

---

# Auscultation géologique d'un sous-sol rocheux par l'application de l'imagerie sismique et des sondages carottés. Cas des appuis du barrage de Tabellout- Jijel- Algérie.

M. Tekkouk<sup>1</sup> ; J.Martinez<sup>2</sup> ; R.Benzaid<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Université de Jijel – L.G. G ; tekkouk@yahoo.com

<sup>2</sup>INSA de Rennes-LGCGM ; juan.martinez@insa-rennes.fr

<sup>3</sup>Université de Jijel – L.G. G ; benzaïd\_riad@yahoo.fr.

---

*RÉSUMÉ. . De nos jours les études de glissements de terrains, d'instabilités et d'éboulements de massifs rocheux... font souvent appel aux méthodes géophysiques (prospection électrique, sismique, radar géologique, tomographie). L'utilisation combinée de certaines de ces méthodes permet dans la majorité des cas d'apporter des éléments de réponses aux problèmes rencontrés sur site et de procéder à leur résolution. En effet, le site du barrage en béton de Tabellout sis à Jijel en Algérie, très tectonisé a connu d'importants mouvements de masses. A travers le présent travail, nous mettrons en relief l'intérêt de la combinaison des résultats obtenus par la sismique réflexion et les sondages mécaniques carottés, appliqués sur les lieux. Ainsi donc sera établie une approche qualitative globale de l'état physique et de la fracturation des formations susceptibles d'engendrer de nouveaux mouvements ou glissements de masse lors des futures sollicitations hydriques ou sismiques*

*ABSTRACT. Nowadays landslides studies of instabilities of rock masses often use geophysical methods (electrical resistivity, seismic, geological radar, and tomography). The combined use of some of these methods allows in most cases to provide answers to the problems encountered on site and to resolve them. Indeed, the Tabellout dam site located in Jijel , Algeria being very tectonized has undergone significant mass movements. Through this work, we will highlight the benefit of combining the results of seismic refraction and cored mechanical surveys from the site. Thus, a comprehensive qualitative approach to physical and fracturing of formations is established that can give rise to new mass movements or landslides under future hydric or seismic actions.*

*MOTS-CLÉS : Appuis rocheux, tomographie sismique, sondages carottés, fracturation, barrage de Tabellout.*

*KEY WORDS: Rock supports, seismic tomography, cored survey, fracturing, Tabellout dam.*

---

## 1. Introduction

C'est aux environs de Texenna, village situé au Sud-Est de la ville de Jijel (Algérie), à l'entrée des gorges escarpées des Djebels<sup>1</sup> Tabellout-Fortassa, sur le cours de l'Oued Djendjen, que les travaux de finition du barrage en béton (BCR) de Tabellout ont lieu actuellement.

Connue par sa complexité géologique et les phases tectoniques qu'elle a subies, la région de Jijel comme beaucoup d'autres régions du Tell algérien a su garder en son sein les profondes traces (failles, plis...) des différents événements tectoniques traversés.

Tel qu'il se présente, et au regard de ses caractéristiques géomorphologiques, géologiques et géotechniques, et des derniers éboulements et glissements de terrain qui ont eu lieu en pleine phase d'aménagement et de préparation des lieux, le site en question risque à l'avenir de connaître de nouveaux glissements.

Nous comptons, à partir de l'exploitation et de la synthèse des données en notre possession (carte topographique, géologique, données sismiques, sondages carottés...) mettre en relief l'état et les caractéristiques mécaniques et physiques des appuis de la digue et faire prendre conscience aux responsables des risques liés à la géologie [CAS 10], et qui pourraient affecter les versants, une fois lancée la mise en eau du barrage.

## 2. Présentation du site

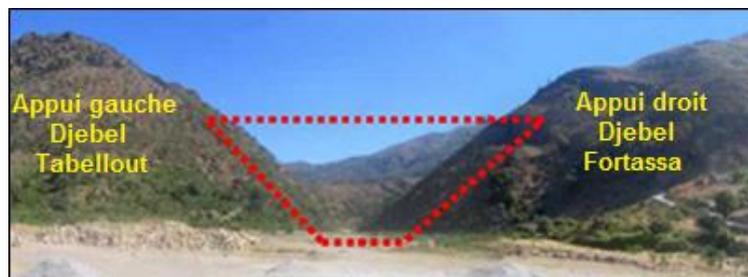
La zone intéressée par notre étude est un ensemble montagneux appartenant aux reliefs de Texenna ou reliefs situés au Sud – Est de la ville de Jijel (Figure 1 a et b).



