

2 Documentation relative au Chapitre 2 (Aperçu de bassins versants et états des dégâts dus aux inondations)

2.1 Liste des données topographiques et d'arpentage et situation de sites objet de l'étude

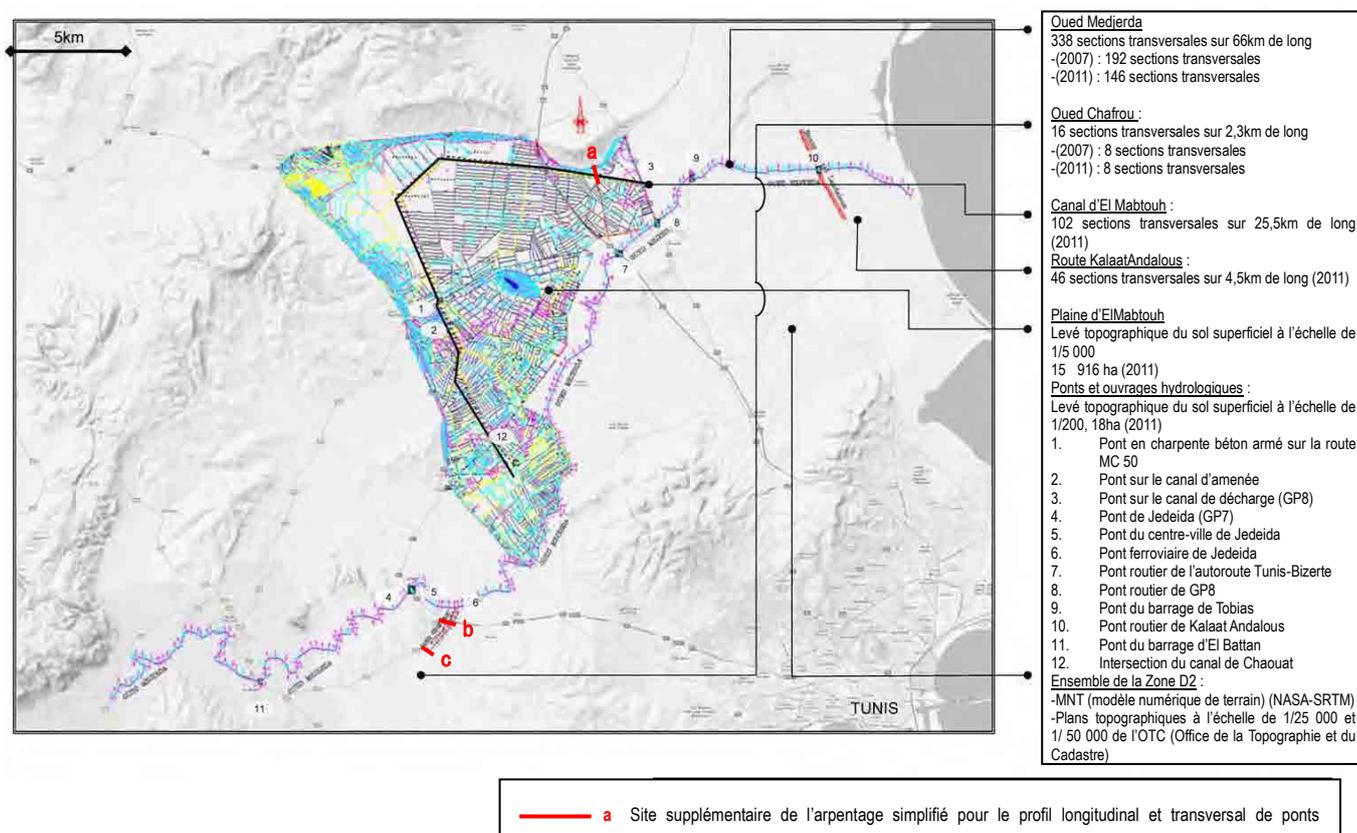
Le tableau ci-dessous résume les données topographiques et celles d'arpentage collectées dans le cadre des études du passé. La carte de situation des sites concernant lesdites données est indiquée à la figure ci-dessous.

Tableau 2-1 Données topographiques et d'arpentage disponibles et arpentages complémentaires simplifiés

Données topographiques et d'arpentage	Détail	Organisme chargé de l'élaboration
Plan topographique	Echelle 1/25 000 et 1/50 000	Office de la Topographie et du Cadastre (OTC)
Données MNT (DEM)	Données d'altitude à la maille 76m x 76m	Données de la télédétection de SRTM3 de NASA
Profils longitudinal et transversal de l'oued Medjerda (1)	Profil longitudinal sur 150km du barrage de Sidi Salem à l'embouchure, et 447 sections transversales (375 sections transversales+ 72 sections détaillées transversales) Section transversale à 400m d'intervalle	MARHP, 2007
Profils longitudinal et transversal de l'oued Medjerda (2)	Profil longitudinal sur 180km de l'oued Medjerda en aval du barrage de Sidi Salem à la frontière avec l'Algérie, et 360 sections transversales Section transversale à 500m d'intervalle	Etude du plan directeur, 2008
Profils longitudinal et transversal des affluents de l'oued Medjerda	Profil longitudinal sur 141km des principaux affluents de l'oued Medjerda en aval du barrage de Sidi Salem (oued Mellègue, oued Tessa, oued Ranai, oued El Hajer, oued Bou Heurtma, oued Kasseb et oued Béja), et 476 sections transversales	Etude du plan directeur, 2008
Profils longitudinal et transversal des sites candidats pour la construction des ouvrages régulateurs de crues (lors de l'étude du plan directeur)	Profil longitudinal sur 55km, et 72 sections transversales	Etude du plan directeur, 2008
Profils longitudinal et transversal de l'oued Medjerda (supplémentaire)	Profils longitudinal et transversal qui complètent les parties intermédiaires des profils longitudinal et transversal de l'arpentage effectué en 2007 par le MARHP Profil longitudinal sur 66km, et 146 sections transversales supplémentaires	Etude préparatoire, 2010
Plan au sol de la surface du bassin de rétention d'El Mabtouh	Echelle 1/5 000, 15 916ha	Etude préparatoire, 2010
Profils longitudinal et transversal du canal d'El Mabtouh	Profils longitudinal sur 25,5km et 102 sections transversales	Etude préparatoire, 2010
Plan au sol de la surface périphérique des ouvrages existants à l'entrée et sortie du bassin de rétention d'El Mabtouh	Echelle 1/200, 12 ouvrages, 18ha	Etude préparatoire, 2010
Profils longitudinal et transversal de la route Kalaat Andalous	Profils longitudinal sur 4,5km et 46 sections transversales	Etude préparatoire, 2010
Profils longitudinal et transversal	Profils longitudinal et transversal qui	Etude préparatoire, 2010

de l'oued Chafrou	complètent les parties milieux des profils de l'arpentage effectué en 2007 par le MARHP Profils longitudinal et sur 2,3km et 8 sections transversales	
Donnée de l'étude des canaux à vanne dans les sites candidats pour l'amélioration de l'oued de la zone D2	Elaboration d'une liste d'étude des ouvrages et leur emplacement	Présente étude, 2012
Profil longitudinal et transversal de l'arpentage simplifié dans les sites candidats pour la réhabilitation de ponts de la zone D2	3 sections transversales des ponts sur le canal d'El Mabtouh et l'oued Chafrou	Présente étude, 2012

Source : Rapport de l'étude préparatoire revu avec ajouts



Source : Rapport de l'étude préparatoire revu avec ajouts

Figure 2-1 Carte de situation de sites des données topographiques

2.2 Système tunisien de coordonnées topographiques utilisé dans le cadre de la présente étude

Le système officiel de coordonnées topographiques de la Tunisie est réglementé par l'arrêté du 10 février 2009 du Ministère de la Défense, publié par le Journal Officiel.¹ Ledit système et leurs données sont déterminés par les éléments indiqués ci-dessous :

- Système géodésique : système de nouvelle triangulation tunisienne (NTT)-Combinaison de l'ellipsoïde de résolution : Clarke 1880 de la France (Clarke IGN)

¹A. Ben Hadj Salem, OTC. « Unification des Systèmes Géodésique Terrestres Tunisiens » p.13 du document « Bridging the Gap between Cultures » de la conférence technique tenue à Marrakech du 18 au 22 mai 2011.

– Projection : Projection cylindrique de la Traverse Universelle de Mercator (TUM)-Zone Nord 32
 Ce système de coordonnées est une version de l'ancien STT (Service Topographique Tunisien) modifiée et qui remplace ce dernier. Les paramètres dudit système sont indiqués ci-dessous :

Tableau 2-2 Données Nouvelle Triangulation Tunisienne (NTT) + Traverse Universelle de Mercator (TUM)

Ellipsoïde	Clarke 1880 de la France IGN			
	a (m)	6378249,2	dx (en sens de WGS84) (m)	-263
	b (m)	6356515	dy (en sens de WGS84) (m)	6
	f	293,466021	dz (en sens de WGS84) (m)	431
	e	0,082483257	rx (en sens de WGS84)	0
			ry (en sens de WGS84)	0
			rz (en sens de WGS84)	0
		n (mesure)	0	
Projections officielles	Traverse Universelle de Mercator — Zone Nord 32			
Autres projections	Projection de Lambert en Tunisie au Nord (Projection conique de Lambert) (point de référence de Carthage)			
	X0 (m)	500000	1 ^{er} Parallèle standard/Type tangent (déformation linéaire = Parallèle de 1)	38,25
	Y0 (m)	300000	2 ^{ème} Parallèle standard/Type sécant (déformation linéaire = Parallèle de 1)	41,75
	Unité de longueur	mètre	Lambda d'origine	0,172787596
	Méridien d'origine	11	Méridien d'origine	0,628318531
	Parallèle d'origine	40	phi1	0,600829595
	Mesure	0,999625769	phi2	0,655807466
	Unité d'angle	degré		
Altimétrie	Nivellement Général de la Tunisie (NGT)			
Ellipsoïde	Point de référence (Altitude de référence)		Porte de France, monument symbolique de Tunis (7 000m d'altitude)	

