

IMPORTANCE DES RESSOURCES HYDRIQUES ET LEURS IMPACTS SUR LE DEVELOPPEMENT DURABLE DANS LE BASSIN DE TIMGAD (ALGERIE NORD ORIENTALE)

DJAIZ Fouad^{1*}, ATHAMENA Malika², ATHAMENA Ali³

⁽¹⁾Département des sciences de la terre, Faculté des sciences
Université Hadj Lakhdar 05000 Batna, Algérie

⁽²⁾Institut hydraulique, du génie-civil et d'architecture
Université Hadj Lakhdar 05000 Batna, Algérie

⁽³⁾Département hydraulique, Centre Universitaire de Mila. E-mail: djaizfou@yahoo.fr

Résumé.- La région de Foug Toub située dans les Aurès, est caractérisée par une moyenne annuelle des précipitations de l'ordre de 800 mm. L'hydrologie tribulaire du relief est la conséquence directe des eaux de surface et de la fonte des neiges provenant des hauteurs du massif de Chelia. L'objectif de l'implantation de la retenue de Foug Toub est de minimiser le phénomène d'envasement à l'amont du barrage de Koudiate El Mdaour, de régulariser le débit d'Oued Rebaa qui coule du sud vers le nord et de contribuer à l'irrigation de la plaine de Foug Toub. Cette étude porte sur la mobilisation des ressources en eaux superficielles décidée par le ministère de l'agriculture en vue d'une utilisation rationnelle et planifiée de ce facteur vital qui est l'eau. Le site retenu pour la construction de cet ouvrage est caractérisé par un substratum marneux imperméable, favorable pour implanter la digue et la cuvette. Les matériaux meubles argilo-limoneux-graveleux localisés dans les dépressions ainsi que les grès servent comme zones d'emprunt pour les matériaux de construction de cet ouvrage. La stabilité est un des paramètres les plus importants à prendre en considération pour le choix du site, afin d'éviter tout problème lié aux phénomènes de retrait-gonflement sur les rives de l'Oued. Toutefois, la possibilité de glissement, aussi faible qu'il soit, peut être générée sur la rive gauche de l'Oued au sein des dépôts meubles et récents. Le choix du site d'implantation de cet ouvrage hydraulique reste tributaire des essais de laboratoire.

Mots clés: Retenue collinaire, argile, géotechnique, matériaux de construction.

THE IMPORTANCE OF WATER RESOURCES AND THEIR IMPACT ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE BASIN OF TIMGAD (NORTH EAST OF ALGERIA)

Abstract.- Located in the Aures mountains Foug Toub is characterized by an annual average rainfall of 800mm. The hydrology subordinate to the terrain is the direct consequence of surface waters and of snow melting from the heights of Chelia Mountain. The aim of the implantation of the Foug Toub backwater is to minimize the siltation phenomenon at the upstream of the Koudiate El Mdaour dam, to regularize the Rebaa creek flow which runs from south to north and to contribute to the irrigation of the Foug Toub plain. This study puts the emphasis on the mobilization of surface water resources, a policy of the Ministry of Agriculture and Rural Development with a view to rationalize the use and planning of this vital factor, i.e. water. The site selected for the construction of this structure is characterized by a waterproof marly substratum, favourable for implanting the dike and the basin. The clay-silty-gravelly material furniture localized in the depressions as well as sandstones are used as areas for the construction materials of this structure. Stability is one of the most important parameters to take into account for the choice of the site, so as to avoid any problem linked to the withdrawal-swelling phenomena on the banks of creek. However, the sliding possibility, however weak it is, can be generated on the left bank of the creek within deposit and recent silt. The choice of the site for the implantation of this hydraulic structure remains subject to laboratory tests.

Key words: small dam, Clay, Geotechnics, Construction Materials.

Introduction

La région de Foug Toub appartenant à l'Aurès, est située dans l'Atlas saharien, dans la partie sud est de Batna (longitude: 6° 30' - 6° 35' Est, latitude: 35° 20' - 35° 25' Nord) (fig. 1). Cette région et une petite dépression coincée entre deux massifs montagneux, le premier est situé au nord, c'est le Djebel Tizagrou, le second au sud, est Djebel Aslaf. Les altitudes culminent à des hauteurs de 1331m dans le massif de Tizagrou, et 1606 dans celui de Djebel Aslaf [1].

