



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
scientifique
Université Larbi Tébessi - Tébessa



Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

Mémoire de master

Domaine: Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière: Géologie

Option: Géologie de l'ingénieur et Géotechnique

Thème :

Étude géophysique par trainée électrique et sismique
réfraction du barrage de Chebabta, Meskiana Wilaya
d'Oum El-Bouaghi

Présenté par:

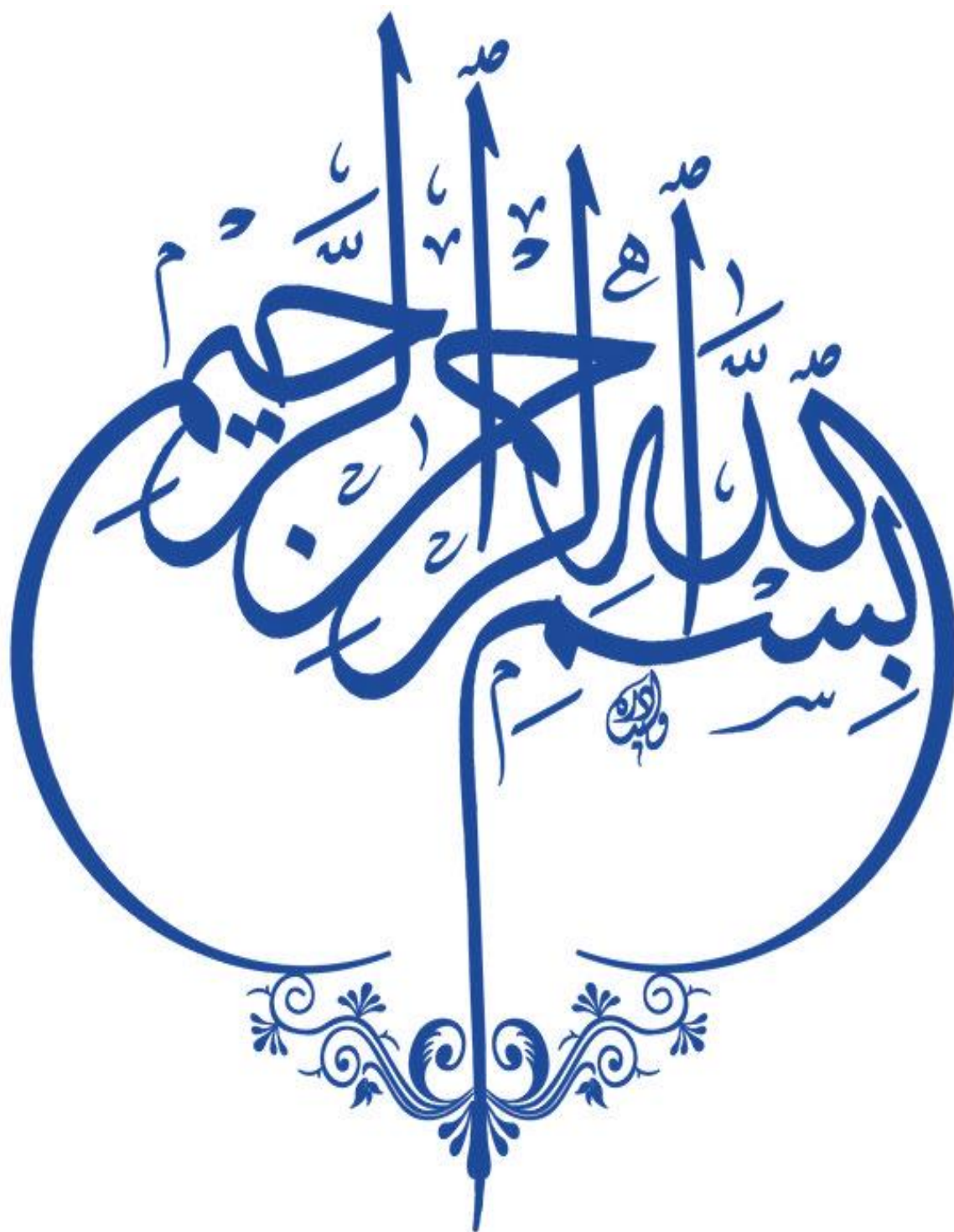
DOUAIFIA Walid & YOUSFI Chouaib

Devant le jury:

Ridha MOUICI	MCB	ULT Tébessa	Président
Djamel BOUBAYA	MCA	ULT Tébessa	Rapporteur
Chemseddine FEHDI	Professeur	ULT Tébessa	Examineur

Date de soutenance :

Année universitaire : 2019/2020



Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Allah qui nous a dotés une grande volonté et qui nous a aidés et nous a donné le courage, la force et la patience d'accomplir ce travail.

Ce mémoire n'aurait jamais pu voir le jour sans le soutien actif d'un certain nombre de personnes que nous tenons à remercier

A notre cher encadreur, **Mr BOUBAYA Djamel** pour l'attention qu'il nous a accordé et pour nous avoir orientés dans le bon sens quant à l'élaboration de ce projet

À nos chers parents pour tous les sacrifices consentis à notre égard et leur énorme soutien.

À toutes nos familles et nos proches amis (es),

Aux membres de jury pour l'intérêt qu'il a porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir.



Résumés

Résumé

Le barrage de Chebabta est situé à une dizaine de kilomètres au Nord de la ville de Meskiana. L'axe du barrage est localisé au droit d'un resserrement topographique formé par la présence de bancs calcaires en rive gauche et en rive droite de l'oued Meskiana. La géologie du site est composée (1) du Cénomaniens à dominante marneuse, (2) du Turonien composé de calcaires et marnes et (3) des alluvions récentes déposés dans le fond de la vallée de l'oued. Une étude géophysique par trainée électrique, sondage électrique vertical (SEV) et sismique réfraction a été réalisée sur le site du barrage pour définir la limite entre la couverture superficielle et le rocher sain. La sismique réfraction a permis de détecter 2 à 3 terrains. Les deux premiers terrains correspondent généralement à des alluvions ou à des roches altérées. Le dernier terrain caractérise le substratum ou le rocher sain. Le trainé électrique avec deux longueurs de lignes AB=15 m et AB=45 m a permis d'explorer les alluvions à deux profondeurs d'investigation tout en restant hors du substratum qui n'était pas la cible des investigations. La prospection géo-électrique en mode trainée électrique et sondage électrique vertical (SEV) a permis de définir l'extension latérale et en profondeur de la partie riche en argile sur la zone des alluvions

Mots clés

Barrage, Méskiana, Trainée électrique, sondage électrique vertical (SEV), sismique réfraction

Abstract

The Chebabta dam is located about ten kilometers north of Meskiana City. The axis of the dam is in the right side of a topographical narrowing formed by the presence of limestone beds on the left bank and on the right bank of the Meskiana oued. The geology of the site is composed of (1) the Cenomanian that is predominantly marly, (2) the Turonian composed of limestone and marls and (3) recent alluvium deposited in the bottom of the valley of the oued. A geophysical study by electrical mapping, Vertical electrical sounding (VES) and seismic refraction was carried out on the dam site to define the limit between the surface cover and the bedrock. Seismic refraction made it possible to detect 2 to 3 layers. The first two layers generally correspond to alluvium or altered rocks. The last ground characterizes the substratum and the bedrock. The electric mapping with two lengths of lines $AB = 15$ m and $AB = 45$ m made it possible to explore the alluvium at two investigation depths while remaining outside the substratum which was not the target of the investigations. The geo-electric prospecting with electric mapping and vertical electrical sounding (VES) methods allowed defining the lateral extension and depth of the parts rich in clay on the alluvial zone.

Key Words

Dam, Meskiana, electric mapping, Vertical electrical sounding (VES), seismic refraction

ملخص

يقع سد شبابطة على بعد عشرة كيلومترات شمال مدينة مسكيانة. يقع محور السد على يمين التضيق الطبوغرافي الذي شكله وجود ضفاف من الحجر الجيري على الضفة اليسرى وعلى الضفة اليمنى لوادي مسكيانة. تتكون جيولوجيا الموقع من السينوماني في الغالب جيري، (2) التوروني المكون من الحجر الجيري والمارن و (3) الطمي حديث الترسيب في قاع الوادي.

أجريت دراسة جيوفيزيائية عن طريق السحب الكهربائي والسبر الكهربائي العمودي والانكسار الزلزالي في موقع السد لتحديد الحد الفاصل بين الغطاء السطحي وصخرة الصوت. ومكّن الانكسار الزلزالي من اكتشاف 2 إلى 3 مواقع. تتوافق التضاريس الأولين بشكل عام مع الطمي أو الصخور المتجمدة. يميز التضاريس الأخيرة الطبقة السفلية أو الصخور السليمة. إن السحب الكهربائي بطول خطين $AB = 15$ م و $AB = 45$ م جعل من الممكن استكشاف الطمي على عمقين استقصائيين مع البقاء خارج الطبقة التحتية التي لم تكن هدفًا للتحقيقات.

سمح التنقيب الجيوكهربائي في وضع السحب الكهربائي والسبر الكهربائي العمودي (SEV) بتحديد الامتداد الجانبي وعمق الجزء الغني بالطين في المنطقة الغرينية.

الكلمات الدالة

السد ، مسكيانة ، السحب الكهربائي ، السبر الكهربائي العمودي (SEV) ، الانكسار الزلزالي



Sommaires

TABLE DE MATIERES

	Page
Remerciements	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Sommaires	I
Introduction générale	1
Chapitre I	
1-CADRE GENERALE	1
1-1-Situation géographique	3
1-2-Réseau hydrographique	3
1-3- Couverture végétale	3
1-4- Géomorphologie	4
1-4-1- Topographie	4
1-4-2- La plaine	4
1-5- Aperçu socio- économique :	4
Chapitre II	
2- Géologie	7
2-1-INTRODUCTION	7
2-2 Aspect stratigraphique	9
2-2-1 Le crétacé inférieur	9
2-2-2 Les formations aptiennes	10
2-2-3 L'Albien	11
2-2-4 Le Vraconien	11

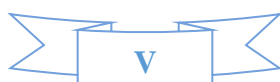
2-2-5 Le Céno manien	11
2-2-6 Le Turonien	12
2-2-7 Le Sénonien	13
2-2-8 Le Miocène,	13
2-2-9 QUATERNAIRE:	14
2-2-10 Le Plio-Quaternaire	14
2-3 APERCU TECTONIQUE	14
2-4 Conclusion	16
Chapitre III	
3.Géologie du site	18
3.1. Géomorphologie	18
3.2. Stratigraphie et ensembles lithologiques	19
3.3. Cartographie des faciès lithologiques	22
3.4. Fracturation	25
3.5. Hydrogéologie Générale	27
3.6. GEOLOGIE DU RESERVOIR	29
3.6. Stabilité, morphologie	31
3.7. Etanchéité, carottages	31
3.8. Potentiel pour matériaux d’emprunts.	35
3.9. Présence d’hydrocarbures	35
3.10. Carottages, Sondages, Géométries	38
Chapitre IV	
4 Méthodologie	46
4.1. Acquisition et traitement des données	46
4.2. Méthode sismique :	46
4.3. Prospection électrique :	49

4.4. Traitement des sondages électriques	50
1.3 Modélisation	51
1.3.1 Modélisation sismique	51
1.3.2 Modélisation électrique d'un contact vertical.	55
Chapitre V	
6.1 Sismique	61
6.2 Electrique	62
6.3 Analyse	68
Conclusion	
Conclusion générale	
Références	
Annexes	

LISTE DES FIGURES

n	Titre	Page
1	Localisation du barrage de Chebabta sur Google Earth 2020	4
2	Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellègue	8
3	Esquisse tectonique de la région de Meskiana, J.M.VILA (1980).	15
4	Coupe lithologique type utilisée pour le site et les études d'ingénierie	21
5	Carte géologique des abords du site (tiré de l'institut géologique algérien.) Sans échelle.	23
6	Stéréogramme de projection des plans de pendages (Traces cyclographiques, Diagramme de Wulf, hémisphère inférieur)	24
7	Fin débit tectonique des marnes	25
8	Stéréogramme de la fracturation sur l'ensemble du site (Diagramme de Wulf, hémisphère inférieur).	26
9	Emprise du réservoir vis-à-vis de la géologie et position des forages d'investigation	27
10	Emprise du réservoir vis-à-vis de la géologie	30
11	Coupe schématique de la cuvette	31
12	Logs des forages réalisés dans la zone d'emprunt, Lithologie, essais lugeon (rouge) RQD (bleu)	33
13	Esquisse hydrogéologique du bassin versant de la Meskiana, le site dans le cercle noir. (Tiré de GOUAIDIA Layachi 2008).	34
14	Affleurement de marnes à odeur fétide à la cassure à l'amont du site	36
15	Carottes de marnes noires avec hydrocarbures (carotte du bas).	37
16	Coupe AA, rive gauche-rive droite à limite amont du futur ouvrage en béton	39

17	Coupe BB, rive gauche-rive droite au centre du futur ouvrage en béton	40
18	Coupe CC, Amont – Aval en Rive gauche en pied de talus	41
19	Coupe DD Amont – Aval en Rive gauche	42
20	Coupe EE, Amont – Aval en rive droite	43
21	Légende de la lithologie des logs	44
22	Summit X Stream Pro (DMT)	47
23	Schéma d'acquisition du profile sismique (Onde P).	48
24	Dromochronique du PS02	49
25	Système d'imagerie électrique SARIS	49
26	Exemple d'assemblage de la courbe du sondage électrique SE15	51
27	dromochronique ou hodochrone d'un bi-couche (2 couches), d'après Magnin et Bertrand, 2005.	52
28	réponse du modèle sismique théorique à 2 couches horizontales	54
29	réponse du modèle sismique théorique à 3 couches horizontales	55
30	réponse théorique du contact vertical Wenner (AB=15 m)	57
31	réponse théorique du contact vertical , Wenner (AB=45 m)	58
32	Position du profil sur Google Earth	61
33	Coupe sismique du profil central, rive gauche	62
34	position des points de trainée et de sondage électrique vertical sur Google Earth	65
35	carte des résistivités apparentes des alluvions pour Wenner (AB=15 m) et schlumberger AB = 14 m	66
36	carte des résistivités apparentes des alluvions pour Wenner (AB=45 m) et schlumberger AB = 44 m	67
37	géoélectrique entre le SE01 et le SE57	68



LISTE DES TABLEAUX

n	Titre	Page
1	Niveau de la nappe	28
2	Résistivités des formations géologiques de la région de Meskiana (Gouaidia, 2008)	32
3	vitesses sismiques des rochers altérés et sains	78



Introduction
générale

INTRODUCTION GENERALE

Le barrage de Chebabta est situé à une dizaine de kilomètres au Nord de la ville de Meskiana. Une étude géophysique par trainée électrique, sondage électrique vertical (SEV) et sismique réfraction a été réalisée sur le site du barrage.

Les objectifs communs aux sites de barrage étudiés sont de définir avec un degré de précision suffisant la nature lithologique et la structure géologique des formations qui constituent la fondation du barrage et des ouvrages annexes. Les objectifs particuliers de la géophysique sont:

- Définir la limite entre couverture superficielle/rocher et si possible, la limite entre rocher sain/rocher altéré.
- Donner les épaisseurs de la couverture meuble quand elle dépasse 1 à 2 m et repérer d'éventuelles anomalies (par exemple, l'existence d'une couche altérée et/ou faible au sein du rocher).
- Donner des informations sur la vitesse du substratum, sur la position de la faille par la détection de l'interruption des formations calcaires au profit des marnes au passage de la faille, et sur l'organisation des terrains immédiatement côté rive droite de la faille.
- Donner une image de l'argilosité des terrains dans la vallée et l'épaisseur des alluvions.

Le mémoire est organisé en 5 chapitres. Le premier chapitre est une introduction générale, le deuxième chapitre est consacré à la géologie régionale de la région de Meskiana. Le troisième chapitre traite la géologie locale du site. Dans le quatrième chapitre est abordé la méthodologie d'acquisition, le traitement et la modélisation directe des données sismiques réfraction et trainée électrique. Dans le cinquième chapitre sont exposés les résultats et les discussions des données électriques et sismique réfraction.



Chapitre I

1-CADRE GENERALE

1-1-Situation géographique

Le bassin de Meskiana s'étend sur une superficie de 1680 km² et se localise au Nord Est du territoire Algérien, à 80 km de la frontière Algéro-Tunisienne et à 250 km au Sud de la ville d'Annaba. Plusieurs agglomérations y siègent, à savoir Bellala, Dalâa, Meskiana, Rehia et Zebar, comptant plus de 37000 habitants selon un recensement fait en 1998. Cette population serait estimée à 48000 en 2004.[1]

Les limites géographiques du bassin de Meskiana sont présentées comme suit :

- Au Nord : Djebel Mesloula, Argoub El Mnachir et Djebel Khannaga ;
- Au Nord-Ouest : Djebel Chettaya, Djebel Bou Thokhma, et Djebel Ahmar ;
- Au Nord-Est : Djebel Belkfif ;
- Au Sud-Est : Djebel Gouriguer, Djebel Es Stih, et Djebel Khemalal ;
- Au Sud-Ouest : Djebel Boutoukhma et Chott Esbikha.

1-2-Réseau hydrographique

Le bassin versant de Meskiana est traversé par un seul cours d'eau principal, qui est l'Oued Meskiana. Il est considéré comme un collecteur des eaux de ruissellement qui affluent sur ses deux rives. Sur la rive droite, les principaux affluents (temporaires) prenant naissance à partir des montagnes et se déversant dans l'Oued Meskiana sont : l'Oued Rbâa, l'Oued Hmadjra, l'Oued Smar El Houd et l'Oued El Mallah. Sur la rive gauche, on compte l'Oued Djidida et l'Oued Ain Sedjra.[1]

1-3- Couverture végétale

La zone en question appartient au domaine sub-saharien, qui bénéficie d'un climat semi-aride ce qui limite la végétation de la région. La faible pluviométrie explique la pauvreté de la couverture végétale, les précipitations moyennes interannuelles enregistrées ne dépassent pas 340 mm, accompagnées d'une évapotranspiration réelle de l'ordre de 315 mm (**Guehef, 2002**).

1-4- Géomorphologie

1-4-1- Topographie

En se basant sur l'assemblage des cartes topographiques au 1/50000 (Meskiana feuille n°177, El Aouinet feuille n°150), on a pu délimiter le bassin versant de l'Oued Meskiana.

1-4-2- La plaine

Le bassin versant de l'Oued Meskiana est généralement formé par : des massifs de bordures limitant la plaine, d'une vallée se situant en bordure Nord d'un anticlinal crétacé. En général, les sols des régions à climat semi-aride sont caractérisés par :

- la présence d'accumulation calcaire réduisant la profondeur de sol utile ;
- la faible teneur en matière organique et en éléments biogènes ;
- une forte sensibilité à l'érosion.

Parmi les sols les plus rencontrés on y trouve : Le sol squelettique, sol argileux calcaire, sol brun forestier (**Conservation des forêts**).

1-5- Aperçu socio- économique :

Les agglomérations ne sont dotées d'aucune infrastructure industrielle, à l'exception d'une usine de laines et textiles actuellement à l'arrêt, alors que l'agriculture et l'élevage se sont bien développés.

En effet, cette région appartient, agro-écologiquement, aux hautes plaines intérieures orientales céréalières, qui ont des microclimats généralement contraignants (hiver froid à très froid, été chaud à très chaud et sec). La pluviosité est généralement limitée et l'eau constitue l'élément clé du système de culture mis en place. Durant les années pluvieuses où l'eau d'irrigation est disponible, on rencontre les cultures maraîchères, les cultures fourragères et les céréales avec un assolement biennal et parfois triennal, alors que durant les années de sécheresse,

les cultures maraîchères et fourragères seront réduites et on se contente des céréales pour seulement équilibrer les revenus des agriculteurs. Ces dernières années, le secteur de l'agriculture et de l'élevage a connu un épanouissement important suite au lancement des programmes de PNDA en 2000 et celui du FNRDA en 2001. Ces programmes ont provoqué l'extension des terres irriguées et multiplié les cycles cultureux (Gouaidia, 2008).



Figure 1 : Localisation du barrage de Chebabta sur Google Earth 2020



Chapitre II

2- Géologie

2-1-INTRODUCTION

La géologie du bassin de Meskiana a été étudiée par de nombreux géologues chercheurs. Ces travaux sur le bassin de Meskiana ont montré qu'il s'agit des terrains sédimentaires autochtones Nord-Auréliens, qui se trouvent dans la partie orientale des hautes plaines constantinoises. Ces formations sont constituées de terrains anciens représentés par le Trias à faciès lagunaire apparaissant en diapirs très importantes assises d'âge crétacé (marnes et calcaires), des grès et des calcaires gréseux marins formant la base du Miocènes, divers recouvrements continentaux d'âge Mio-Plio-Quaternaire.