**Figure 1 a et b.** Situation géographique du site étudié.

C'est en creusant son lit à travers les sommets montagneux du Sud Est de Texenna que l'Oued Djendjen a façonné le paysage et séparé définitivement par des gorges (ou canyons) très encaissées, les djebels de Tabellout et de Fortassa. C'est en ces lieux même, à l'entrée du canyon, qu'il a été décidé de l'implantation de la digue du barrage (Figure 1c) ayant pour caractéristiques :

- Barrage en BCR
- Longueur : 366 m
- Hauteur : 112 m
- Largeur en crête 8m



**Figure 1 c.** Site du barrage de Tabellout.

<sup>1</sup> Djebel : Montagne.

### 3. Géologie régionale

Le territoire de la wilaya de Jijel fait partie de la petite Kabylie occidentale. Cette dernière qui appartient à la branche Sud de la chaîne alpine appelée "les Maghrébides" [DOM 06] s'étend sur environ 2000 km. Subdivisées en deux grands domaines, les Maghrébides (Figure 2) présentent :

- un domaine interne : comportant les formations cristallophylliennes du socle et la dorsale Kabyles.
- un domaine externe : comportant les formations de type flysch et les formations telliennes.

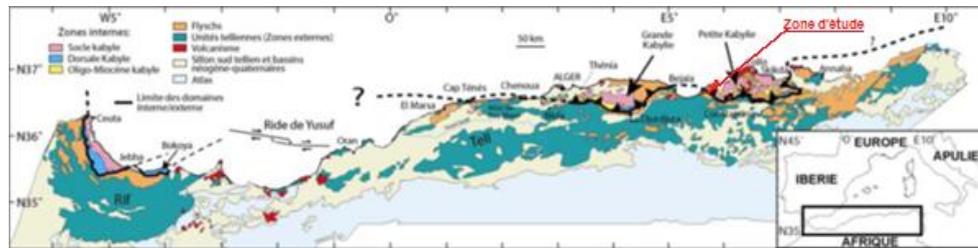


Figure 2. Unités géologiques des Maghrébides [DOM, 06]

#### 3.1. Géologie du site de Tabellout

L'esquisse géologique présentée en Figure 3 [TEK 13] présente les différentes formations géologiques de l'assiette du barrage de Tabellout. C'est au pied des djebels Tabellout et Fortassa que les eaux de l'Oued Djendjen et ceux de l'Oued R'ha convergent pour traverser les épaisses formations du complexe volcano-sédimentaire [BOU 77] puis celles du socle métamorphique avant d'aller rejoindre la plaine alluviale puis la mer Méditerranée au Nord.

Parmi les formations géologiques du site (Figure 3), seules les caractéristiques géologiques de la formation du complexe volcano-sédimentaire seront ici définies, car c'est cette formation qui servira d'appuis à la digue du barrage et c'est au niveau de cette dernière que les phénomènes de glissement se sont déclenchés.

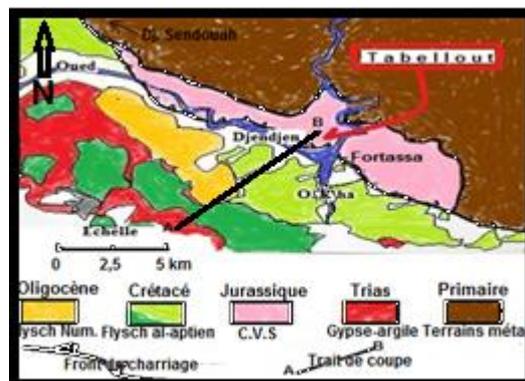


Figure 3. Esquisse géologique du site de Tabellout. [TEK 13]

#### 3.2. Le complexe volcano-sédimentaire

Les formations du complexe vulcano-sédimentaire notées aussi CVS ont une épaisseur d'environ 1000 m et s'étalent d'Est en Ouest entre les Djebels Fortassa et Sandouah sur 16 km. Elles sont chevauchées par les formations du socle kabyle et reposent à leur tour par un contact anormal sur les flyschs massyliens (Figure 4). Pour [BOU 77], le complexe volcano-sédimentaire représente le substratum jurassique du flysch maurétanien. Il comporte de la base au sommet :

- ensemble basal.