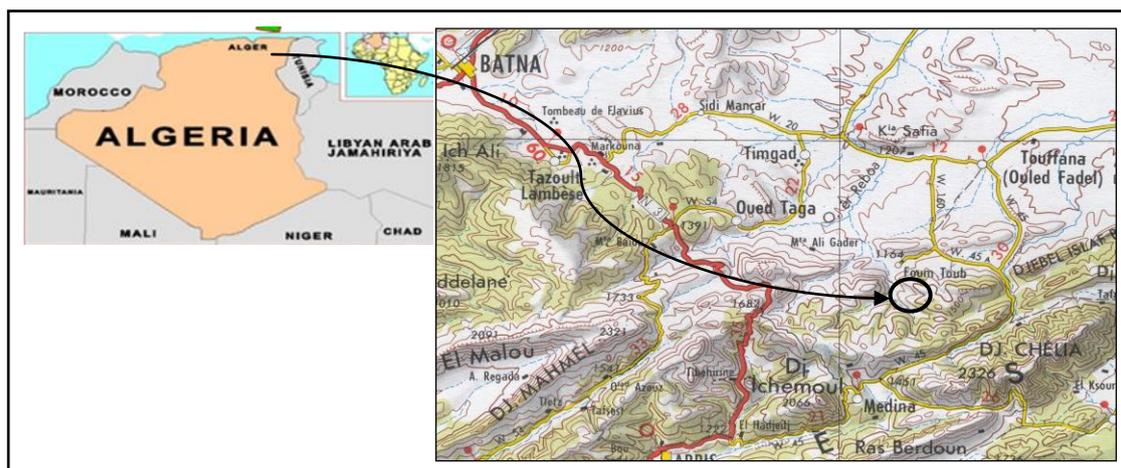


Figure 1.- Situation de Foug Toub (carte Topographique Batna, 1/50000), Institut National de cartographie

L'hydrologie tributaire du relief, permet aux eaux de surface provenant des hauteurs du versant nord du massif de Chélia par la fonte des neiges, de se diriger du sud vers le nord à travers Oued Seba puis Reboa où est prévue la retenue collinaire, pour aboutir dans le barrage de Koudiate El Mdaouar situé au nord de Timgad. Le climat est rude et nettement continental. En plaine, le total des précipitations ne dépasse pas 400 mm, par contre, les massifs montagneux peuvent recevoir jusqu'à 800mm d'eau [2].

1.- Contexte géologique

La région de Foug Toub est à la limite Sud du bassin de Timgad, au Nord du massif du Chélia et au cœur du massif de l'Aurès. Elle est comblée par des dépôts miocènes continentaux et marins. Les sédiments crétacés sont constitués par des niveaux carbonatés, gréseux et argileux. L'ensemble est surmonté de sédiments terrigènes argilo-gréseux. L'Aurès est souligné par de vastes anticlinaux et synclinaux individualisés, réguliers (fig. 2), et orientés NE-SW, engendrés par la phase tectonique atlasique. Cet alignement est affecté par des systèmes de failles qui s'organisent autour des directions suivantes NE-SW, NW-SE, E-W [3,4].

Le quaternaire continentale qui se présente en dépôts fluviatiles anciens, coiffe les sédiments miocènes. Dans les ravins, affleurent des conglomérats métriques formés par des éléments plus ou moins anguleux de taille et d'origine différente [1].

Le bassin versant et la cuvette de cet ouvrage sont constitués par une alternance marno-calcaires constituant un bon tapis étanche pour les infiltrations d'eau associés à des

argiles limono-sableuses. Les limites de cet ouvrage sont constituées de barres gréseuses fracturées ou peut avoir des pertes d'eau par infiltration [2,1, 3].