		Lithologie	Epaisseur (m)	Description lithologique		
CENOZOIQUE	Quaternaire		⑥ 10-30	Dépôts clastiques d'origine continentale.		
	Paléogène	Miocène		⑤ 10-150	Conglomérats à grains variés avec un ciment carbonaté, grès quartzeux et calcaire sableux avec intercalations d'argilites.	
		Eocène		200	Calcaires marneux à silex et intercalations de phosphates par endroits dans le mur.	
	MÉSOZOIQUE	Craie	Maest.		250-300	Calcaires gris clairs, calcaires crayeux et marnes argileuses avec intercalation d'argiles dans la partie supérieure.
			Campan.		500-600	Marnes argileuses gris-foncées et des calcaires blancs dans la partie moyenne et supérieure.
		Sénonien	Con-Sant.		④ 500-600	Marnes argileuses grises et grises bleuâtres.
			Turo		180-250	Calcaires en bancs, partiellement marneux à teinte noire et gris-foncée.
		Cénozoïque	Cénom.		③ 900-1000	Marnes gris-verdâtres et grises dans la partie supérieure, avec intercalations de calcaires marneux.
			Vracon.		② 500-600	Marnes et marnes-argileuses avec intercalations de calcaires argileux et argilites.
		Albien	Albien		480-600	Marnes grises et gris-foncées, noires dans la partie supérieure avec de minces intercalations de calcaires argileux.
			Clans		100-200	Marnes grises, gris-jaunes partiellement avec des intercalations de calcaires.
			Aptien		① 300-600	1- Faciès clastique, marnes argileuses avec intercalations de marnes sableuses et grès calcaires. 2- Faciès carbonaté, calcaires organo-détritiques, bioclastes, ooclastes et interclastes.
MÉSOZOIQUE		Barrém.		< 250	Calcaires et dolomies, argilites et argiles dans la partie supérieure (Grès à Mesloulou).	
	Jurassique		?			
Trias		< 700	Formations marno-gypsifères bariolées avec peu d'intercalations de grès à grains fins, dolomies et calcaires marno-dolomitique.			

Figure 02 : Colonne stratigraphique synthétique des monts du Mellègue (in Sami 2004 : d'après : Dubourdiou 1956, 1959 ; David 1956 ; Madre 1969 ; Fleury 1969 ; Thibieroz et Madre 1976 ; Chikhi, 1980 ; Otmanine 1987, Bouzenoune 1993 et Vilaet al, 2000)

2-2 Aspect stratigraphique

Le Trias de la région d'étude se présente sous forme diapirique et ce depuis les travaux de Flandrin (1932). Les formations triasiques se rencontrent dans les parties centrales des structures anticlinales soulevées. Elles constituent des étendues chaotiques, intensément déformées, bréchifiées et écrasées. Plusieurs coupes du Trias de la région des confins algéro-tunisiens ont été décrites depuis longtemps par divers auteurs. Dans la région de Souk Ahras par Blayac et Gentil (1897), puis par Blayac (1907) dans la région d'El Aouinet et de l'Ouenza par Dubourdiou (1956, 1959), et enfin dans la Haute Medjerda par David (1956) et plus récemment dans le Sud-Est Constantinois par Vila et al., (1994).

Dans sa majeure partie ce Trias est représenté par un mélange d'argiles bariolées, de marnes, de grès et de gypse emballant des blocs rocheux insolubles de dolomies noires, de grès micacés, de calcaires, de cargneules et d'ophites (Dubourdiou, 1956).

Dans l'ensemble de la région, les masses triasiques extrudées sont bordées par d'importantes formations calcaires, classiquement rapportées à l'Aptien et attribuées à une sédimentation récifale (Dubourdiou, 1956 et 1959).

2-2-1 Le crétacé inférieur

Comprend des terrains barrémiens et aptiens. Il débute par des affleurements du Barrémien qui est exclusivement limités aux parties centrales de certains horst-anticlinaux. L'absence de faune caractéristique ne permet pas de définir avec exactitude les limites inférieure et supérieure de cet étage. Au Djebel Harraba, il est représenté par plus de 200 m de marnes argileuses grises non fossilifères que Dubourdiou (1956) attribue au Barrémien.

Au niveau de l'anticlinal de Sidi Embarka à 2Km au SE du Djebel Harraba, le même auteur décrit un Barrémien d'épaisseur totale ne dépassant pas les 240 m.

Il est constitué par des formations marno-argileuses à intercalations de calcaires argileux, surmonté par un Bédoulien marno-gréseux et calcaro-gréseux.

2-2-2 Les formations aptiennes

Elles se rencontrent souvent dans le noyau des structures anticlinales et au voisinage immédiat des formations triasiques. Elles constituent la majeure partie de tous les reliefs importants. L'Aptien occupe à lui seul la plus grande partie des affleurements de la région (Ouenza, Mesloula, M'Khiriga, Kef Rekhma et Boudjaber). Dans cette région, l'épaisseur totale de cette formation aptienne atteint 700m en moyenne, ce qui traduit une forte subsidence du bassin Dubourdiou (1956) a attribué ces formations calcaires à faciès urgonien à une sédimentation récifale. Il considère que la période aptienne a été caractérisée par des bombements sous-marins (qui seraient les premiers indices de l'activité diasporique), favorables à la formation des constructions récifales.

Il a décrit ces formations aptiennes à Mesloula et à Ouenza. Elles comprennent comme partout, de bas en haut :

- une formation inférieure anté-récifale, d'une épaisseur moyenne de 200 m, constituée par des marnes jaunes parfois argileuses, à passées de grès rouille et de marno-calcaires pétris d'Orbitolines;

- une formation récifale, constituée par une succession de bancs plurimétriques de calcaires dolomités d'épaisseur pouvant atteindre les 300 m riches en fossiles (Orbitolines, Rudistes Echinodermes, tests de Mollusques et Miliolles). Cette formation constitue l'ossature des massifs de Mesloula, M'khiriga et de Kef Rekhma en raison de sa grande rigidité et de sa résistance à l'érosion.

- une formation post-récifale de 100 à 150m de sédiments à dominante argileuse constituant la couverture des calcaires récifaux. Ces argiles sont rarement visibles car elles sont dans la majorité des cas érodées ou recouvertes par des éboulis. Néanmoins elles subsistent dans certains endroits où elles sont connues à Mzeïta (Mesloula)

- un niveau dit à Clansayes qui termine la formation aptienne ; il montre une faible épaisseur et il est difficilement identifiable du fait qu'il est constitué par des marnes jaunes qui peuvent être facilement confondues avec les marnes de l'Albien. Néanmoins,

Dubourdiou (1959) décrit un horizon de 40m d'épaisseur à trois termes qu'il rattache à la zone à Clansayes, avec des marnes jaunes à petites intercalations calcaires où il a récolté des Ammonites de grande taille de genre indéterminé suivi par un banc de 0,60m de calcaire noir à patine grise et qui se termine par des marnes jaunes fossilifères avec quelques Ammonites indéterminables.

2-2-3 L'Albien

Dans le bassin du Sud-Est Constantinois, montre parfois une série très épaisse qui peut dépasser les 1300 m. Comme dans le cas du Djebel Hameima (Dubourdiou, 1956). Ailleurs les sondages du Djebel Guelb (Ge-1) et d'Es Souabaa (SB1) (Sami, 2004), donnent respectivement des épaisseurs de 1050 m et de 680 m (Beghoul 1974). A l'Ouenza et à Mesloula, Dubourdiou (1956 et 1959), distingue dans l'Albien trois termes: un premier terme épais de 20 à 50 m est constitué par des marnes argileuses jaunes brunâtres riches en Gastéropodes ; un deuxième terme de 100 m d'épaisseur constitué par des calcaires noirs à Bélemnites à intercalations marneuses et enfin un troisième terme de 75 m d'argiles et de marnes noires bitumineuses à Bélemnites et nombreuses empreintes d'Ammonites, avec de minces intercalations marno-calcaires ;

2-2-4 Le Vraconien

Il est représenté par un faciès argilo-marneux marquant ainsi un changement dans la sédimentation qui était essentiellement calcaire à marno-calcaire jusqu'à l'Albien. La série représentative de ce Vraconien a été décrite à Boukhadra (Dubourdiou (1956). Elle comprend une épaisse série de 600 m qui ressemble à celle de l'Albien supérieur. Elle est constituée de marnes à passées calcaires et marno-calcaires à empreintes d'ammonites. Par contre, à Mesloula, il observe des marnes vertes qu'il n'arrive pas à séparer de celles du Cénomaniens sus-jacent. Et dans certains endroits comme à l'Ouenza et au Djebel Slata, le Vraconien transgressif remanie des éléments triasiques (Smati, 1986 ; Perthuisot et al. 1988 ; Masse et Thieuloy, 1979).

2-2-5 Le Cénomaniens

Le Cénomaniens des Monts du Mellègue est représenté en majeure partie par des marnes argileuses verdâtres qui atteignent une puissance de 750 m à 1100 m. Ces dépôts sont tout à fait

semblables à ceux du Vraconien supérieur. Ces marnes sont caractérisées par des intercalations de calcite fibreuse décrites sous le nom de « beef » par les auteurs anglo-saxons.

Ces structures sont composées de fibres perpendiculaires à leur allongement et présentent toujours une structure « cône in cône ». a Ouenza et à Mesloula Dubourdiou (1959) distingue deux niveaux : à la base, des marnes jaunes avec des intercalations marno-calcaires blancs feuilletés, qui passent vers le sommet à des calcaires argileux gris blanchâtres, contenant quelques niveaux de calcaires gris noir, très durs. Ces intercalations présentent le plus souvent un caractère lumachelliques renfermant beaucoup d'huîtres, de lamellibranches et de gastéropodes.

A l'approche du Turonien, la sédimentation change rapidement en même temps que disparaissent les fossiles. Les marnes argileuses sont remplacées par des couches chargées en carbonates de chaux (Duboudieu, 1956) Dans la région de Morsott, Fleury (1969) décrit une série d'environ 600 m d'épaisseur, qu'il subdivise en trois niveaux, avec de la base vers le sommet :

- 200 à 250 m de marnes grises à échinodermes avec des plaquettes de calcite fibreuses. Au sommet de ces marnes apparaît une faune d'Ammonites qui indiquerait qu'il s'agit d'un niveau élevé du Cénomaniens inférieur et peut être de la base du Cénomaniens supérieur ;

- 350 m de marnes à lumachelles à nombreuses passées calcaires ;

- Enfin un mince niveau de 20 m d'épaisseur, de marno calcaires gris foncé un peu schisteux qui fait la transition avec les calcaires turoniens. Il s'agit là du faciès dit de Bahloul (Burollet, 1956 ; Orgéval, 1986).

2-2-6 Le Turonien

Il est très bien développé, son épaisseur peut atteindre 1000 m (Dubourdiou 1956, 1959).

Il est constitué par des calcaires et marno-calcaires à la base avec de nombreuses empreintes d'Inocéramus. Ces calcaires et marno calcaires sont suivis par une puissante formation de marnes argileuses riches en ammonites, huîtres, et divers lamellibranches. A Mesloula, l'assise calcaire du Turonien disparaît au nord-est, près du diapir de Débidba. Cette

configuration serait le résultat d'une déformation tectonique légère, matérialisée par une discordance (Dubourdiou, 1959).

Dans cette région, cette discontinuité est caractérisée par un hard ground ferrugineux qui disparaît progressivement vers le sud-ouest, au même temps qu'augmente légèrement sa teneur en argile. Duboudieu (1959) pense que des conditions régnant au Turonien ont semble-t-il été rapidement modifiées. En effet, cet auteur pense qu'une phase tectonique s'est produite entre le Cénomaniens et le Sénonien basal.

2-2-7 Le Sénonien

Il débute par une formation de calcaires marneux et de marnes du Sénonien inférieur de puissance ne dépassant pas les 300 m (Dubourdiou, 1959). Suivi par une formation du Sénonien supérieur (Campanien-Maastrichtien), d'épaisseur variant de 200 à 600 m, visible au sud de Tébessa, qui débute par des calcaires marneux du Campanien qui passent à des marnes gypsifères et se terminent par des calcaires massifs à rognons de silex riches en Inocéramus du Maastrichtien.

2-2-8 Le Miocène,

Il est peu épais dans la région (100 m). Il affleure à Ouenza et à Mesloulou ainsi qu'au Nord de Morsott. Il débute par une formation marine transgressive et discordante sur les terrains crétacés. Elle comprend des calcaires roux, suivis de marnes argileuses de couleur verte devenant rouge foncé et enfin par des argiles à intercalations de grès grossiers. Plus récemment Herkat et al., (2008), ont mis en évidence dans la région d'Oued Damous (Es Souabaa), un niveau carbonaté non signalé dans la carte géologique.

Ce niveau apparaît discordant sur le Crétacé et montre des bancs d'aspect lenticulaire avec un faciès à algues. De tels faciès à algues (Lithothamniées) sont connus dans le Miocène des Aurès. Le niveau d'Oued Daoust pourrait donc être attribué au Miocène, plus précisément au Burdigalien supérieur à Langhien inférieur auxquels sont rapportés les faciès calcaires à polypiers de l'Ouenza, signalés par Dubourdiou dans la région de Satour El Hamra.

2-2-9 QUATERNAIRE:

• **Villafranchien** : L'aspect le plus fréquemment rencontré est celui des croûtes calcaires massives et blanches. Ces formations perchées par rapport aux surfaces précédentes sont faciles à repérer, probablement karstifiées ou dissoutes. Ces faciès représentent habituellement le Villafranchien.

• **Glacis polygéniques nappant les reliefs** : Ces glacis s'étendent sur de grandes surfaces de la plaine en pente douce, ils recouvrent le cycle antérieur de glacis, qui est facile à reconnaître car il est constitué de croûtes calcaires massives.

• **Alluvions actuelles et récentes** : Ces alluvions ont une extension limitée à la vallée de Meskiana. Elles sont constituées de limons fins, de sables fins, de graviers et d'alluvions argileuses qui se déposent des deux côtés de l'Oued Meskiana.

Les différentes formations géologiques du bassin de Meskiana se résument dans la figure

2-2-10 Le Plio-Quaternaire

Les plus anciennes formations continentales appartiennent au Quaternaire supérieur (Dubourdiou, 1959). Celui-ci est représenté essentiellement par des dépôts argileux et conglomératiques.

Il est à noter qu'aucun dépôt Pliocène ou Pléistocène ancien n'a été observé dans la région. Selon Dubourdiou (1956 et 1959), ce phénomène serait à mettre en relation avec une surrection régionale suivi d'une érosion intense à cette époque.

Ces formations quaternaires constituent la plus grande partie du comblement du fossé d'effondrement Morsott - Tébessa dont l'épaisseur est estimée à plus de 170m

2-3 APERCU TECTONIQUE

La plaine de Meskiana appartient à l'Atlas saharien (J.M. VILA, 1980). Elle est caractérisée par des éléments tectoniques simples, tels que les plis de direction NE-SW et les dislocations qui ont souvent un cours transversal à la direction de ces plis. On rencontre également des structures particulières, qui se sont survenues sous l'influence de la tectonique

Le fossé d'effondrement de Morsott est d'âge post-Miocène, il a un cours perpendiculaire à la direction des plis.

Les diapirs forment les noyaux des anticlinaux et peuvent également remplir les fractures les plus importantes.

Ils ont été en action au Crétacé, au Miocène, au Pliocène et probablement au Quaternaire ancien.

2-4 Conclusion

Le bassin de Meskiana est constitué de formations sédimentaires autochtones nord-aurésiennes qui se trouvent dans la partie orientale des hautes plaines constantinoises. Des terrains anciens représentés par le Trias apparaissant en diapirs (ex : Djebel Mesloula et Djebel Blkff), d'importantes assises d'âge crétacé (Aptien et Maestrichtien) formées des marnes et des calcaires.



Chapitre III

3.GEOLOGIE DU SITE

3.1. Géomorphologie

L'oued Meskiana est un affluent de l'oued Mellègue lui-même tributaire de l'oued Medjarda dont l'embouchure est située en Tunisie.

Dans la zone d'étude, l'oued traverse une immense plaine située entre 760 et 900 mètres d'altitude, recouverte de dépôts quaternaires. Quelques chaînons avec de nombreux monticules calcaires comme le massif de Mesloula situé à une quinzaine de kilomètres du site rompent avec la monotonie du paysage.

Le lit de l'oued Meskiana a été creusé dans cette vaste plaine d'aspect semi-désertique, dans les formations du Crétacé recouvertes par un quaternaire peu épais.

La géomorphologie du site et de ses abords est marquée par :

- Un niveau de plateaux en périphérie de la vallée et du site au niveau de la cote 800-810m, plateaux armés par les croutes calcaires et les poudingues fortement entaillé par le réseau hydrographique de second ordre.
- Des longs versants peu pentus taillés dans les marnes (3 à 5 %) présentant localement le modelé de relief caractéristique des Bad lands.
- Un fond de vallée plat et large (150 à 300 m) encombré d'alluvions récentes au niveau de la cote 770 -780 m
- Un re-creusement des alluvions du fond d'oued sous la forme d'un réseau dendritique régressif très actif. Ce creusement peut atteindre 5 à 10 m de profondeur et définit un lit mineur de 30 m de large en moyenne. Cette érosion pénètre fréquemment le substratum marneux.
- Une longue ride calcaire qui recoupe la vallée de rive à rive et qui marque le verrou mis à profit pour le projet.

Au niveau du site du barrage le fond du lit se situe au niveau du toit affleurant (calcaires et marnes du Turonien et du Cénomaniens) avec des berges verticales laissant apparaître l'épaisseur des dépôts quaternaires.

Dans la cuvette de la future retenue, les affluents de l'oued Meskiana forment un réseau hydrographique chevelu, dont les cheminements sont influencés par la nature tendre des terrains drainés et la présence du substratum marneux imperméables.

La topographie de la cuvette est monotone avec des pentes de rives très douces. Au droit de l'axe retenu, la présence de bancs calcaires du Turonien en rive gauche et en rive droite offre le seul léger resserrement notable de la vallée et crée un « verrou » large de 3,5 km environ.

3.2. Stratigraphie et ensembles lithologiques

La distinction chrono-stratigraphique tirée de la bibliographie et exposée précédemment constitue une bonne base d'approche du site. Cependant, certaines limites stratigraphiques sont identifiées par des méthodes difficilement utilisables dans le cadre d'un projet de génie civil : paléontologie, micro faune, géochimie. En revanche, certaines distinctions, bien que facilement discernables, ont un impact sur la géotechnique du projet et elles ne sont pas représentées par la stratigraphie.

Il importe donc de transcrire la colonne stratigraphique en un log lithologique qui ait une signification pratique sur le projet. Pour ce faire, les ensembles lithologiques suivants et leurs nomenclatures associées pour le projet sont définis qui correspondent à des différences de nature de roche plutôt que d'âge (du haut vers le bas) :

Formations superficielles, Fs , englobe :

Colluvions de versants, éboulis (qA de la carte 1/50000).

Croutes calcaires et limons des plateaux (qCL de la carte 1/50000)

Poudingues, grès et graviers en nappage discontinu sur les plateaux (Pq de la carte 1/50000), visible en rive gauche de la cuvette.

Alluvions : 0 A

Alluvions (qA de la carte 1/50000) érosives à la base: On différenciera si possible les trois unités observables au niveau du projet:

Alluvions A 1, l'ensemble supérieur marron beige foncé (2 à 3 m)

Alluvions A 2, l'ensemble intermédiaire marron beige clair (2 à 3 m)

Alluvions A 3, l'ensemble de base graveleux (0,5 à 2 m)

Alluvions indifférenciées : un ensemble générique est utilisé quand le détail n'est pas possible ou pas disponible.

Marnes supérieures, 1 M :

Appartenant au Turonien supérieur (C2e de la carte 1/50000), ces marnes grises sont visibles à l'aval du site. (Épaisseur maximale indéterminée, 1 à plusieurs dizaines de mètres au niveau du projet, surtout à l'aval).

Barre calcaire supérieure, 2 C : calcaires gris blancs du Turonien moyen (C2b de la carte 1/50000) c'est le niveau supérieur de la ride topographique de fermeture, l'épaisseur est de 10 à 15m.

Marnes intercalées, 3 M du Turonien moyen (C2b de la carte au 1/50000) : marnes gris foncé, feuilletées, elles forment la faiblesse marneuse au sein de la ride topographique, l'épaisseur est de 10 à 16 m

Barre calcaire inférieure, 4 C: Calcaire gris massif appartenant au Turonien moyen (C2b de la carte au 1/5000) à la base de la ride topographique, l'épaisseur est de 10 à 12 m pas toujours facile à déterminer du fait de la transition plus ou moins rapide vers les marnes de base.

Marnes de base, 5 M: Grande épaisseur de marnes et marnes argileuses gris foncé, constitue le substratum du projet. Le 5M englobe :

- Les marnes du Turonien inférieur à la base de la barre calcaire inférieure (C2a de la carte au 1/5000)
- Des passages calcaires intercalés.
- La masse du cénomaniens (C1 de la carte 1/50000) de faciès similaire. De plus en plus argileux en profondeur avec un faciès verdâtre.

Le log synthétique ci-dessous donne la coupe type du site qui servira de base pour le zonage et la caractérisation des ensembles géotechniques du projet.

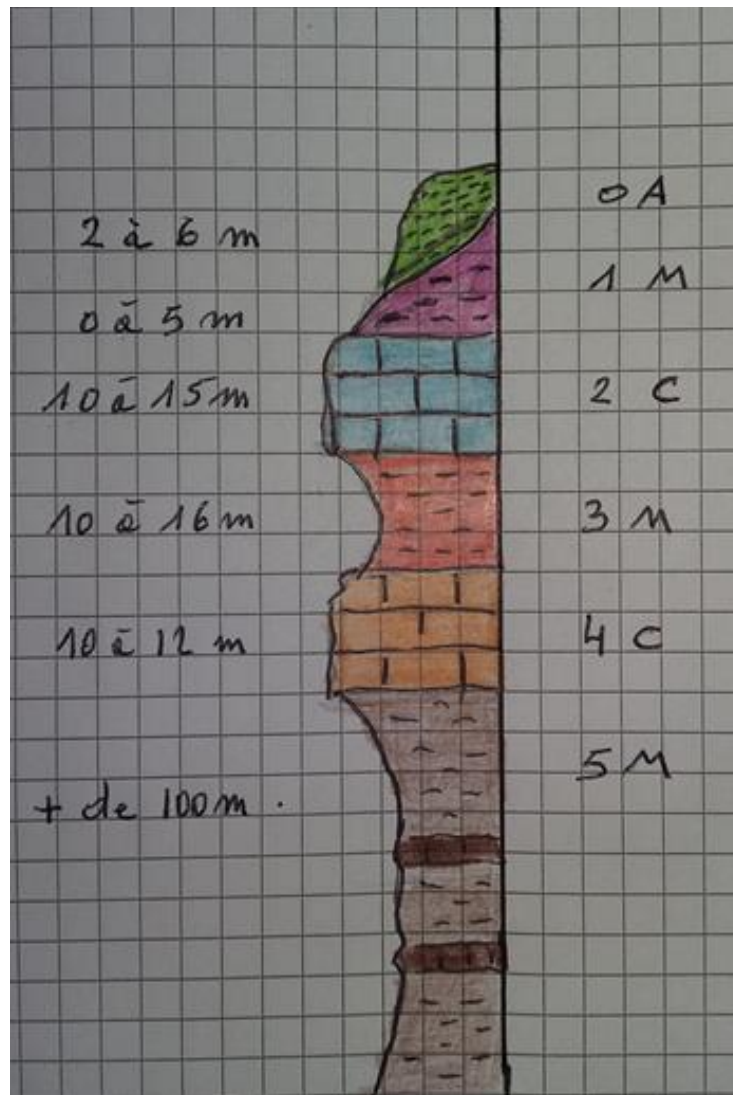


Figure 04 : Coupe lithologique type utilisée pour le site et les études d'ingénierie.

