

Suivi de la dynamique d'envasement des micro-réservoirs en zone pluvieuse des Hautes Terres de l'Ouest-Cameroun : cas de la retenue de Keleng II

Barthélemy NDONGO^{1*}, Stéphane LAKO MBOUENDEU¹, Alexis BOUKONG², Martin NKOBE KEGHE³ et Rodrigue DJAKOU YOPO¹

¹*Département du Génie Rural, FASA, Université de Dschang, BP.222, Dschang, Cameroun*

²*Département des Sciences du Sol, FASA, Université de Dschang, BP.222, Dschang, Cameroun*

³*Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), BAROMBI, Buéa, Cameroun.*

* Correspondance, courriel : bandongo@yahoo.fr

Résumé

Les petites retenues d'eau des Hautes Terres de l'Ouest-Cameroun présentent un intérêt certain, au regard des nombreuses tâches qui leur sont souvent assignées. Cette étude pose les jalons de la caractérisation du phénomène d'envasement des retenues de barrage dans cette région du Cameroun avec pour objectifs : d'identifier les principaux facteurs d'érosion dans le bassin versant amont, suivre la dynamique de sédimentation dans le réservoir et déterminer son impact sur les capacités fonctionnelles et la qualité de l'eau dans la retenue.

La méthodologie a consisté en une enquête auprès des riverains de la retenue, une analyse de l'érosivité dans la région, ainsi qu'une estimation des dépôts de sédiments et de l'évolution des dimensions et de la qualité des eaux de la retenue de KELENG II. L'étude s'est intéressée à l'évolution de ce phénomène durant le mois d'Août, mois le plus pluvieux, sur une période de huit (08) ans. Toutefois, le suivi de la qualité de l'eau, s'est limité aux mois d'Août, Septembre et Octobre 2008. Enfin, une analyse statistique a permis d'apprécier la dynamique de dépôt des sédiments dans la retenue.

Il ressort de l'étude que, le remaniement quasi-permanent du sol par les pratiques culturales sur les pentes du bassin versant détruit sa structure ; ce qui, combiné à l'action des pluies, traduite par l'érosivité, arrache 7,8 t/ha/an de terre en moyenne. En dépit de l'adoucissement des pluies dans le temps, leur intensité, maximale entre Juillet et Septembre induit une érosion hydrique dans le bassin, drainant les alluvions vers la retenue. Le dépôt de ces alluvions avec un apport moyen de 2,3 cm/an, a augmenté la surface de celle-ci et réduit la lame d'eau stockée en 08 ans, autant que son volume (8,5 %). Ainsi, en dépit de la variabilité spatio-temporelle de l'envasement, 1,85 cm de sédiments s'accumulent en moyenne par an dans ce réservoir de façon homogène. Ceci a pour effet, d'enrichir la retenue en sédiments dont la solubilisation fournit une teneur en sels dissous favorable à l'usage de ces eaux à des fins agricoles et piscicoles. Dans l'optique d'un suivi permanent de l'envasement de la retenue, l'étude montre qu'une restriction des mesures à deux transects orientés dans la largeur de la retenue et le courant principal fournirait des données suffisantes.

Mots-clés : *envasement, réservoir, sédimentation, conservation des sols, Ouest-Cameroun.*

Abstract

Monitoring of the silting dynamics of micro-reservoirs in rainy zones of the Western Highlands of Cameroon : case study of Keleng II

The small water reservoirs of the western Highlands-Cameroon present a certain interest, from the numerous tasks that are often assigned them. This study puts the poles of the characterization of the silting up phenomenon of dam's reservoirs in this region with objectives: to identify the main factors of erosion in the basin uphill, follow the dynamics of sedimentation in the reservoir and determine its impact on the functional capacities and the quality of water in the reservoir.

The methodology consisted in interviews of the residents of the reservoir, an analysis of the erosivity in the region, as well as an evaluation of the sediments deposits and the evolution of the dimensions and quality of waters in the reservoir of KELENG II. The survey was interested in the evolution of this phenomenon during the month of August, rainiest month, on a period of eight (08) years. However, the follow-up of the water quality was limited to the months of August, September and October 2008. Finally, statistical analysis permitted to appreciate the dynamics of deposit of the sediments in the reservoir.

It is evident from the survey that, the quasi - permanent overhaul of soil by the agricultural practices on the slopes of the basin destroys its structure. That, combined to the action of rains, translated by the erosivity, pulls 7.8 t/ha/year of earth on average. In spite of the alleviation of rains with time, their intensity, maximal between July and September misleads a hydric erosion in the basin, draining alluviums toward the reservoir. The deposit of these alluviums with a mean contribution of 2.3 cm/year increased the surface of this one and reduced the water height stocked in 08 years, as much as its volume (8.5%). So, in spite of the spatio-temporal variability of the silting up, 1.85 cm of sediments accumulates on average per year in this reservoir in a homogeneous way. This then enrich the reservoir in sediments whose solubilization provides dissolved salts, which content is favorable to agricultural and fish production use. In the optics of a permanent follow-up of the silting up of the reservoir, the survey shows that a restriction of the measures to two oriented transects in the width of the reservoir and the main current would provide sufficient data.

