état plastique à l'état liquide (limites de liquidité) s'opère, favorisant ainsi la déstructuration de la digue sous la pression de l'eau. Quoiqu'il en soit, l'utilisation des matériaux d'étanchéité n'aurait pas pu empêcher la rupture de la digue, avec l'absence d'un canal d'évacuation du trop-plein d'eau de la retenue.

L'absence d'un canal d'évacuation du trop-plein de l'eau de la retenue de Hidé en saison de pluies constitue le paramètre fondamental qui explique la rupture de la digue de cette retenue. Ce canal de dérivation aménagé généralement sur une des berges d'une retenue permet en cas de crue, l'évacuation du trop-plein d'eau. Ainsi, son absence sur la retenue a engendré le débordement de l'eau qui est passé par-dessus la digue en ouvrant une brèche à l'origine de la vidange de la retenue. Parmi les causes d'ordre technique, A. Namane et *al.*, (2016) signalent le dysfonctionnement des vannes d'évacuation du trop-plein qui entraîne la rupture des barrages. Il paraît donc clair que le dysfonctionnement ou l'absence du dispositif d'évacuation des crues au moment critique engendre la rupture de la digue d'un barrage. Les processus mécaniques qui ont contribué à la rupture de la digue sont multiples et interactifs. Il s'agit : de l'affouillement de la fondation de la digue au matériau perméable et de l'érosion de surface qui est l'origine de la brèche. Ces processus ont été relevés par J. R. Courivaud et *al.* (2019) qui précisent que le débordement du niveau d'eau par-dessus la crête d'une digue ou d'un barrage est relatif à une érosion susceptible d'être globale, parce qu'elle touche toutes les parties de la digue (crête, talus aval, pied de talus) et combine l'érosion de surface, les instabilités mécaniques et l'érosion par

head-cut. Cette méprise d'ordre technique relève d'une cause d'ordre humain.

Les facteurs d'ordre humain sont l'absence d'études préalables et le défaut d'entretien. Les insuffisances relevées dans la construction de la retenue démontrent à suffisance qu'aucune étude préalable de faisabilité n'a été entreprise par les responsables du Projet Zone d'Aménagement Agricole Planifiée (ZAAP) avant la construction de la retenue. Or, cette étude permet de connaître les caractéristiques du milieu physique et leurs impacts sur la retenue qui sera construite.

La connaissance des données géologiques sont nécessaires avant la construction d'une retenue d'eau en remblai par exemple ; parce qu'elles déterminent non seulement la nature du sol d'appui mais aussi celle des matériaux devant être utilisés pour construire la digue. Il en va de même de l'étude de la mécanique des matériaux à utiliser, afin d'éviter les écueils lorsque les conditions hydrologiques liées à la pluviométrie sont critiques. Aussi la nécessité d'équiper la retenue d'un canal d'évacuation du trop-plein relève d'études préalables au regard du fonctionnement hydrologique d'une retenue. La prise en compte de tous ces paramètres qui se fait à travers une étude préalable de faisabilité est aussi relevé par EDF (1968) dans son rapport portant sur « l'étude préliminaire du barrage-réservoir de Tchimbélé » au Gabon. La nécessité d'une étude préalable avant tous travaux de construction d'un barrage est aussi signalée par Bureau ISADES (2013) dans son rapport final sur « l'étude sur la faisabilité d'une convention entre l'état et les populations affectées par le barrage de Fomi en république de Guinée ».

Le défaut d'entretien s'explique par le fait que des esquisses de brèches sur la digue n'ont pas été colmatés avant le moment fatidique. De même, les suintements d'eau à la base de la retenue n'ont pas été arrêtés avec un matériau d'étanchéité comme une chape de béton. Le manque d'entretien d'une digue de barrage

et les conséquences qui en résultent sont évoqués par R. Afiri (2021), J. R. Courivaud et *al.* (2019) et A. Namane et *al.* (2016).

L'absence d'études préalables censées précéder la réalisation de la retenue et les nombreux manquements qui en ont résulté et qui expliquent la rupture de la digue sont dus, à notre, au fait que cette retenue n'a coûté aucun sou à la population de Hidé qui l'a reçu en don. Ce don n'a donc servi à rien puis que la retenue a cédé 3 ans après sa réalisation, au moment où la population mettait en place les structures nécessaires à ses activités.

Conclusion

La rupture de la retenue du village de Hidé résulte de la conjonction de plusieurs facteurs : la méprise au niveau des matériaux utilisés pour construire la digue qui sont, rappelons-le, hétérogènes et donc ne pouvant pas s'amalgamés, le défaut de conception qui s'explique par l'absence d'un canal d'évacuation du trop-plein lié aux crues et le manque d'entretien de la digue. L'hypothèse principale selon laquelle la rupture de la digue de la retenue de Hidé est due au fait qu'elle n'est pas construite suivant les normes requises s'avère vérifiée. Pour l'heure, aucune décision de reconstruire la retenue n'a été prise. Mais, au cas où une probable reconstruction de la retenue sera décidée, les travaux devraient être précédés d'une étude préalable de faisabilité, d'une analyse de la mécanique des matériaux devant être utilisés pour la réalisation de la digue à laquelle un canal d'évacuation du trop-plein doit être associé. Ces recommandations qui sont celles des ingénieurs du Génie civil sont un gage de durabilité des retenues quelles qu'elles soient.