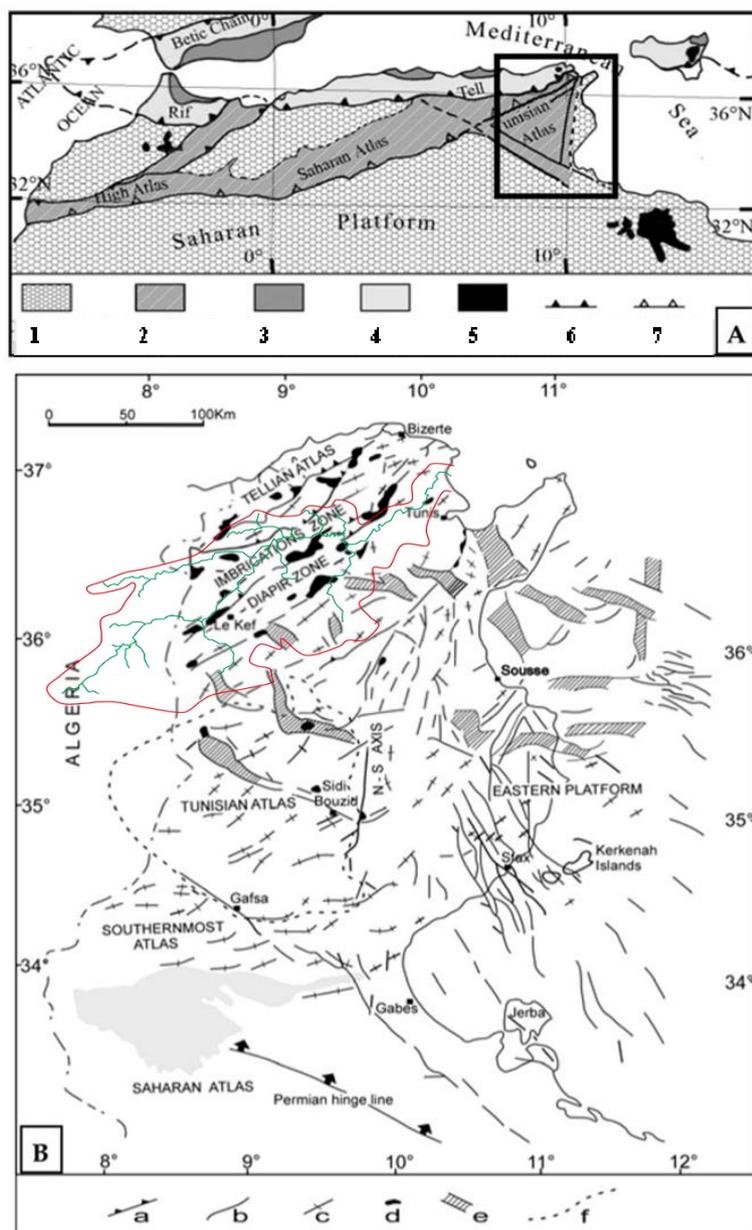
Les systèmes de coordonnées topographiques ci-dessous seront utilisés dans le cadre de la présente étude.

- Système de coordonnées de la Tunisie susmentionné : à utiliser pour les données topographiques, la modélisation de calcul hydrologique 1D et 2D (MIKE Flood) ainsi que GIS (système d'informations géologiques établi pour le présent projet).
- Système de coordonnées WGS84 (Système de coordonnées GPS) : à utiliser avec Google Earth Pro et autres, entre autres pour la détermination de la position sur les sites.

2.3 Conditions géotechnique de la zone D2

(1) Nature du terrain du bassin versant de l'oued Medjerda et de la zone de l'étude (Zone D2)

Comme montre la figure ci-dessous, l'oued Medjerda descend dans l'Atlas saharien du nord à l'est pour la plupart pour se jeter dans le golfe de Tunis. Du point de vue de la division régionale de la structure géologique, le bassin versant se situe dans la zone du diapir (Diapir Zone) pour la plupart et dans la zone d'imbrication (Imbrication Zone) en une partie. A la ligne frontière des zones géologiques, il existe une faille de chevauchement qui fait remonter le sol du côté nord-ouest au côté sud-est. Dans cette zone est développé le pli s'étendant de la direction sud-ouest au nord-est. Il y a une tendance que les zones de crête des montagnes et collines deviennent le pli anticlinal.

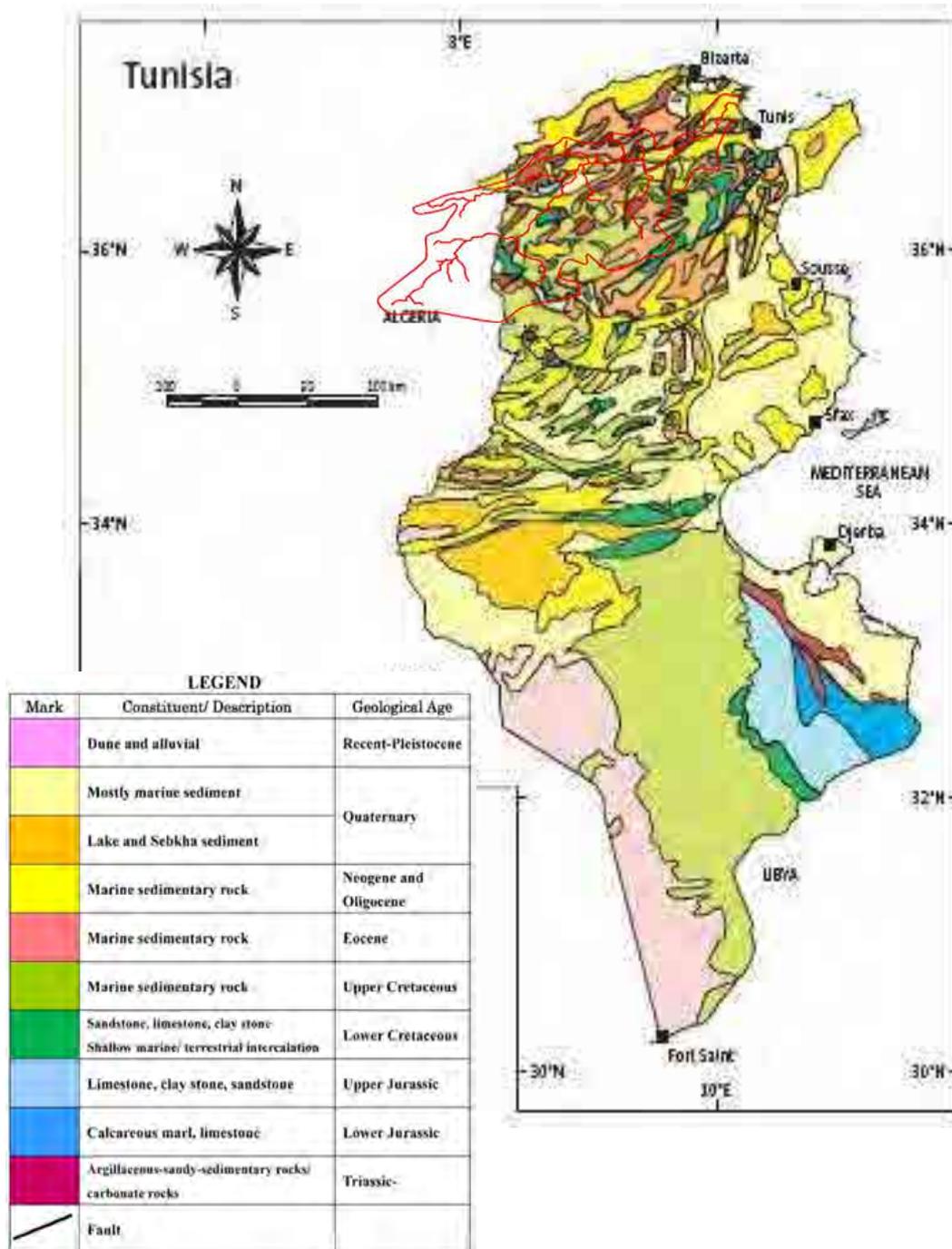


A : Etat d'ensemble, B: Tectonique des plates sommaire 1: Plate-forme continentale, 2: Compartiment intercontinental, 3: Compartiment en cristallin, 4. Le Rif et l'Altaestellian, 5: Roche volcanique du cénozoïque, 6 : Faille de chevauchement, 7: Avant-fosse de l'Altas sud a: Faille de chevauchement majeure, b: Faille majeure, c: Anticlinal majeur, d: Triasique, e: Graben, f: îles de Kerkennah

Source : Tunisian Transtensive Basin in Tethyan Geodynamic Context and Their Post-Tortonian Inversion

Figure 2-2 Tectonique des plates aux environs des sites de l'étude

Le sol du bassin versant de l'oued Medjerda est composé, dans les montagnes et les collines, des roches sédimentaires de trias mésozoïque, crétacé, paléocène cénozoïque, éocène, oligocène, miocène et pliocène (calcaire, dolomite, tuffite, grès, schiste et évaporite) comme montré dans la figure ci-dessous. Dans la terre basse, les couches sédimentaires du sable et de l'argile de l'ère pléistocène quaternaire et holocène sont réparties.