Keywords : *silting up, reservoir, sedimentation, soil conservation, West-Cameroon.*

1. Introduction

La production agricole de contre-saison dans les Hautes Terres de l'Ouest Cameroun est fortement tributaire de la disponibilité en eau. Elle est concentrée soit dans des bas-fonds à cause de la présence de la nappe phréatique plus ou moins affleurante, soit là où des retenues d'eau ont été aménagées à des fins agricoles. Ces ouvrages dits de rétention d'eau peuvent souffrir de l'envasement qui, d'après *Roose et IBSRAM* [1,2] conduisent à la réduction du volume d'eau disponible pour les usages agricoles.

L'envasement des réservoirs d'eau artificiels au Cameroun est lié [3] aux processus d'érosion qui ont cours en amont dans le bassin versant. L'intensité de ce phénomène dépend non seulement de l'environnement physique (sol, relief, végétation), et climatique mais aussi, du rapport du volume du réservoir à celui de l'eau entrant dans le bassin au courant de l'année [4]. Ainsi, l'érosion est estimée au travers de trois facteurs non liés à la vulnérabilité du sol, et évoqués dans l'équation universelle de perte en terre. Il s'agit des précipitations, de la topographie, et du facteur anthropique. Compte tenu de la variabilité de ces facteurs et de leur influence sur les retenues d'eau qu'ils alimentent en sédiments, il est impérieux de développer d'une part des méthodes appropriées de suivi de la dynamique du processus d'envasement; et d'autre part, d'évaluer quantitativement, ou mieux, caractériser le processus de sédimentation. On

arriverait ainsi, à promouvoir en amont de la retenue une utilisation appropriée des terres et garantir dans le réservoir une gestion durable des ouvrages hydrauliques en accroissant leur durée de vie [5]. Toutefois, le suivi permanent des retenues exige des moyens importants et un matériel très souvent peu accessible en zone rurale, surtout dans les pays en développement. Dans ce contexte, la modélisation mathématique des apports et des dépôts seraient intéressante, toutefois, du fait de la complexité de ces phénomènes, ils ne produisent pas des simulations en accord avec la réalité [6], d'où le recours fréquent au bilan des matières. Ainsi, l'étude se propose d'analyser des données sur : les précipitations, le phénomène d'envasement dans la retenue de KELENG II sur 8 ans, sa dynamique, ainsi que son impact sur les capacités fonctionnelles et la qualité de l'eau du réservoir. La démarche répond à la nécessité d'apporter une réponse opérationnelle pour des retenues de barrages en phase d'envasement pour lesquelles l'on ne dispose pas de données suffisantes aussi bien sur le plan de la bathymétrie que des apports du bassin versant.

2. Matériel et méthodes

2-1. Description du site d'étude

Cette étude s'est effectuée dans les Hautes Terres de l'Ouest-Cameroun, sur la retenue d'eau localisée au quartier Keleng II constituant l'exutoire d'un bassin versant tel qu'illustré à la **Figure 1**. Ce bassin se situe entre $05^{\circ} 26' 364-708''$ de latitude Nord et $10^{\circ} 05' 107-176''$ de longitude Est. Il a un périmètre de 4,8 Km pour une superficie de 114,5 ha, un indice de compacité de 1,2 et un réseau hydrographique de classe 03. Le rectangle équivalent à ce bassin a pour dimensions : 1544,4 m de longueur et 728,4 m de largeur. Son altitude varie de 1 363 à 1 560 m avec des pentes fortes à très fortes ($> 25 \%$) dans sa partie Est et un indice moyen de 21,8 %, tandis que l'indice global est de 44 m.km^{-1} . Le bassin étudié appartient en définitive à la classe R5 de la classification de l'ORSTOM.



Figure 1 : Localisation du site d'étude

Le climat de la région est pseudo-tropical [7] ou de mousson équatoriale présentant des nuances dues à l'altitude. Il est caractérisé par une saison sèche (de Novembre à Février) et une saison des pluies (de Mars

à Octobre). Les températures moyennes gravitent autour de 20°C tout au long de l'année. La pluviométrie est unimodale avec une hauteur annuelle de 1 809 mm [8].

Trois types de sols formés sur basaltes, ou sur granites s'y rencontrent :

- les sols hydromorphes dans la vallée ou le long du cours d'eau, parfois occupés par les raphiales ;
- les sols ferrallitiques fortement à moyennement désaturés (entisols fluents), au pied du bassin en amont du réservoir avec des pentes faibles à assez fortes (6 - 25 %);
- les sols peu évolués (inceptisols) sur les flancs amont, avec des pentes fortes.

La retenue d'eau couvre environ 0,5 ha. Elle est alimentée par deux ruisseaux permanents de direction d'écoulement NO-SE dans le bassin versant, prenant leur source dans un îlot de raphiales. Le plan d'eau est généré par une digue trapézoïdale de pente 1 : 1,5 pour le bief amont et 1 : 2,0 pour le bief aval ; assurant une hauteur en eau dans la retenue variant de 0 à 1,42 m. La crête de la digue de largeur 3,3 m, se situe à une altitude de 1 363 m, pour une longueur de 51,5 m orienté Nord-Sud. Ce réservoir permet d'irriguer des parcelles expérimentales et de soutenir le régime d'alimentation en eau de quatre étangs piscicoles construits en aval de la retenue.