Les épaisseurs indiquées sont tirées des forages réalisés pour cette étude, on constate que dans certains cas les épaisseurs trouvées varient quelque peu. Aux variations naturelles d'épaisseurs près, cela tient au fait que la lithologie est parfois peu contrastée et l'identification des limites incertaine.

Le log synthétique de chaque forage est présenté ci-après.

3.3. Cartographie des faciès lithologiques

La distribution cartographique des différents faciès pétrographiques est restituée au niveau du site par trois documents.

En premier lieu la carte géologique au 1/50000 éditée par l'institut géologique algérien donne une image préliminaire au sujet de la structure géologique.

L'extrait présenté ci-dessous donne le détail du site (tiret rouge pour l'axe de l'ouvrage et rond rouge au niveau de la vallée). Cette carte dresse à grands traits la structure monoclinale de la rive gauche, situe les deux failles principales et situe bien la moitié rive droite dans le vaste ensemble marneux.

En revanche cette carte ne situe pas assez précisément les limites lithologiques importantes pour le projet et ne donne pas assez d'indications de pendage pour s'assurer de la continuité des structures géométriques.

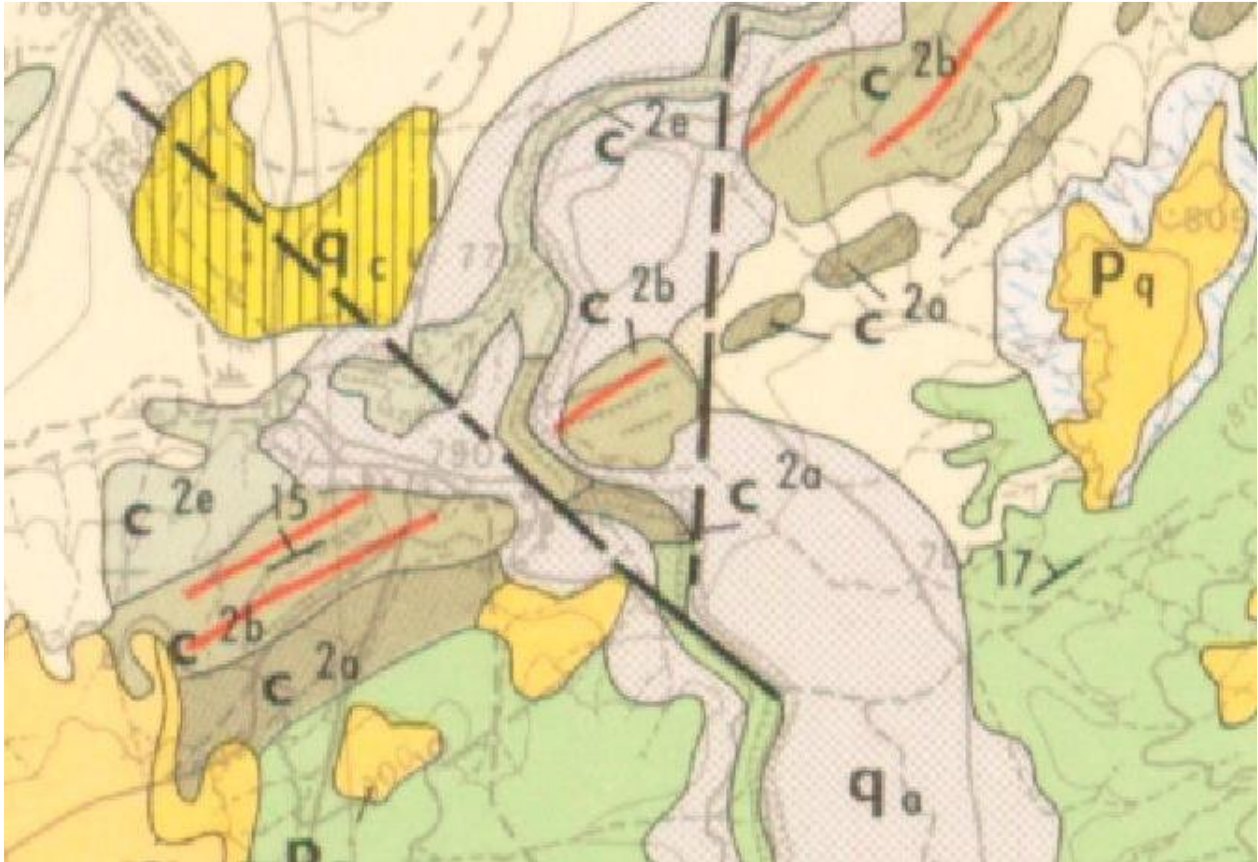


Figure 05 : Carte géologique des abords du site (carte géologique Laouinet 1:50 000) sans échelle.

Le second document cartographique réalisé lors de la faisabilité en 2007 donne une image plus précise de l'organisation des ensembles lithologiques. Cependant, elle ne permet pas une identification facile des différents niveaux lithologiques, elle ne précise pas suffisamment les pentages et laisse une place trop importante aux formations superficielles. Certes les formations superficielles existent mais leur épaisseur très faible laisse rapidement apparaître le substratum dont l'identification apparaît plus importante.

Plis et failles

L'organisation des couches au niveau du projet est marquée par la terminaison Nord de l'anticlinal de la Meskiana orienté N-S.

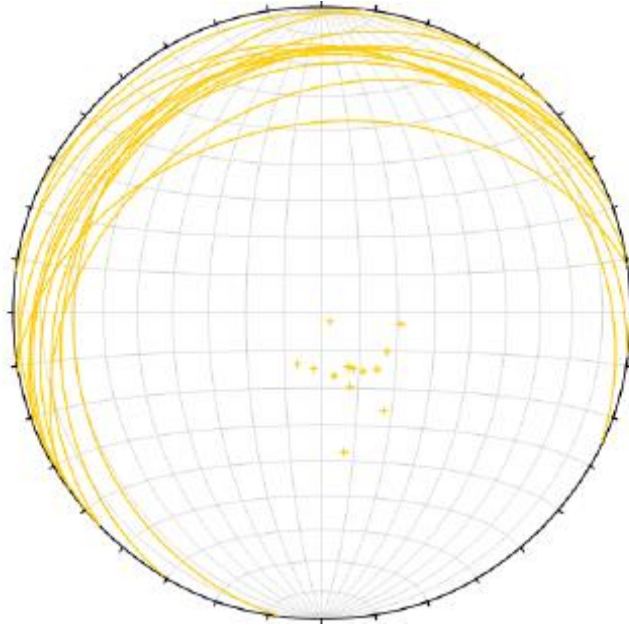


Figure 06 : Stéréogramme de projection des plans de pendages (Traces cyclographiques, Diagramme de Wulf, hémisphère inférieur).

Au niveau du site, on se situe sur le flanc Ouest de l'anticlinal et les pendages restent monoclinaux vers le Nord/ Nord-Ouest. On n'observe pas de variation de pendage significative, en dehors des faibles variations d'inclinaison interne aux grands ensembles. Le stéréogramme des mesures faites sur le site synthétise ci-dessous les indications portées sur la carte.

Cependant, cette structure monoclinale est elle-même affectée par des failles vraisemblablement postérieures aux plissements et dont le mouvement horizontal peut atteindre plusieurs centaines de mètres.

L'une de ces failles F1 est très évidente. Le jeu de la faille F1 met en contact l'épaisse série marneuse 5M dans son panneau Est avec la succession 1M-2C-3M-4C dans son panneau Ouest (voir carte ci-dessus).

L'organisation des formations 1M-2C-3M-4C dans le panneau Est, décalés vers le nord présente des incertitudes mais son détail n'intéresse pas directement le projet et reste de second ordre.

Le forage SC14 avait pour but de recouper la faille F1, d'où son inclinaison vers l'Ouest. Néanmoins, il n'a pas été possible de recouper cette faille, cette dernière se trouvant vraisemblablement non pas dans la zone du pied de talus comme c'est habituel mais plutôt dans la pente. Une autre explication possible est que le plan de la faille se trouve bien en pied de talus, mais qu'il présente un pendage vers l'ouest et de ce fait échappe au forage à mesure qu'il s'approfondit.

La seconde F2 ne se voit pas bien sur site mais le décalage des séries qu'on observe à partir des forages en constitue la meilleure évidence.

Une faille F3 est supposée en rive gauche à la vue des variations d'épaisseur de la couverture quaternaire ou néogène.

Une description détaillée des failles est donnée dans la suite du rapport au §10.5.

3.4. Fracturation

Les formations géologiques présentent un contraste mécanique important, les calcaires massifs sont plus cassant quand les marnes sont plus souples. Il en résulte une expression variable des effets des contraintes tectoniques.

Les calcaires présentent une fracturation débitant des blocs massifs, les marnes quant à elles présentent un fin débit souvent en baguettes.



Figure 07 : Fin débit tectonique des marnes



Photographie 1 : débit massif des calcaires

La fracturation dans les calcaires et marnes est assez développée et apparaît identique dans toutes les formations, les mesures faites lors de la visite montrent que plusieurs familles de joints existent en plus de la stratification. On note une assez grande dispersion de l'orientation de la fracturation.

Familles de joints principales :

N40-45 ; 70 SE

N90-110 ; 65 S

N130-140 ; 60SW

N170-180 ; 70 E

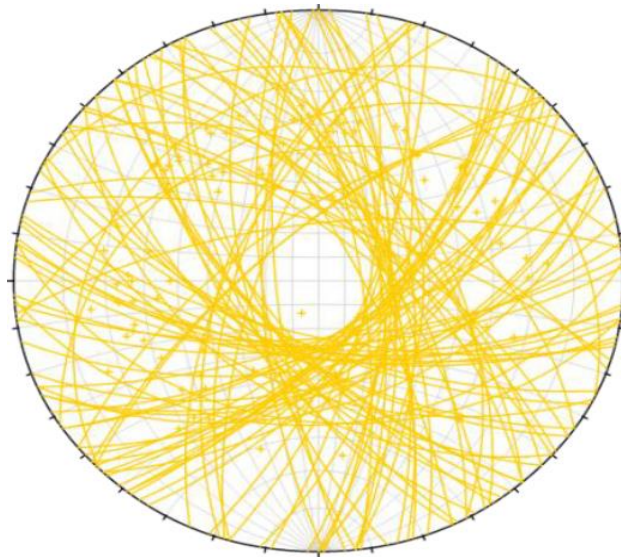


Figure 08 : Stéréogramme de la fracturation sur l'ensemble du site (Diagramme de Wulf, hémisphère inférieur).

Les mesures ont été discrétisées selon leur position en rive gauche, vallée, rive droite, ce qui donne la série de stéréogramme ci-dessous.

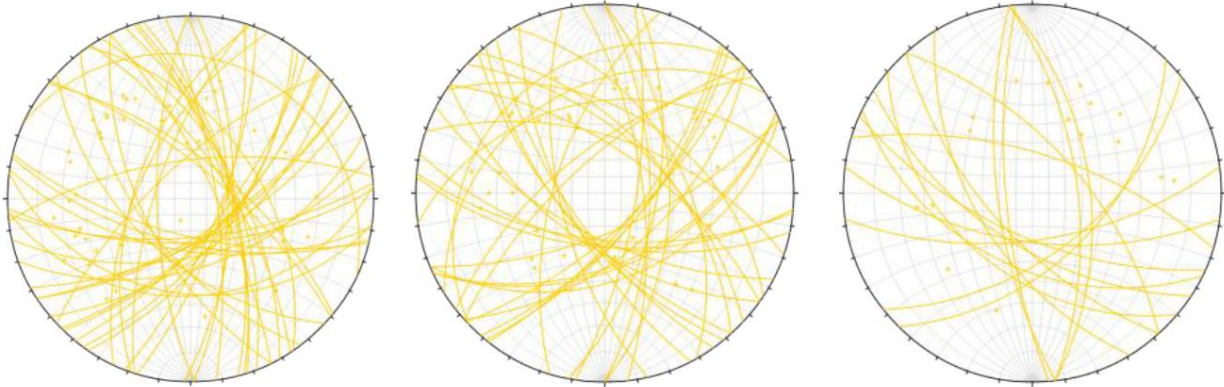


Figure 09 : Stéréogramme séparés Rive gauche, Vallée, Rive droite. (Diagramme de Wulf, hémisphère inférieur).

On note que la fracturation, à quelques variations près, reste très homogène sur l'ensemble du site. Dans tous les cas d'orientation de l'axe du barrage, des joints se présenteront avec un pendage très redressé et une orientation amont aval.

On observe une corrélation directe entre le degré de fracturation des formations traversées et les valeurs de perméabilité mesurées.

- Les marnes les plus souples, dans lesquelles la fracturation est faible, donnent des perméabilités entre 0 et 1 UL et localement entre 3 et 5 UL lorsqu'elles sont proches de la surface et altérées
- Les calcaires supérieurs ou inférieurs présentent des perméabilités plus élevées (entre 5 et 15 UL), directement fonction du degré de fracturation du massif

3.5. Hydrogéologie Générale

La zone du site est dépourvue de réserve en eau souterraine de grande quantité. Les marnes en général sont imperméables et ne renferment qu'un aquifère très faible.

Les calcaires très fracturés sont plus propices à l'accumulation d'eau, cependant la piézométrie montre la présence d'un niveau statique peu puissant sans doute à cause de la faible épaisseur des couches calcaires.

L'essentiel des ressources en eau chez les habitants est assuré par citerne. En outre, l'eau des puits serait impropre à la consommation car trop chargée en sel minéraux.

Le tableau ci-après liste les niveaux de la nappe mesurés dans les sondages rééquipés en piézomètres. Les relevés ont été effectués à l'occasion de missions sur le site de Chebabta en 2016 (décembre), 2017 (mars, mai et juillet) et 2018 (février).

Piézomètre	Cote TN (NGA)	Niveau de la nappe (m NGA)					Niveau moyen (m NGA)
		Décembre 2016	mars 2017	Mai 2017	28 juillet 2017	25 février 2018	
SC01	774,3	-	-	765,3	766.4	766.5	766.1
SC05	775,1	-	764.1	764,2	764.6	764.7	764.4
SC11	793,0	-	772.5	769,5	769.8	769.7	770.3
SC13	813,7	-	-	805,8	805.7	805.9	805.8
SC14	778,5	-	-	766,8	766.3	Obstrué	766.6
SC15	789,0	-	-	779,5	779..5	779.3	779.4
SC17	806,9	-	786.4	784,9	783.8	782.9	784.5
SC18	805,7	-	-	789,2	789.2	789.2	789.2
SC19	801,2	-	-	795,0	795.1	794.0	794.7
SC20	810,8	-	-	799,3	798.8	798.5	798.9
S01	785,5	-	-	766,0	-	-	766.0
S02	774,5	-	-	767,0	-	-	767.0
S08	806,9	771.9	-	-	-	782.4	777.2
S07	797,3	787.3	-	-	788.3	788.2	787.9
S04	772,5	766.5	-	-	-	Obstrué	766.5

Tableau 01 : Niveau de la nappe.

On retient de ces mesures qu'en rive gauche, le niveau de la nappe se situe dans l'horizon des marnes de base altérées (5M alt) avec un niveau d'eau qui suit le pendage général des couches vers l'oued. Les variations des niveaux de la nappe sont très faibles (moins de 3 m d'amplitude au droit du SC11 situé en extrémité rive gauche). En rive droite, le niveau de la nappe se situe généralement au-dessus du toit des marnes de base (5M), dans les formations plus altérées (5M alt), sauf au droit du SC17 situé en dehors de l'emprise de la future retenue. De même, le niveau de la nappe suit le pendage général des couches orientées vers l'oued. Les variations de la nappe sont également très faibles. Au niveau de l'ouvrage central, le niveau de la nappe est généralement compris entre 766 et 767 m NGA, ce qui correspond au niveau de l'oued.

Ces constatations confirment que la nappe phréatique est drainée par l'oued et corrobore l'étanchéité générale du site et de la cuvette.

Il est important de noter que lors des mesures du niveau phréatique des traces significatives d'hydrocarbures ont été rencontrées dans les forages. Cela est à mettre en rapport avec le caractère de roche mère des marnes Cénomaniennes qui renferment une quantité significative de kérogène immature sous forme d'huile (données issues de l'exploration pétrolière).

3.6. GEOLOGIE DU RESERVOIR

Le réservoir s'étend sur environ 5 km à l'amont du barrage. Il reste cantonné à la vallée principale de l'oued Meskiana sur en moyenne 2 km de largeur. La carte ci-dessous indique l'emprise de ce réservoir sur le fond géologique régional.

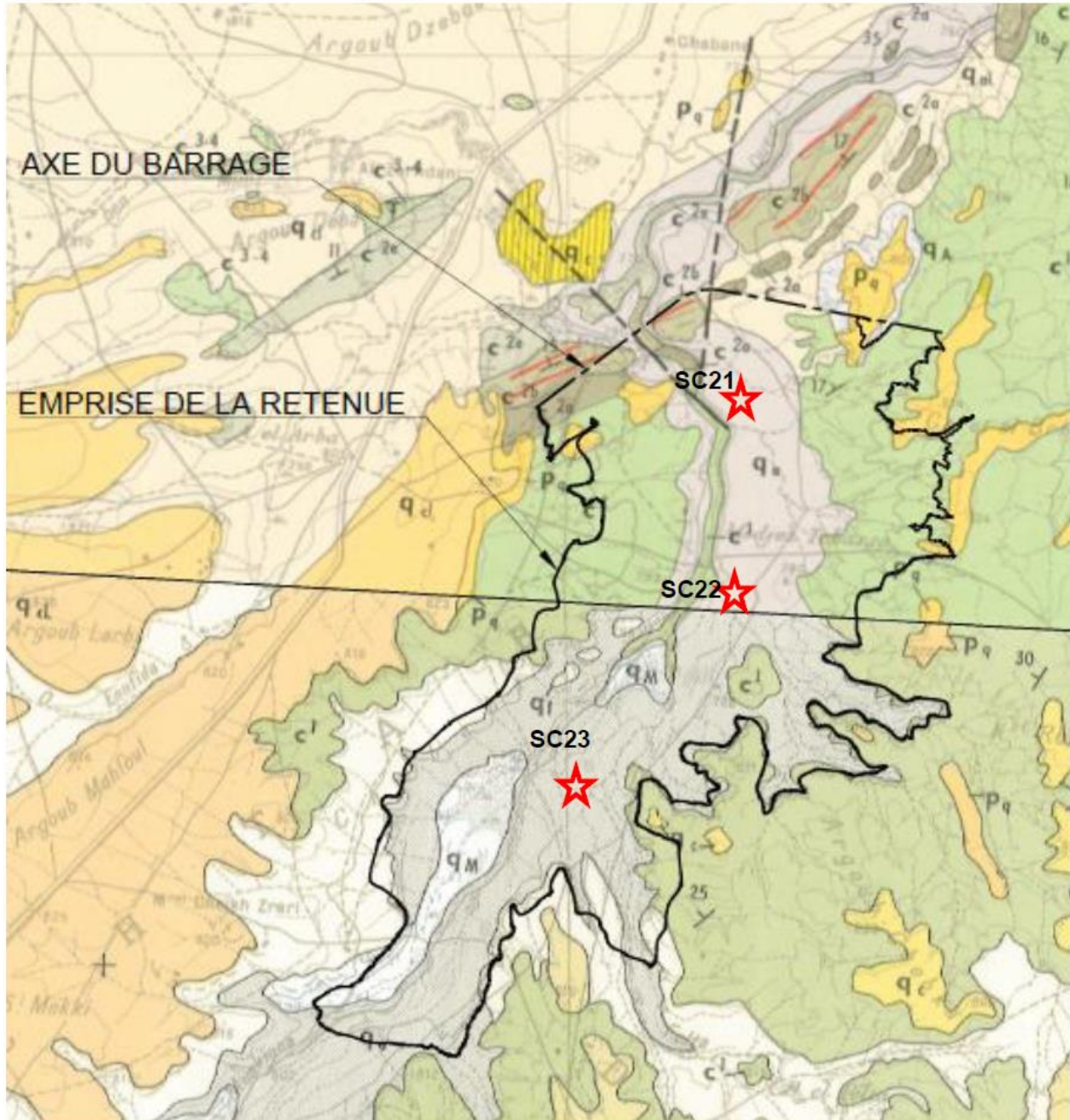


Figure 10 : Emprise du réservoir vis-à-vis de la géologie et position des forages d'investigation.