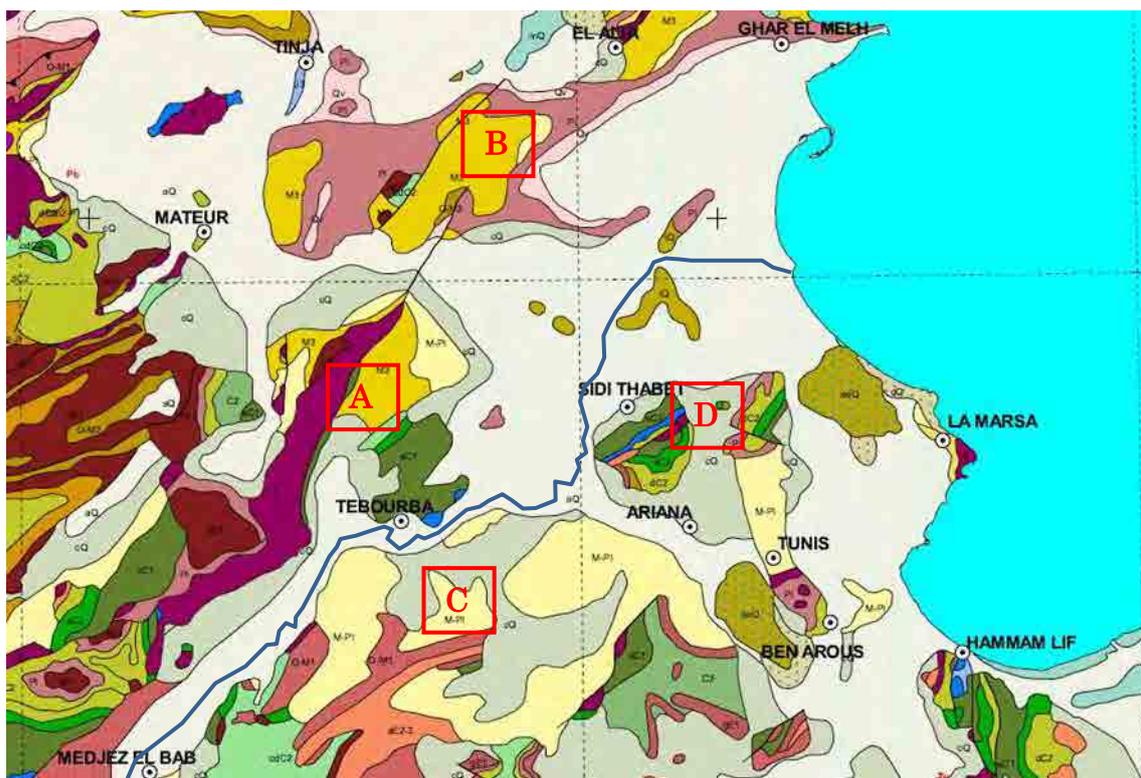
Source : Document fourni par le MA

(Partie "Légende" modifiée et Bassin versant de l'oued Medjerda ajouté)

Figure 2-3 Carte sommaire géologique de la Tunisie

Aux environs du site de l'étude (Zone D2), la nature de terrain est répartie comme suit :

- i) A Montagnes : Les montagnes sont couchées à l'axe sud-ouest et nord-est, au côté nord-ouest de l'oued entre le barrage de Laroussia et l'aval de Tebourba. Elles abritent principalement la couche triasique (roche argileuse, dolomite, grès, évaporite, etc.), la couche crétacé (tuffite, calcaire, etc.), la couche tertiaire (calcaire, silex, conglomérat, grès, roche argileuse, tuffite, etc.).
- ii) B Collines : Les collines se cochent sur le côté nord d'El Mabtouh jusqu'au bord de la mer, de l'axe sud-ouest et nord-est. Elles sont composées de la couche miocène et pliocène (conglomérat, grès, roche argileuse, tuffite).
- iii) C Collines : Elles forment les hauteurs basses vastes au côté sud du barrage de Laroussia à Jedeida. On observe la couche miocène et pliocène (conglomérat, grès, roche argileuse). Au côté amont, les collines sont en plus d'altitude et on y observe les couches crétacée, oligocène et éocène.
- iv) D Collines : Elles sont de petites collines isolées au côté nord de Tunis. Elles sont principalement de la couche crétacée (tuffite, calcaire, etc.) et des couches pliocène, éocène, miocène et pliocène en une partie.



LEGEND

Cenozoic/ Quaternary		Msozoic/ Cretaceous	
	aQ: Alluvium recent and current		C2: Cretaceous undivided
	dQ: Dunes and ergs		cdC2: Senonian undivided/ Upper Senonian: chalky white limestone
	lQ: Aeolian deposit (fenster) endorheic depressions recent and current		dC2: Lower Senonian: calcareous marl intercalation (KEF)
	seQ: Sebkhass limnic (endorheic basins)		aC2: Upper Cretaceous: marl, limestone alternation
	mQ: Middle and Upper Pleistocene marine (mainly Tyrrhenian) coastal beaches and dunes consolidated	Mesozoic/ Jurassic	
	cQ: Middle and Upper Pleistocene continental, Old alluvium, limestone and gypsum		J: Jurassic undivided
	Qv: Pleistocene interims to Pliocene: Villafranchien conglomerates and red layers		J3: Malm: nodular limestone, marl, limestone
Cenozoic/ Tertiary		Mesozoic/ Traisic	
	PI: Pliocene marine: marl and sandstone		T: Trias: Clays, dolomites, sandstones and evaporites
	M-PI: Mio-Pliocene continental conglomerates, sands and clays		
	M3: Upper Miocene: Clays, sandstones and conglomerates (Mejerda)		
	O-M1: Oligocene-Aquitainian: flysch clayey sandstone (Numidian)		
	aE2-3: Lutetian Priabonian: Marnes to "yellow balls"		
	nE1: Ypresian: Globigerina limestone and flint		

Source : Rapport de l'étude préparatoire, source d'origine : Carte géologique de la Tunisie 1/500 000 (Office National des Mines (ONM)) modifiée

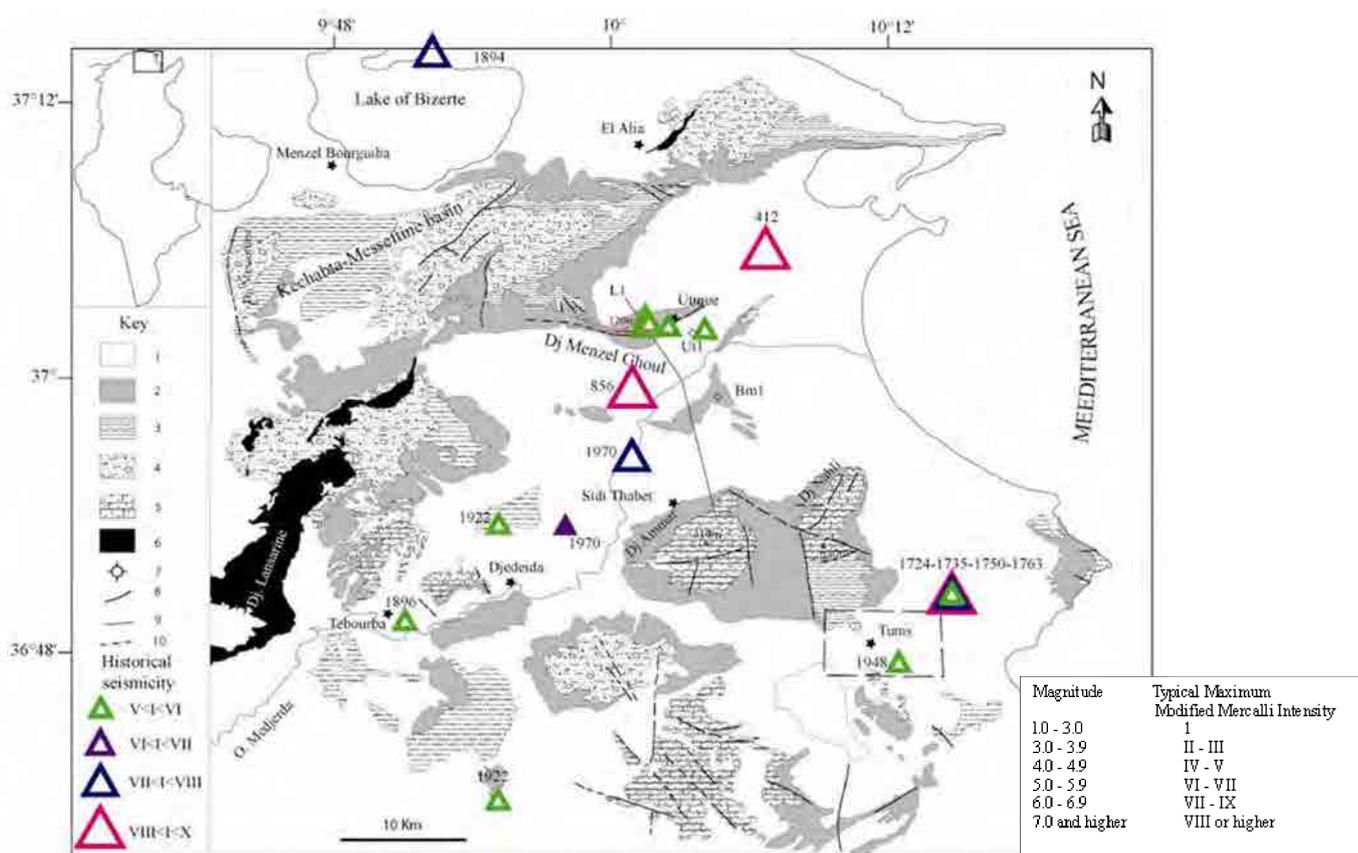
Figure 2-4 Nature géologique des environs des sites de l'étude (Zone D2)

La composition géologique majeure et l'épaisseur de chaque couche sont comme montrées au tableau ci-dessous. La figure ci-dessous résume la nature géologique des environs de la zone D2. En ce qui concerne la roche solide, il n'y a que la roche calcaire datant de l'avant-ère mésozoïque et elle existe très peu.