2-2. Identification des principaux facteurs d'érosion

L'érosion est due en général à quatre grands facteurs : la topographie, le couvert végétal, les précipitations et les propriétés de texture et de structure du sol [9]; les facteurs végétaux et pédologiques étant fortement influencés par l'activité anthropique. Dans le cadre de ces travaux, la contribution du facteur topographique, très faiblement variable dans le temps, a été considérée comme constante. Ainsi, l'influence des activités anthropiques a été circonscrite à travers une enquête auprès de 30 producteurs sélectionnés de façon aléatoire et interviewés sur les pratiques culturales et leur période de mise en œuvre dans le bassin amont à la retenue.

Achite et Meddi [10] présentent l'érosivité comme l'un des facteurs explicatifs de l'érosion dans les bassins collinaires. Elle est traduite par les apports pluviométriques tant dans la fréquence que dans l'intensité. Aussi, l'érosivité des précipitations a été déterminée par *l'expression de Fournier* [11] modifié par la *FAO* [12], après une analyse du potentiel érosif des pluies sur une période de 30 ans. Les données d'analyse sont obtenues de la station de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Dschang.

2-3. Suivi des capacités fonctionnelles de la retenue

Le suivi des capacités fonctionnelles de la retenue a consisté à déterminer les variations de mesures physiques du réservoir (surface libre, hauteur du plan d'eau, volume). Aussi, des mesures faites durant le mois d'Août, dans un intervalle de huit ans (2000-2008) suivant le principe de bathymétrie, ont permis d'évaluer la surface du plan d'eau et le volume de sédiments à l'aide d'une boussole et d'un système de piquetage gradués formant un maillage d'écarts minimal (10 m) [6]. Les contours de la retenue délimités et reportés sur un support millimétré ont servis à estimer sa superficie à l'aide de *l'équation (1)* de Simpson [13].

La profondeur d'eau a été estimée à partir de mesures faites en chaque point du réseau de piquets sus évoqué, disposés suivant quatre transects de mesure (P, Q, R, S) (*Figure 2*). Le dispositif de mesure était constitué d'une mire graduée, au bas de laquelle se trouvait fixée une plaque plastique l'empêchant de s'enfoncer dans la boue.

$$A = h/3[Y_0 + Y_n + 4(Y_1 + Y_3 + \dots + Y_{2n-1}) + 2(Y_2 + Y_4 + \dots + Y_{2n})] \quad (1)$$

- où A : surface totale (m²) ;
 h : intervalle unitaire de mesure des longueurs (5 m) ;
 Y_i : largeur du plan d'eau à différents points de mesure (m).

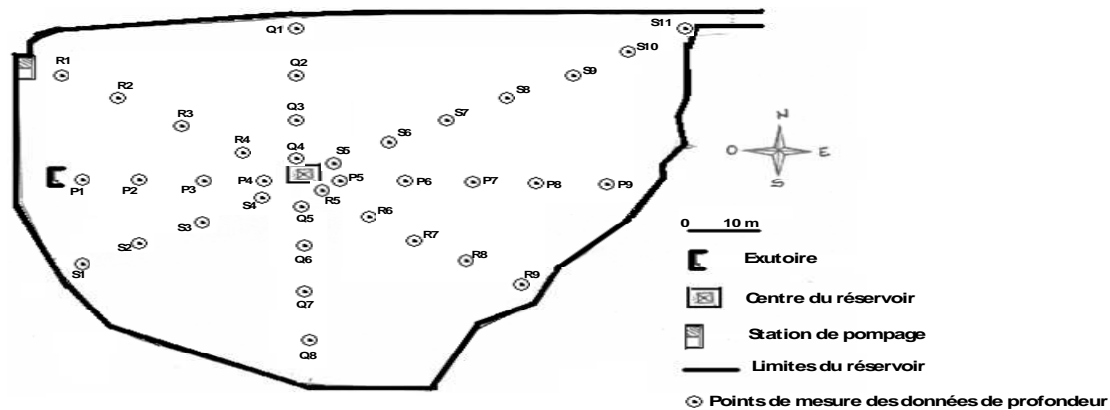


Figure 2 : Dispositif expérimental de mesures de l'envasement

L'incertitude sur Y_i due au relèvement du plan d'eau sous l'action du vent a été calculée grâce à l'équation (2) de LAPCHENKOVA [14].

$$\Delta h = K_v (W^2 D \cdot \cos \alpha_v) / g H \quad (2)$$

- où K_v : coefficient, fonction de la vitesse du vent ;
 W : vitesse du vent à 10 m au dessus du plan d'eau (m/s) ;
 D : distance de mise en vitesse du vent (m) ;
 g : accélération de la pesanteur (m/s²) ;
 H : profondeur maximale de l'eau dans la retenue (m) ;
 α_v : angle entre l'axe longitudinal de la digue et la direction du vent.

