



INFILTRATION DES EAUX ET DES DEPOTS DANS LA RETENUE DU MINI-BARRAGE DE WOUROWOUROKOU DANS LE NORD DU BENIN

INFILTRATION OF WATERS AND DEPOSITS IN THE RETENTION OF THE MINI-DAM OF WOUROWOUROKOU IN NORTHERN BENIN

***HOUNTON DJI B.¹, CODO F. P.², AHOUMENOU Y.²,
SINTON DJI L.O.³, AHOUAN SOU M.⁴***

¹ Université d'Abomey-Calavi, Chaire Internationale en Physique Mathématique et Applications (CIPMA), 072 BP 50 Cotonou, Bénin.

² Université d'Abomey-Calavi, Institut National de l'Eau (INE),
01 BP 526 Cotonou, Bénin.

³ Laboratoire de l'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau (LHME),
Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin.

⁴ Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques (FSA),
01 BP 526 Cotonou, Bénin.

babilassrock@yahoo.fr

RESUME

Le problème d'infiltration des eaux dans les barrages, dans le sol et de dépôts dans les retenues préoccupe la Direction Générale de l'Eau du Bénin. En effet, en plus des pertes en eau précieuse et des dépôts entraînant ainsi la baisse des ressources en eau de la retenue, peuvent même mettre en jeu la stabilité des ouvrages et par conséquent présente des menaces sur les biens et les populations se trouvant en aval.

Le min-barrage de Wourowourokou est l'un des barrages du nord du Bénin fortement sujets à ces problèmes très importants.

La baisse des ressources en eau de la retenue, freine le développement de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche et la pisciculture et rend difficile l'usage domestique de l'eau dans la localité de Wourowourokou. Ces difficultés enregistrées justifient le bien-fondé de cette étude, qui propose de mettre en

relief la gravité du phénomène d'infiltration et des dépôts du barrage de Wourowourokou dans le nord du Bénin.

Mots- clés : Perméabilité, infiltration, dépôts, dragage, mini-barrage, retenue.

ABSTRACT

The problem of infiltration of water in dams, soil and deposits in the reservoirs is of concern to the General Directorate of Water of Benin. In addition to the loss of precious water and deposits, thus reducing the water resources of the reservoir, can even jeopardize the stability of the structures and consequently present threats on the property and populations downstream.

The Wourowourokou Min Dam is one of the dams in northern Benin heavily subject to these very important problems.

The decline in water resources in the reservoir impedes the development of agriculture, livestock farming, fishing and fish farming and makes domestic water use difficult in Wourowourokou. These recorded difficulties justify the validity of this study, which proposes to highlight the seriousness of infiltration and deposits at the Wourowourokou dam in northern Benin.

Keywords: Permeability, infiltration, deposits, dredging, mini-dam, detention.

INTRODUCTION

L'Afrique de l'Ouest est l'une des régions du monde les plus vulnérables à la variabilité climatique. L'analyse des séries climatiques montre que l'Afrique de l'Ouest a connu, depuis le début des années soixante des périodes de sécheresses significatives conduisant à une insécurité alimentaire et à une baisse des ressources en eau des populations Ouest Africaines (Godwing, 2003).

Dans cette région, une grande partie, sinon la totalité des pays se situent en régions chaudes avec une période sèche par année.

Dans ces pays, les ressources en eau sont issues des eaux de pluie et de surface. Elles sont captées à l'aide de barrages et de retenues. Bon nombre d'entre eux ont leurs ressources en eaux affectées par une pluviométrie insuffisante ou mal répartie. Les déficits hydriques c'est-à-dire les baisses des ressources en eau enregistrées au niveau des retenues des barrages peuvent être dues aux périodes de sécheresses significatives qu'a connues l'Afrique de l'Ouest depuis le début

des années soixante entraînant ainsi l'évaporation dans les barrages (Remini B., 2005), aux dépôts dans les barrages (Remini W. et Remini B., 2003) ou aux infiltrations dans les barrages et dans le sol des retenues (figure 1).