Tableau 2-3 Composition géologique majeure des environs des sites de l'étude

Ere	Période	Formation	Type de roches composantes Nature du sol	Epaisseur (max.)
Cénozoïque	Quaternaire		Argile, limon, sable, grave	60m
	Oligocène	Proto-Farina	Roche sableuse	300m
		Raf-Raf	Roche argileuse calcaire, roche sableuse	300m
	Miocène	Oued Bel Khedim	Evaporite, Schiste terrigène/lagunaire, calcaire	300m
		Kechabta	Schiste terrigène/lagunaire, roche sableuse	200m
		Qued El Melah	Roche argileuse, gypse, dolomite, calcaire	150m
Mellaha		Evaporite, roche argileuse, gypse dur, dolomite pour une partie	350m	
Mésozoïque	Crétacé		Tuffite, roche argileuse, roche sableuse, dolomite	
	Trias		Dolomite, roche argileuse, roche sableuse, roche asphaltique	

Source: Evidence of Quaternary active folding near Utique (NE Tunisia) from tectonic observations and a seismic profile



1: Quaternaire supérieur, 2: Quaternaire inférieure, 3: Pliocène, 4: Miocène, 5: Crétacé, 6: Triasique, 7: Puits de forage, 8: Faille, 9: Ligne de prospection sismique, 10: Limite administrative

△ : Séismes survenus entre 412 à 1975 (apr. J.-C.) selon les archives historiques (indiqués sur l'échelle d'intensité de Mercalli modifiée, accompagnés de la magnitude sur l'échelle de Richter correspondante)

Source : Evidence of Quaternary active folding near Utique (NE Tunisia) from tectonic observations and a seismic profile

Figure 2-5 Nature géologique, faille majeure et séismes enregistrés du passé des environs des sites de l'étude

Par la prospection sismique, il est supposé qu'il existe une faille de chevauchement au mont Menzel Ghoul indiqué dans la figure ci-dessus. Comme indique la figure suivante, le résultat d'analyse montre le

fait qu'il y a eu les activités jusqu'au début du quaternaire, c'est-à-dire la faille du quaternaire. Cela suggérerait que la faille de la même structure existe dans les montagnes et les collines des environs des sites de l'étude. Le bord de l'oued Medjerda et la plaine sont couverts de la formation quaternaire et aucune faille n'y est observée. Et aucune faille n'est apparente au sol.

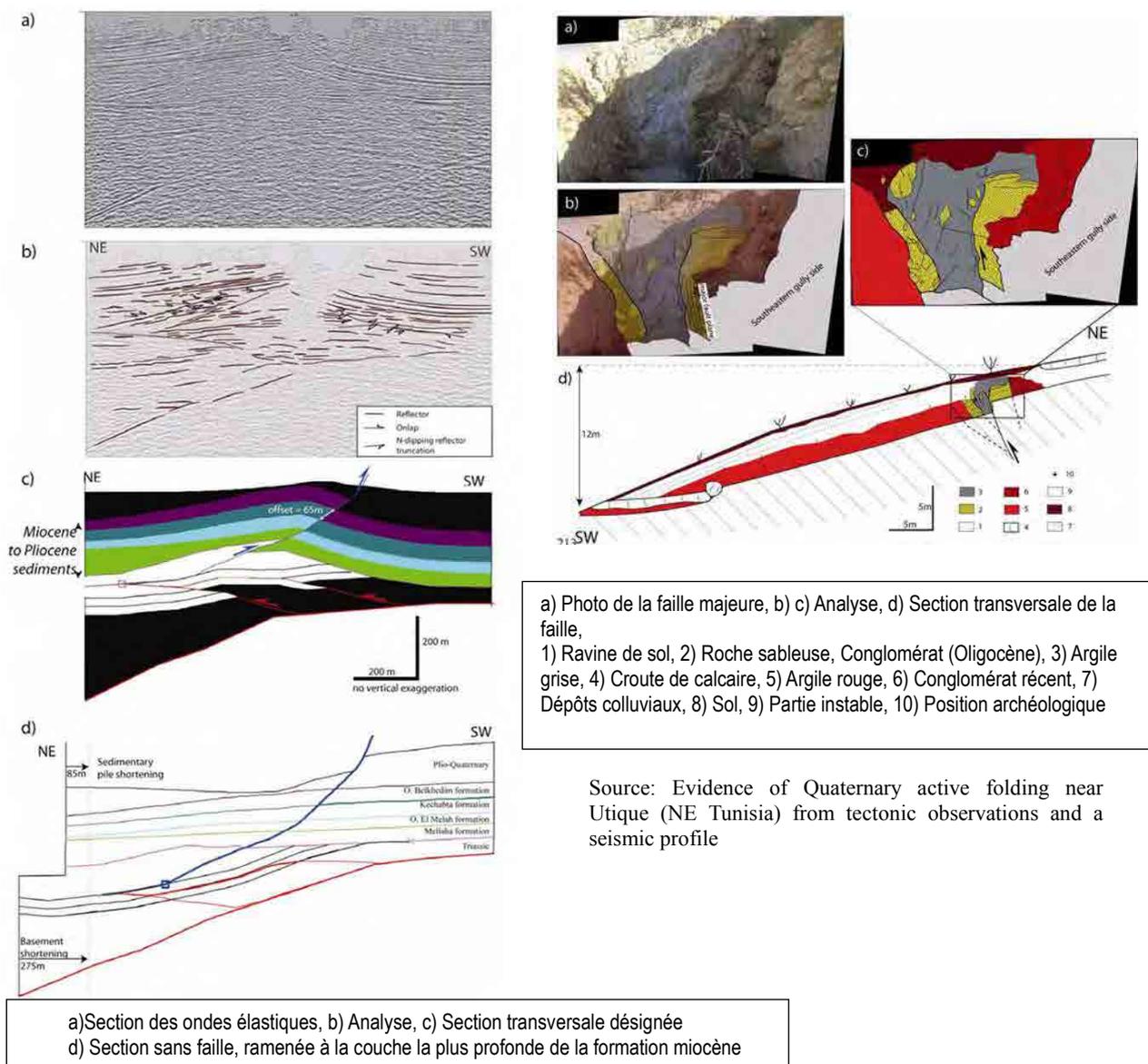


Figure 2-6 Résultat de la prospection sismique, l'observation et l'analyse des affleurements de la faille d'Utique

(2) Séismes des sites de l'étude (Zone D2)

En Tunisie, aucun dégât ne s'est produit après 1980 (Prevention Web). Le tableau ci-dessous montre les séismes enregistrés en tant que séismes survenus dans le passé. Dans les sites de l'étude, les séismes historiques (séismes survenus avant XXe siècle) y compris le séisme de la M7 ou plus sont enregistrés comme montre ledit tableau.

Tableau 2-4 Séismes du passé enregistrés en Tunisie

Date	Epicentre	Magnitude	Remarque
Janvier 1758	Constantine, Tunis		Quelques morts
Le 27 décembre 1941	Tunis	6,8	

Source : Earthquake Risk in Africa - A community leader's guide-,
 University of Science & Technology HouariBoumediene (USTHB), Algérie

2.4 Conditions de sol dans la zone D2

(1) Etude géotechnique des sites de l'étude effectuée dans le passé

Dans le cadre de l'étude préparatoire, le sondage et le carottage (prélèvement de toutes les carottes), l'essai de chargement latéral (principaux points sondés), l'essai de pénétration standard (points sondés sélectionnée), l'essai de sol utilisant le sol carotté (essai de contenance d'eau, essai d'équivalent de sable, essai de limites de liquidité et de plasticité, essai de distribution granulométrique, essai de densité, essai de consolidation, essai de cisaillement) ont été effectués.

Le détail du sondage, nombre des essais ainsi que les sites sondés sont respectivement indiqués ci-dessous :