2-4. Mesure des dépôts sédimentaires

Trois positions limnométriques dans le réservoir (amont, milieu et aval), fixées au début de l'expérience ont permis de faire des corrections de profondeur en tenant compte de la variation du niveau de l'eau dans le réservoir (hauteur moyenne de référence). La profondeur d'eau fut mesurée à chaque piquet à divers instants et la variation du niveau d'eau par rapport au niveau de référence et au limnimètre, ont permis de déduire l'épaisseur des dépôts, à partir de l'équation (3).

$$\Delta V = h_i - h_{act i} + \Delta h_0 \quad (3)$$

- où ΔV : épaisseur de la vase (cm) ;
 h_i : hauteur d'eau mesurée au piquet i au début de l'étude (cm) ;
 $h_{act i}$: hauteur d'eau mesurée au piquet i (cm) ;
 Δh_0 : variation algébrique du niveau d'eau sur le limnimètre entre h_i et $h_{act i}$ (cm)

Les variations de profondeur d'envasement le long des transects et dans l'ensemble du réservoir pendant l'étude ont été appréciées au travers d'une analyse de la variance. La significativité de la variation des dépôts enregistrés pour les mois d'Août 2000 et 2008 a été testée et les moyennes comparées par la

méthode de la plus petite différence significative (PPDS). Le seuil de signification pour toutes les comparaisons a été de 5 %.

2-5. Suivi de la qualité physique et minéralogique de l'eau de la retenue

Le suivi des données physiques s'est limité à la turbidité entre Août et Octobre 2008. Il a consisté en des prélèvements d'échantillons d'eau à 0, 0,5 et 1,0 m de profondeur en six points de mesures ($T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$) choisis dans la ligne d'écoulement principal des eaux, suivant les recommandations de WALLING [15]; de manière à couvrir toute sa longueur. A chaque point un échantillon d'eau de 200 mL était prélevé, puis mis à l'étuve à 105°C pendant 24 h et le poids des matières en suspensions (MES) déterminé par pesée pour obtenir la concentration.

Sur le plan minéralogique, un échantillon d'eau moyen, constitué des prélèvements aux profondeurs de 0, 0,5 et 1 m à l'entrée, au milieu et à la sortie du réservoir, a été analysé en laboratoire pendant la saison pluvieuse de 2008, avec une périodicité de 45 jours. L'analyse a porté sur le dosage des cations ($Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, P$), et la détermination de la conductivité électrique de l'eau et sa teneur en azote.

3. Résultats et discussion

3-1. Principaux facteurs d'érosion

3-1-1. L'activité anthropique

Elle contribue à faciliter l'érosion par le labour, qui réduit la stabilité structurale et la cohésion du sol en augmentant sa vulnérabilité à l'érosion hydrique. En effet, l'enquête montre que le bassin amont à la retenue de KELENG II est entièrement cultivé, et le sol remanié tout au long de l'année qui compte deux saisons de culture : Mars-Août et Août-Novembre. On y rencontre des champs de caféiers et de cultures vivrières (bananiers, maïs, haricot, pomme de terre, etc.) pour lesquels les labours se font perpendiculairement à la pente dans la plupart des cas.

3-1-2. L'érosivité des pluies

Elle représente l'aptitude de la pluie à causer l'érosion. Elle est reflétée par le volume et le poids des sédiments déposés dans le réservoir par le courant issu du ruissellement superficiel [16]. L'analyse de l'érosivité au **Tableau 1** confirme la relation directe entre la pluviométrie et l'aptitude des pluies à créer l'érosion ; les mois les plus érosifs correspondent en effet aux mois les plus pluvieux. Toutefois, l'érosivité en 2000 diffère de celle de 2008 de 24 %. Cette différence est marquée vers la fin de la petite saison des pluies et le début de la grande saison pluvieuse, et serait due aux fortes pluies enregistrées en ces périodes. Cependant, l'effet annuel semble n'être qu'apparent au vu du très faible écart (1,5 %) de l'indice de Wischmeier entre les deux années. Cet indice varie entre 1162,3 et 1539,9 t.m/ha.H sur les dix années précédentes l'étude; valeurs en moyenne inférieures à celle estimée par FOURNIER [17] pour la période 1968-1980. Cet état de fait, laisse penser à une réduction de l'agressivité des pluies au fil du temps, n'occultant cependant pas une érosion particulièrement élevée entre Juillet et Septembre.

Les tendances pluviométriques à Dschang présentées à la **Figure 3**, confirment l'évolution dégressive de la pluviométrie dans la région jusqu'en 1992, ainsi que le très faible écart tant au niveau annuel que pour les mois les plus pluvieux (Juin, Août et Septembre) entre les années 2000 et 2008. Le facteur pluviométrie

contribue ainsi à une érosion moyenne des parcelles cultivées pendant la période d'observation de 7,8 t/ha/an ; une valeur forte comparée aux pertes en terre en Algérie où elles varient de 1,1 à 3,1 t/ha/an [18], mais classée comme « normale » par l'USDA [1].