Une épaisse série d'environ de 200 à 300 m constituée de roches vertes, de basalte en pillow-lavas et de gabbro.

- ensemble sommital.

D'une épaisseur d'environ 150 à 200 m, cet ensemble divisé en deux termes montre :

- un premier terme (basal), d'épaisseur très réduite (50 m) constitué de niveaux de basalte doléritiques et des niveaux quartzo-pélitiques de teinte vert-jaune ou noir violacé riches en mica blanc.

- *un deuxième terme (sommatal)* formé d'une alternance de calcaires centimétriques à décimétriques de teinte claire et de cal- schistes satinés.

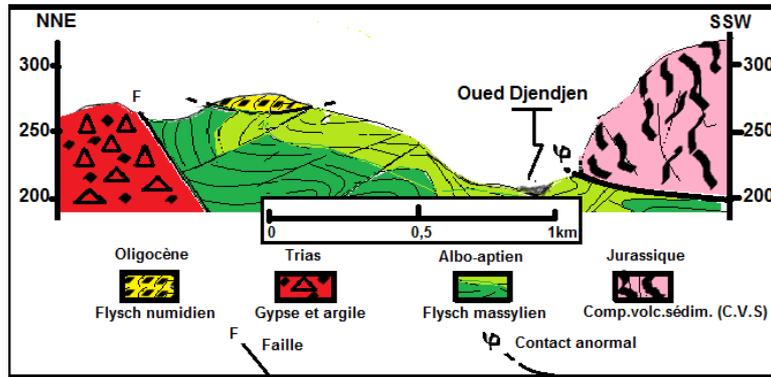


Figure 4 : Coupe géologique des environs du site de Tabellout.

### 3.3 La fracturation du site du barrage

La consultation de la carte géologique du site établie par [EHR 22- 41] et celle de [DEL 53] ne laisse apparaître que le grand accident (chevauchement C1) NW-SE et quelques timides traces de la fracturation. Bien d'autres importants accidents aux environs immédiats du site existent et méritent d'être cartographiés. En effet, l'interprétation des photos aériennes, l'étude des textures et nos propres observations ont permis de confirmer et de compléter quelques peu ; les cartes et les données de la fracturation du site étudié.

Ainsi, la carte obtenue (Figure 5) met en évidence la répartition de la fracturation liée pour l'essentiel à la compression (rapprochement) Europe - Afrique. En effet, en plus des fronts de charriage NW-SE « C1 et C2 » limitant l'avancée des nappes du socle kabyle sur le CVS, celle de ce dernier (CVS) sur les flyschs albo-aptiens, et quelques autres failles de même direction, deux nouvelles familles de failles apparaissent nettement sur la carte, ce sont:

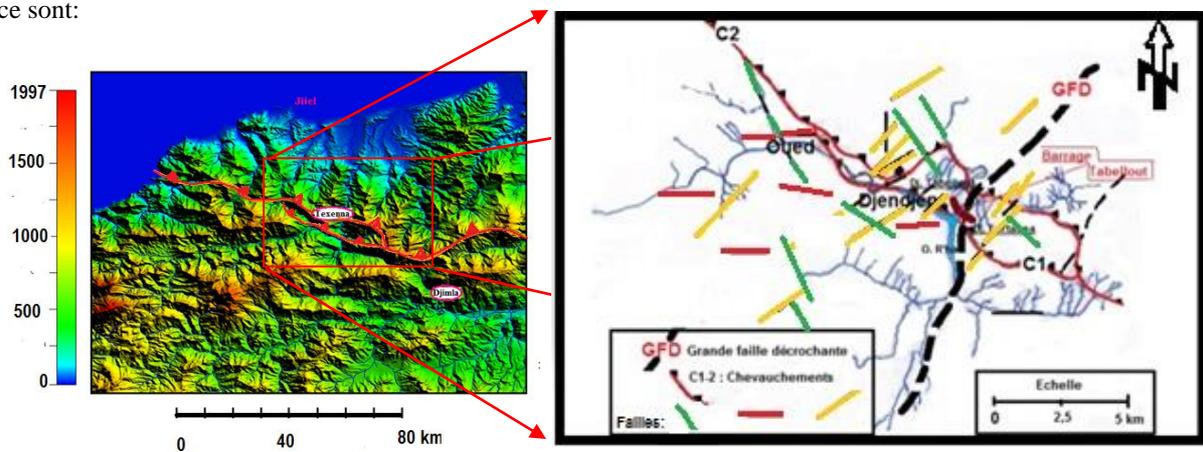
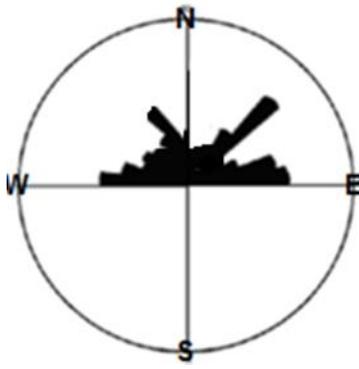