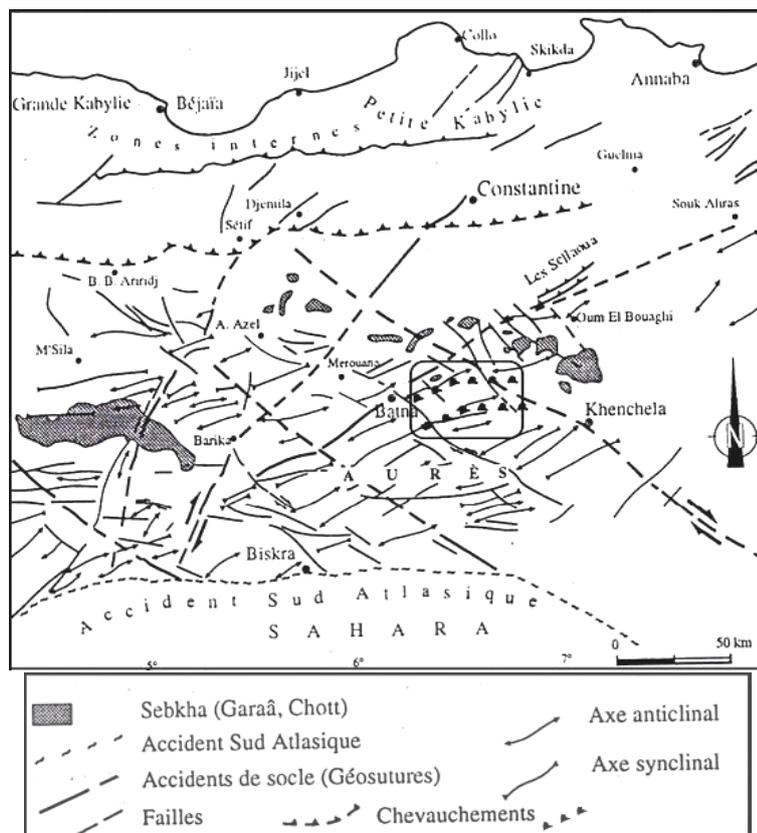


Figure 2.- Esquisse tectonique des Aurès [5]

2.- Contexte tectonique et sismicité

La région d'étude est affectée par des failles visibles à l'échelle de l'affleurement. Les directions de ces dernières sont NW-SE et NNE-SSW longues de 400 m, N-S longue de 250 m [1]. Le traitement linéaire montre une intense fracturation. La sismicité de cette région est influencée par les zones actives de Kherrata-Constantine et des monts des Bibans, où des séismes ont été enregistrées (fig. 3). Le site de cet ouvrage peut être classé dans la catégorie des sismicités faibles, selon la carte de KARNIK (1969) [6]. Les secousses les plus fortes ressenties dans cette région en 1924 sont estimées à $M = 5.6$ [7].

3.- Contexte hydrogéologique

Dans la région d'étude, l'exploitation des eaux souterraines provient essentiellement de l'infiltration des eaux de pluie, piégées dans les roches réservoirs. Ce cortège de roche forme une nappe libre qui est recoupée par des forages sur une profondeur de 137 m, fournissant un débit de 6 l/s., et des grès blancs grossiers fracturés formant une nappe captive à 190 m avec un débit de 28 l/s [8].

L'examen de l'ensemble des coupes géoélectriques établies dans le bassin de Timgad, permet d'aboutir aux faits que les formations du miocène et du crétacé hétérogène contiennent de grandes potentialités d'aquifères à des niveaux différents. La différence topographique par faille, entre le crétacé et le miocène, peut supposer une alimentation de

l'aquifère miocène par celle du crétacé [8].