Tableau 1 : Indice climatique de Dschang estimé par la méthode de Fournier (1960)

Années	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1999	1,36	1,09	14,56	17,92	51,55	19,59	12,15	49,55	51,74	42,35	1,34	0,00
2000	0,00	0,10	1,08	17,49	10,79	51,78	32,00	44,08	59,14	6,41	0,31	0,00
2001	0,00	0,19	2,70	22,20	5,72	66,50	17,16	86,80	35,47	11,78	0,86	0,02
2002	0,06	0,04	5,71	10,45	10,45	121,32	49,13	98,17	35,44	25,43	0,59	0,02
2003	0,04	2,12	3,54	9,36	30,53	41,84	56,97	55,14	35,72	23,34	0,69	0,00
2004	0,17	69,73	3,89	36,85	8,11	20,35	30,08	45,15	32,92	24,05	2,00	0,00
2005	0,53	0,12	7,05	16,82	6,30	9,16	34,17	70,58	27,90	0,20	0,06	0,00
2006	0,35	6,77	18,01	7,46	31,02	38,66	31,89	49,81	33,10	11,89	0,11	0,00
2007	0,00	0,16	1,10	31,92	13,96	23,56	21,85	32,36	32,89	12,44	1,59	0,00
2008	0,09	0,00	12,55	31,25	10,12	23,34	22,13	26,60	40,60	13,04	0,42	0,34
Moy. mens. (1999-2008)	0,26	8,03	7,02	20,17	17,85	41,61	30,75	55,82	38,49	17,09	0,80	0,04

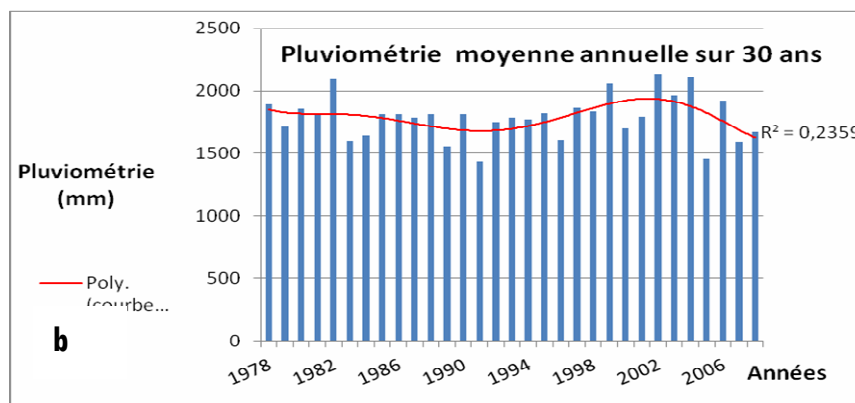
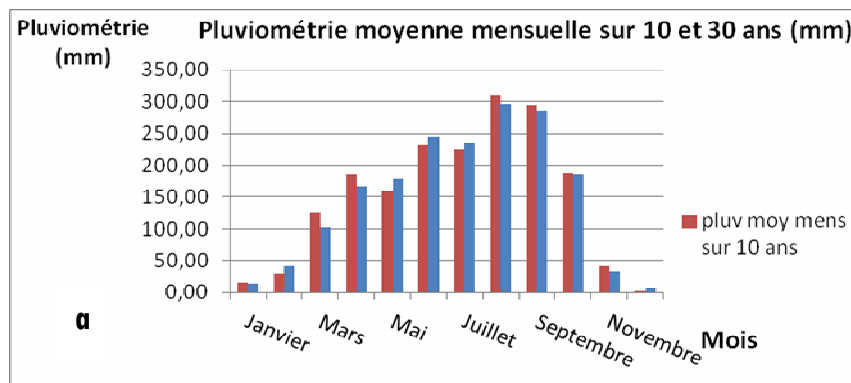


Figure 3 : Tendances pluviométrique à Dschang

3-2. Envasement de la retenue

3-2-1. Évolution de la capacité fonctionnelle

La sédimentation au sein de la retenue de KELENG II se traduit par une réduction sensible de la lame d'eau dans le réservoir après huit années, avec un apport moyen de sédiments de 2,3 cm/an. L'augmentation concomitante de la surface du réservoir laisse envisager l'envasement progressif de celui-ci du fait de l'agressivité des pluies et de l'intensification des pratiques culturales. Bien que le volume d'eau disponible n'ait chuté que de 8,5 %, il est à noter une réduction de la capacité de la retenue d'environ 1,06 % par an, dans le même ordre que les bassins d'Algérie [6] et de Tunisie [19]. Cette situation traduit un colmatage certes moins rapide que les petites retenues du Maroc avec un rythme variant entre 4 à 5 % par an [20], mais suffisant pour affecter la durée de vie de l'ouvrage. En effet, des observations faites à la fin du mois d'Août 2009 après une ouverture du déversoir à travers le pertuis de fond, trois mois plus tôt, font constater un regain de la capacité de la retenue de l'ordre de 48 %. Ainsi, il conviendrait tous les cinq ans de dévaser la retenue par cette manœuvre pour récupérer partiellement et à moindre coût [4], la capacité du réservoir. Une manœuvre qui, faite en période de crues, permettrait d'évacuer 59 à 64 % des apports solides déposés dans la retenue [19].