Tableau 2-5 Détail et nombre des sondages et carottages

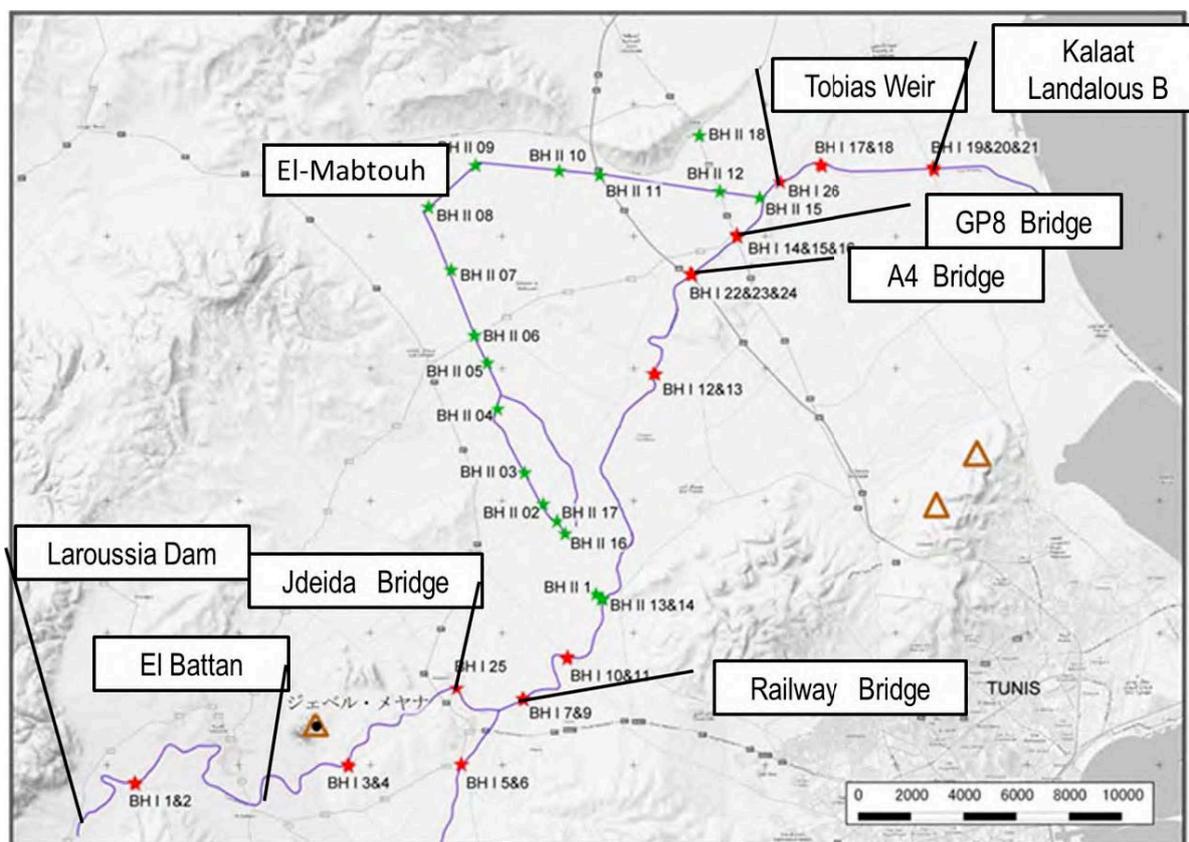
N°	Profondeur (m)			Coordonnées (TUM)			Détail de l'essai de sol							Remarque
	Carottage	PMT	SPT	E(m)	N(m)	Altitude (m)	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
BH I 01	6,0	-	-	571043	4074333	35,6	-	-	-	-	-	-	-	Rive gauche A oued Medjerda
BH I 02	6,0	-	-	571088	4074267	27,4	-	-	-	-	-	-	-	Rive droite A oued Medjerda
BH I 03	6,0	-	-	579139	4075019	20,2	-	-	-	-	-	-	-	Rive gauche A oued Medjerda
BH I 04	6,0	-	-	579179	4074933	26,8	1	-	1	1	-	-	-	Rive droite A oued Medjerda
BH I 05	6,0	-	-	583442	4075024	20,0	-	-	-	-	-	-	-	Rive gauche A oued Chafrou
BH I 06	6,0	-	-	583466	4075008	20,2	2	-	2	2	-	-	-	Rive droite A oued Chafrou
BH I 07	33,0	33,0	33,0	585785	4077510	20,2	5	1	5	5	-	-	-	Pont ferroviaire
BH I 08														-
BH I 09	30,0	30,0	30,0	585836	4077454	20,2	3	-	3	3	1	1	-	Pont ferroviaire
BH I 10	6,0	-	-	587464	4079015	18,2	-	-	-	-	-	-	-	Rive gauche B oued Medjerda
BH I 11	6,0	-	-	587495	4079091	14,8	-	-	-	-	-	-	-	Rive droite B oued Medjerda
BH I 12	6,0	-	-	590742	4089797	11,6	-	-	-	-	-	-	-	Rive gauche B oued Medjerda
BH I 13	6,0	-	-	590840	4089779	15,1	-	-	-	-	-	-	-	Rive droite B oued Medjerda
BH I 14	45,0	45,0	45,0	593916	4095069	8,5	5	-	5	5	1	1	-	Pont routière GP8
BH I 15	45,0	45,0	45,0	593935	4095019	7,0	6	-	6	6	1	1	-	Pont routière GP8
BH I 16	41,0	45,0	45,0	593959	4094963	8,8	6	-	6	6	1	1	-	Pont routière GP8
BH I 17	6,0	12,0	-	597090	4097709	4,2	1	-	1	1	1	1	1	Rive gauche C oued Medjerda
BH I 18	6,0	12,0	-	597164	4097642	4,7	1	-	1	1	1	1	1	Rive droite C oued Medjerda
BH I 19	45,0	45,0	-	601419	4097618	1,6	5	-	5	5	1	1	-	Pont K. Andalous
BH I 20	45,0	45,0	-	601453	4097534	1,3	6	-	6	6	1	1	-	Pont K. Andalous
BH I 21	45,0	45,0	45,0	601468	4097497	2,8	7	-	7	7	1	1	-	Pont K. Andalous
BH I 22	45,0	45,0	45,0	592153	4093588	8,4	6	-	6	6	1	1	-	Pont autoroute
BH I 23	30,0	45,0	45,0	592187	4093561	7,6	4	-	4	4	1	1	-	Pont autoroute
BH I 24	30,0	45,0	45,0	592241	4093533	8,6	4	-	4	4	1	1	-	Pont autoroute
BH I 25	30,0	30,0	30,0	583274	4077893	18,8	5	5	5	5	-	-	-	Pont Jedeida
BH I 26	50,0	50,0	-	595569	4097043	7,3	-	-	-	-	-	-	-	Pont Tobias
BH II 01	15,0	-	-	588568	4081457	15,5	-	-	-	-	-	-	-	Canal d'aménée du bassin de retardement
BH II 02	15,0	-	-	586559	4084863	12,7	-	-	-	-	-	-	-	Canal d'aménée du bassin de retardement
BH II 03	15,0	-	-	585859	4086048	12,1	-	-	-	-	-	-	-	Canal d'aménée du bassin

															de retardement
BH II 04	15,0	-	-	584824	4088459	10,5	-	-	-	-	-	-	-	-	Canal d'amenée du bassin de retardement
BH II 05	15,0	-	-	584439	4090210	10,3	-	-	-	-	-	-	-	-	Canal d'amenée du bassin de retardement
BH II 06	30,0	30,0	30,0	583955	4091244	10,3	1	-	1	1	1	1	1	-	Bassin de retardement
BH II 07	8,0	-	-	583066	4093721	8,0	2	-	2	2	2	-	-	2	Bassin de retardement
BH II 08	8,0	-	-	582207	4096094	8,2	1	-	1	1	1	-	-	1	Bassin de retardement
BH II 09	8,0	-	-	583996	4097674	8,4	2	-	2	2	2	-	-	2	Bassin de retardement
BH II 10	12,0	12,0	-	587166	4097465	8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	Ouvrage du bassin de retardement
BH II 11	8,0	-	-	588709	4097295	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	Canal de décharge du bassin de retardement
BH II 12	8,0	-	-	593.275	4096692	7.3	2	-	2	2	-	-	-	-	Canal de décharge du bassin de retardement
BH II 13	12,0	12,0	-	588764	4081285	14,2	-	-	-	-	-	-	-	-	Prise d'eau du bassin de retardement
BH II 14	12,0	12,0	-	588835	4081265	14,6	-	-	-	-	-	-	-	-	Prise d'eau du bassin de retardement
BH II 15	12,0	-	-	594788	4096449	8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	Canal d'amenée du bassin de retardement
BH II 16	12,0	-	-	587398	4083746	14,5	-	-	-	-	-	-	-	-	Pont sur le canal d'amenée du bassin de retardement
BH II 17	12,0	-	-	587090	4084218	13,3	-	-	-	-	-	-	-	-	Ouvrage du bassin de retardement
BH II 18	30,0	-	-	592501	4098802	8,2	10	-	10	10	8	8	2	2	Zana Utica

N.B.) PMT: Essai pressiométrique (à 1m d'intervalle), SPT: Essai de pénétration standard (à 1m d'intervalle),

Essai géotechnique : ①: Essai de teneur d'eau, ②: Essai d'équivalent de sable, ③: Essai de limites de liquidité et plasticité, ④: Essai de distribution granulométrique, ⑤: Essai de densité, ⑥: Essai de consolidation, ⑦: Essai de cisaillement : Oued Medjerda A : Barrage de Laroussia – Aval de Tebourba / Oued Medjerda B: Aval de Tebourba – Barrage de Tobias / Oued Medjerda C : Barrage de Tobias - Embouchure

Source : Tableau établi sur la base du rapport de l'étude préparatoire



N.B.) Etoile rouge : Points de sondage sur l'oued Medjerda et l'oued Chafrou, Etoile verte : Points de sondage sur le bassin de retardement, Triangle brun : Essai de agrégats aux carrières

Source : Rapport de l'étude préparatoire avec ajouts

Figure 2-7 Carte des sites sondés lors de l'étude préparatoire

(2) Sol des sites de l'étude (composition et structure)

Les résultats des sondages et carottages (toutes les carottes prélevés) effectués sur place et de l'essai in situ (essai pressiométrique, essai de pénétration standard) sont résumés comme ci-après. Par ailleurs, la dénomination de sols est basée sur celle déterminée à l'issue de l'observation de carottages au moment de l'étude préparatoire. Toutefois, pour ne pas rendre complexe, les sols similaires sont regroupés pour être dénommés comme l'argile limoneuse, l'argile sableuse, l'argile silteuse et le sable (voir **Figure 2-8** et **Figure 2-9** pour les légendes au profil stratigraphique ainsi qu'au profil longitudinal et transversal géotechnique)

1) Sol le long de l'oued Medjerda (voir **Figure 2-10**, **Figure 2-11**)

(a) Côté en amont

Les composants de sol suivants sont estimés à travers les sols extraits aux points BHI25 (30m) pont Jdeida et points BHI07 (33m) et BHI09 (30m) où il existe le pont ferroviaire, etc.

- a) argile sableuse, argile limoneuse en une partie (5 à 15m d'épaisseur)
- b) sable (grain moyen, grain fin pour une partie, 5 à 15m d'épaisseur)

- c) argile limoneuse – argile sableuse en aval, couches alternées de sable et d'argile pour une partie/socle rocheux (roche sableuse et couches alternées de roche sableuse et de schiste)

Au point BHI25, on trouve le socle rocheux à la profondeur de 13 m ou plus. Il est supposé que le socle rocheux se trouve au niveau plus élevé dans les zones entre Tebourba et Jedeida en aval dudit point, du fait que ces zones sont situées entre le mont Jbel Mayana au nord et les collines basses au sud. Au point du pont ferroviaire, on ne trouve le socle rocheux qu'à 33m de profond.

(b) Côté en aval

Il est estimé que les sols sont composés des sols ci-dessous à l'issue du sondage sur la longueur en aval du pont de l'autoroute et suivant les sols extraits aux BHI22-24 (pont de l'autoroute), BHI14-16 (pont routier GP8), BHI26 (pont de Tobias) ainsi que BHI19-21 (pont de Kalaat Andalous), etc.

- a) argile sableuse, sable et argile limoneuse en une partie (5 à 10m d'épaisseur)
- b) argile sableuse et limoneuse, argile silteuse au côté aval, argile en une partie (25 à 30m d'épaisseur)
- c) argile sableuse, argile limoneuse en une partie (15 à 20 d'épaisseur, la couche plus profonde que 45 à 50 m (profondeur étudiée) n'est pas vérifiée.)

(c) Couche molle (voir Figure 2-12, Figure 2-13)

On observe la couche molle (sol argileux, valeur N à 4 ou moins) en continu sur l'étendue du pont de l'autoroute au pont Kalaat Andalous. Cette couche représente une couche de 15 à 27m d'épais dans la couche b) de la profondeur de 5m ou plus se trouvant juste au-dessous de la couche a). Ladite couche se trouve dans la partie supérieure de la couche b) en amont et sur l'ensemble de la couche b) en aval. Il y a la tendance d'avoir une couche plus épaisse vers l'aval.

2) Sol des zones du pont Jedeida et du pont ferroviaire (voir Figure 2-14)

(a) Pont Jedeida

Les constituants de sol suivants sont observés au point BHI25.