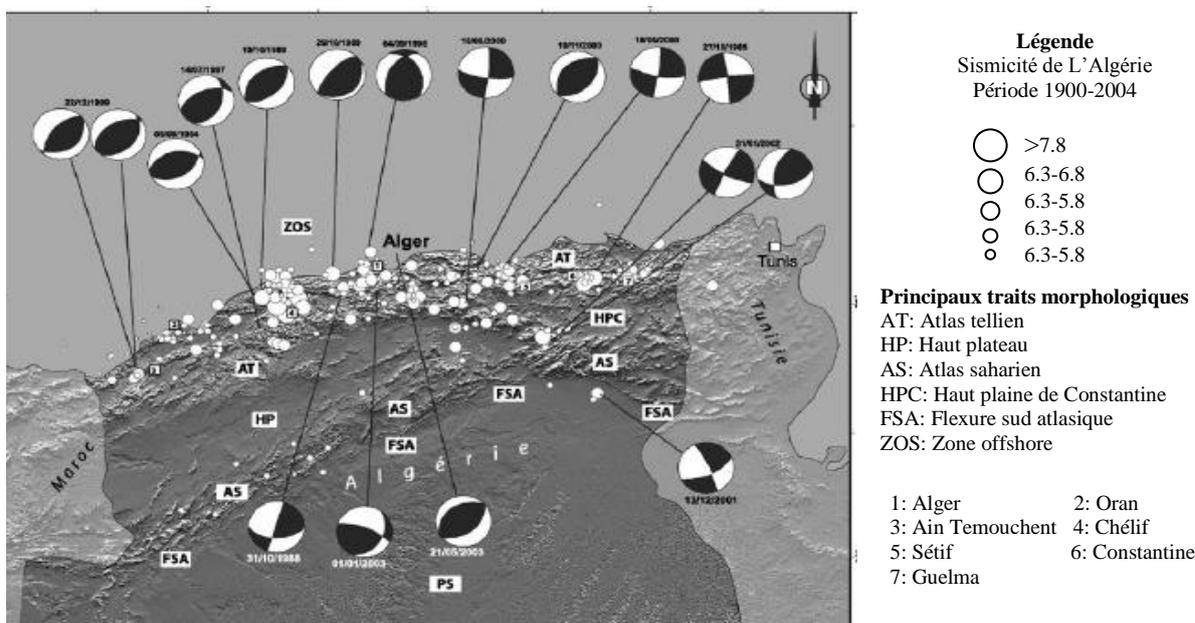


Figure 3.- Sismicité au nord de l'Algérie [7]

Les sondages traversant le miocène et le crétacé décèlent une disposition lithologique gréseuse, marneuse et argileuse, avec des niveaux en feuillets de gypse. Les niveaux susceptibles de représenter des aquifères productifs sont:

- La couverture quaternaire formée de sables et de graviers d'une épaisseur de 30 m, mais de moindre importance du fait qu'elle est souvent associée à une éventuelle pollution,
- Un deuxième aquifère potentiel où il est signalé une perte totale, représentée par les grès fissurés,
- Le substratum marno-calcaire à la périphérie du bassin [8].

4.- Matériels et méthodes

L'étude hydrologique se base essentiellement sur les apports liquides, les apports solides et le débit de crue. Le programme de reconnaissance géotechnique concernant l'étude de la faisabilité de la digue de Foug Toub et des matériaux d'empreint a nécessité 13 puits de profondeurs de 02-03m, 6 pour la digue et 7 pour les matériaux d'empreints. Les échantillons récoltés permettent d'effectuer les essais de laboratoire physique et mécanique [2].

L'étude géotechnique effectuée est basée sur les essais en laboratoires tels que, la granulométrie, les paramètres physiques, les essais de compressibilité, les essais de cisaillement, la granulométrie-sédimentométrie, la densité et teneur en eau, analyse chimique, l'équivalent de sable et l'essai de Proctor [2].

5.- Résultats et discussion

5.1.- Hydrologie

Paramètres de forme et de relief

L'étude hydrologique entreprise dans la région a permis de calculer les différents paramètres de forme et de relief relatifs au bassin versant d'Oued Foug Toub. Ces derniers sont résumés dans le tableau I. Le bassin versant de cette retenue est allongée avec une pente assez faible et un réseau hydrographique dense d'où la faisabilité de cet ouvrage (une petite à moyenne retenue collinaire) hydraulique d'un point de vue morphologique. (fig. 4).