3-2-2. Dynamique d'envasement

Le volume annuel de sédiments déposés dans la retenue est en moyenne de 92 m³. Toutefois, d'après la **Figure 4**, la distribution de ces sédiments dans la retenue est non uniforme ; les dépôts semblent s'orientés dans le sens des courants principaux avec une épaisseur décroissante en direction du déversoir et une faible variation des dépôts dans la largeur de la retenue dans l'ensemble (écarts < 6 cm). Cependant, de grandes différences sont appréciables pour les deux grands points d'accumulation, 30 m de l'exutoire de la retenue et 30 m de son entrée respectivement. Le dépôt des sédiments semble ainsi se concentrer dans la première moitié du réservoir où elle excède globalement 11 cm sur les huit années.

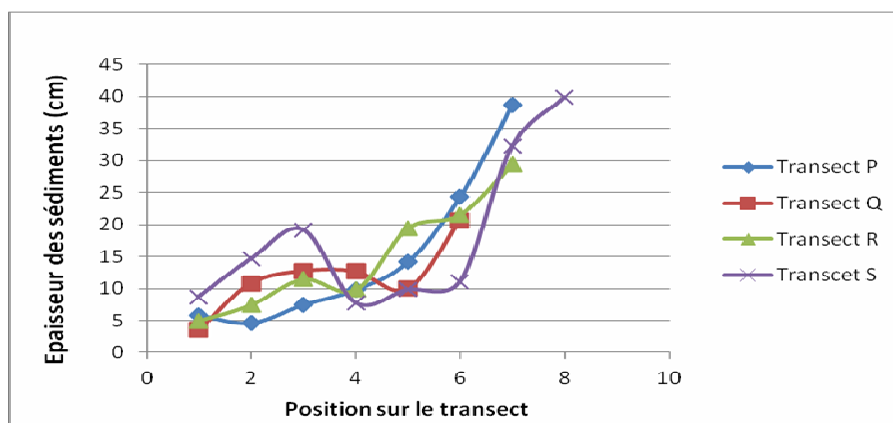


Figure 4 : Épaisseur cumulée (cm) des dépôts sédimentaires suivant les transects entre Août 2000 et 2008

En dépit de ces variations, l'analyse des variances indique qu'au seuil de 5 % il n'y a pas de différence significative dans les épaisseurs de sédiments déposés tant le long des divers transects que dans l'ensemble du réservoir ; la sédimentation peut donc être considérée homogène. Par ailleurs, le test de Student montre une similitude sur les moyennes appariées entre les transects P et R et les variances pour

les transects P et S ; signe d'une corrélation forte entre ces axes ($r > 0,63$). Aussi, dans le cadre d'un suivi permanent, la restriction du suivi de la sédimentation dans cette retenue aux transects Q et S, correspondants à la largeur médiane de la retenue et au sens privilégié des écoulements donnerait des résultats intéressants. Il faudrait cependant, au préalable déterminer les relations permettant d'estimer les valeurs de sédimentation pour les transects P et R. Le bilan réalisé entre les mois d'Août 2000 et 2008 au **Tableau 2** montre que dans le temps l'épaisseur des dépôts accumulés varie peu, toutefois, des variations de l'ordre de 2 à 2,6 cm sont enregistrées suivant les transects R, S et Q, contrairement au transect P qui n'a pas varié.

Tableau 2 : Épaisseur moyenne des sédiments (cm) dans les transects aux mois d'Août 2000 et 2008

Transects					
Mois	P	Q	R	S	Moyenne
Août 2000	4,88	2,99	7,26	5,73	5,21
Août 2008	5,05	5,58	5,15	8,17	5,98
Écart	0,17	2,59	-2,1	2,44	-

3-2-3. Qualité de l'eau

Le décapage de la couche organo-minérale par l'érosion peut entraîner une baisse notable de la fertilité des sols en amont du bassin [3], enrichissant ainsi la retenue en aval. Le contenu minéral de l'eau de la retenue de KELENG II, déterminé à trois instants de l'année 2008 et indiqué dans le **Tableau 3**, montre que la constitution saline de l'eau ne varie pas significativement ($CV < 10 \%$), pendant la saison pluvieuse malgré les pratiques culturales autour de la retenue. Cette situation justifie l'importante eutrophisation de la retenue (couverture de 50 % de la surface libre), qui serait liée à la consommation rapide des apports minéraux par les végétaux présents en son sein. En effet, MAÏGA *et al.* [21] estiment que des teneurs en azote et en phosphore de l'ordre de 1 et 0,2 mg/L peuvent contribuer à une intense activité de photosynthèse. Nonobstant l'activité photosynthétique en cours, la faible teneur en cations (0,3 mg/L) permet de déclarer que cette eau est de bonne qualité pour le développement des poissons dans les étangs en aval [22]. Une conclusion confirmée par le standard FAO qui la classe comme acceptable et optimale pour la production piscicole, pour une turbidité moyenne de 80,9 mg/L.