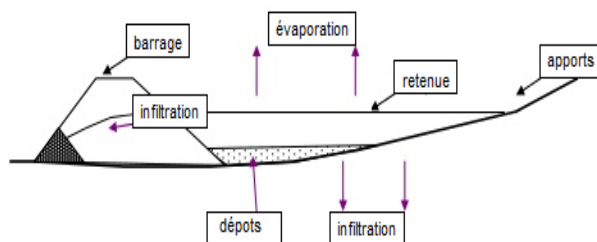


Figure 1 : Evaporation, dépôts et infiltrations dans les barrages

Cette variabilité pluviométrique touchant plusieurs domaines d'utilisation de l'eau, n'épargne pas le Bénin et surtout sa zone nord. La retenue du mini-barrage de Wourowourokou objet de notre étude est située dans la commune de N'Dali qui est l'une des communes du nord du Bénin. La baisse des ressources en eau enregistrée au niveau de la retenue du mini-barrage de Wourowourokou reste un problème majeur pour les habitants de cette localité.

Cette baisse des ressources en eau, freine le développement de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche et la pisciculture et rend difficile l'usage domestique de l'eau dans cette localité (Figure 2). En saison sèche, la majorité des terres reste en jachère ; la pêche et la pisciculture constituent des activités non développées dans la localité à cause de ce déficit hydrique (Houngnihin, 2006).

L'eau demeure un facteur limitant pour une mise en valeur rationnelle, efficace et économiquement rentable de ces activités. D'où la nécessité de cette étude, qui propose de mettre en relief la gravité du phénomène d'infiltration et de dépôts au niveau du mini-barrage de Wourowourokou dans le nord du Bénin.



Figure 2 : Aspect de l'eau du mini-barrage de Wourowourokou (Source : HOUNTONDJI, Babilas)

PRESENTATION DU MINI-BARRAGE DE WOUROWOUROKOU

Le mini-barrage de Wourowourokou est situé dans le village de Sakarou. Le village est situé dans l'Arrondissement de Sirarou, commune de N'Dali. L'accès au site se fait par une piste praticable. Le milieu d'étude est situé à 2°51'' de longitude Est et 9°52'' de latitude Nord (Figure 3 et Figure 4). C'est un mini-barrage d'une capacité de 26 mille m³.

Climat

De type soudano-guinéen, le climat de la commune de N'Dali se caractérise par une grande saison de pluies (avril à octobre) et une grande saison sèche (novembre à mars). La pluviométrie moyenne varie entre 1100 mm et 1200 mm pouvant descendre jusqu'à 900 mm. Le régime des vents est assez différencié suivant la latitude. Pendant la saison sèche, l'harmattan, vent chaud et sec, souffle du Nord- Est. Il est responsable de la baisse brutale de l'humidité relative à compter du mois de Décembre (Mairie de N'Dali, 2016). Les données de pluviométrie et de température moyennes mensuelles de la commune de N'Dali sur la période allant de 1997 à 2016, ont permis de tracer le diagramme de la figure 3.

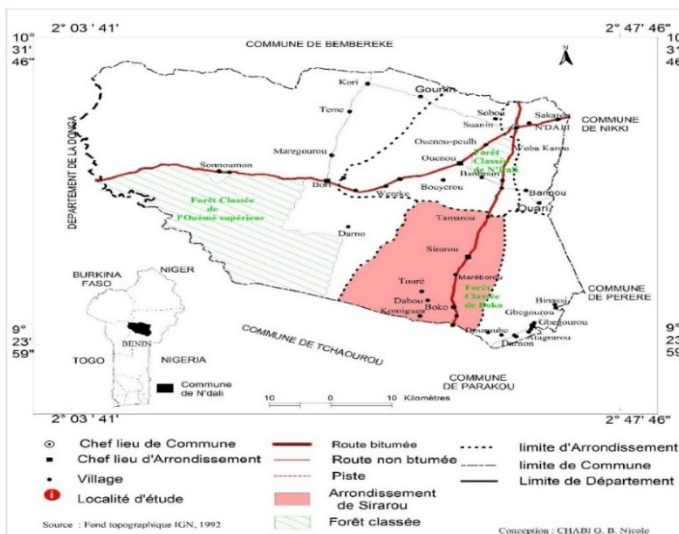


Figure 3 : Situation géographique du mini-barrage de Wourowourokou (Mairie de N'Dali, 2016).