Tableau I.- Paramètres de forme et de relief du bassin versant d'Oued Foug Toub [2]

Paramètre	Symbole	Valeur	Unité
Surface	S	41,64	km ²
Périmètre	P	31,08	km
Longueur du talweg principal	L _p	9,62	km
Indice de compacité de Gravelus	Kc	1.36	/
Longueur du rectangle équivalent	L	12.11	km
Largeur du rectangle équivalent	I	3.44	km
Indice de pente globale	I _g	34.77	m/km
Dénivelé spécifique	D _s	224.36	M
Temps de concentration	T _c	2.89	H
Densité hydrographique	D _h	12.44	Affluents/km ²

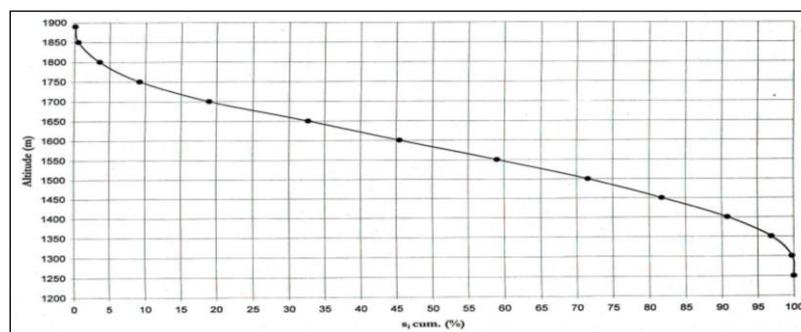


Figure 4.- Courbe Hypsométrique du bassin versant d'Oued Foug Toub [2]

Pluviométrie

La variation de l'intensité de pluie en fonction du temps pour différentes fréquences (fig. 5) est résumée dans le tableau II.

Tableau II.- Intensité de pluie en fonction du temps pour différentes périodes de retour [2]

10 ans							
Durée de la précipitation (min)	5	10	20	30	60	90	120
P_t (mm)	14.43	18.14	22.81	26.07	32.77	37.46	41.19
I_t (l/s/ha)	481.01	302.34	190.09	144.84	91.03	69.37	57.21
20 ans							
Durée de la précipitation (min)	5	10	20	30	60	90	120
P_t (mm)	18.53	23.30	29.28	33.48	42.08	48.10	52.89
I_t (l/s/ha)	617.68	388.34	244.00	186.00	116.89	89.08	73.46
50 ans							
Durée de la précipitation (min)	5	10	20	30	60	90	120
P_t (mm)	24.57	30.89	38.83	44.39	55.79	63.78	70.13
I_t (l/s/ha)	819.02	514.84	323.59	246.62	154.98	118.11	97.40
100 ans							
Durée de la précipitation (min)	5	10	20	30	60	90	120
P_t (mm)	29.66	37.28	46.86	53.57	67.34	76.98	84.65
I_t (l/s/ha)	988.69	621.35	390.51	297.62	187.06	142.56	117.57

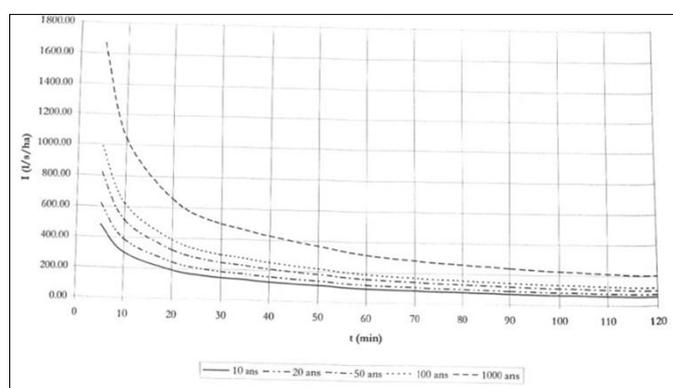


Figure 5.- Intensité de pluie en fonction du temps pour différentes périodes de retour [2]

Apport liquide et solide

L'apport moyen interannuel est estimé par la formule dite algérienne. La lame d'eau écoulée $L_e = 40,92$ mm, et l'apport moyen interannuel $\bar{A} = 1,7$ Hm³. La loi adoptée pour la détermination des apports liquides de fréquences données est la loi de GALTON [9] ou bien la distribution Log Normal [2]. Le tableau III résume les valeurs de ces apports pour des périodes de retour bien précises. L'apport moyen annuel solide de l'ordre de $T_a = 200,58$ tonne/km²/an est calculé par la formule de TIXERONT (1960) [10], sachant, qu'en Algérie, le taux d'abrasion varie de 130 à 2300 t/km²/an.