A l'occasion des investigations de l'APD, 3 sondages carottés (SC21, SC22 et SC23) avec essais d'eau ont été réalisés dans la cuvette afin de déterminer la nature des formations rencontrées et leur perméabilité. 266 puits à la pelle mécanique répartis sur 220 hectares ont également été réalisés dans le but d'investiguer la zone d'emprunt identifiée dans la cuvette. En

complément, une campagne géophysique a été menée sur cette zone (profils sismiques, sondages et trainées électriques).

Les reconnaissances géologiques (puits, sondages et travaux géophysiques) confirment que des formations superficielles (alluvions et colluvions) recouvrent presque la totalité de la cuvette. L'épaisseur des terrasses alluvionnaires varie entre 5 à 9 m en fond de vallée jusqu'à moins de 2 m en rives.

Une coupe schématique de la cuvette est donnée ci-après.

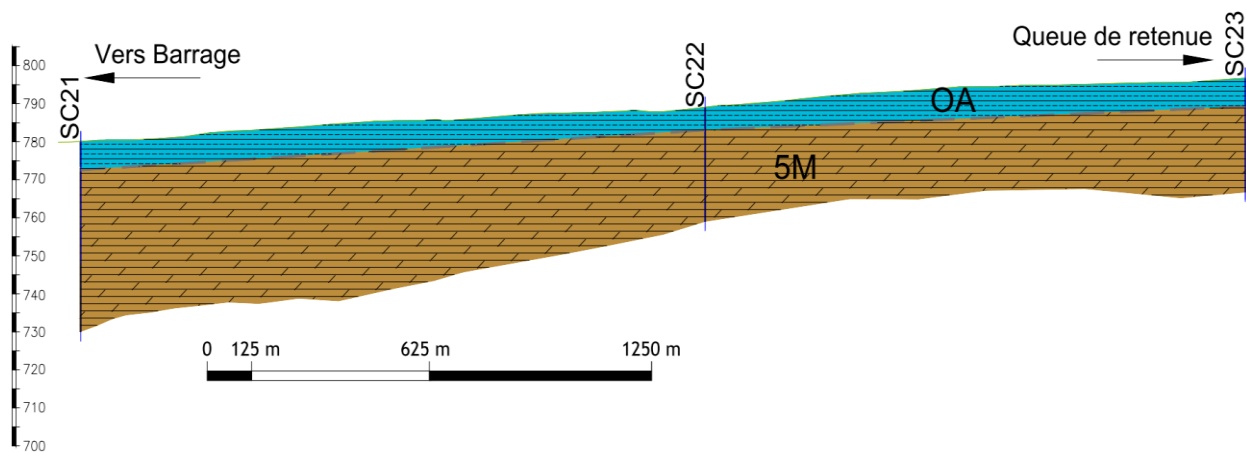


Figure 11 : Coupe schématique de la cuvette

3.6. Stabilité, morphologie

Le réservoir s'étend sur les formations géologiques du Cénomaniens–Turonien qui présentent un relief fait de pentes douces et sans risque d'instabilité à grande échelle.

3.7. Etanchéité, carottages

Les marnes du Cénomaniens-Turonien sont par nature très faiblement perméables.

L'étude de Monsieur Mr GOUAIDIA Layachi faite en 2008 s'est attachée à évaluer la perméabilité des formations géologiques de la structure anticlinale de l'oued Meskiana. Le

tableau présenté ci-dessous tiré de son étude indique que les marnes cénomaniennes sont rangées parmi les terrains imperméables.

Formation	Age	Epaisseur (m)	Résistivité (Ωm)	Intérêt hydrogéologique
Sables graviers et cailloutis	Poli-Quaternaire	5-145	30-150	Perméable
Limons et argiles	Poli-Quaternaire	5-30	3-5	Imperméable
Calcaires	Eocène	100	70-300	Perméable
Marnes	Montien	70	2-5	Imperméable
Calcaires	Maestrichtien sup	460	70-300	Perméable
Marnes	Maestrichtien inférieur	40-50	5-20	Imperméable
Marnes	Campanien	200	2-5	Imperméable
Marnes	Emschérien	90-100	2-5	Imperméable
Calcaires	Turonien	200-270	70-300	Perméable
Marnes argileuses	Cénomanién	600-1000	2-5	Imperméable

Tableau 02 : Résistivités des formations géologiques de la région de Meskiana (Gouaidia, 2008)

Par ailleurs, les études réalisées dans l'APD incluent trois sondages carottés avec essais d'eau dans la cuvette afin d'en vérifier la nature et la perméabilité (SC21, SC22, SC23) dont la coupe synthétique est donnée ci-dessous :

On rencontre les alluvions (en vert) puis les marnes Cénomaniennes (5M du rapport en marron) et leur vaste développement en surface comme en profondeur.

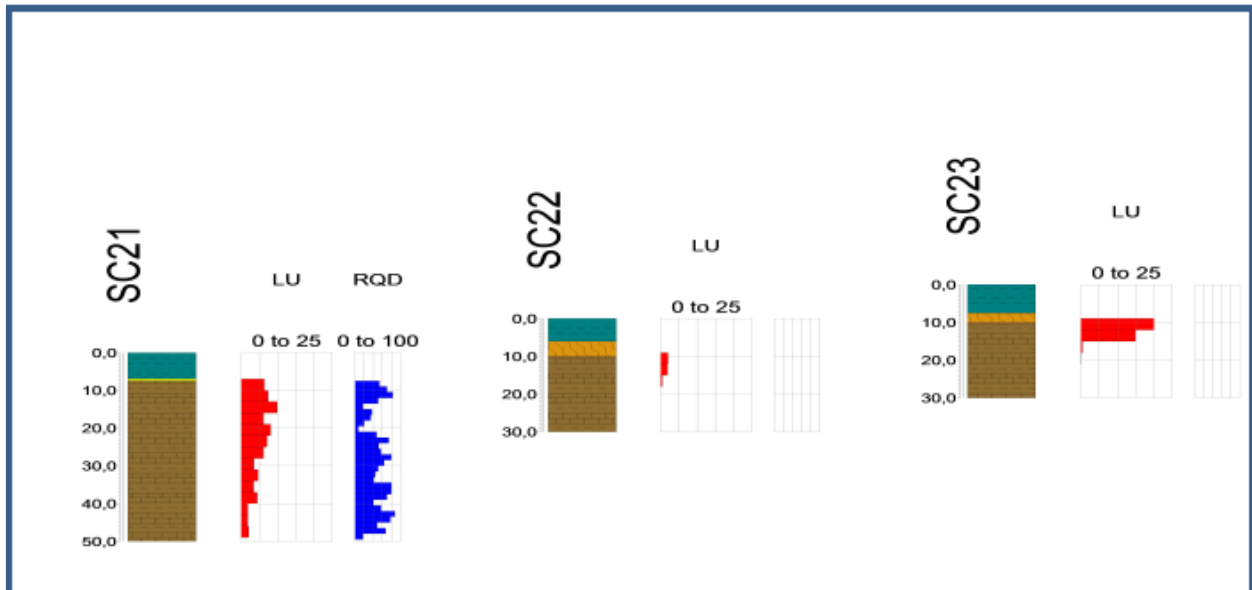


Figure 12 : Logs des forages réalisés dans la zone d'emprunt, Lithologie, essais lugeon (rouge) RQD (bleu)

Les résultats des essais indiquent ce qui suit :

- Le substratum de la cuvette est bien constitué par les marnes.
- Les alluvions ont une perméabilité de $2 \text{ à } 5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
- Les marnes sont altérées sur environ 5 à 10 m de profondeur et ont alors une perméabilité de 5 à 10 lugeons soit environ $5 \times 10^{-7} \text{ à } 10^{-6} \text{ m/s}$
- Les marnes saines ont une perméabilité inférieure à 2 lugeon soit environ $2 \times 10^{-7} \text{ m/s}$.

On est donc en présence d'un substratum effectivement très peu perméable donc non sujet aux fuites.

On note également que les dépôts alluvionnaires qui remplissent la vallée correspondent à des dépôts de type lacustre et donc mis en place au sein d'un plan d'eau. Il existait à une époque reculée mais encore récente une cuvette naturelle probablement fermée soit au niveau du site soit plus à l'aval (hypothèse la plus probable) dans laquelle les sédiments fins se sont déposés de façon très uniforme. On en conclut que la zone de la cuvette a déjà fonctionné comme un plan d'eau ce qui est rassurant pour son étanchéité.

Enfin, l'étude de Mr GOUAIDIA indique les conditions aux limites dans le bassin versant de l'oued Meskiana. On remarque que l'exutoire de la nappe phréatique se situe exclusivement au niveau du site et que les bordures à flux nul sont situées à une côte supérieure à celle du réservoir. Le risque de fuite au large soit vers un exutoire topographique à une cote plus basse, soit vers un « siphon » hydrogéologique apparaît donc hautement improbable.

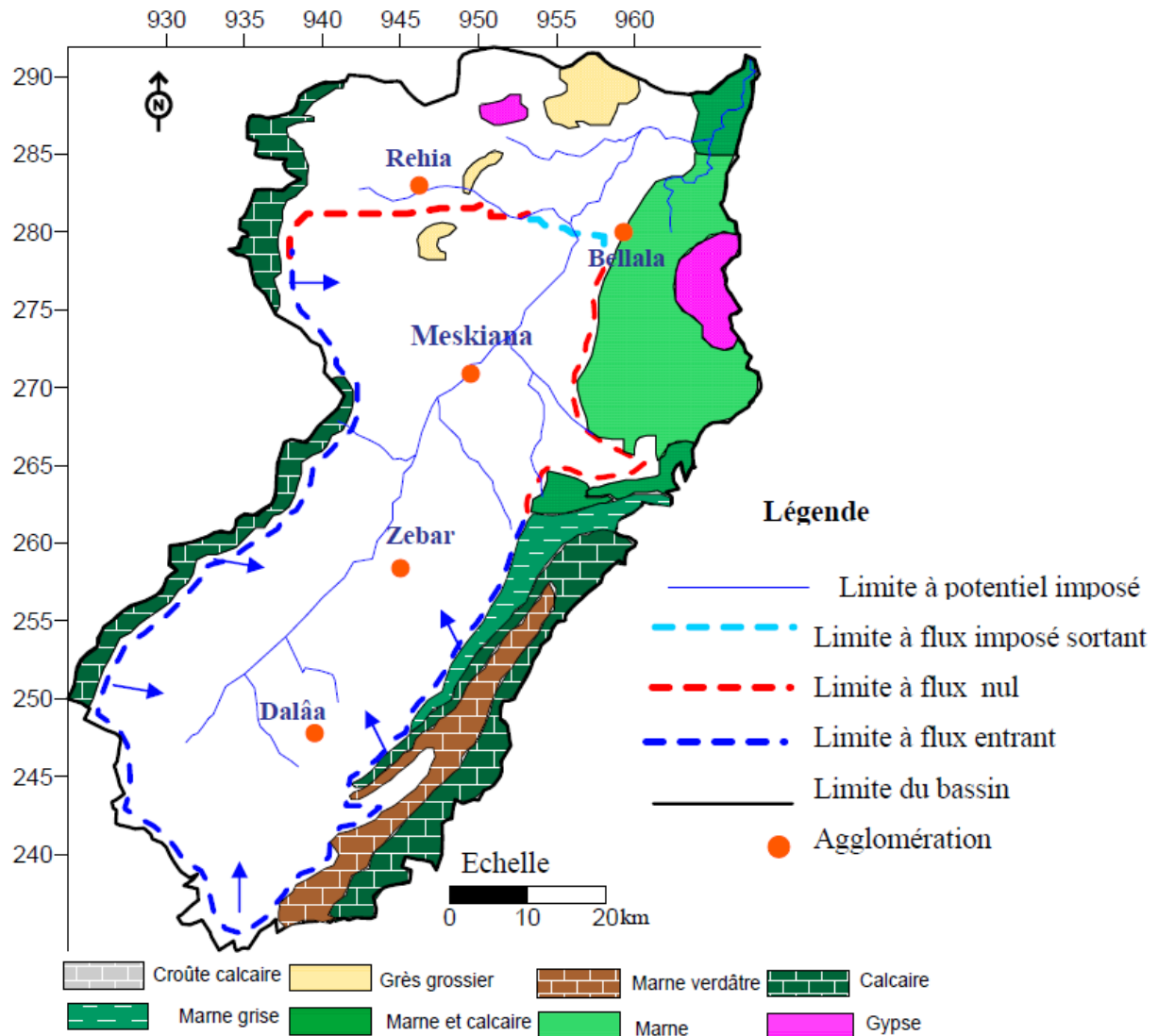


Figure 13 : Esquisse hydrogéologique du bassin versant de la Meskiana, le site dans le cercle noir. (Tiré de GOUAIDIA Layachi 2008).

On conclut de ces éléments que la coupure au niveau du barrage est pertinente d'un point de vue hydrogéologique et que l'imperméabilisation de la fondation a un intérêt indiscutable compte tenu du fait que les calcaires perméables y sont rencontrés et que c'est le lieu d'exutoire hydrogéologique du bassin versant.

3.8. Potentiel pour matériaux d'emprunts.

La zone du réservoir s'étend pour une grande partie sur la vallée alluviale de l'oued Maeskiana. Ces alluvions sont essentiellement constituées de matériaux fins (argiles, limons) et représentent un bon potentiel pour la source des matériaux de construction de la digue en remblais.

3.9. Présence d'hydrocarbures

On rappelle que le réservoir s'étend essentiellement sur les marnes cénomaniennes qui contiennent une proportion significative en hydrocarbures (potentiel exploré par l'industrie pétrolière).

Les marnes dans la cuvette avaient attiré l'attention lors de la première visite pour leur odeur fétide à la cassure d'échantillons pris à l'affleurement. L'image ci-dessous rappelle la zone où ces marnes ont été observées.



Figure 14 : Affleurement de marnes à odeur fétide à la cassure à l'amont du site.

Les carottages dans les marnes cénomaniennes présentent fréquemment une odeur de pétrole et un grand nombre de piézomètre sont pollués par des huiles selon toutes vraisemblances exprimées des marnes encaissantes. (soit claire comme sur les forages de faisabilité S8 et S7 soit bitumineuse comme sur S4).

Ces marnes ont été ré-examinées dans les carottages à la lueur de cette découverte, et il apparaît que les zones de marnes très noires ont une forte odeur de pétrole. C'est le cas entre autres au niveau du forage SC11 vers 15 m de profondeur par exemple. (voir ci-dessous).



Figure 15 : Carottes de marnes noires avec hydrocarbures (carotte du bas).

La question peut donc se poser sur la future qualité de l'eau du réservoir vis-à-vis de la migration de ces huiles vers la surface avec le changement du régime hydrogéologique imposé par le réservoir et la mise à nu des marnes de la cuvette par la zone d'emprunt.

Le Bureau d'Etudes estime que la mise à nu des marnes de la cuvette par la zone d'emprunt entrainera nécessairement la migration des huiles contenues dans les marnes cénomaniennes vers la surface de la retenue. Il semble donc nécessaire de ne pas décaper l'ensemble des dépôts alluvionnaires et laisser une épaisseur suffisante de colluvions permettant les premières années d'assurer un recouvrement des marnes cénomaniennes. Cette hypothèse est rendue possible par les volumes importants reconnus dans la zone d'emprunt, estimés à 6 000 000 m³ alors que les besoins en matériaux pour remblais sont de 2 500 000 m³. Dans ces conditions, en laissant une

couche d'alluvions de 1 m d'épaisseur systématiquement dans les zones d'emprunt, les volumes disponibles seraient de l'ordre de 3 900 000 m³, nettement suffisants au regard des besoins.

Le problème de l'impact des hydrocarbures se posera essentiellement les premières années d'exploitation du barrage, puisque les transports solides déposeront en fond de retenue des couches sédimentaires qui isoleront les formations marneuses de la retenue.

En cas de présence avérée d'hydrocarbures dans la retenue, l'eau de la retenue devra être préférentiellement prélevée par les niveaux bas des prises d'eau, les nappes d'hydrocarbures plus légères se situant en surface.

Un traitement de l'eau spécifique pourra être proposé en cas de mélange d'eau brute avec des huiles (déshuileur ou séparateur en sortie aval de conduite de transfert).

3.10. Carottages, Sondages, Géométries

Les informations de surface donnent de bons guides pour assurer une corrélation entre forage la plus juste que possible. En particulier, le pendage des couches impose une grande précaution dans l'établissement des coupes notamment amont-aval et limite l'usage des projections de sondages distants des coupes rive à rive, les limites lithologiques n'étant pas en vis-à-vis direct.

On propose ci-dessous une série de coupe avec les corrélations lithologiques qui permettent une bonne compréhension de l'organisation de la fondation.

Les coupes schématiques suivantes présentent de façon synthétique les logs des forages avec la lithologie, le log de perméabilité lugeon (rouge) et le log RQD (bleu).

A noter toutefois que la coupe géologique et la coupe géomécanique le long de l'axe du barrage sont données en annexe 2 sur les plans EG-1005 et EG-1006.

Coupe AA : rive gauche-rive droite à l'amont du futur ouvrage en béton

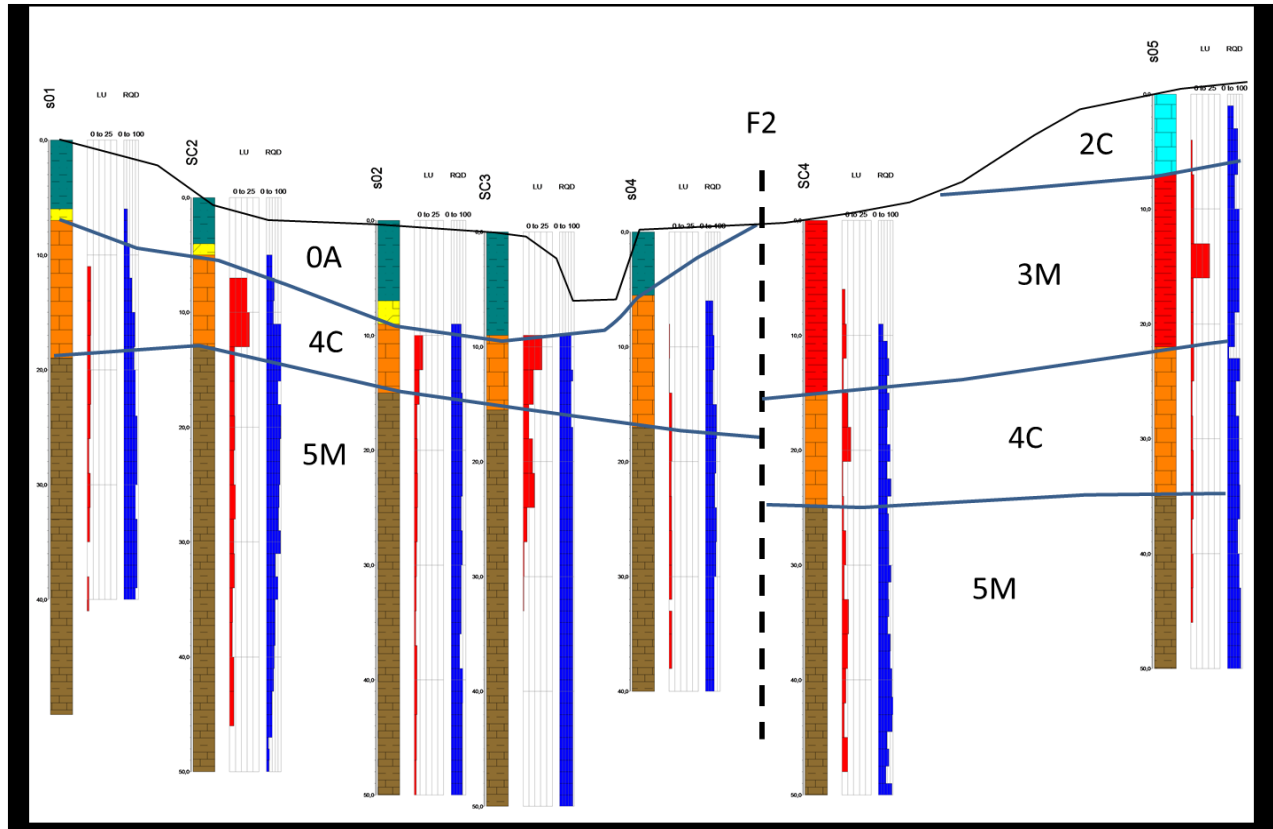


Figure 16 : Coupe AA, rive gauche-rive droite à limite amont du futur ouvrage en béton

La coupe montre les points principaux suivants :

- L'épaisseur d'alluvions et le surcreusement du substratum par l'oued, le tracé actuel de celui-ci étant décalé en bordure Est de la paléo vallée.
- Une dissymétrie RD – RG avec la présence en plus en RD des formations 3M et 2C qui est reliée à la présence d'une faille (F2).
- Le passage de la faille F2 en pied de l'appui RD qui décale les formations 4C et 5M
- Des valeurs de perméabilité Lugeon rapidement faibles avec l'approfondissement (détaillé plus bas)
- Des valeurs de RQD moyennes à élevées avec une variabilité assez prononcée (détaillé plus bas).