Figure 5 : Fracturation au niveau du site de Tabellout. [TEK 12]

- les failles de direction NE-SW parallèles à la grande faille décrochante dextre « GFD » qui coupe l'axe du barrage.
- les failles de direction E-W parallèles au cours de l'oued Djendjen dans sa partie occidentale.

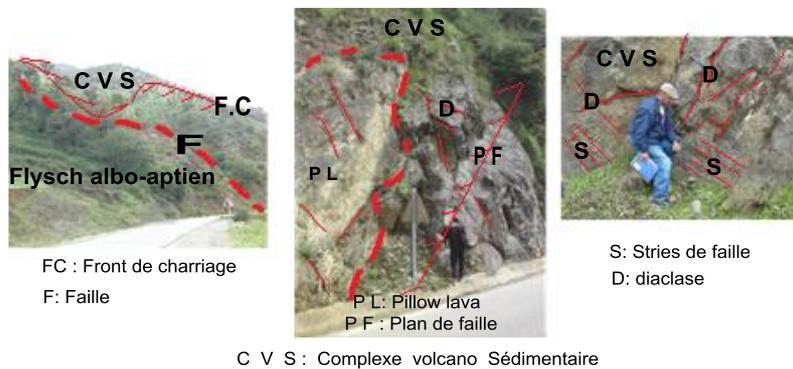
Le diagramme de mesures des linéaments tectoniques du site (Figure 6) donne la fréquence pour chacune des familles de failles précédemment définies. En effet, toutes les directions y sont représentées, et la concentration de toute cette fracturation aux alentours immédiats du site du barrage risque, en plus de problèmes de glissements et éboulements de masse déjà connus, de poser de sérieux problèmes d'étanchéité au niveau de l'assiette lors de sa future mise en eau et aussi lors de son exploitation.



**Figure 6.** Représentation de linéaments tectoniques du site de Tabellout

Outre les failles répertoriées responsables de la fragmentation des roches, les formations du site peuvent être subdivisées par des surfaces inter-stratigraphiques (joints), des fissures, ou toutes autres sortes de surfaces de discontinuité. La géométrie des discontinuités, leurs variations d'ouverture, leurs extensions et l'interconnexion entre elles laissent présager une situation hydrodynamique très complexe au niveau de l'assiette, et déstabilisante pour les massifs proches de la digue et pour ceux qui surplomberaient le futur plan d'eau.

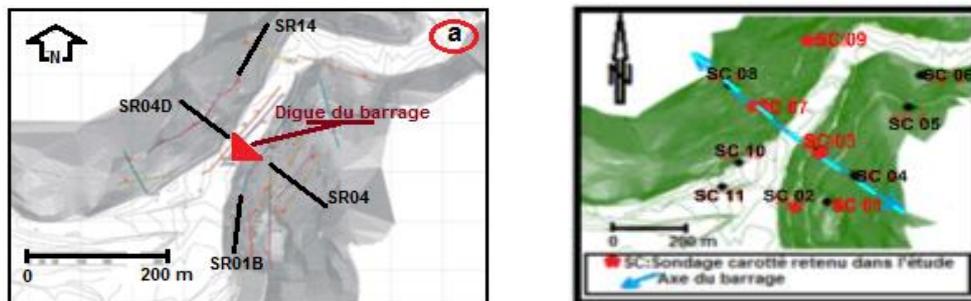
Les photos de la Figure n°7 illustrent parfaitement l'hétérogénéité des structures et l'importance de la fracturation des lieux.