- a) argile sableuse (3m d'épaisseur)
- b) sable (grain fin à grain moyen, épaisseur de 10m)
- c) socle rocheux (roche sableuse, partie désagrégée des roche sableuses, des couches alternées de roche sableuse et schiste, profondeur de 13m ou plus)

(b) Pont ferroviaire

Les composants ci-dessous sont constatés aux BHI07 et BHI09.

- a) remblai (3m d'épaisseur)
- b) sable (sable à grain moyen, 3 à 6m d'épaisseur)
- c) argile limoneuse (14 à 22m d'épaisseur)
- d) couches alternées de sable et d'argile/argile sableuse

3) Sol de la zone du pont de l'autoroute (voir Figure 2-15, Figure 2-16)

Les constituants de sol suivants sont constatés aux BHI22, BHI23 et BHI24.

- a) argile sableuse, argile limoneuse en une partie (2 à 3m d'épaisseur)
- b) sable (grain moyen, grain grossier pour une partie) (2 à 6m d'épaisseur)
- c) argile limoneuse, argile silteuse, argile sableuse en une partie (20 à 25m d'épaisseur)
- d) sable (grain très fin, grain grossier en une partie, 1 à 3 d'épaisseur)

e) argile sableuse et argile limoneuse (épais de plus de 18m)

La couche molle s'étend sur 8-13m à 24-27m de profond de la couche c), soit de la couche supérieure à la couche intermédiaire de c), composées de l'argile silteuse et de l'argile sableuse. La couche est de 15 à 19m d'épais.

4) Sol de la zone du pont routier GP8 (voir Figure 2-17, Figure 2-18)

Aux BHI14, BHI15 et BHI16, il est constaté que le sol est constitué comme suit :

- a) argile sableuse (épais de 4m)
- b) sable (sable à grain moyen, épais de 2 à 4m)
- c) argile sableuse, argile limoneuse pour une partie et la rive droite, épais de plus de 38m)

La couche molle se trouve à la profondeur de 7-8m à 21-24m dans la partie supérieure de la couche b) composée de l'argile sableuse et de l'argile limoneuse. Son épaisseur est de 13-16m.

5) Sol du pont Tobias et de la zone juste en aval du pont Tobias (voir Figure 2-19, Figure 2-20)

Les composants de sol suivants sont constatés aux BHI26, BHI17 et BHI18.

- a) argile silteuse, argile sableuse en zone moyenne et basse du côté aval (épais de 24m, La couche de plus de 12m de profondeur n'est pas vérifiée au côté aval.)
- b) argile silteuse, argile en une partie (épais de 14m)
- c) sable et argile schisteuse (épais de 14m ou plus)

La couche molle se trouve à la profondeur de 1-6m à 4-14m dans la partie supérieure de la couche a), composée de l'argile limoneuse et de l'argile sableuse en une partie. Son épaisseur est de 3-8m. Par ailleurs, elle devient moins épaisse en aval. Sa surface supérieure est à la profondeur moins élevée, juste au-dessous du sol superficiel.

6) Sol de la zone du pont Kalaat Andalous (voir Figure 2-21, Figure 2-22)

Les constituants de sol suivants sont constatés aux BHI19, BHI20 et BHI21.

- a) limon sableuse, argile limoneuse en une partie (épais de 1 à 6 m)
- b) argile silteuse, argile sableuse au côté de la rive gauche (27 à 32m d'épaisseur)
- c) argile sableuse, sable en une partie (épais de 17m ou plus)

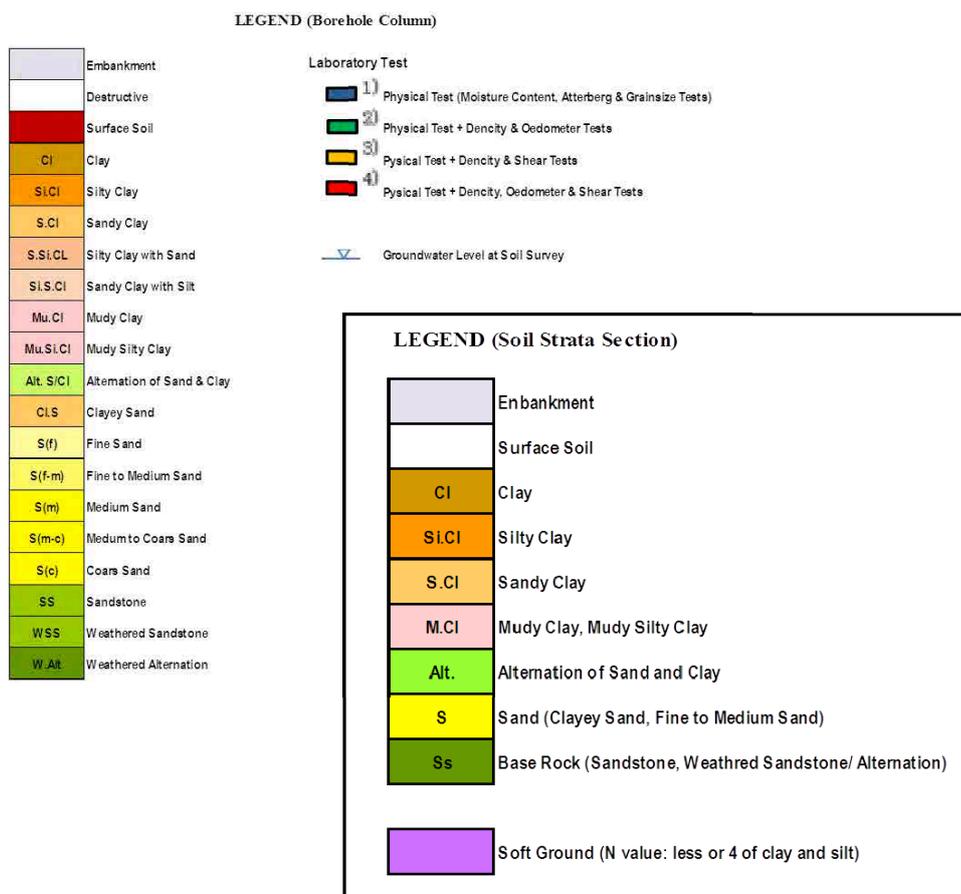
La couche molle se trouve à la profondeur de 1-7m à 25-34m et occupe près de 80% de la couche b). L'épaisseur est de 24-30m. La surface supérieure se trouve au niveau juste au-dessous de la couche superficielle (épaisse de 1 à 2m) sur toutes les rives de l'oued Medjerda et devient un peu plus profonde à la rive droite, situé à moins de 7m de profond.

7) Sol de la zone du bassin de retardement d'El Mabtouh (voir Figure 2-23, Figure 2-24)

Il est estimé que les composants du sol le long de canal d'amenée, bassin de retardement et canal de décharge d'El Mabtouh sont comme suit :

- a) argile limoneuse et argile sableuse (épaisseur de 8-12m)
- b) argile limoneuse, argile sableuse et sable (grain moyen) en une partie (épaisseur de 18m ou plus)

La couche molle se trouve à la profondeur de 10-15m et de 17-20m. Il est estimé qu'elle est en continu depuis le point BHI26 (pont Tobias) et qu'elle devient moins épaisse et disparaît en amont.



N.B.) Cl: argile, SiCl: argile limoneuse, S.SCl: argile limoneuse mélangée de sable, SCl: argile sableuse, Si.SCl: argile sableuse mélangée de limon, MuCl: argile silteuse, Mu.SiCl: argile limoneuse mélangée de siltite, SiS: sable limoneuse, S(f): sable à grain fin, S(m): sable à grain moyen, S(c): sable à grain grossier, Soft Ground: Sol mou, essais au laboratoire 1): essai physique, 2): essai physique + essai de densité et consolidation 3): essai physique + essai de densité / essai de cisaillement, 4): essai physique + essai de densité / essai de consolidation / essai de cisaillement

Source : Rapport d'étude géotechnique de sol, rapport de l'étude préparatoire modifié

Figure 2-8 Légendes des profil stratigraphique et profil longitudinal et transversal de sol