Figure 4 : Vue générale du mini-barrage de Wourowourokou (Source : HOUNTONDI, Babilas)

Ce diagramme, montre que la pluviométrie du milieu est caractérisée par deux saisons : une saison sèche qui dure 5 mois allant de novembre en mars et une saison des pluies qui dure 7 mois allant du mois d’avril jusqu’en octobre. Ainsi, le caractère uni-modal de la pluviométrie apparait clairement avec un pic de 267,45 mm en Août. Ce niveau des précipitations permet une agriculture sans déficit hydrique si la pluviométrie est bien répartie. En ce qui concerne la température moyenne, on remarque une variation de 4,8°C entre la température la plus basse et la plus élevée de l’année. Les températures moyennes du mois de Mars (28,8°C) et du mois d’Avril (28,2°C) sont plus élevées que celles des autres mois. Mars et Avril sont de ce fait les mois les plus chauds de l’année. Avec une température moyenne de 24°C, le mois d’Août est le plus froid des années.

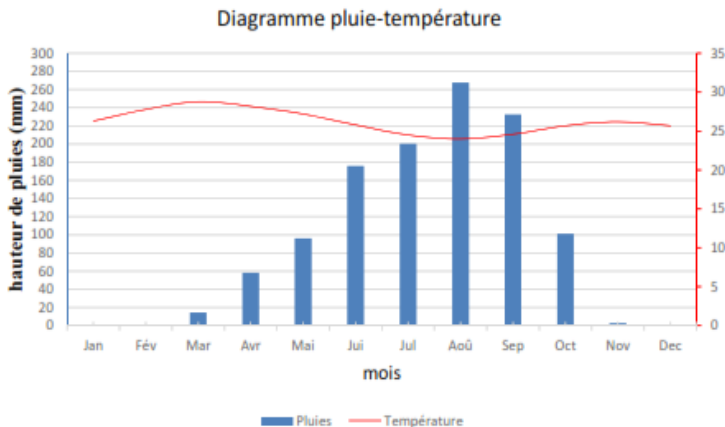


Figure 5 : Diagramme Pluviométrie – température (Mairie de N’Dali, 2016)

Sols

Les sols sont en majorité, ferrugineux. On y rencontre aussi en faible proportion des sols ferrallitiques et des sols hydromorphes (dans les bas-fonds). En particulier, deux types de sols sont rencontrés sur le site du barrage: il s'agit des sols limono-argileux et des sols hydromorphes.

Les caractéristiques du relief et du sol sont très favorables à l'agriculture et à l'élevage. Ce sont des sols très aptes à la plantation fruitière dans certains arrondissements (Mairie de N'Dali, 2016).

Cependant, il faut faire remarquer que la pratique de l'agriculture extensive a occasionné l'appauvrissement des sols en général.

Végétation

La végétation est composée de savanes boisées, arborées et arbustives. On y rencontre de forêts claires par endroits. Mais l'action de l'homme y a provoquée de profonds bouleversements, faisant naître une végétation «humanisée» caractérisée par la disparition de nombreux ligneux et des ressources fauniques. Les sols de ces formations soumises aux pressions humaines et aux contraintes climatiques sont confrontés au phénomène d'érosion de plus en plus accentuée (Houngnihin, 2006).

Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est caractérisé par trois (03) affluents du fleuve Ouémé que sont l'Okpara, Yeroumarou et Alpouro. La commune regorge également de nombreux petits cours d'eau très favorables à la pêche mais sous exploités jusqu'à ce jour (Mairie de N'Dali, 2016).

La retenue d'eau est une cuvette alimentée par les eaux de ruissellement et un marigot appelé Wourowourokou.

MATERIELS ET METHODES

Données de l'étude

Les données utilisées sont obtenues au niveau de la Direction Générale de l'Eau du Bénin (DGEau). Ces données concernent l'hydrographie de la zone d'étude et les caractéristiques de la cuvette de Wourowourokou.