Tableau 3 : Caractérisation chimique de l'eau du réservoir entre Août et Octobre 2008

Jour de prélèvement	Concentration minérale (mg/l)						CE*	%Na	SAR**
	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺			
1	1,75	0,25	0,00	0,25	0,018	0,071	34,8	20,94	0,04
45	1,75	0,25	0,00	0,17	0,014	0,064	30,2	25,81	0,04
90	1,40	0,25	0,00	0,17	0,016	0,061	32,1	24,70	0,04
Moyenne	1,63	0,25	0,00	0,20	0,016	0,065	32,4	23,82	0,04

* Conductivité électrique

** Rapport d'absorption du sodium

Par ailleurs, au regard des critères de classification du laboratoire de salinité des États-unis [23], l'eau du réservoir est excellente à bonne pour l'irrigation. En effet, la très faible conductivité électrique ($32,4 \mu\text{s}/\text{cm}$) est indicatrice d'une concentration en sels offrant une aptitude à l'irrigation d'un grand éventail de cultures. Des sels provenant de la solubilisation des sédiments présents dans l'eau et caractérisée par la turbidité. La variation de la turbidité de l'eau de cette retenue observée à la **Figure 5** témoigne d'un dépôt progressif des matières en suspension dans le réservoir ; 57 % du total des matières en suspension entrants. En outre, il est à noter l'augmentation de la turbidité de fond liée aux remous du courant, et issue des déformations des lignes de courant attribuables aux forces de frottement. Ceci serait dû à la réduction de la vitesse du courant suivant le sens de l'écoulement dominant [19].

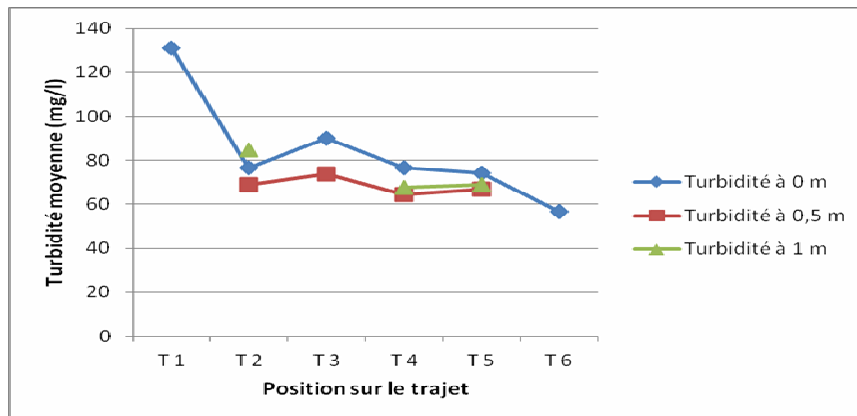


Figure 5 : Variation de la turbidité dans le réservoir entre Août et Octobre 2008

4. Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'analyser le phénomène d'envasement dans la retenue de barrage de KELENG II à l'Ouest-Cameroun, son impact sur les capacités fonctionnelles et l'eau de la retenue. Il ressort de l'analyse que les années 2000 et 2008 présentent de nombreuses similitudes du comportement érosif des précipitations. L'érosion quasi-permanente dans le bassin amont est une combinaison de l'action anthropique et de la pluie, avec une contribution significative du second facteur, notamment dans les mois de Juin, Août et Septembre.

En dépit de l'adoucissement des pluies, elles arrachent $7,8 \text{ t}/\text{ha}/\text{an}$ d'alluvions au bassin amont par érosion hydrique, entraînant un envasement de la retenue à un rythme de $2,3 \text{ cm}/\text{an}$, et réduisant sa capacité de $1,06 \%$ par an. Toutefois, le recours aux manœuvres de dévasement permet de recouvrer au moins 48% de la capacité de la retenue de KELENG II. Le volume des sédiments déposés en 08 ans (92 m^3) dans la retenue se répartie de façon non uniforme mais homogène avec deux principaux points d'accumulation. Ainsi, pour un suivi permanent de cette retenue, il est possible de réduire le nombre de position de mesures de l'envasement dans cette retenue à deux transects (Q et S) et générer les valeurs pour les deux autres (P et R), procédant par là à un couplage de la simulation mathématique et de l'évaluation du flux des matières sous réserve des corrélations existantes.

Par ailleurs, l'enrichissement de la retenue en sédiments induit une turbidité moyenne ($80,9 \text{ mg}/\text{l}$) avec un apport en minéraux dont la conductivité très faible ($32,4 \mu\text{s}/\text{cm}$) n'altère pas la qualité de ses eaux pour les usages agricoles et piscicoles. Aussi, au vu de la dynamique de l'envasement de la retenue d'eau de KELENG II, il est important de prendre des mesures conservatoires telles que les manœuvres de dévasement en période de crue, afin d'éviter la disparition précoce de cette zone humide à haut potentiel de production.