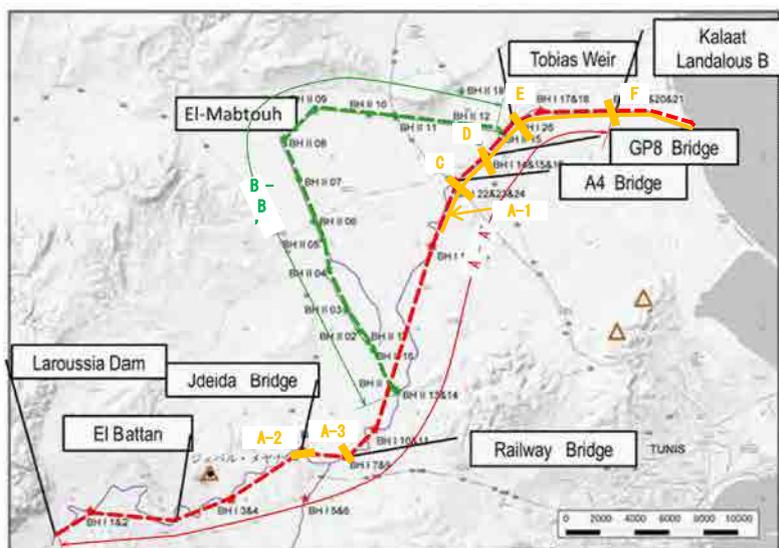
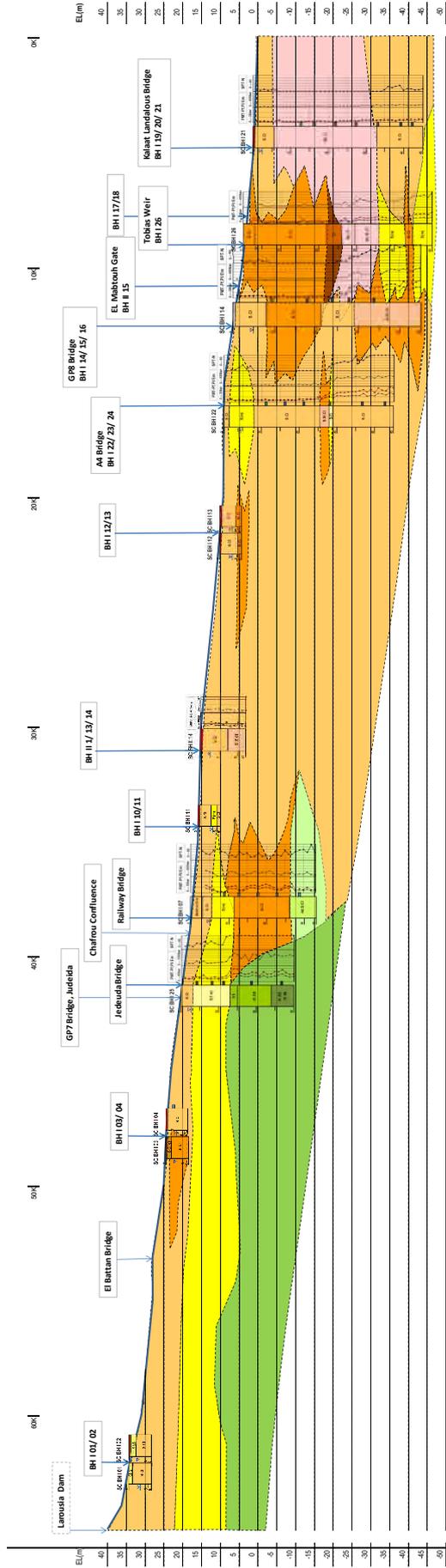
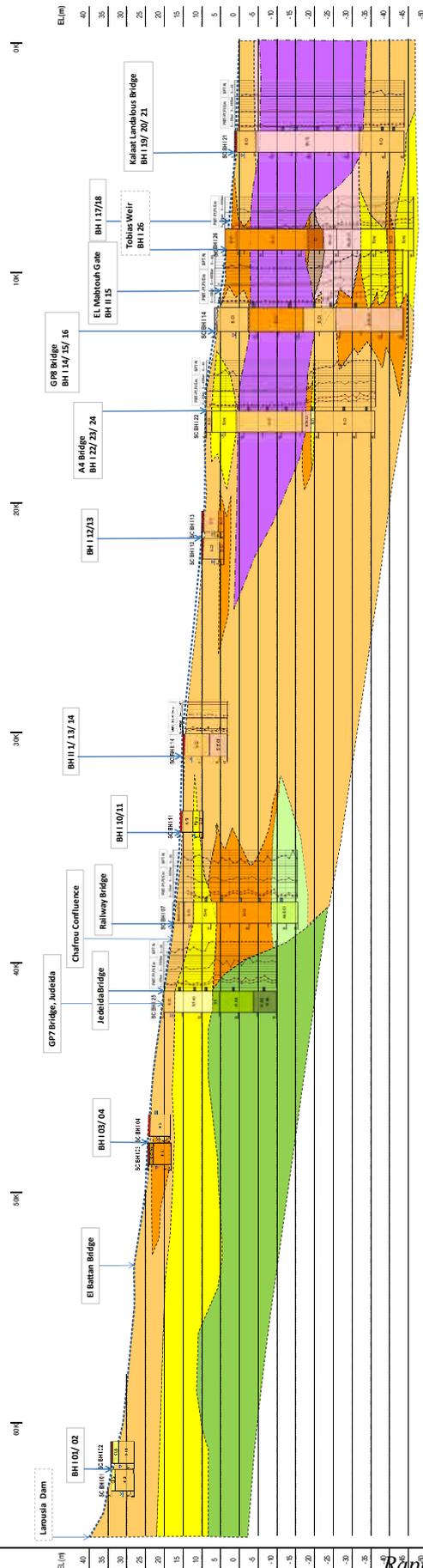


Figure 2-9 Carte de situation des sections des sols



Source : Figure établie sur la base des données du rapport géotechnique du sol de l'étude préparatoire

Figure 2-10 Profil longitudinal de sol le long de l'oued Medjerda (A-A')



Source : Figure établie sur la base des données du rapport géotechnique du sol de l'étude préparatoire

Figure 2-11 Profil longitudinal de sol le long de l'oued Medjerda(avec le sol mou) (A-A')

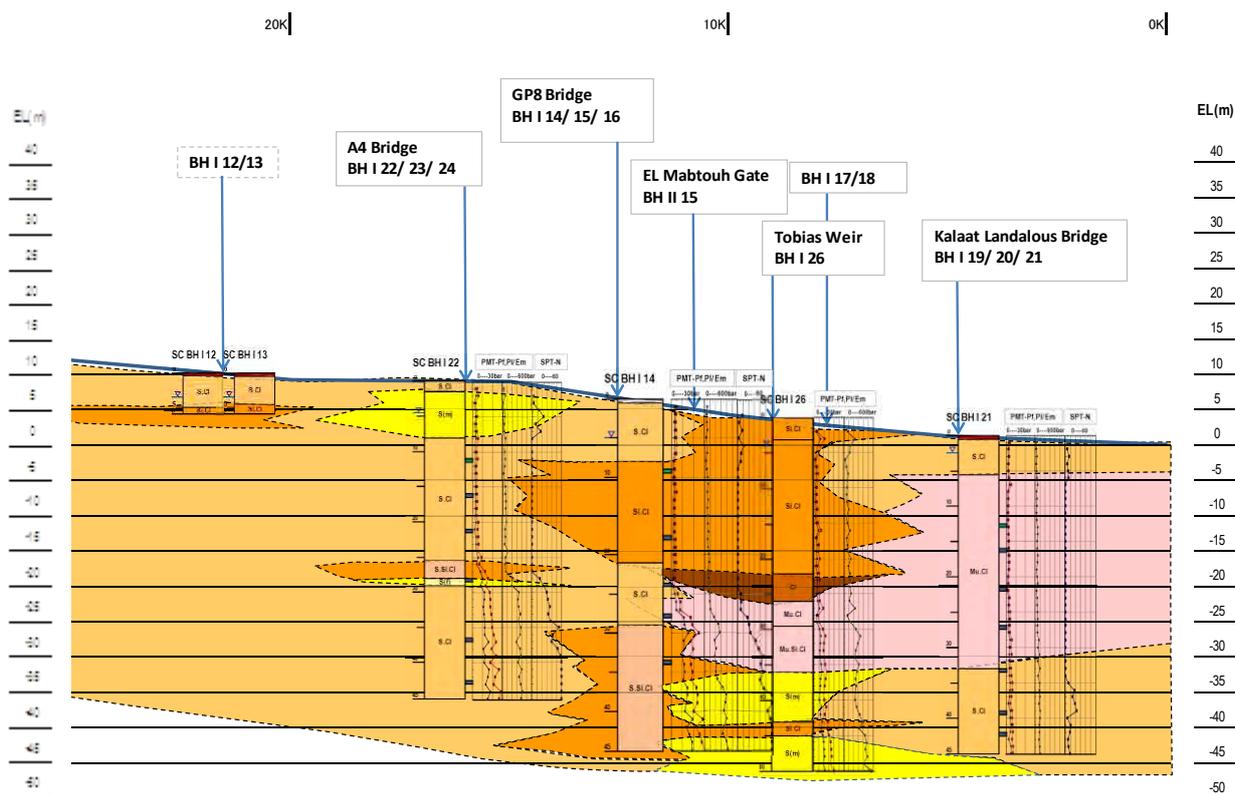


Figure 2-12 Profil longitudinal de sol le long de l'oued Medjerda en aval (A-1)