Coupe BB : rive gauche-rive droite au centre du futur ouvrage en béton

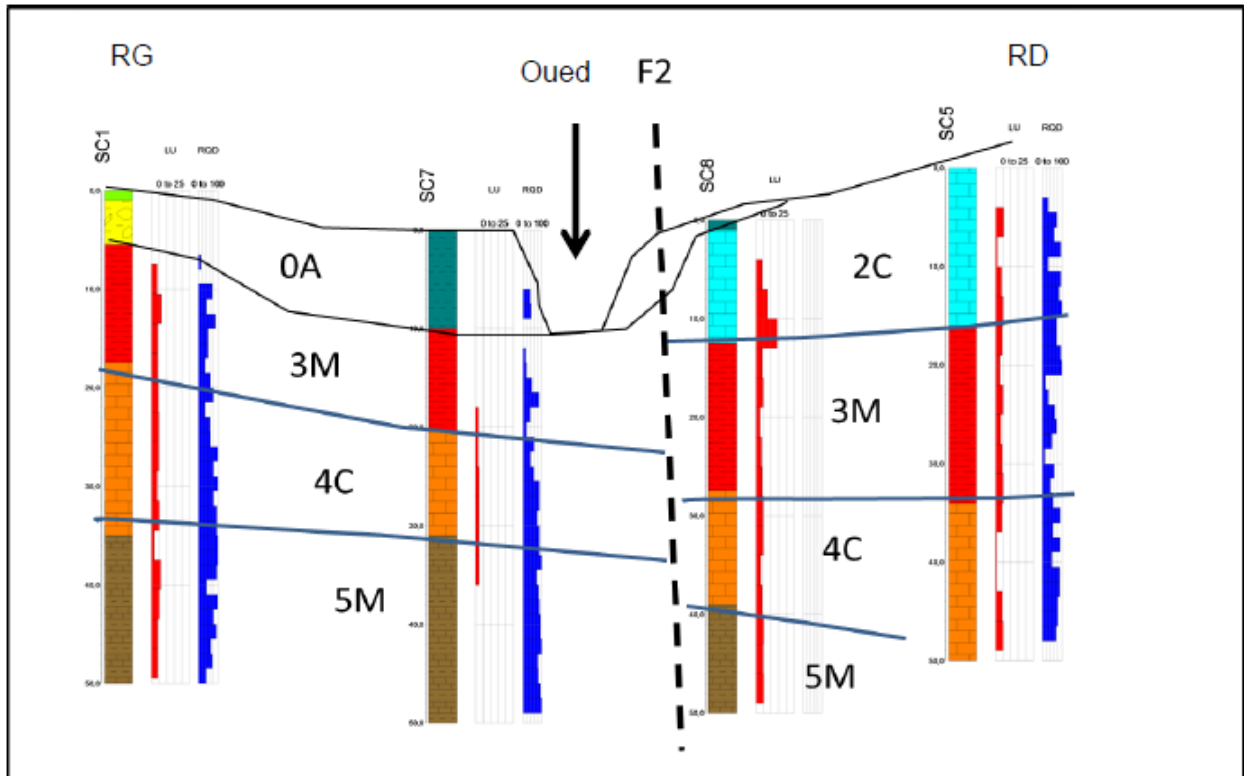


Figure 17 : Coupe BB, rive gauche-rive droite au centre du futur ouvrage en béton

La coupe montre les points principaux suivants :

- La prolongation vers l'aval du surcreusement de la vallée et du remplissage alluvionnaire
- Une dissymétrie diminuée entre RD – RG ceci étant dû au pendage des couches
- Le passage de la faille F2 en pied de l'appui RD qui décale les formations 2C, 3M, 4C, 5M
- Des valeurs de perméabilité Lugeon rapidement faibles avec l'approfondissement (détaillé plus bas)
- Des valeurs de RQD moyennes à élevées avec une variabilité assez prononcée (détaillé plus bas)

Coupe CC : Amont – Aval en Rive gauche en pied de talus

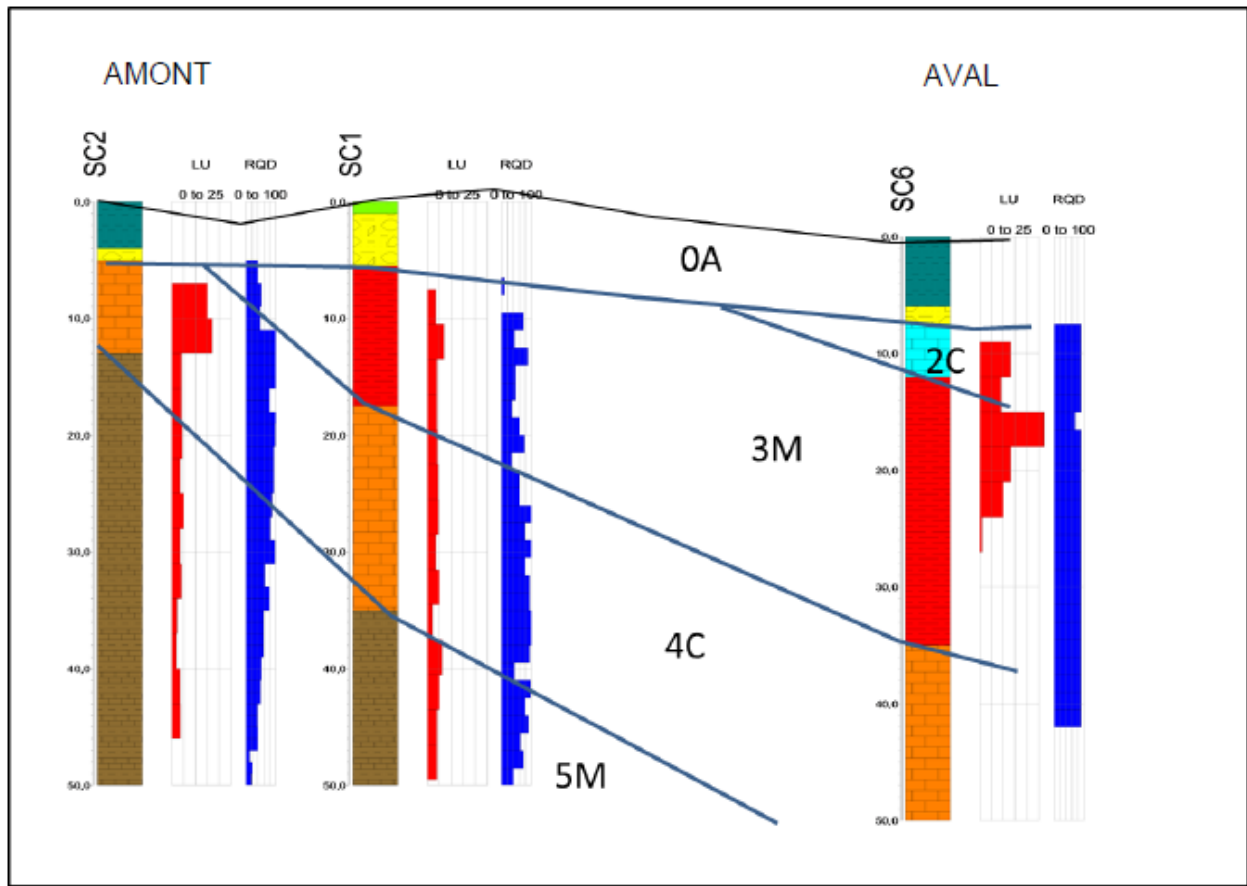


Figure 18 : Coupe CC, Amont – Aval en Rive gauche en pied de talus

La coupe montre les points principaux suivants :

- La couverture alluviale continue incluant une grande part d'éléments graveleux
- Le passage des formations 5M à la formation 4C puis 3 M et 2 C à mesure que l'on se dirige vers l'aval, cela traduit bien l'organisation du pendage.
- Des perméabilités lugeon fortes près de la surface et rapidement faible en profondeur (détaillé plus bas)
- Des valeurs de RQD fortes dès le toit du substratum sauf au niveau du forage SC1 où les marnes formant le toit sont plus dégradées que les calcaires (détaillé plus bas)

Coupe DD : Amont – Aval en Rive gauche en vallée.

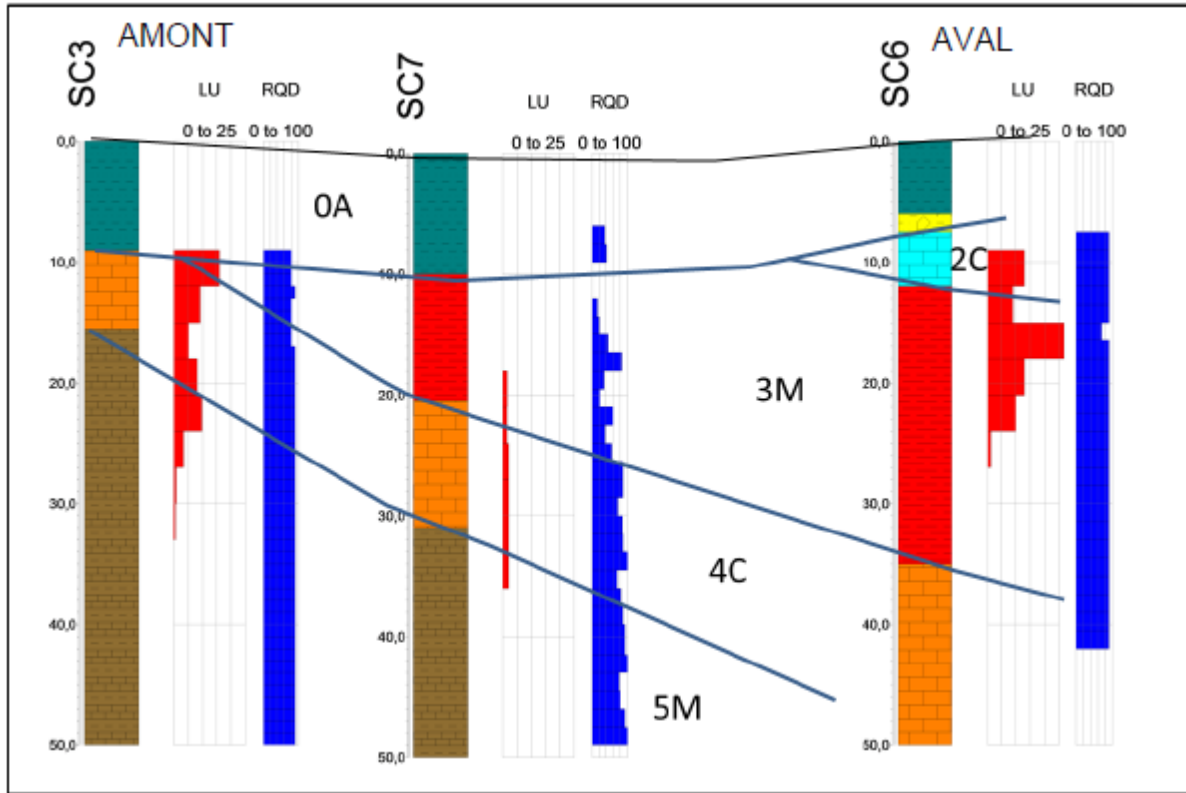


Figure 19 : Coupe DD Amont – Aval en Rive gauche

La coupe montre les points principaux suivants :

- La couverture alluviale continue
- Le passage des formations 5M à la formation 4C puis 3 M et 2 C à mesure que l'on se dirige vers l'aval, cela traduit bien l'organisation du pendage.
- Des perméabilités lugeon fortes près de la surface et rapidement faible en profondeur (détaillé plus bas)
- Des valeurs de RQD fortes dès le toit du substratum sauf au niveau du forage SC7 où les marnes formant le toit sont plus dégradées que les calcaires (détaillé plus bas)

Coupe EE : Amont – Aval en Rive Droite en pied d'appui

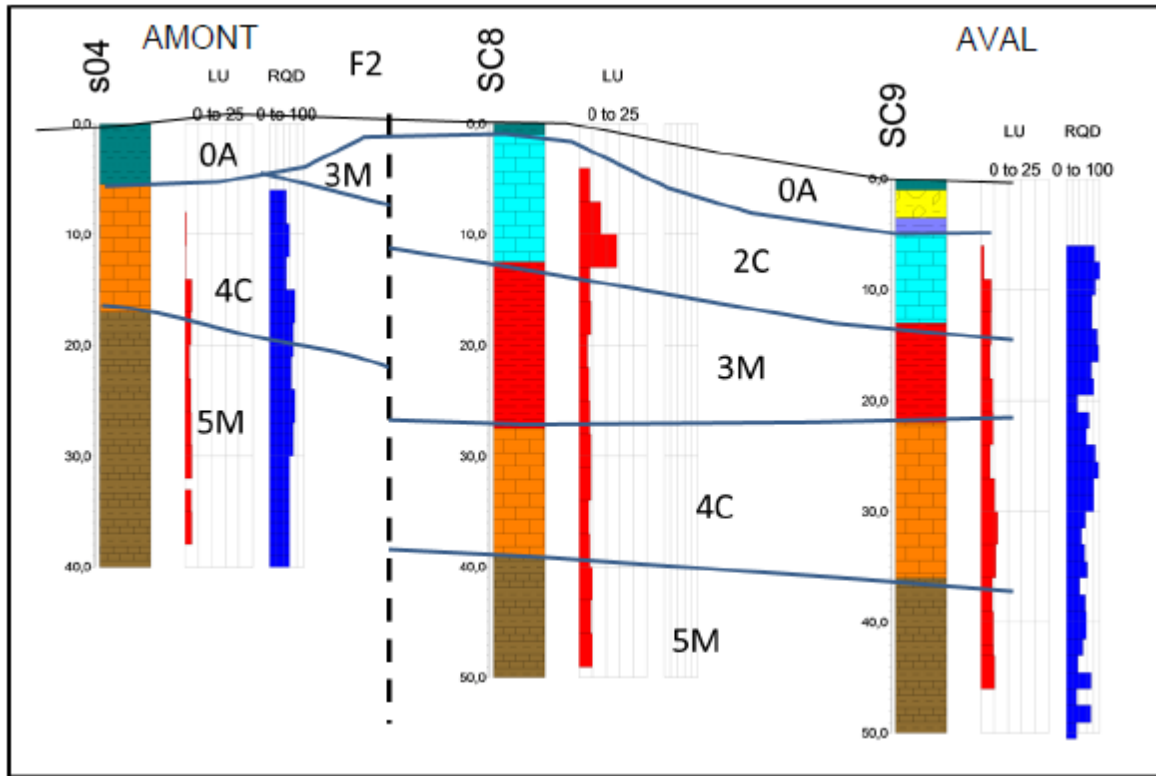


Figure 20 : Coupe EE, Amont – Aval en rive droite

La coupe montre les points principaux suivants :

- La faille F2 est recoupée très obliquement par le profil, le pendage aval est quelque peu modifié et compte tenu des décalages la faille montre une composante verticale normale prépondérante.
- L'organisation des pendages vers l'aval moins nette que sur la coupe RD, c'est peut-être en rapport avec le passage de la faille.
- Des perméabilités Lugeon généralement basses sauf en tête de SC8 dans les calcaires 2C.



Figure 21 : Légende de la lithologie des logs.



Chapitre IV

4 Méthodologie des Travaux géophysiques

4.1. Acquisition et traitement des données

Les travaux de géophysiques sur le site se sont déroulés du 6 au 31 décembre 2016 et. Durant les travaux de prospection, les conditions de terrain ont été plus ou moins favorables au bon déroulement de l'acquisition des données.

La campagne géophysique réalisée comprend 82 bases sismiques, 60 sondages électriques verticaux et 60 trainés électriques.

L'équipe de terrain était composée de 03 ingénieurs géophysiciens et 04 manœuvres.

4.2. Méthode sismique :

Le matériel utilisé pour la réalisation des profils sismiques est le SUMMIT X STREAM Pro de DMT (figure21).

Les accessoires utilisés sont les suivants :

- Un câble sismique avec 24 sorties (take out) espacées de 5m,
- 24 géophones verticaux de fréquence 10Hz,
- 12 géophones horizontaux de fréquence 10Hz,
- Une alimentation (batterie 12V),
- Un marteau (10 Kgs),
- Une plaque métallique

A cela, il faut ajouter :

- Un appareil photo numérique,
- Un ordinateur portable,
- Un GPS de navigation,
- Un véhicule de terrain.



Figure 22: Summit X Stream Pro (DMT)

Nous avons utilisé des dispositifs de 24 géophones espacés de 5m. Lorsqu'un profil est composé de plus d'un dispositif, un géophone de recouvrement est utilisé (le dernier géophone d'un profil correspond au 1^{er} du dispositif suivant). Il y a 7 points de tirs par dispositif et ont été effectuées comme suit :

- Tir offset à 30 m du géophone 1.
- Tir direct à 2.5m avant le 1^{er} géophone.
- Tir entre les géophones 6 et 7.
- Tir entre les géophones 12 et 13.
- Tir entre les géophones 18 et 19.
- Tir inverse à 2.5m du 24^{ème} géophone.

- Tir offset à 30 m du géophone 24.

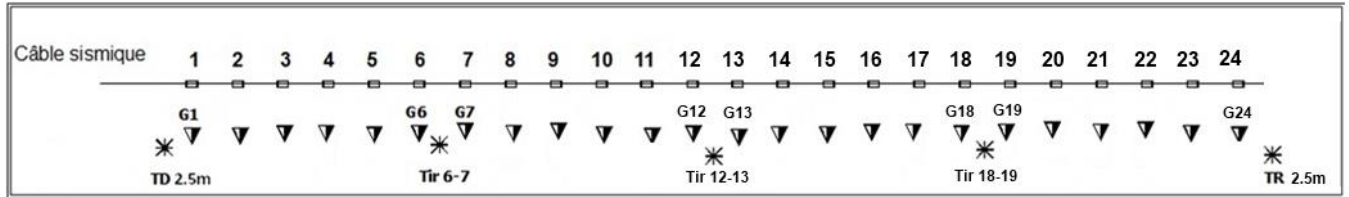


Figure 23 : Schéma d'acquisition du profil sismique (Onde P).

La méthode de sismique réfraction légère (marteau) est adaptée à notre étude et permet de déterminer la nature et la profondeur du substratum.

L'instrument permet généralement d'additionner (stacker) les impulsions reçues à chaque coup, pour améliorer le rapport signal sur bruit jusqu'à l'obtention d'un signal bien lisible.

Après l'acquisition des données, il est nécessaire de les arranger et charger les différents tirs sismiques avec leur géométrie sur un logiciel d'interprétation sismique réfraction. Dans notre cas ici il s'agit du logiciel multi modules '**Winsism**' (W-Geosoft – Suisse).

Plusieurs étapes doivent être respectées avant d'arriver à l'étape finale qui est le modèle de vitesse recherché et qui approchera le plus possible la réalité.

Ces étapes débutent par:

- Le chargement des données sismiques avec la géométrie des tirs.
- Le pointé des premières arrivées.
- La construction des dromochroniques « travel-times », que l'on peut voir dans la figure ci-dessous.
- L'interprétation et le choix du nombre des couches

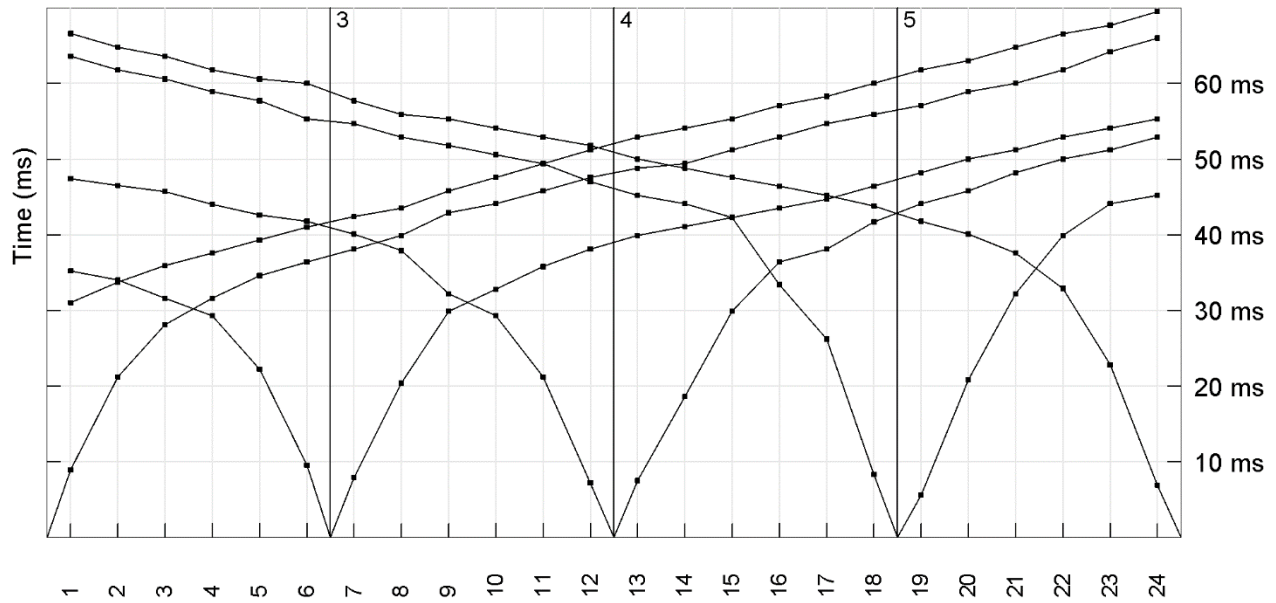


Figure 24 : Dromochronique du PS02.

4.3. Prospection électrique :

Le système électrique utilisé pour les sondages et l'imagerie électriques est le SARIS (*Scintrex Automated Resistivity Imaging System*) de Scintrex.



Figure 25 : Système d'imagerie électrique SARIS

Les accessoires nécessaires sont les suivants :

- Câblage AB et MN
- Electrodes en acier inoxydable de 55 cm de longueur et de 1,4 cm de diamètre.
- Une alimentation (batterie 12V),
- Marteaux, décimètres.

Les sondages électriques sont de type Schlumberger ($AB=100m$ et $AB=200m$) et le trainé est de type Wenner (longueur de ligne de $AB = 15$ et $45 m$).