Références

- [1] - E. ROOSE, "Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)", *Bulletin pédagogique de la FAO* n°70, FAO, (1994) 442.
- [2] - IBSRAM [International Board for Soil Research and Management], IBSRAM Newsletter. Number 41, September (1996) 1-12.
- [3] - J. R. NDAM NGOUPAYOU, A. KPOUMIE, J-L. BOEGLIN, G. LIENOU, A.K. NFOCGO et G. E. EKODECK. "Transports solides et érosion mécanique dans un écosystème tropical d'Afrique : exemple du bassin versant de la Sanaga au Sud-Cameroun", Note de recherche, Actes des JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre 2007 (2007) 6.
- [4] - S. BRUK, "Prediction Methods" In: "Methods of Computing sedimentation in lakes and reservoirs", UNESCO, Paris, February, (1985) 165-210.
- [5] - M. R. MAHJOUR, M. BERGAOUI, A. SOUISSI et M. BOUFEROUA, "Régionalisation de l'envasement des lacs collinaires au niveau de la dorsale tunisienne". *Sud sciences & Technologies* n°7, Novembre (2001).
- [6] - M. BESSENASSE, A. KETTAB, A. PAQUIER, P. RAMEZ et G. GALEA, "Simulation numérique de la sédimentation dans les retenues de barrage : cas de la retenue de Zardezas en Algérie", *Revue des Sciences de l'Eau*, Vol. 16, (2003) 103-122.
- [7] - ETIA et P. MOBY, "Climat in : Atlas de la République Unie du Cameroun", Édition J.a., Cameroun, (1979) 16-19.
- [8] - IRAD, "Synthèse des données agroclimatologiques de la Station IRAD de Dschang" In : TATCHAGO V. : "La gestion de l'eau de pluie et la productivité de haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L) dans les hauts plateaux de l'Ouest-Cameroun", Mémoire de MSc. Université de Dschang, Dschang, Cameroun, (1997) 98.
- [9] - K. G. RENARD, G. R. FOSTER, G. A. WEESIES, D. K. MCCOOL and D. C. YORDER, "Predicting soil loss equation (RUSLE)", USDA/ARS, ARG. AG. Handbook # 703, Washington. DC (1996).
- [10] - M. ACHITE et M. MEDDI, "Variabilité spatio-temporelle des apports liquide et solide en zone semi-aride. Cas du bassin versant de l'oued Mina (nord-ouest algérien)", *Revue des sciences de l'eau*, vol. 18, numéro hors série, (2005) 37-56.
- [11] - F. FOURNIER "Climat et érosion : la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques", Presses Universitaires de France, Paris (1960).
- [12] - FAO, "Assessing Soil Degradation", FAO, Soils Bulletin 34, Rome, Italy (1977).
- [13] - N. DAVID, "Dictionary of Mathematics", Penguin Books, (1998) 461.
- [14] - V. S. LAPCHENKOVA, "Kyrsovoe I Diplomnoye Proektirovaniye Po Gidrotekhnicheskim Sooruyeniyam", Agropromisdat, Moscow, (1989) 120.
- [15] - D. E. WALLING, "Measuring sediment yield from river basins" in : "Soil Erosion Research Methods", (1988) 39-73.
- [16] - A. RAPP, "Methods of soil erosion monitoring for improved watershed management in Tanzania" in: "Guidelines for watershed management FAO 1", FAO, (1986) 85-98.
- [17] - J. FOURNIER, "Agressivité climatique et risque érosifs dans la région de Dschang (Ouest Cameroun)", Document technique du projet Santchou, Département de Foresterie, Université de Dschang. Dschang, Cameroun, (1993) 12.
- [18] - B. ABDELLAOUI, A. MERZOUK, Y.PEPIN, M. ABERKAN et J. ALBERGEL, "Simulation du bilan hydro-sédimentaire d'un barrage collinaire en zone marneuse méditerranéenne (Cas du barrage Saboun, Maroc)", *Revue des sciences de l'eau*, vol. 22, n°4, (2009) 487-504.

- [19] - A. BEN MAMMOU, M. H. LOUATI, "Évolution temporel de l'envasement des retenues de barrage de Tunisie", *Journal of Water Science*, vol. 20, n°2, (2007) 201-210.
- [20] - J. ALBERGEL, Y. PEPIN, S. NASRI et M. BOUFAROUA, "Érosion et transport solide dans les petits bassins versants méditerranéens", In: "Proceedings of the International Symposium « Hydrology of the Mediterranean and Semi-Arid Regions »". 7-10 avril 2003, Montpellier, France, IAHS, 278, (2003) 373-382.
- [21] - A. H. MAÏGA, K. DENYIGBA et J. ALLORENT. "Eutrophisation des petites retenues d'eau en Afrique de l'Ouest (causes et conséquences) : cas de la retenue d'eau sur la Lobo à Daloa en Côte d'Ivoire". *Sud sciences & Technologies* N°7, Novembre (2001).
- [22] - FAO, "Soil Survey Investigations for Irrigation", FAO Soils Bulletin 42, Soil Resources, Management and Conservation Service, F.A.O. Land and Water Development Division, (1986) 65-86.
- [23] - CARLO CAMETTI, "Utilisation des eaux usées en irrigation", *Technology, Irrigazette*, n°32, Janvier-Février (1996).