**Figure 7.** Hétérogénéité et fracturation des formations géologiques en rive gauche du barrage.

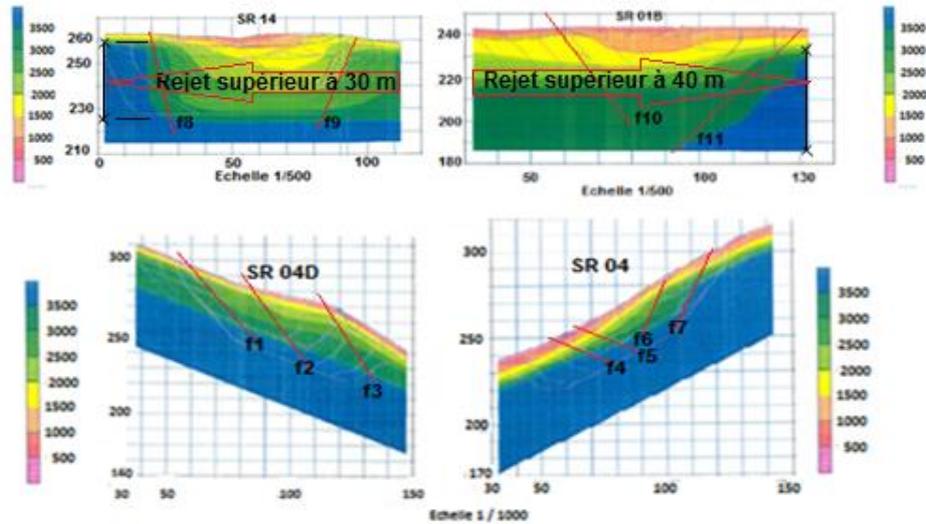
#### 4. Tomographie sismique

Le bureau Suisse [RBR 10] de géophysique a réalisé en Juillet et Août 2010, sur le site du barrage de Tabellout, 24 profils de sismique réfraction d'une longueur totale de 3060 m dont quatre (4) d'entre eux sont représentés sur la Figure 8a. Par ailleurs des sondages carottés ont également été effectués aux environs proches des profils précédents (Figure 8b)



**Figure 8.** Implantation des profils sismiques (a) et des sondages carottés (b) [(a) : [RBR 10] ; (b) : [RAZ 10]

La campagne effectuée avait pour objectif de déterminer l'épaisseur des différents horizons prospectés. Les quatre (4) images tomographiques choisies pour illustrer le présent travail sont données sur la Figure 9.



**Figure 9 . Images tomographiques du site de Tabellout [RBR 10]**

A la lecture des images tomographiques on peut facilement déceler un modèle vertical de vitesses en 3 couches[GRA 06] où nous avons (Figure 9) : une première couche superficielle ou d'altération ( quaternaire) aux vitesses faibles, inférieures à  $500 \text{ ms}^{-1}$  et pouvant atteindre les  $1000 \text{ ms}^{-1}$ , avec une épaisseur variant entre 0 et 10 m; une deuxième couche aux vitesses comprises entre  $1000$  et  $3000 \text{ ms}^{-1}$ , moins altérée et plus compacte que celle qui la couvre, faisant en moyenne entre 15 et 30 m d'épaisseur ; et enfin la troisième et dernière couche aux vitesses supérieures à  $3000 \text{ ms}^{-1}$  pouvant atteindre les  $4000 \text{ ms}^{-1}$ , d'épaisseur inconnue ( interface non atteinte) dépassant nettement la somme des épaisseurs des deux premiers terrains qui la couvrent. Elle correspond au substratum « sain ».

En plus des horizons aux différentes vitesses, les images tomographiques laissent apparaître des indices de fracturation du site prospecté. En effet, les images des profils SR14 et SR 01B (Figure 9) montrent des lignes de rupture (notées Fi) correspondant à des fractures verticales à sub-verticales atteignant le substratum et dont le rejet dépasse les 35 m. Les autres images des SR04D et SR04 montrent à leur tour de légères traces de fracturation. Les failles en ces lieux sont superficielles et à faible rejet ; le substratum n'y est que peu, ou pas du tout affecté.

### 5. Sondages mécaniques carottés.

Parmi les onze (11) sondages carottés (SC) réalisés en 2010 par l'entreprise [RAZ 10] sur le site du barrage de Tabellout, quatre (4) SC, forés au voisinage des profils sismiques (vus précédemment) ont été retenus. Ce sont : SC02, SC03, SC07, SC09 (Figure 8b et Tableau 1).