L'interprétation des courbes de sondages a été réalisée en utilisant le logiciel « IPI2WIN » (Version 3.0), élaboré par Moscow State University (Bobachev, 2002). Elles sont données sous forme de tableau donnant la résistivité et l'épaisseur de chacune d'elle.

4.4. Traitement des sondages électriques

Le premier traitement des données de sondage électrique vertical, consiste à assembler la courbe de sondage électrique finale. En effet, cette courbe est constituée de plusieurs segments MN. Dans notre cas, elle en a 3 à 4 segments.

Toutes les courbes des sondages électriques ont été translatées verticalement par rapport au dernier segment. La translation a été réalisée au moyen du programme IPI2WIN de l'Université de Moscou. La figure ci-dessous, représente l'opération de translation, réalisée sur le sondage électrique SE15.

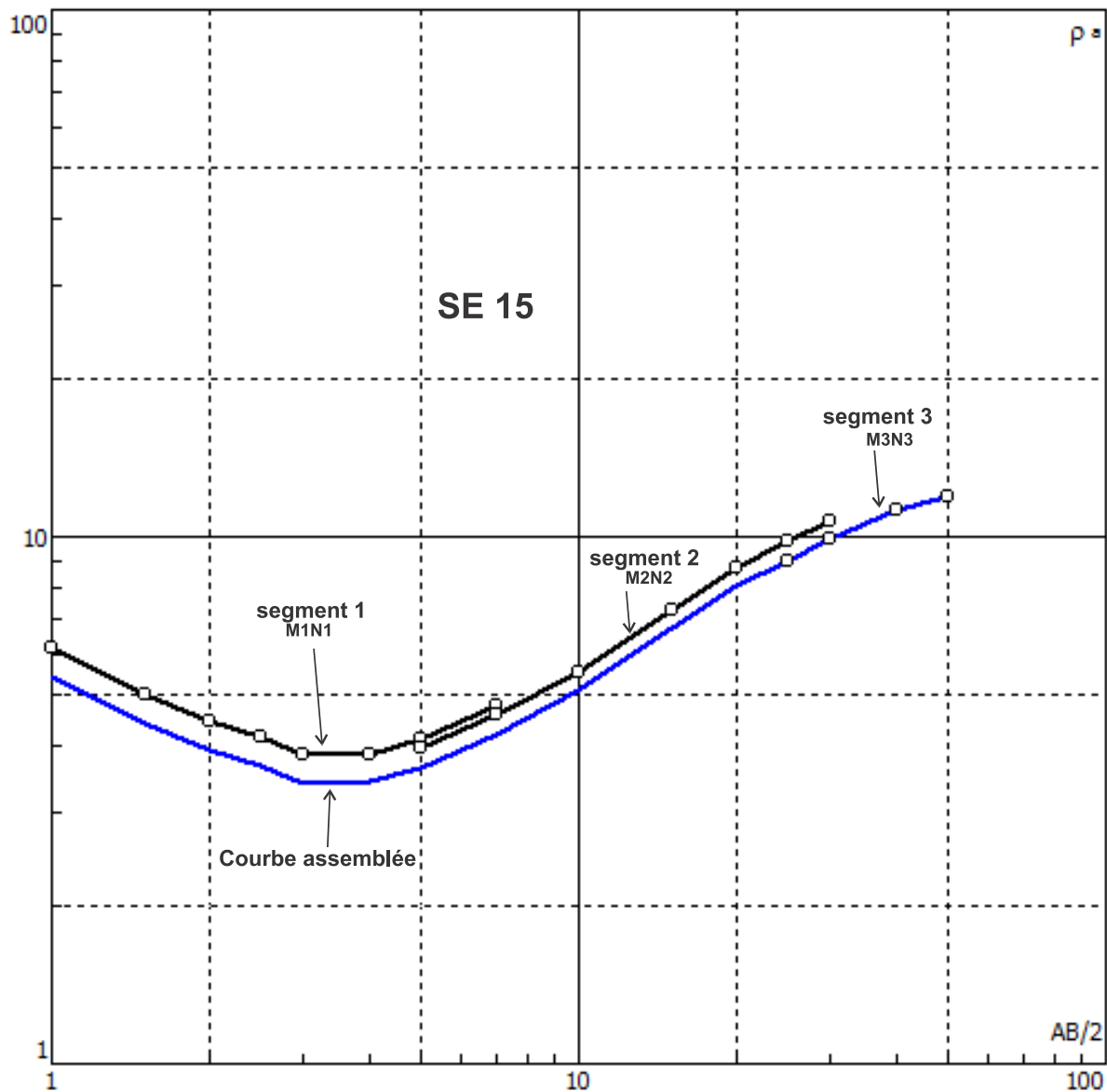


Figure 26 : Exemple d'assemblage de la courbe du sondage électrique SE15.

4.5 Modélisation

4.5.1 Modélisation sismique

Cette partie de modélisation directe montre les réponses sismiques pour 2 et 3 couches horizontales. La modélisation a été faite au moyen de code écrit sous Matlab (<https://serc.carleton.edu/>).

Dans ce qui suit est donné le temps d'arrivée de la première onde réfractée en fonction de la distance X entre le point d'émission et le récepteur dans le cas d'un bicouche composé d'une première couche lente de vitesse V_1 et d'épaisseur finie (e), reposant sur une couche d'épaisseur infinie de vitesse $V_2 > V_1$ (Magnin et Bertrand, 2005). Le graphique ci-dessous «temps-distance» est appelé hodochrone ou dromochronique (fig.26)

Sur le graphique « temps-distance », les droites de pente $1/V_1$ et $1/V_2$ se croisent en un point appelé point de brisure (X_c). Pour les réceptions à gauche de ce point de brisure, le temps du trajet direct est inférieur au temps du trajet réfracté et inversement pour les réceptions situées à droite du point de brisure.

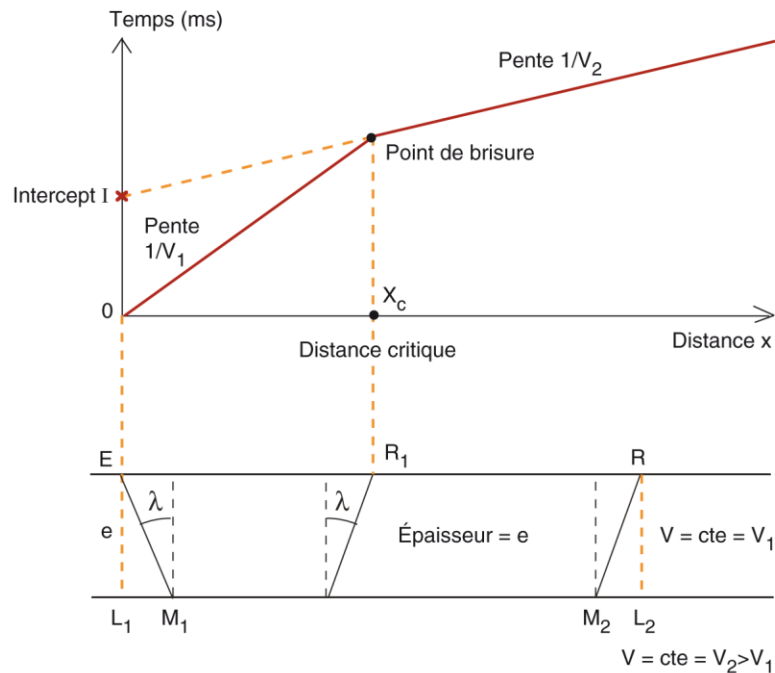


Figure 27 : dromochronique ou hodochrone d'un bi-couche (2 couches), d'après Magnin et Bertrand, 2005.

Pour une réfraction totale, la loi de Snell donne :

$$\sin\lambda = \frac{V_1}{V_2} \quad (1)$$

L'équation de l'onde directe est donnée par :

$$t = \frac{1}{v_1} \quad (2)$$

L'équation de l'onde la réfractée première est donnée par :

$$t = \frac{x}{v_2} + \frac{2e}{v_1} \cos\lambda \quad (3)$$

Cette expression est l'équation d'une droite de pente $1/v_2$ et d'ordonnée à l'origine, ou intercept:

$$I = \frac{2e}{v_1} \cos\lambda \quad (4)$$

Le point de brisure est donné par:

$$X_c = 2e \sqrt{\frac{v_1 + v_2}{v_2 - v_1}} \quad (5)$$

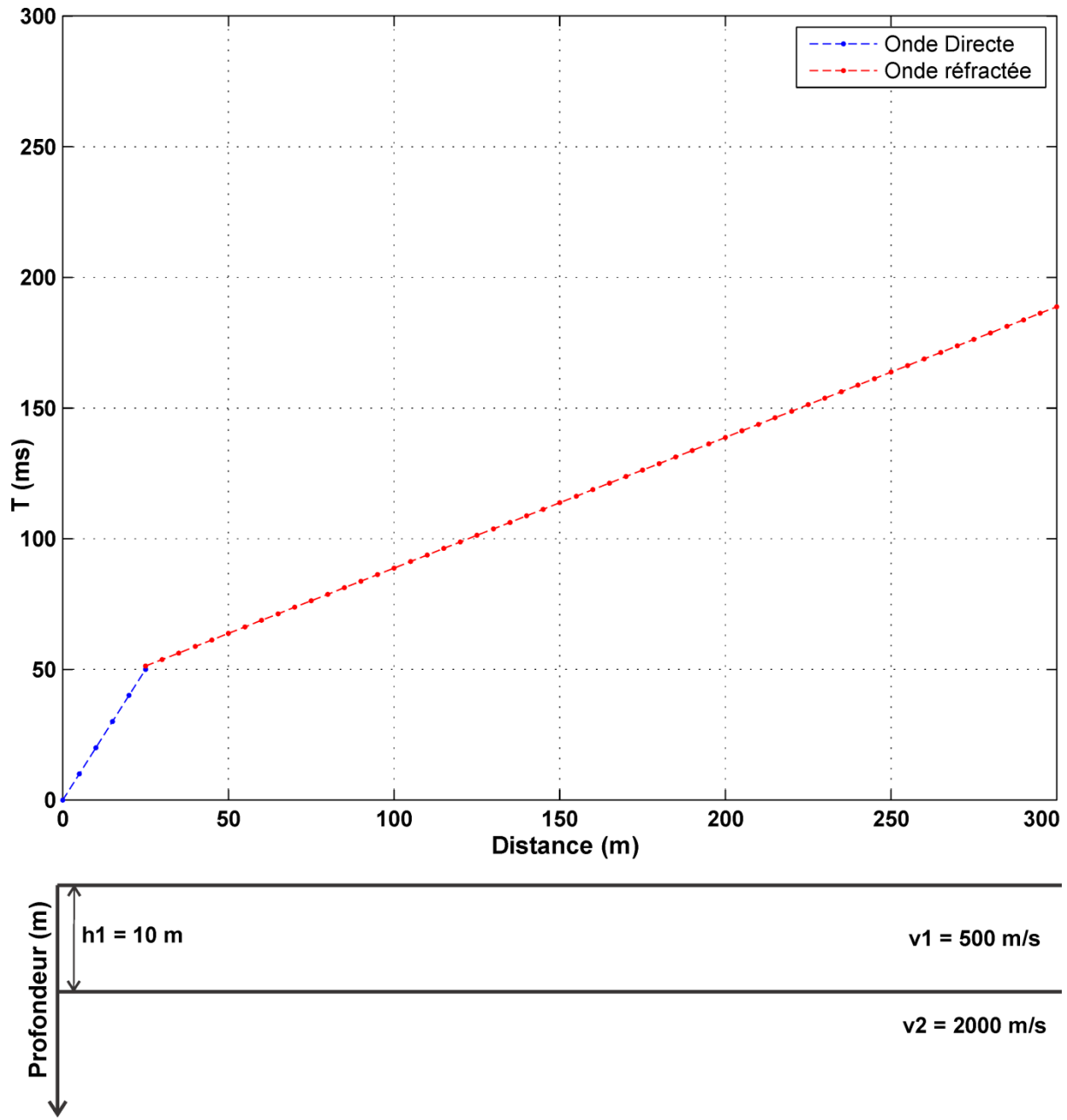


Figure 28 : réponse du modèle sismique théorique à 2 couches horizontales

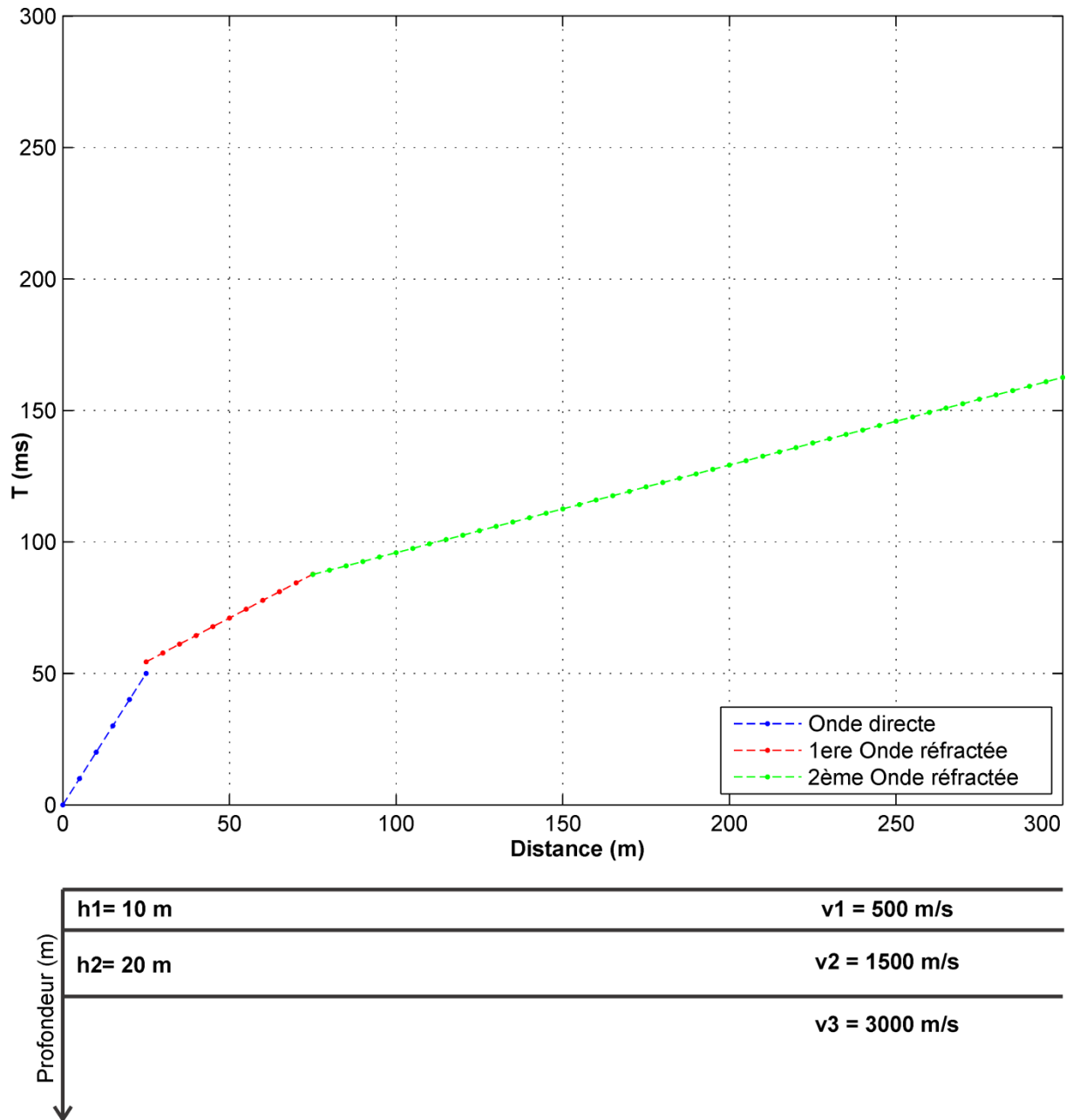


Figure 29 : réponse du modèle sismique théorique à 3 couches horizontales

4.5.2 Modélisation électrique d'un contact vertical.

Cette partie de modélisation directe montre les réponses électriques des dispositifs Wenner et Schlumberger pour un contact vertical. Ce contact vertical sépare deux milieux de résistivités $\rho_1 = 10 \Omega \cdot m$ et $\rho_2 = 100 \Omega \cdot m$. Le contact se trouve à 300 m. Le calcul des résistivités apparentes a été réalisé au moyen du programme de Novikov (<http://magnetometry.ru/>)

Principe théorique

Pour la modélisation directe du contact géologique vertical par le quadripôle AMNB, on distingue cinq (5) cas (Zaborovsky, 1963; Novikov, 2013).

1. Les électrodes A, M, N et B sont dans le milieu de résistivité ρ_1 :

$$\rho_a^I = \rho_1 \left\{ 1 + \frac{k_{12}}{2} (L^2 - l^2) \left[\frac{1}{(4x - L)^2 - l^2} - \frac{1}{(4x + L)^2 - l^2} \right] \right\}$$

avec

$$k_{12} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 + \rho_2}$$

k_{12} – coefficient de réflexion

ρ_a^I – Résistivité apparente.

$AB = L$ est la distance entre les électrodes d'émission . $MN = l$, est la distance entre les électrodes de réception. x - distance entre le centre du dispositif et le contact géologique vertical.

2. Les électrodes A, M et N sont dans le milieu de résistivité ρ_1 et l'électrode B est dans le milieu de résistivité ρ_2 :

$$\rho_a^{II} = \rho_1 \left\{ 1 + \frac{k_{12}}{2} \left[1 - \frac{L^2 - l^2}{(4x + L)^2 - l^2} \right] \right\}$$

3. Les électrodes A et M sont dans le milieu de résistivité ρ_1 et les électrodes N et B sont dans le milieu de résistivité ρ_2 :

$$\rho_a^{III} = \rho_1 \left\{ \frac{1}{2} \left[1 - \frac{k_{12} 2x(L - l)}{l(4x + L + l)} \right] + \frac{1}{2} \cdot \frac{1 + k_{12}}{1 - k_{12}} \left[1 - \frac{k_{12} 2x(L - l)}{l(L + l - 4x)} \right] \right\}$$

4. L'électrode A est dans le milieu de résistivité ρ_1 et les électrodes M, N et B sont dans le milieu de résistivité ρ_2 :

$$\rho_a^{IV} = \rho_1 \frac{1 + k_{12}}{1 - k_{12}} \left\{ \frac{1 - k_{12}}{2} \left[1 - \frac{L^2 - l^2}{(4x' + L)^2 - l^2} \right] \right\}$$

$x' = -x$ - distance entre le centre du dispositif et le contact géologique vertical.

5. Toutes les électrodes A, M, N et B - sont dans le milieu de résistivité ρ_2 :

$$\rho_a^V = \rho_1 \frac{1 + k_{12}}{1 - k_{12}} \left\{ 1 - \frac{k_{12}}{2} (L^2 - l^2) \left[\frac{1}{(4x' - L)^2 - l^2} - \frac{1}{(4x' + L)^2 - l^2} \right] \right\}$$

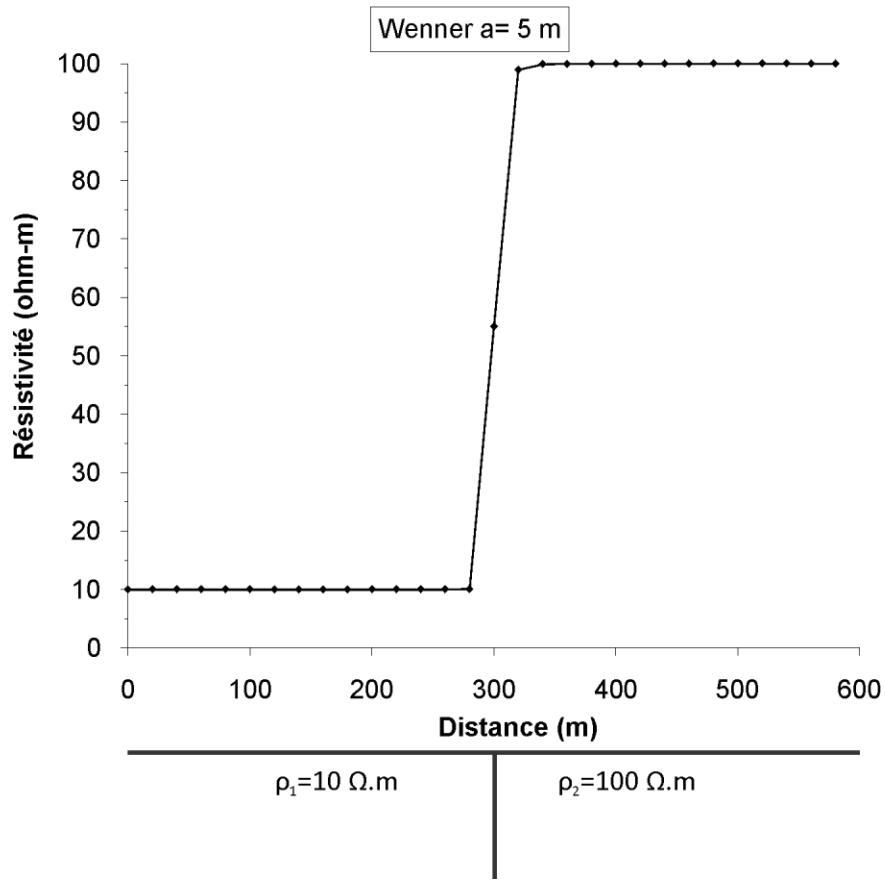


Figure 30 : réponse théorique du contact vertical Wenner (AB=15 m)

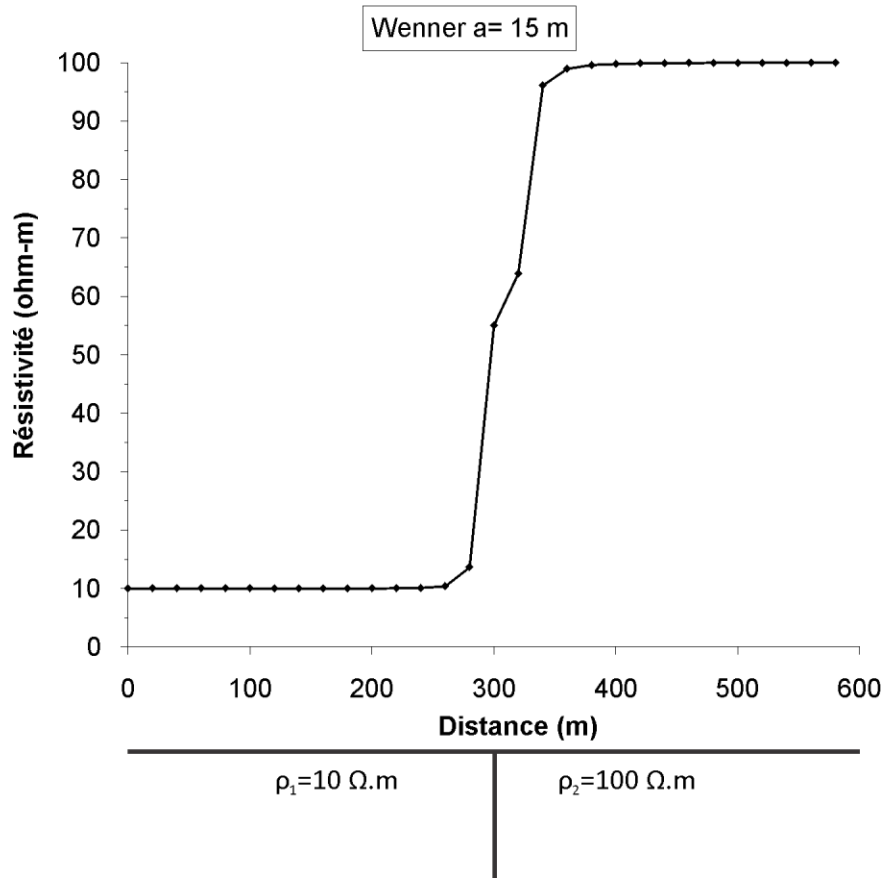


Figure 31 : réponse théorique du contact vertical , Wenner (AB=45 m)



Chapitre V

6. Résultats

Dans ce qui suit, nous donnons l'interprétation des données géophysiques de sismique réfraction, de trainée électrique et de sondage électrique vertical. Nous commençons par la sismique réfraction.