Hydrographie de la zone d'étude

La délimitation topographique du bassin versant à partir de la carte hydrographique de la commune de N'Dali nous a permis d'obtenir la carte du réseau hydrographique du bassin versant (figure 6).

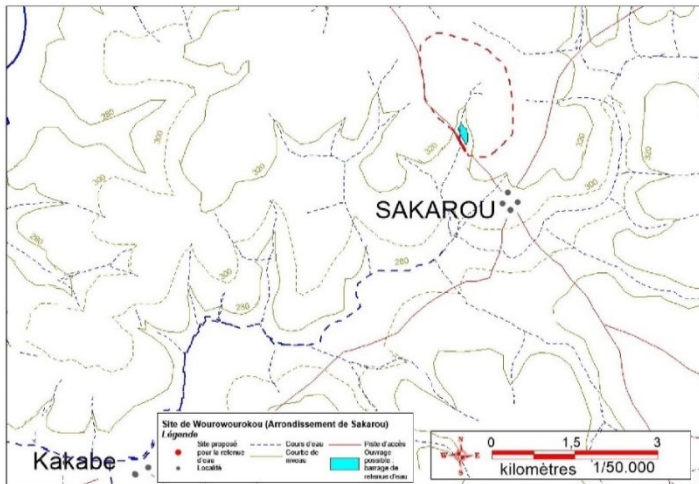


Figure 6 : Extrait de la carte du réseau hydrographique du bassin versant (DGEau, Bénin)

Caractéristiques de la cuvette de Wourowourokou

Les caractéristiques de la cuvette de Wourowourokou obtenues au niveau de la Direction Générale des Eaux du Bénin sont consignées dans le Tableau 1.

Approche méthodologique

Au niveau du site, la perméabilité du bas-fond a été évaluée par mesure directe de l'infiltrabilité de l'eau. Il s'agit de la méthode de Porchet qui permet de mesurer la capacité d'infiltration. Cette méthode a été choisie parce qu'elle simple et ne nécessite pas beaucoup de matériels de mesures. En effet, on creuse un trou (dans le bas-fonds) de rayon r (diamètre de l'ordre de 10 cm à l'aide de tarière et de profondeur $h_0 = 400\text{mm}$). On le remplit d'eau et on note à intervalles de temps réguliers, la hauteur h_1 de l'eau entre le fond du trou et la surface de l'eau à l'instant t_1 . Elle s'exprime en millimètre par seconde (m/s). Les intervalles de temps sont pris à l'aide d'un chronomètre et les hauteurs à

bases d'une règle graduée en centimètre (cm). Ces mesures ont été prises en amont et en aval par rapport à la position de la digue (figure 7).

Tableau 1 : Caractéristiques de la cuvette de Wourowourokou (DGEau, Bénin)

Altitudes (m)	Surfaces (ha)	% des Surfaces	Volumes partielles (10 ³ m ³)	Volumes cumulés (10 ³ m ³)
315.75	0.00	0%	0.00	0.00
316.00	0.46	10%	0.44	0.44
316.25	0.75	16%	1.51	1.95
316.50	1.01	22%	2.20	4.15
316.75	1.30	28%	2.89	7.04
317.00	1.62	35%	3.65	10.69
317.25	1.92	42%	4.43	15.12
317.50	2.23	49%	5.18	20.30
317.75	2.55	56%	5.98	26.28
318.00	2.87	63%	6.77	33.05
318.25	3.20	70%	7.59	40.64
318.50	3.60	79%	8.5	49.14
318.75	4.07	89%	9.59	58.73
319.00	4.57	100%	10.08	69.53

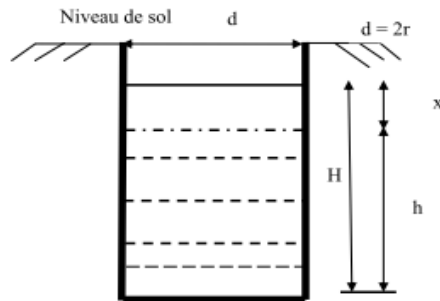


Figure 7 : Mesure de la perméabilité par méthode de Porchet (Houkpetin, 2003)

La formule de la perméabilité utilisée est :

$$k = \frac{h_0 - h_1}{t_1 - t_0} \tag{1}$$

h_0 : est la profondeur du trou creux à l'état initial à t_0 ,

h_1 : est la hauteur d'eau mesurée à t_1 ,

RESULTATS ET DISCUSSION

Résultats

Dans cette partie, on présentera les résultats obtenus par les dépôts dans la retenue de *Wourowourokou* et le calcul de la perméabilité du sol de ce site.