**Tableau 1. Caractéristiques des sondages mécaniques carottés.**

Sondage carotté	Situation	Nature	Longueur (m)	Formation géologique
SC02	Amont rive droite	vertical	60,00	Complexe volcano-sédimentaire
SC03	Appui en rive droite	Incliné : $310^\circ/20^\circ$ vers l'Oued	110,00	Complexe volcano-sédimentaire
SC07	Appui en rive gauche	Incliné : $310^\circ/15^\circ$ vers l'Oued	110	Complexe volcano-sédimentaire
SC09	Aval rive gauche	vertical	40,50	Complexe volcano-sédimentaire

Mis à part l'état des échantillons très fragmenté des premiers mètres de chacun des trois sondages (Figure 10), la suite des carottes laisse clairement apparaître la diversité des roches de la formation du CVS où on voit des roches vertes, des cal-schistes, des quartzo - phyllades ...

L'examen des carottes (Figure 10) montre un état de fragmentation très prononcé pour les 10 premiers mètres, la roche est complètement disloquée. Au-delà des 10 premiers mètres, plus on progresse en profondeur et plus la qualité des carottes s'améliore. Les échantillons sont moins fragmentés et les indices de fracturation se raréfient.



Figure 10 . Sondages carottés du site de Tabellout. [RAZ 10]

L'intense dislocation du rocher est ici confirmée par la valeur des RQD où nous avons une valeur très faible (inférieure à 25 %) pour les dix premiers mètres des sondages suivie par des échantillons en meilleur état où la valeur des RQD légèrement améliorée valant 50 à 75% peut être considérée comme passable.

De même, les investigations géophysiques par sismique réfraction montrent dans cette zone des surépaisseurs de terrains à faible vitesse ( $V < 2000$  m/s), qui atteignent 20 m jusqu'à 30 m, alors que dans les autres secteurs, en RD comme en RG, elles sont plutôt de 5 à 10 m d'épaisseur maximale.

Les SC qui ont permis d'avoir les caractéristiques mécaniques et l'état physique des roches rencontrées aux différents niveaux prospectés sont en parfaite concordance avec les résultats obtenus lors de la prospection sismique où, les vitesses en deçà des 1000 m/s correspondent parfaitement aux terrains superficiels totalement disloqués aux faibles valeurs de RQD, et les terrains aux vitesses comprises entre 1000 et 3000 m/s du deuxième horizon prospecté correspondent aux niveaux les moins dégradés observés sur les colonnes de sondages carottés.

## 6. Glissements de masse et éboulements.

Les photos présentées en Figure 11 (a) et (b) montrent l'état d'instabilité des rives droite et gauche avant le déclenchement des travaux d'aménagement et de construction du barrage.

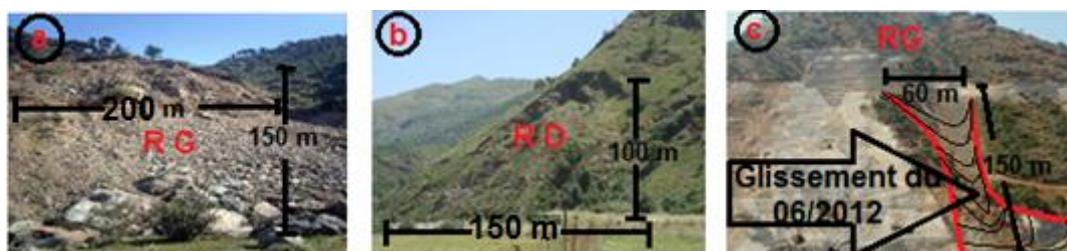


Figure 11 . Exemples de glissements sur site

La photo de la figure 11 (c) montre l'ampleur du glissement de la rive gauche qui a eu lieu en juin 2012 en pleine période de travaux de préparation du site.

## 7. Conclusion générale.

Malgré les limites imposées par les méthodes classiques utilisées pour relever la fracturation du site, les résultats obtenus permettent de conclure que la région étudiée se caractérise par un réseau de fractures très développé qui doit certainement se prolonger en profondeur.