6.1 Sismique

6.1.1 Profil sismique central rive gauche

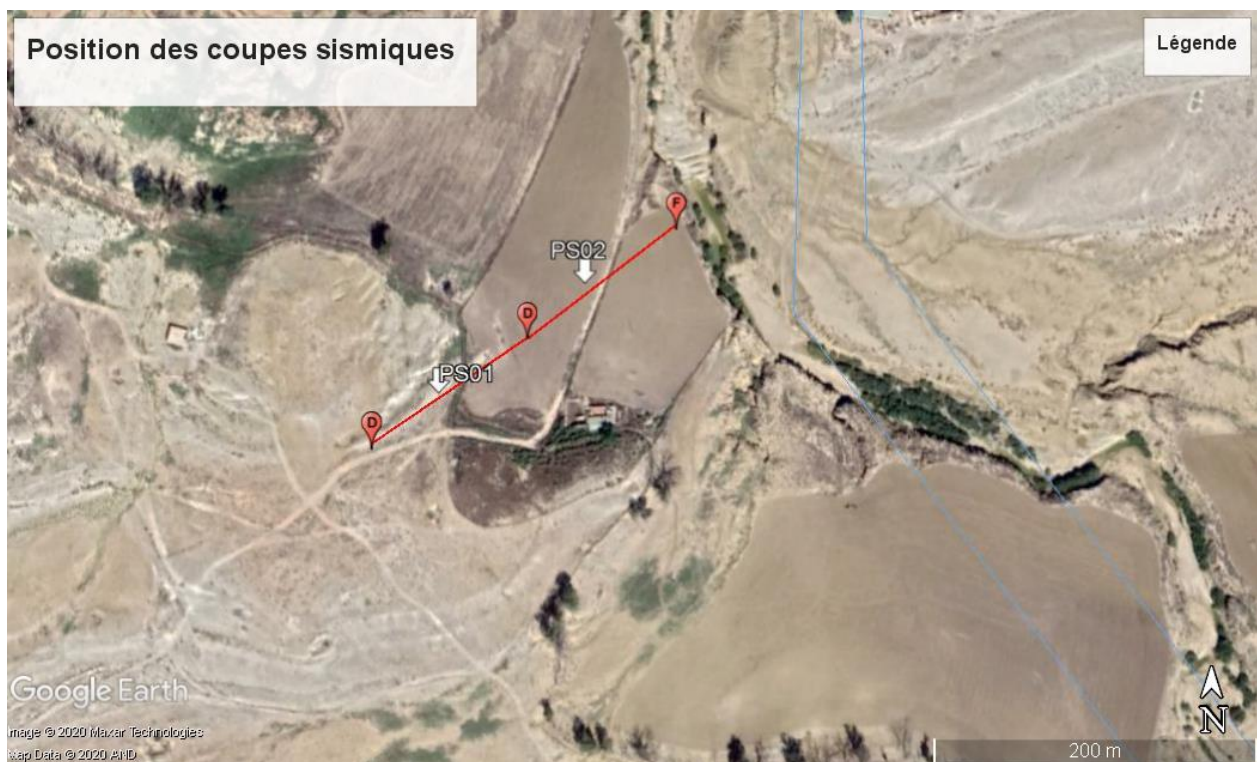


Figure 32 : Position du profil sur Google Earth

Le modèle sismique obtenu montre qu'il est constitué de deux (02) à trois (03) couches. Ce modèle est calé sur la lithologie des sondages SC01 et SC07. La première superficielle allant de 3 à 8 m d'épaisseur et des vitesses faibles (360 à 518 m/s) proche de l'oued et 700 à 800 m/s loin de la vallée de l'oued. Les faibles vitesses sont caractéristiques des argiles limoneuses et sableuses, comme le montre le calage avec les sondages. La couche intermédiaire présente sur la moitié du profil se caractérise par des vitesses sismiques allant de 700 à 1300 m/s. Le substratum

sismique est caractérisé par une vitesse rapide (2310 m/s à 3570 m/s). Cet intervalle de vitesse correspond probablement aux marno-calcaires. Le substratum s'enfonce en allant vers l'oued.

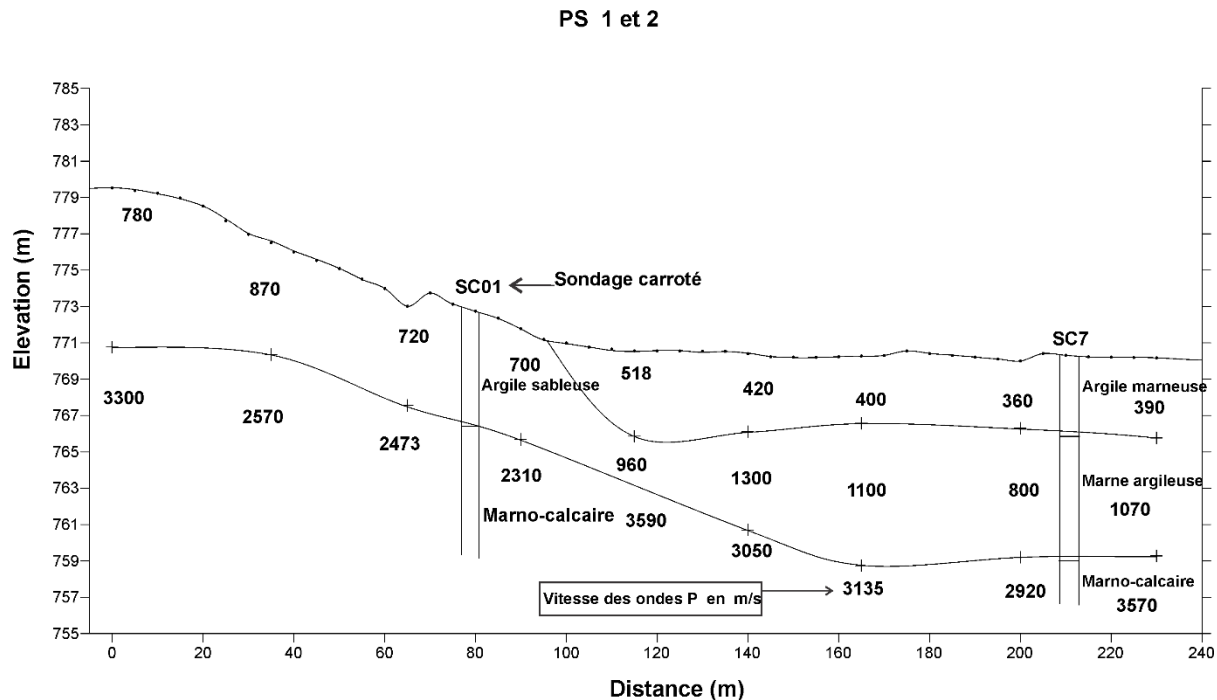


Figure 33 : Coupe sismique du profil central, rive gauche

6.2 Electrique

Trainé électrique

Nous avons utilisé une seule palette de couleur pour pouvoir comparer les cartes de résistivité entre elles. Les cartes sont données sur les figures suivantes.

Carte iso-résistivité du trainé AB = 15m

La carte de résistivité apparente pour l'écartement AB= 15m admet une profondeur d'investigation de l'ordre de 2.5 m. Elle présente des plages conductrices qui peuvent corrélérer avec les argiles limoneuses. Les zones intéressantes (Bleu à vert) sur la palette de couleur se concentrent au nord et au sud de la zone étudiée. Une bande résistante sépare les deux zones intéressantes.

Carte iso-résistivité du trainé AB = 45m

La carte de résistivité apparente pour l'écartement $AB = 45\text{m}$ admet une profondeur d'investigation de l'ordre de 7.5 m. Les plages conductrices sont aussi présentes en profondeur, cependant, on note une légère augmentation des résistivités. Notons aussi, une anomalie résistante sous la station 32 qui est causée par une hétérogénéité de proche surface. Cette anomalie résistante n'est pas présente sur la carte iso-résistivité Schlumberger équivalente. Le dispositif Wenner est connu pour être influencé par les hétérogénéités latérales à cause du grand écartement MN entre les électrodes réceptrices.

Sondage électrique

Généralement, le contraste de résistivité entre les argiles limoneuses et les marnes du substratum sont faibles, cependant les cartes iso-valeurs pour les faibles valeurs AB indiquent une surface intéressante de développement des argiles limoneuses.

Carte des résistivités apparentes en fonction de AB

Les cartes de résistivité apparente sont établies par interpolation entre les sondages électriques pour chacune des longueurs $AB = 14$ et 40m $MN = 3\text{m}$. De telles cartes correspondent à une sorte d'écorché géologique et traduisent en partie l'allure des résistivités des terrains sous-jacents.

Ces deux écartements sont très proches de ceux du Wenner mais avec un MN plus petit. De ce fait, comparé aux dispositif Wenner du même écartement, le dispositif Schlumberger est moins sensible aux hétérogénéités latérales.

Carte en AB= 14m

Cette carte a les mêmes caractéristiques que la carte iso-résistivité du trainé Wenner pour $AB = 15\text{m}$. Elle admet en moyenne une profondeur d'investigation de l'ordre de 3 m. Elle présente des plages conductrices qui corrént probablement avec les argiles limoneuses. Par rapport à la carte Wenner du même écartement, elle nous renseigne sur une extension vers le sud

de la zone conductrice nord (S26, S36, SE55). A l'exception des sondages SE6, SE7, SE12, SE20 et SE47, toute la zone est riche en argile.

Carte en AB= 40m

Cette carte a une profondeur d'investigation de l'ordre de 8 m. On note une légère augmentation des résistivités qui traduisent probablement en profondeur un milieu marneux. Notons aussi l'absence de la zone résistance détectée autour de la station 32 du trainé 45m.

Cartes iso-résistivité combinées

On a essayé de combiner les deux cartes de trainé avec les cartes équivalentes de SEV pour pouvoir cerner l'extension des zones conductrices. Les deux cartes sont complémentaires et permettent de préciser les contours de l'extension de la couche argileuse. Une carte interprétative de l'extension latérale des zones conductrices (argile) est illustrée au dessous des cartes iso-résistivités du trainé et du sondage électrique.

Coupe géo-électrique

Une coupe géoélectrique illustre l'extension de la couche argileuse en profondeur. Les coupes géo-électriques sont situées au nord et au sud de la zone étudiée. Ils représentent les différents horizons électriques présents dans notre zone d'étude. En particulier, on s'intéresse aux zones conductrices. Ces coupes mettent en évidence l'extension en profondeur des zones conductrices qui corrélerent avec les argiles. On note que l'épaisseur de la couche argileuse peut dépasser les 5 m surtout à côté de l'oued.

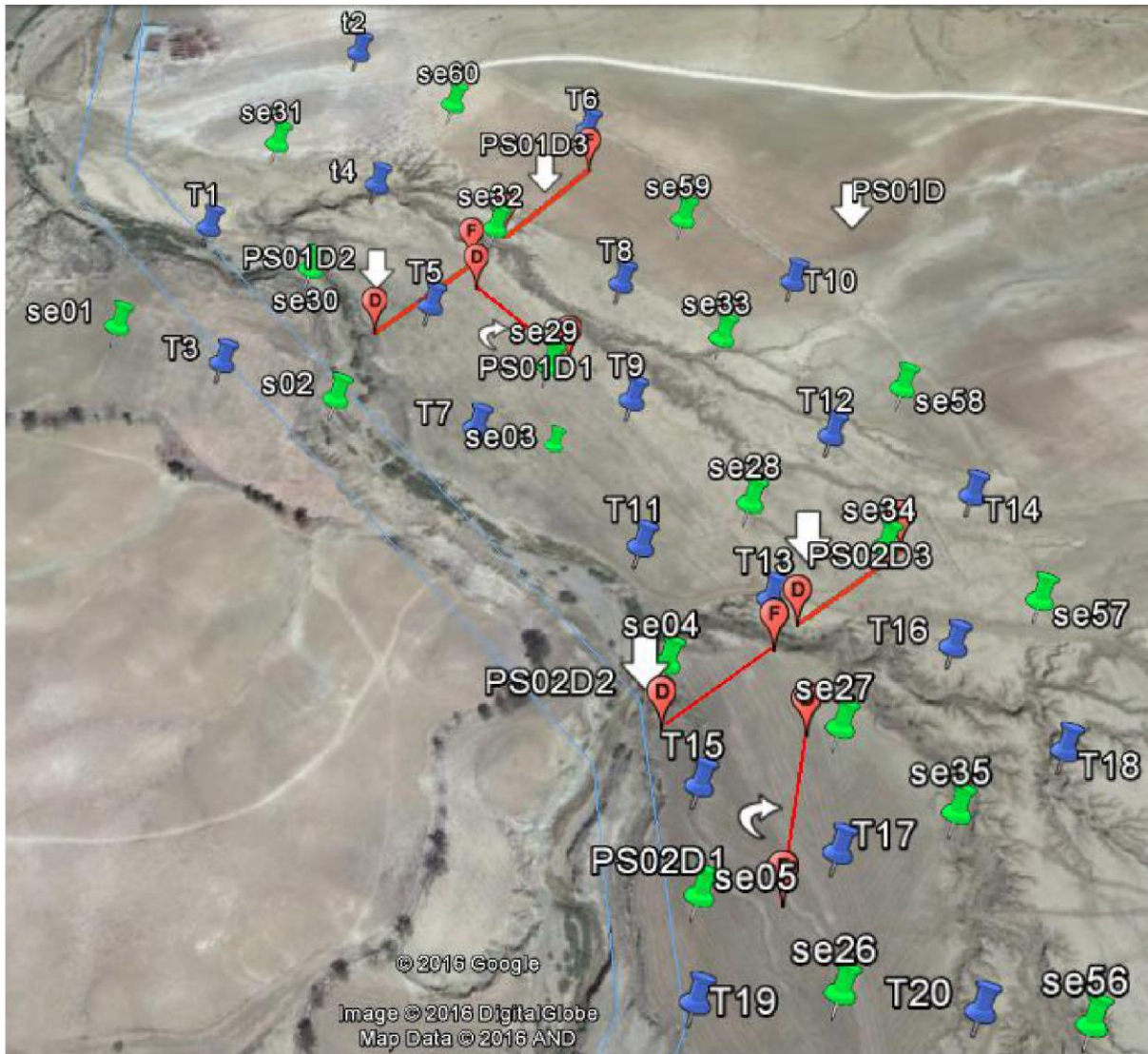


Figure 34 : position des points de trainée et de sondage électrique vertical sur Google Earth

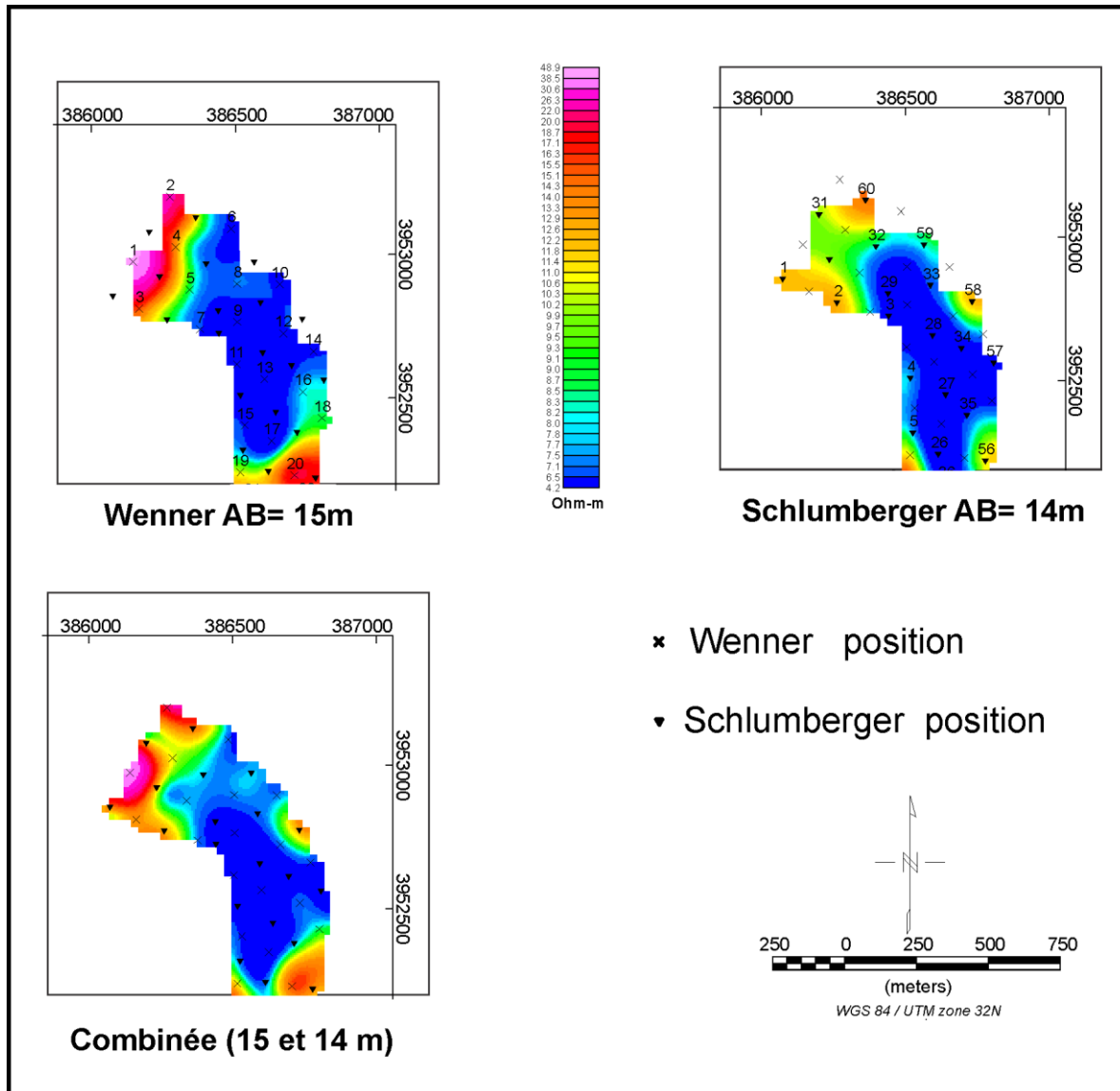


Figure 35 : carte des résistivités apparentes des alluvions pour Wenner (AB=15 m) et schlumberger AB = 14 m

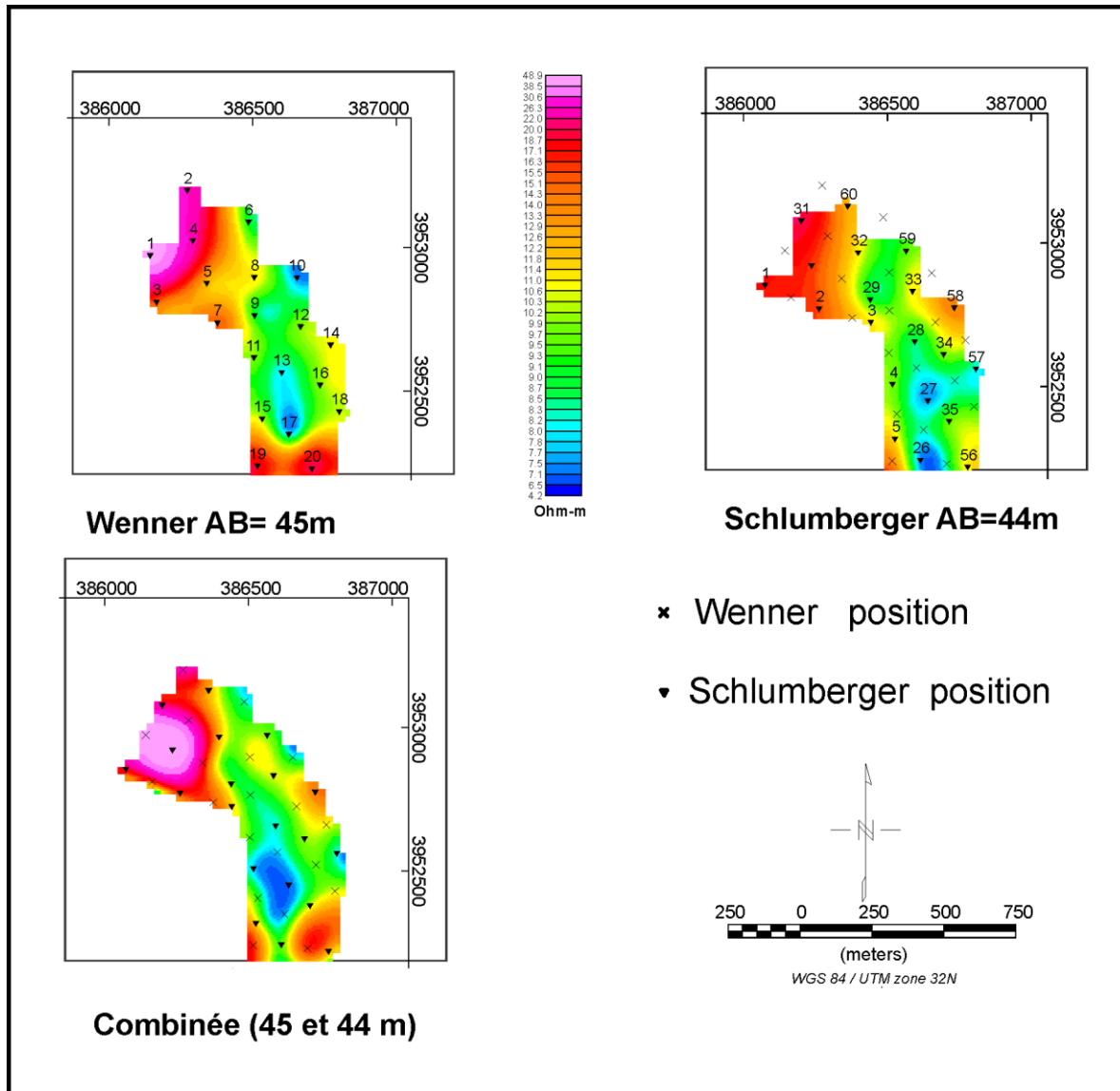


Figure 36 : carte des résistivités apparentes des alluvions pour Wenner (AB=45 m) et schlumberger AB = 44 m .