Dépôts dans le mini-barrage de Wourowourokou

Les caractéristiques de la cuvette de *Wourowourokou* (Tableau 1) ont permis d'obtenir le graphe de la figure 8.

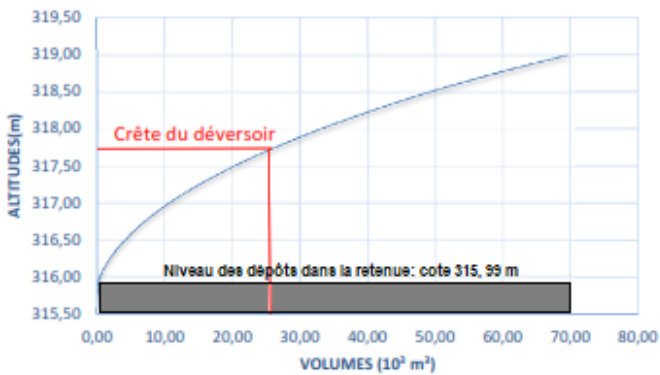


Figure 8 : Courbe Altitude-Volume (site de WOUROWOUROKOU)

Evolution de la perméabilité sur le site du mini-barrage de Wourowourokou

Les valeurs de perméabilités amont et aval du mini-barrage de *Wourowourokou* calculées à partir des données prises sur le terrain ont permis d'obtenir les graphes de la figure 9.

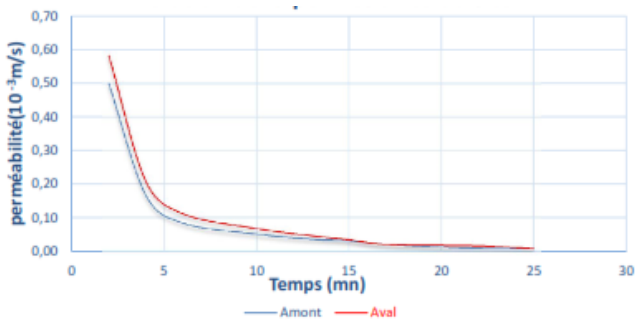


Figure 9 : Evolution de la perméabilité du site du mini-barrage de *Wourowourokou*

Discussion

Dépôts dans le mini-barrage de Wourowourokou

Le barrage est situé dans une région du nord du Bénin dont les caractéristiques des cours d'eau sont la torrencialité et la violence des crues qui transportent une quantité élevée de matériaux solides. Arrivées à la retenue, les particules en provenance de l'érosion du bassin versant dénudé s'écoulent sous l'eau sous forme des courants de densité. Ces derniers arrivent au pied du mini-barrage, déposent ces particules solides au fond du mini-barrage. Les dépôts vaseux s'accumulent chaque année dans la retenue. En 2016, le volume de dépôts drainé par les courants de densité au centre de la retenue avoisine 25,85 mille m³, soit un taux de comblement de 99,42 % de la capacité initiale.

Evolution de la perméabilité sur le site du mini-barrage de Wourowourokou

Au début des essais de perméabilité, le sol absorbe une quantité importante d'eau qui décroît au fur et à mesure que le sol se rapproche de son état de saturation. La perméabilité est plus faible en amont qu'en aval. Elle décroît en fonction du temps quelle que soit la position comme le montre la Figure 9 ci-dessus.

L'analyse de la Figure 9 révèle que la vitesse d'infiltration n'est pas uniforme sur l'ensemble de la surface du site.