Tableau III.- Apport liquide fréquentiel [2]

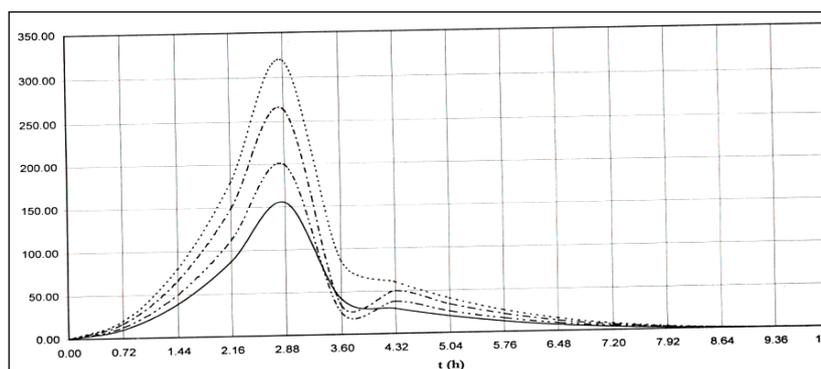
Périodes de retour (an)	100	50	20	10	5
f (%)	1	2	5	10	20
U	2,33	2,05	1,650	1,280	0,840
$\bar{A}_{f\%}$ ($10^6 m^3$)	4,28	3,79	3,18	2,70	2,23

Débit de crue

Le débit maximal de la crue est estimé par la méthode de SOKOLOVSKY [11] (tab. IV). Les valeurs de ce débit pour les différentes périodes de retour servent à l'établissement de l'hydrogramme de crue (fig. 6) qui permet de déterminer les caractéristiques de la crue: forme, volume, temps de montée et temps de décrue.

Tableau IV.- Débit maximal de la crue pour différentes périodes de retour [2]

Périodes de retour (an)	10	20	50	100
Q_{max} (m^3/s)	156.11	200.49	265.81	320.82

**Figure 6.-** Hydrogramme de crue pour différentes périodes de retour [2]

5.2.- Géotechnique

Les sédiments puisés dans les différents puits de la digue et la cuvette donnent au sommet des alluvions, des galets et des graviers polygéniques, à la base des marnes en plaquettes, frittées généralement humides, donnant au substratum les caractéristiques d'un sol imperméable. Seul un échantillon pris à la rive Ouest, présente des caractéristiques favorables à une zone d'empreint. Les autres échantillons montrent des proportions assez élevées du pourcentage de calcium, leur donnant la composition minéralogique d'une roche marneuse [2].

5. 2.1.- Les fondations

Granulométrie

Les essais granulométriques montrent que les formations profondes (1-2m) sont des sols fins argilo limoneux avec une teneur en $CaCO_3$ de 29-30%. La couche sous jacente est

constituée par des marnes dures, compactes et imperméables.

Essais de cisaillement

Les valeurs de ces essais vont dans le sens de l'implantation de cette retenue. La capacité portante indique que ce sol est bon pour un tel ouvrage (10-12m de hauteur).

Analyses chimiques

Les analyses montrent un sol non agressif, donc, le substratum ne présente aucun danger pour les fondations. Concernant l'implantation de cette digue à cet endroit, les essais de laboratoires sont favorables et convergent vers un résultat positif.

5. 2.2.- Zone d'emprunt

Les essais de laboratoire: analyse granulométrique, sédimentométrie, densité et teneur en eau, équivalent de sable, essai de Proctor et analyse chimique, effectués sur les matériaux de prélèvements (n°4) retenus pour la zone d'emprunt montrent les caractéristiques suivantes [2]:

Granulométrie-Sédimentométrie

L'analyse montre une courbe étalée allant des graviers à l'argile (fig. 7) avec un pourcentage des éléments fins (Argile-Limon-Sable fin de l'ordre de 72%) à diamètre compris entre 2 μ et 0.2mm, et un pourcentage d'éléments grossiers (gros sables-graviers de l'ordre des 8%), avec un diamètre situé entre 2.00mm et 20mm (tab. V).