Les sondages mécaniques ont, grâce aux carottes extraites, permis de confirmer l'existence et l'état physique des roches des trois horizons décelés par l'imagerie sismique. La coupe géologique qu'on peut établir avec une précision satisfaisante pour chacun des points forés complète on ne peut mieux le manque d'informations des images tomographiques

Le complément d'informations apportées par les carottes de sondages mécaniques aux résultats de la sismique réfraction aurait pu être amélioré par la connaissance de l'état hydrique des lieux prospectés. En effet, l'utilisation conjointe de la tomographie électrique et sismique aurait complété notre auscultation et nous aurait permis une meilleure compréhension des causes qui ont été à l'origine des instabilités constatées sur le site du barrage.

Au regard de la complexité géologique et des cicatrices tectoniques que recèle le site du barrage de Tabellout, de futures instabilités gravitaires potentielles au niveau des berges et des risques de fuite d'eau au niveau de l'assiette sont à craindre, compte tenu en outre, des futures sollicitations hydrauliques, mécaniques et sismiques probables. La synthèse ici réalisée des données géologiques et géotechniques permettra de procéder à des simulations numériques qui feront l'objet de nos futurs travaux pour une quantification des risques pressentis.

## 8. Bibliographie

- [BOU 77] BOUILLIN J-P et al.(1977) Données préliminaires sur le complexe volcano-sédimentaire de Rekkada Metléline (ex Texenna) en petite Kabylie (Algérie). Bulletin Soc. Géol. Fr.,(7)XIII, p 805 – 813, 8 fig., Paris.
- [BOU 77] BOUILLIN J-P et al.(1977) Données préliminaires sur le complexe volcano-sédimentaire de Rekkada Metléline (ex Texenna) en petite Kabylie (Algérie). Bulletin Soc. Géol. Fr.,(7)XIII, p 805 – 813, 8 fig., Paris.
- [CAS 10] CASTANIER G. Le Glissement de Vajont, ses enseignements et ses retombées pour EDF et les exploitants de barrages. *Revue française de Géotechnique* n° 131-132, p53-63, 2010.
- [DEL 53] DELGA M-D. Carte géologique des environs de Texenna (Petite Kabylie) au 1/50.000. Société Nouvelle de Cartographie- Paris 1953.
- [DEL 55] DELGA M-D. Etude géologique de l'Ouest de la Chaîne numidique. Thèse Doctorat Sci. Nat. Bulletin du Service de la carte géologique de l'Algérie. Série 2, Stratigraphie. Paris 1955.
- [DOM 06] DOMZIG A, « Déformation active et récente, et structuration tectono sédimentaire de la marge sous-marine algérienne » Tectonics. Université de Bretagne occidentale - Brest.2006 French.
- [EHR 22- 41] EHRMANN M..F., Carte géologique de TAMESGUIDA. Echelle 1/50.000
- [GRA 06] GRANDJEAN. G. et al, *Caractérisation de la structure interne et de l'état hydrique de glissements argilo-marneux par tomographie géophysique : l'exemple du glissement- coulée de Super-Sauze (Alpes du Sud, France)*, C.R, Géosciences 338 (2006).
- [GOO 16] Images satellitaires Google Earth 2016.
- [LAU 09] S. LAURENT, *Diagraphies instantanées et différées en forage. Les forages de reconnaissance* – Namur, le 10 février 2009.
- [MAR 99] J.L.MARI, D. CHAPPELLIER, *Géophysique de gisement et de génie civil*, CD-Rom, Editions Technip.1999.
- [RAZ 10] RAZEL-CMC, Rapport géotechnique : Barrage de Tabellout. 2010.
- [RBR 10] RBR géophysic. Rapport sismique réfraction : Barrage de Tabellout. 2010.
- [TEK 12] M. TEKKOUK, R. BENZAID. Fracturation et risque sismique au niveau du site du barrage de Tabellout, Texenna - Wilaya de Jijel. 1<sup>er</sup> Séminaire International sur les Risques et le Génie Civil, 26 et 27 novembre 2012, Université Hadj Lakhdar de Batna, Algérie. CD Proceedings.
- [TEK 13] M. TEKKOUK, R. BENZAID. Les Risques géologiques et géotechniques du futur barrage de Tabellout, Texenna- Wilaya de Jijel. International Congress on Materials & Structural Stability, 27-30 November 2013, University Mohamed V, Rabat, Maroc.