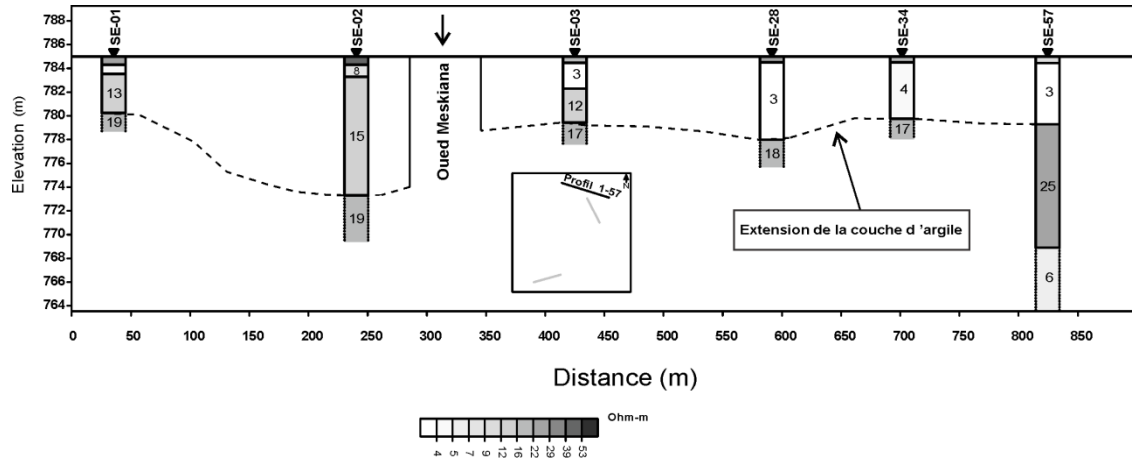


Figure 37 : Coupe géoelectrique entre le SE01 et le SE57

6.3 Analyse et discussion des résultats

La prospection géophysique permet d'individualiser des couches de terrain avec leurs vitesses de propagation des ondes de compressions (V_p).

La méthode permet de façon très fiable de repérer la couche de formation superficielle meuble de faible vitesse, la couche de formation rocheuse altérée et décomprimée et le substratum rocheux rapide constitué des terrains les plus résistants et les moins altérés.

Sur le site de Chebabta et plus particulièrement de la zone du futur ouvrage en béton, la sismique réfraction met bien en évidence (avec les incertitudes liées à la méthodologie) les ensembles constitutifs de la fondation : alluvions, rocher décomprimé, rocher raide.

Il convient de prendre garde à ne pas entrer dans un détail excessif dans la corrélation entre V_p et lithologie. En effet s'il existe un contraste fort entre les vitesses sismiques des marnes et celles des calcaires quand ils sont sains et compacts, ce contraste s'amenuit avec le degré d'altération et la réfraction n'est plus aussi discriminante.

On peut dire en synthèse :

- Alluvions OA :

Les terrains superficiels ont des vitesses comprises entre 450 et 1000 m/s. Ce sont les colluvions et alluvions. On constate une différence entre les alluvions de surface de faible vitesse et la partie inférieure (environ la moitié de l'épaisseur) de forte vitesse. On voit là l'effet d'une compaction différente et vraisemblablement la distinction entre les deux couches d'alluvions 1 et 2 de teinte différente sur le terrain.

L'effet d'une saturation en eau amènerait les vitesses plutôt au niveau de 1500 m/s ce qui n'est pas le cas ici.

- Marnes 1M :

Les marnes 1M ne sont vues que sur le profil aval en rive droite (Profils 3- 4). A ce niveau, la vitesse sismique correspondante est de 1500 m/s, elle est commune avec le toit des calcaires 2C. Cette vitesse est relativement faible et correspond à des marnes 1M altérées.

- Calcaires 2C :

Les calcaires 2C sont vus essentiellement en rive droite et à l'aval rive gauche. Altéré, le 2C a une vitesse de l'ordre de 1500 m/s. Sain, il atteint sur le site 2500 à 3000 m/s ce qui reste modeste.

- Marnes 3M :

Les marnes 3M sont largement couvertes par la réfraction. Altérées, elles ont une vitesse de l'ordre de 1500 à 1800 m/s, quand elles sont saines la vitesse sismique atteint 2500 à 3000 m/s.

- Calcaires 4C :

Le 4C est abondant dans la fondation, il apparait peu souvent altéré, le cas échéant c'est avec des vitesses de l'ordre de 3000 m/s, et quand il est sain il atteint 3500 à 4000 m/s

- Marnes 5M :

Les marnes 5M ne sont pas atteintes par la prospection sismique pour être trop profondes. Compte tenu de leur apparence à l'affleurement et du fait qu'elles sont en place et confinées la

vitesse sismique des marnes 5M doit atteindre à minima celle des marnes 3M saines soit 3000 m/s.

On propose le tableau synthétique suivant :

Formation	Vp altéré	Vp Sain
Alluvions 0A supérieure	Sans objet	450-600 m/s
Alluvion 0A inférieure	Sans objet	800-1000 m/s
Marnes 1M	1500 m/s	Non rencontré
Calcaires 2C	1500 m/s	2500-3000 m/s
Marnes 3M	1000-1800 m/s	2500-3000 m/s
Calcaires 4C	3000 m/s	3500-4000 m/s
Marnes 5M	Non rencontré	3000 m/s par analogie

Tableau 03 : vitesses sismiques des rochers altérés et sains



Conclusion


CONCLUSION

La sismique réfraction a permis de détecter 2 à 3 terrains. Les deux premiers terrains correspondent généralement à des alluvions et à des roches altérées. Le dernier terrain caractérise le substratum ou rocher sain.

Sur le site de Chebabta et plus particulièrement la zone du futur ouvrage en béton, la sismique réfraction met bien en évidence (avec les incertitudes liées à la méthodologie) les ensembles constitutifs de la fondation : alluvions, rocher décomprimé, rocher raide.

Les terrains superficiels ont des vitesses comprises entre 450 et 1000 m/s. Ce sont les colluvions et alluvions. On constate une différence entre les alluvions de surface de faible vitesse et la partie inférieure (environ la moitié de l'épaisseur) de forte vitesse. On voit là l'effet d'une compaction différente et vraisemblablement la distinction entre les deux couches d'alluvions 1 et 2 de teinte différente sur le terrain.

L'électrique en mode trainé et sondage électrique vertical a permis de définir l'extension latérale et en profondeur de la zone riche en argile sur la zone d'emprunt.



Références
bibliographiques

BIBLIOGRAPHIE

Blayac, J. 1912. Esquisse géologique du bassin de la Seybouse et de quelques régions voisines. Bulletin du service de la carte géologique de l'Algérie: 2ème série, Stratigraphie, 6.

Bobachev, C. 2002. IPI2Win: A windows software for an automatic interpretation of resistivity sounding data. Moscow State University, 320p.

Conservation des forêts .Wilaya d'Oum el Bouaghi.

Dubourdiou, G. 1956. Étude géologique de la région de l'Ouenza:(confins Algéro-Tunisiens). Service de la carte géologique de l'Algérie, 659p.

Etude d'avant-projet détaillé du barrage de Chebabta (wilaya d'Oum el Bouaghi).2018. mission 3 : Etude géologique, géotechnique et de sismicité. Agence Nationale des Barrages et Transferts

Guehef.H. 2002. Approche d'une étude physico-chimique des eaux de haut Bassin versant d'oued Mélégue et leur aptitude à l'irrigation. Mémoire de fin d'étude, Univ. Larbi Tebéssa, Tebéssi, 7p

Gouaidia.L. 2008. Influence de la lithologie et des conditions climatique sur les variations de paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-est Algérien.Thèse de doctorat, Univ. Badji Mokhtar-Annaba,5-10p, 14-15 p, 32-35 p, 94p.

Masse, P. & Thieuloy, J.P. 1979. Précisions sur l'âge des calcaires et des formations associées de l'Aptien du Sud-Est constantinois (Algérie). Conséquences paléogéographiques. Bull. Soc. Géol. Fr., vol.7, n°1, pp. 65-71.

Novikov, K.V. 2013. ElectroProfV, V1.0: Программка для моделирования результатов электрического профилирования над вертикальным контактом раздела сред (en russe): Programme de modélisation des résultats du profillement électrique au-dessus d'un contact vertical.

Perthuisot, V. & Rouvier, H. 1988. Les relations métal-soufre-eau-hydrocarbures microorganismes et la genèse des concentrations de sulfures et de soufre des diapirs évaporitiques. In : H. Pélissonier & J.F. Sureau (éds) : Mobilité et concentration des métaux de base dans les couvertures sédimentaires : Manifestations, mécanismes, prospection. Document du BRGM, n°183, pp. 269-278.

Sami, L. 2004. Contribution à l'étude géologique et géochimique des minéralisations à Pb-Zn, Ba et F dans la région de Mésékiana : Exemple des indices d'Es Souabaa et de M'Khiriga, (Atlas Saharien oriental). Thèse Magistère, FSTGA., USTHB Bab Ezzouar Alger

Vila, J. M. 1980. La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse, Université de Toulouse.

Zaborovsky, A.I. 1963. Electrorazvedka (en russe) : Prospection électrique. Editions Techniques du Pétrole de l'URSS.

Web graphie :

<https://serc.carleton.edu/>

<http://magnetometry.ru>



Annexes

Exemple de données brutes

Données du Trainee 1

/ Saris Survey

/ Survey name: t01

/ Instrument S/N: 5078

/ Client:

/ Operator:

/ Date: 2016/12/11

/ Time: 14:34:23

/ LONG: 0.0000000 W

/ LAT: 0.0000000 S

/ ZONE: 0

/ GMT DIFF.: 0.0

Sounding 1

/ Wenner

/ Position: 2.000E, 0.000S

/ Azimuth: 0.00

/ Altitude: 0.000

/ Data: Xp,a,Ro,Sd,SP,RC,Vp,Itx

5.000 ,5.000 , 43.702, 0.016, -30, 2, 0.280, 0.202

15.000 ,15.000 , 47.960, 0.000, -65, 4, 0.106, 0.209

Données du Trainee 2

/ Saris Survey

/ Survey name: t02

/ Instrument S/N: 5078

/ Client:

/ Operator:

/ Date: 2016/12/11

/ Time: 09:05:56

/ LONG: 0.000000 W

/ LAT: 0.000000 S

/ ZONE: 0

/ GMT DIFF.: 0.0

Sounding 1

/ Wenner

/ Position: 2.000E, 0.000S

/ Azimuth: 0.00

/ Altitude: 0.000

/ Data: Xp,a,Ro,Sd,SP,RC,Vp,Itx

5.000 ,5.000 , 22.200, 0.000, 51, 3, 0.146, 0.207

15.000 ,15.000 , 25.298, 0.031,-37, 2, 0.017, 0.063

Données brutes des sondages électriques

Saris Survey

/ Survey name: se01
/ Instrument S/N: 5078
/ Client:
/ Operator:
/ Date: 2016/12/ 4
/ Time: 09:02:12
/ LONG: 0.000000 W
/ LAT: 0.000000 S
/ ZONE: 0
/ GMT DIFF.: 0.0

Sounding 1

/ Schlumberger
/ Position: 0.000W, 0.000S
/ Azimuth: 0.00
/ Altitude: 0.000
/ Data: AB/2,MN/2,Ro,Sd,SP,RC,Vp,Itx
1.000 ,0.500 , 21.133, 0.025, 41, 2, 1.859, 0.208
1.500 ,0.500 , 12.552, 0.006, -4, 2, 0.389, 0.195
2.000 ,0.500 , 9.481, 0.000, 19, 2, 0.163, 0.203
2.500 ,0.500 , 9.253, 0.000, 12, 2, 0.096, 0.196

3.000 ,0.500 , 8.931, 0.000, 12, 2, 0.064, 0.199
4.000 ,0.500 , 9.785, 0.004, 12, 2, 0.018, 0.091
5.000 ,0.500 , 10.162, 0.000, 12, 2, 0.027, 0.207
5.000 ,1.500 , 10.974, 0.000,-134, 7, 0.096, 0.208
7.000 ,0.500 , 11.061, 0.249, 12, 2, 0.006, 0.087
7.000 ,1.500 , 12.273, 0.004,-117, 7, 0.022, 0.087
10.000 ,1.500 , 14.546, 0.011,-112, 6, 0.013, 0.089
15.000 ,1.500 , 16.138, 0.010,-107, 6, 0.006, 0.090
20.000 ,1.500 , 18.136, 0.012,-102, 6, 0.005, 0.105
25.000 ,1.500 , 18.866, 0.000, -97, 6, 0.003, 0.114
25.000 ,5.000 , 17.509, 0.014,-287, 15, 0.011, 0.114
25.000 ,5.000 , 4.021, 0.170, -78, 91, 0.004, 0.204
30.000 ,1.500 , 18.653, 0.027, -78, 5, 0.002, 0.118
30.000 ,5.000 , 17.049, 0.000,-261, 14, 0.007, 0.118
40.000 ,5.000 , 18.719, 0.011,-251, 13, 0.016, 0.411
40.000 ,5.000 , 13.321, 0.017,-214, 11, 0.003, 0.126
50.000 ,5.000 , 20.856, 0.008,-212, 11, 0.003, 0.127

/ Saris Survey

/ Survey name: se02

/ Instrument S/N: 5078

/ Client:

/ Operator:

/ Date: 2016/12/ 4

/ Time: 09:49:56
/ LONG: 0.0000000 W
/ LAT: 0.0000000 S
/ ZONE: 0
/ GMT DIFF.: 0.0

Sounding 1

/ Schlumberger

/ Position: 0.000W, 0.000S

/ Azimuth: 0.00

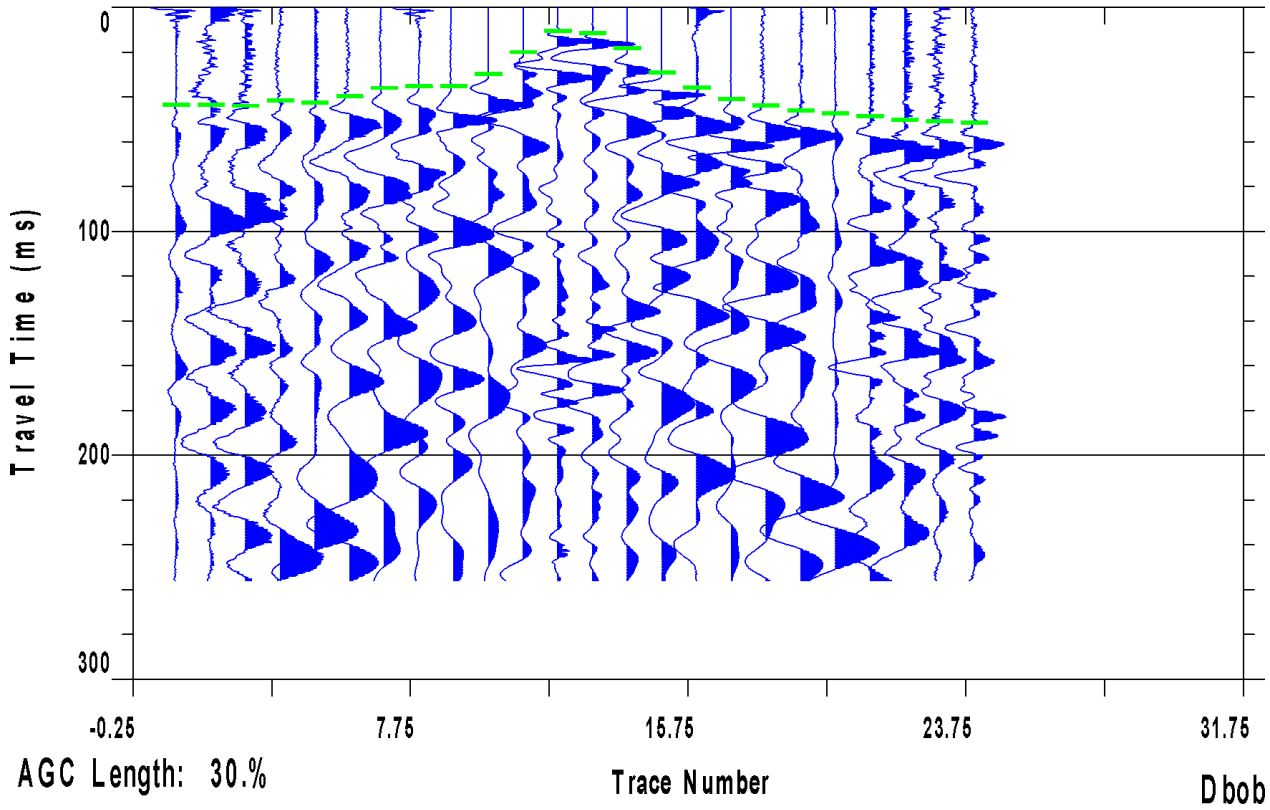
/ Altitude: 0.000

/ Data: AB/2,MN/2,Ro,Sd,SP,RC,Vp,Itx

1.000	,0.500	,	32.088,	0.011,	66,	5,	0.908,	0.067
1.500	,0.500	,	24.149,	0.000,	17,	5,	0.232,	0.060
2.000	,0.500	,	16.723,	0.008,	7,	5,	0.292,	0.206
2.500	,0.500	,	14.251,	0.008,	24,	5,	0.038,	0.051
3.000	,0.500	,	12.173,	0.006,	24,	5,	0.036,	0.081
4.000	,0.500	,	12.331,	0.007,	24,	5,	0.016,	0.062
5.000	,0.500	,	12.127,	0.000,	24,	5,	0.011,	0.069
5.000	,1.500	,	13.355,	0.006,	-21,	6,	0.039,	0.070
7.000	,0.500	,	12.688,	0.014,	21,	5,	0.005,	0.065
7.000	,1.500	,	13.620,	0.000,	-19,	5,	0.018,	0.066
10.000	,1.500	,	15.006,	0.000,	-19,	5,	0.015,	0.102
15.000	,1.500	,	15.062,	0.000,	-17,	5,	0.014,	0.210

20.000 ,1.500 , 16.320, 0.000, -17, 5, 0.018, 0.451
25.000 ,1.500 , 16.191, 0.014, -14, 5, 0.012, 0.487
25.000 ,5.000 , 15.554, 0.000, 2, 4, 0.018, 0.216
30.000 ,1.500 , 16.160, 0.008, -14, 5, 0.008, 0.492
30.000 ,5.000 , 15.528, 0.000, 4, 4, 0.028, 0.499
40.000 ,5.000 , 17.394, 0.000, 4, 4, 0.004, 0.128
50.000 ,5.000 , 15.912, 0.017, 4, 4, 0.002, 0.106

PS0200004



Film sismique de PS02, Tir 04