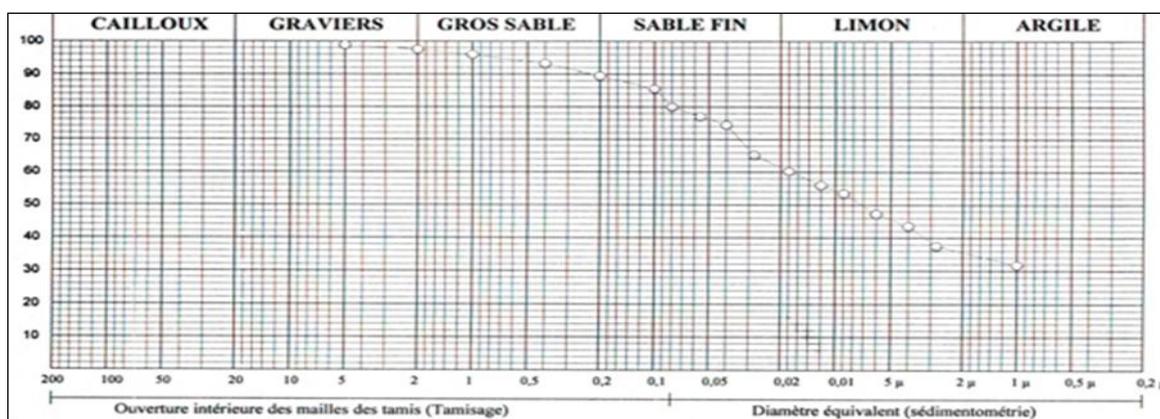


Figure 7.- Analyse granulométrique [2]

Tableau V.- Diamètres et pourcentages des différents éléments

Puits/sondages		Prélèvement n°4
Profondeur en -m-		0.5 m
Granulométrie %	0.08 mm	80.00%
Argile	d<2 μ	36%

Limon	$0.02\text{mm} < d < 2 \mu$	26%
Sable fin	$0.2\text{mm} < d < 0.02\text{mm}$	28%
Gros sable	$2.00\text{mm} < d < 0.2\text{mm}$	8%
Graviers	$20\text{mm} < d < 2\text{mm}$	2%
Cailloux	$d > 2\text{mm}$	-

Densité et teneur en eau-Analyse chimique

Les analyses chimiques effectuées sur le prélèvement n° 4 montrent un sol fortement carbonaté ($\text{CaCO}_3 = 60.00\%$). Les valeurs de la densité humide ($\gamma^h = 1.58$) et la densité sèche ($\gamma^d = 1.51$), indiquent un sol moyennement dense et non saturé.

Equivalent de sable Essai de Proctor

L'équivalent de sable a donné une valeur de 35.77% indiquant un sol peu plastique, identifiant des argiles sableuses sensibles à l'eau. L'essai proctor donne une teneur en eau $W_{opt} = 12.74$ et une densité sèche $\gamma^d_{max} = 1.67\text{t/m}^3$. Ces résultats indiquent que le matériel est acceptable comme matériel d'empreint. Selon la classification RTR, ce matériel se situe en classe A_2 , regroupant des sols sableux fins argileux, limoneux, argileux et marneux peu plastiques, localisé sur les terrasses du quaternaires (fig. 8).