Références Bibliographiques

Bibliographie

Bawa D. (2012). *Le Nord-Togo : géomorphologie et dynamique actuelle des unités du socle Nord-est*. Thèse de Doctorat Unique de Géographie physique, option Géomorphologie, Université de Lomé, 526 p.

Bawa D. (2019). Erosion hydrique dans le quartier d'Adidogomè-Awatamè 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.

CTFT. (1979). *Conservation des sols au sud du Sahara*, 2^e édition, 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 édition, Paris, Masson et Cie, 481 p.

Faure P. (1985). *Les sols de la Kara (Nord-est Togo) relation avec l'environnement*. Paris, édition. ORSTOM. Col. Trav. et Doc. N° 183, 290 p.

MERF. (2003). *Stratégie de conservation et d'utilisation durables de la diversité biologique*. Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières, Lomé, 132 p.

Mering J. (1964). Gonflement, dispersion et hydratation des argiles. *Bulletin du Groupe français des argiles*. Tome 14, nouvelle série n°9, pp. 115-123. Doi : <https://doi.org/10.3406/argil.1964.997>.

Webographie

Afiri R. (2021). *Moyens d'étanchéisation des fondations des barrages : Cas du barrage de Souk Tleta*. Thèse de Doctorat 3^e Cycle, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 162 p. [Consultée, le 07/09/2023] <https://www.ummtto.dz/dspace/bitstream/handle/ummtto/17635/>

[Th%C3%A8se%20de%20Doctorat%20AFIRI%20Ryma.pdf?squence=1](#)

Ayadat T. et al. (1999). Identification des sols affaissables basé sur les limites d'Atterberg. Note technique, *Revue Française de Géotechnique*, N° 86, pp. 53-56. [Consulté, le 19/09/2023] <https://www.geotechnique-journal.org/articles/geotech/pdf/1999/01/geotech1999086p53.pdf>

Bureau ISADES. (2013). *Étude sur la faisabilité d'une convention entre l'Etat et les populations affectées par le barrage de Fomi en République de Guinée*. Rapport final, 83 p. [Consulté le 15/09/2023] <https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G04217.pdf>

Courivaud J. R., Fry J. J., Deroo L., Bonelli S. (2020). *Analyse du risque d'érosion interne des barrages en remblai : méthodologies opérationnelle et en développement*. Colloque CFBR : “ Justification des barrages : État de l'art et Perspectives”, Nov. 2019, Chambéry, France. HAL Id : hal-02609933, pp. 1-15. [Consulté, le 14/09/2023] https://www.researchgate.net/publication/341489710_Analyse_du_risque_d'erosion_interne_des_barrages_en_remb lai_metho dologies_operationnelle_et_en_developpement

Douet M. (2018). Au Kenya, la rupture d'un barrage engloutit deux villages. *Article de presse Le Monde Afrique*, Nairobi correspondance. [Consulté, le 18/08/2023] https://www.lemonde.fr/afrique/article/2018/05/10/au-kenya-la-rupture-d-un-barrage-engloutit-deux-villages_5297187_3212.html

EDF. (1968). *Régularisation de la Mbei étude préliminaire du barrage-réservoir de Tchimbélé*. Rapport d'Etude, Paris, 100 p. multigr. [Consulté, le 20/08/2023] https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-02/33485.pdf

Gioda A., Serrano C., Forenza A. (2002). Les ruptures de barrages dans le monde : un nouveau bilan de Potosi (1626, Bolivie). *La Houille Blanche*, N° 4/5, pp. 165-170. [Consulté, le 14/08/2023] <https://www.shf-lhb.org/articles/lhb/abs/2002/04/lhb2002078/lhb2002078.html>

Namane A. et Nor M. Y. (2016). *Erosion régressive interne dans les barrages en remblais*. Mémoire de Master en Génie civil, Université Aboubekr Belkaïd Tlemcen, 102 p. [Consulté, le 19/08/2023] <https://theses-algerie.com/2304763548373149/memoire-de-master/universite-abou-bekr-belkaid---tlemcen/erosion-r%C3%A9gressive-interne-dans-les-barrages-en-remblais>.

Rodriguez B. A. et La Rosa S. (2004), *Procédures méthodologiques pour l'exécution des études des retenues collinaires et petits barrages*. Ingénieurs Hydrauliques, A.N.B. et Tecnica hydraulica S.A., 28 p. [Consulté le 15/09/2023] <https://fr.scribd.com/document/320005912/Construction-Digue-en-Terre>