Ceci s'explique par le fait que les couches superficielles du sol, exposées constamment à l'évaporation ne sont pas saturées. Cette forte vitesse d'infiltration au début de l'essai limite le ruissellement en permettant au sol de stocker de l'eau au-dessus de la couche peu perméable (Sossa, 2001). Ces résultats corroborent ceux de Delville et Boucher (1996) selon lesquels la vitesse d'infiltration est maximale dans un sol légèrement perméable, mais décroît quand on s'approche de la saturation. Le sol est plus perméable en aval qu'en amont de la position de la digue du barrage. Ceci s'explique par le fait que l'amont a une dépression permettant de retenir l'eau, donc est saturé à une certaine profondeur.

En générale on observe une faible infiltration de l'eau sur le site. Ceci s'explique par le fait que les essais ont été réalisés en période de pluies (Août), donc le sol est gorgé d'eau.

PROPOSITIONS D'AMELIORATION DU FONCTIONNEMENT DU MINI-BARRAGE DE WOUROWOUROKOU

Afin de rendre opérationnel le mini-barrage de Wourowourokou dans le nord du Bénin, nous recommandons le dévasement ou la surélévation de ce dernier.

Dévasement par la technique de dragage

Vue le rôle économique joué par le mini-barrage dans l'irrigation dans l'agriculture de la localité de Wourowourokou, le dragage de la retenue s'impose (Figure 10). Cependant, malgré, la réalisation des bassins de stockage de la boue soustrée, les dépôts poseront un problème d'environnement.

En plus de ce procédé, plusieurs techniques peuvent être utilisées au niveau du bassin versant afin de minimiser le taux d'érosion. Par exemple on peut citer le reboisement du bassin versant et le traitement des ravins par la construction des seuils.).

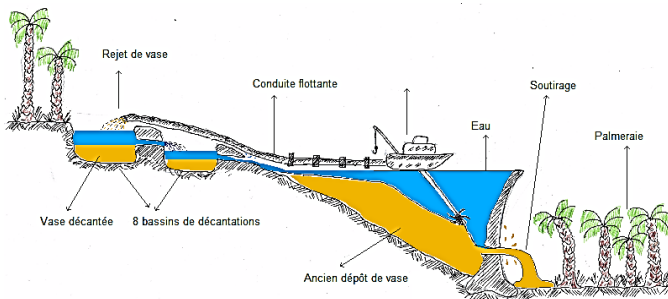


Figure 10 : Schéma synoptique d'une opération de dragage dans un barrage (Remini et al., 2018)

Surélévation du barrage de Wourowourokou

Le mini-barrage de Wourowourokou est un ouvrage stratégique. Il est destiné à l'irrigation des cultures sur une superficie de 19,78 hectares. Aujourd'hui, ce mini-barrage n'arrive pas à satisfaire l'irrigation de ces cultures. Il est temps soit de surélever la digue (Figure 11).

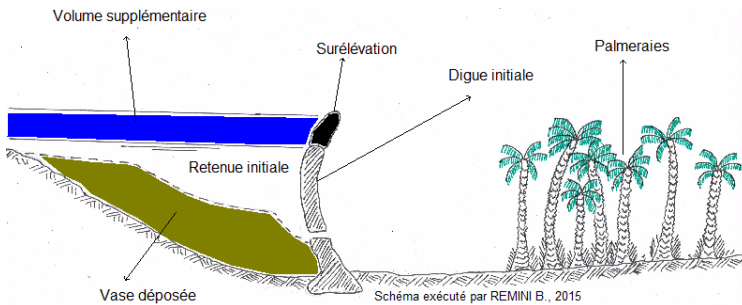


Figure 11 : Schéma synoptique d'une surélévation de la digue du mini-barrage de Wourowourokou. (Remini et al., 2018)

CONCLUSION

L'infiltration des eaux dans le sol de la retenue ainsi que les dépôts enregistrés au niveau mini-barrage de Wourowourokou sont des phénomènes naturels très complexe qu'il faut l'étudier de l'amont à l'aval du mini-barrage. Les conséquences de ces phénomènes sont extrêmement graves. Elles ont un impact au niveau du réservoir lui-même, aussi en amont et en aval du mini-barrage. Le mécanisme d'infiltration reste un phénomène très délicat et sa maîtrise aboutira directement à la proposition des méthodes de lutte adéquates.