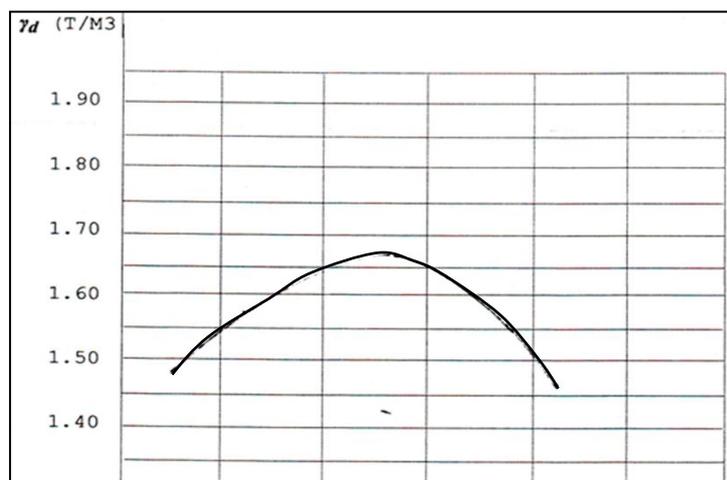


Figure 8.- Proctor normale [2]

Conclusion

L'étude hydrologique du bassin versant de Oued Foug Toub montre qu'il est petit, type allongé, ayant un relief fort et un réseau hydrographique dense. La courbe hypsométrique montre que la tranche de la surface ayant une pente modérée à assez faible est la plus importante, d'où morphologiquement, le site est convenable pour une éventuelle réalisation d'un ouvrage de retenue d'eau. Du point de vue alimentation en eau, l'apport liquide est admissible pour un petit ouvrage, mais il faut prendre en considération le taux d'abrasion qui est assez important.

Le volume d'apport solide pour la période de vie de l'ouvrage est supérieur au volume d'apport d'eau susceptible d'être emmagasiné par la retenue. De ce fait, cet ouvrage est irréalisable hydrologiquement et économiquement, compte tenu de la limite de la hauteur. Si on envisage le même site pour cette réalisation, il est recommandé d'effectuer des solutions en amont pour diminuer le taux des solides et de transformer cette retenue en un petit barrage compte tenu de l'importance des apports liquides. Les résultats géotechniques montrent que le sol présente des caractéristiques satisfaisantes pour son utilisation au niveau de la digue.

Références bibliographiques

- [1].- Djaiz F. 2011.- Le Bassin néogène de Timgad : Etudes Sédimentaire et Tectonique (Algérie nord-orientale). Thèse de doctorat ès sciences, Université de Constantine, 260 p.
- [2].- Djaiz F., Athamena M., Athamena A., 2006.- Etude de la retenue collinaire a vieux Foug Toub. Rapport pour le compte de la DHW de Batna:1-21.
- [3].- Ghandriche H., 1991.- Modalités de la superposition de structures de plissement – chevauchement d'âge alpin dans les Aurès (Algérie). Thèse de l'Université de Paris-Sud, centre d'Orsay, 189 p.
- [4].- Laffitte R., 1939. - Etude de la géologie de l'Aurès. Doctorat ès Sciences Paris, Bulletin Service Carte Géol. Algérie, 1^{re} série, n° 15, 484 p.
- [5].- Guiraud R., 1977.- Evolution post-triasique de l'avant-pays de la chaîne alpine en Algérie, d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines. Doctorat ès sciences, Nice, 270 p.
- [6].- Karnik V., 1969.- Seismicity of the European Area Part 1. Ed. Prague and Dordrecht-Holland, 364 p.
- [7].- Yelles-Chaouche A., Boudiaf A., Djellit H. et Bracene R., 2006.- La tectonique active de la région nord-algérienne. Elsevier, Comptes Rendus Géoscience: 126–139.
- [8].- E.NA.GEO., 1993. Etude géophysique par sondages électriques verticaux dans les régions de Tazoult-Timgad et Ouled Fadhel. Rapport pour le compte de la DHW de Batna: 17-27.
- [9].- Chow V.T. 1954.- The log-probability law and its engineering application. Proc. Am. Civil Eng., vol. 80: 1-25.
- [10].- Tixeront J., 1960.- Les débits solides des cours d'eau d'Algérie et de Tunisie. Etude hydrologique. Série II, Secrétariat agricole, Tunis: 117-121
- [11].- Browzin B., Pardé M., 1956.- Sur les régimes des rivières caucasiennes septentrionales. Revue de géographie alpine, 44 (3) : 539-583.