Par contre pour les dépôts au niveau de la retenue du mini-barrage, nous proposons aux services de la Direction Générale des Eaux du Bénin (DGEau) d'opter pour la solution de dévasement technique de dragage ou la surélévation de la digue pour obtenir une réserve supplémentaire d'eau.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMADOU B.A., MACTAR F., ALY N. (1988). Conception et dimensionnement d'un micro-barrage de retenue d'eau de ruissellement à KEUR SEIB NDOYE, Sénégal, 10p.
- CEMAGREF (1989). Introduction de techniques innovantes en matière de Barrages en terre en zone sahélienne, 56p.
- D'AT DE ST FOULC J., GILARD O., PIATON H., CIEH UNESCO, EIER (1986). Petits barrages en terre au Burkina Faso, bilan et analyse critique. 180p ;
- HOUNGNIHIN A.R. (2006). Monographie de N'Dali. Afrique Conseil, 26p.

- MAIRIE N'DALI (2017). Données physiques de la commune de N'Dali.
- HOUNKPETIN C. (2003). Contribution à la mise en valeur du bas fond de Okeita dans la commune de Pobè (département du Plateau). Diplôme d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin.
- MEKERTA B. (1993). Etude de la sédimentation dans les retenues des barrages, propriétés mécaniques des sols fins. Communication Premier congrès national des Grands barrages. Alger, 24 et 25 Mai, pp. 1-9.
- NGO-DUC T. (2005). Modélisation des bilans hydrologiques continentaux: variabilité interannuelle et tendances. Comparaison aux observations, thèse de doctorat de l'université paris, 160p.
- MUSY, A., SOUTTER, M. (1991). Physique du sol, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 335p.
- REMINI B. (1997). Envasement des retenues de barrages en Algérie: importance, mécanismes et moyen de lutte par la technique de soutirage. Thèse de Doctorat d'état en Hydraulique. Ecole National Polytechnique d'Alger, juin, 1997, 342 p.
- REMINI B. (2005). L'évaporation des lacs de barrages dans les régions arides et semi arides : Exemples algériens. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 04, pp.81-89.
- REMINI B. (2011). Le soutirage des courants de turbidité : un moyen de réduire l'envasement-cas du barrage de l'Oued Fodda. Séminaire national d'hydraulique. Chlef, 23 et 24 novembre.
- REMINI W., REMINI B. (2003). La sédimentation dans les barrages de l'Afrique du nord. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 02, pp. 45-54.
- REMINI B., BENSALFIA D. (2012). The impact of climate changes on the acceleration of reservoir siltation in arid regions the Algerian case study. Elixir International journal Bio. Diver, 44. 7074-7076.
- REMINI B., BENSALFIA D., NASROUN T. (2015). Impact of sediment transport of the Chellif River on silting of the Bougezoul reservoir (Algeria). Journal of Water and Land Development, No. 24 p. 35-40. DOI: 10.1515 /jwld-2015-0005.
- REMINI B., BENSALFIA D., MISSOUM M. (2015). Silting of Foum el Gherza Reservoir. GeoScience Engineering, Volume LXI , No.1. pp. 1-9, ISSN 1802-5420.
- REMINI B., HALLOUCHE O., ACHOUR B. (2009). Chapitre 08 L'Algérie : plus d'un siècle de dévasement des barrages. Ouvrage intitulé : Etat des ressources en eau au Maghreb en 2009, édité par UNESCO Office in Rabat, pp. 123-142.
- REMINI B. LEDUC C., HALLOUCHE O. (2009). Evolution des grands barrages en régions arides : quelques exemples algériens. Revue Sécheresse, n°20, vol.1, pp.c18.

REMINI B., HALLOUCHE O. (2015). Le dragage des barrages. Quelques exemples algériens. Revue Internationale la Houille Blanche, n°3, octobre. SOSSA A., Estimation des crues, 2001, 67p.

REMINI B., MAAZOUZ M. (2018).les courants de densité dans le barrage de Foum-El Gherza (Algérie). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°35, pp. 87-105.