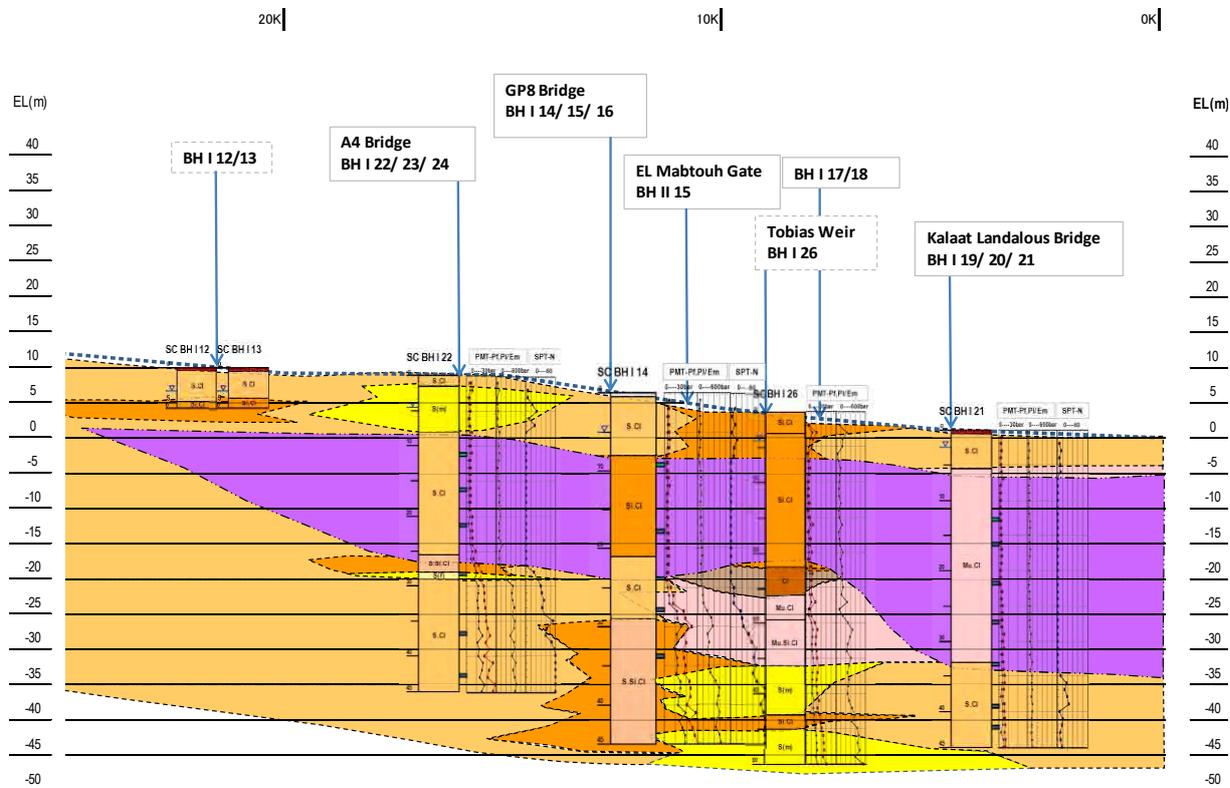
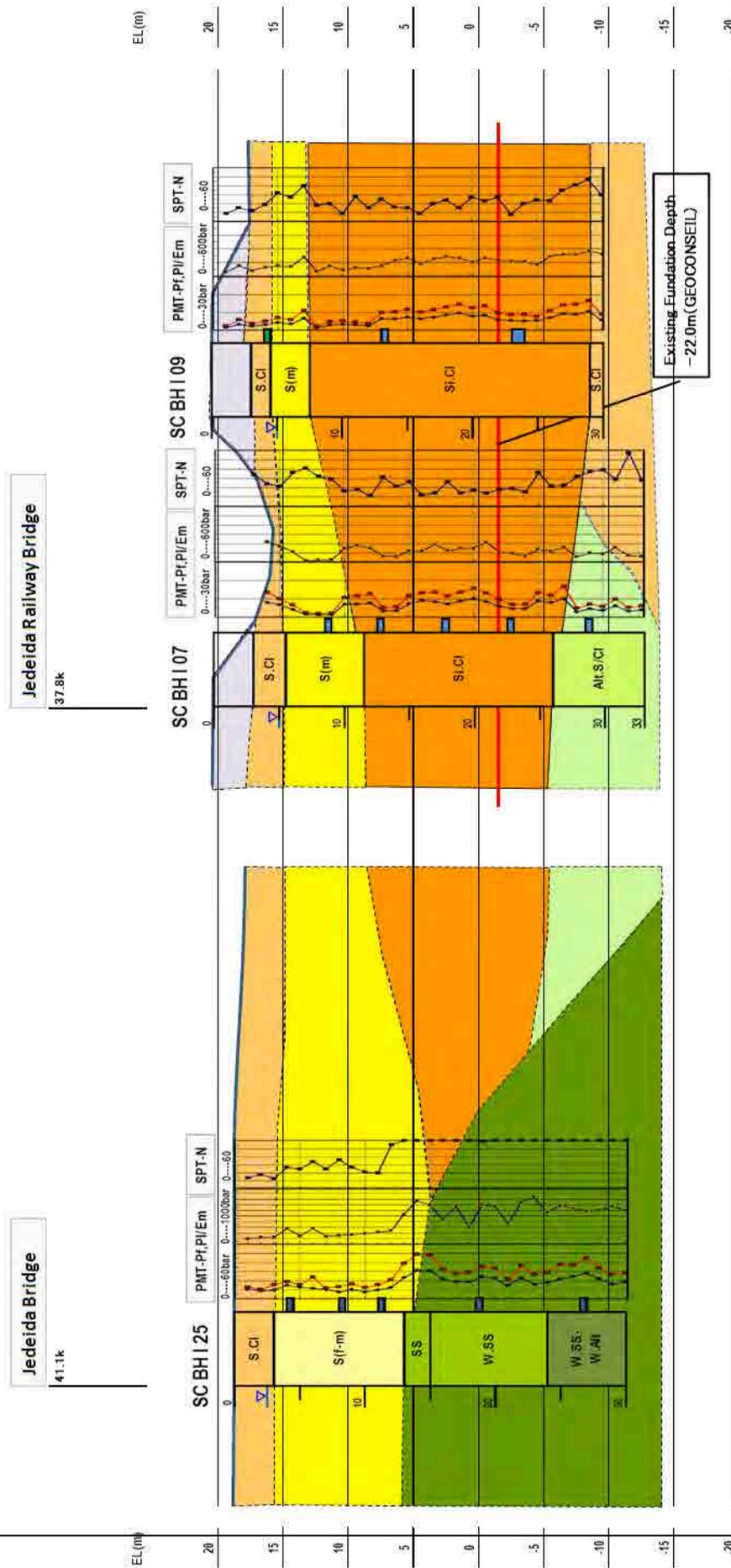
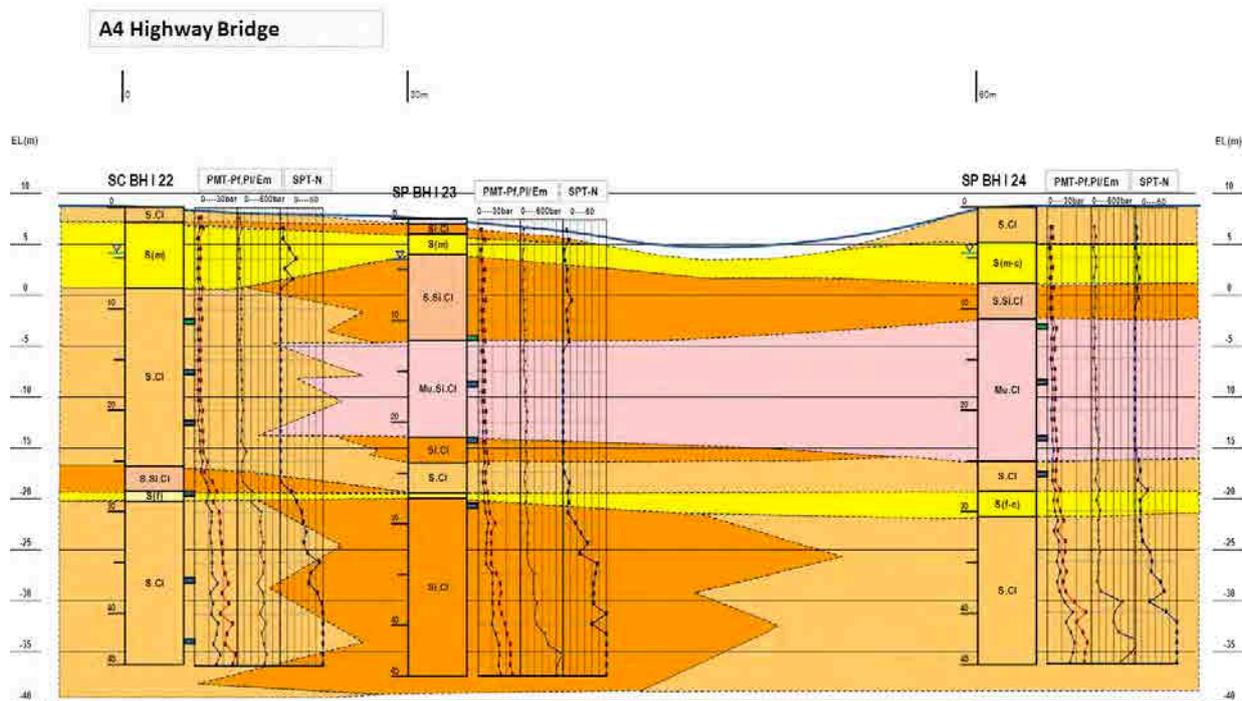


Figure 2-13 Profil longitudinal de sol le long de l'oued Medjerda en aval (avec le sol mou) (A-1)



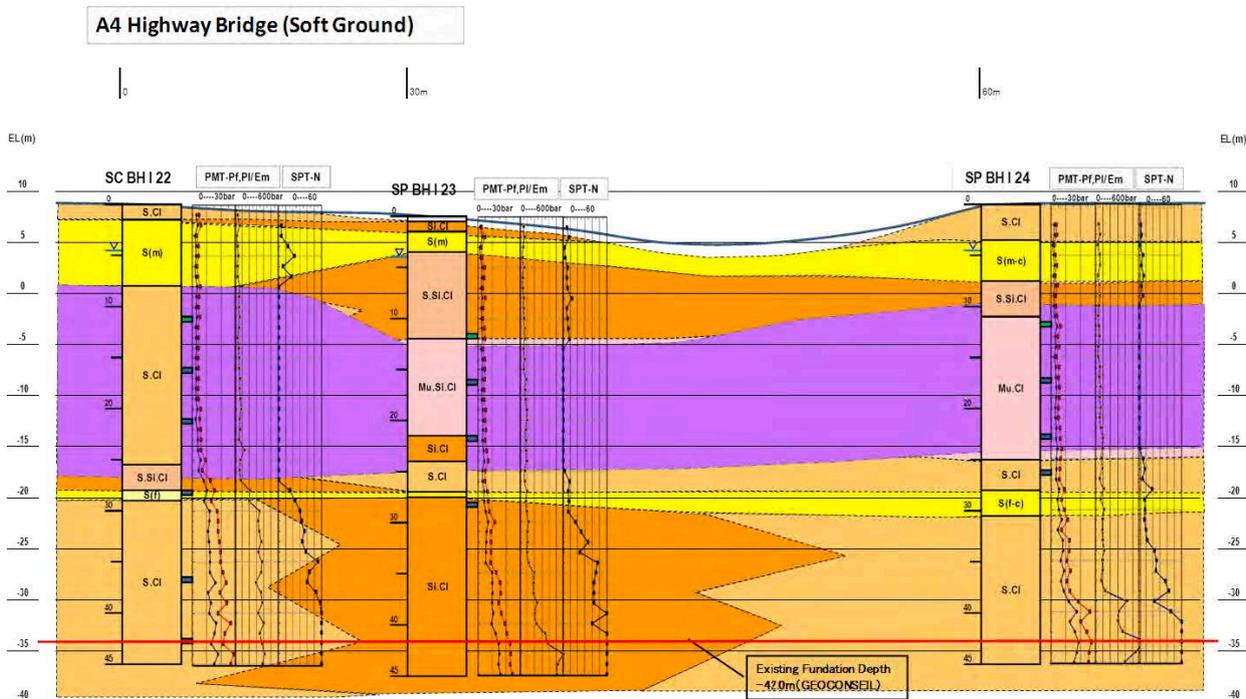
Source : Figures établies sur la base des données du rapport géotechnique du sol de l'étude préparatoire

Figure 2-14 Profils longitudinaux Pont de Jedeida (A-2) et Pont ferroviaire Jedeida(A-3)



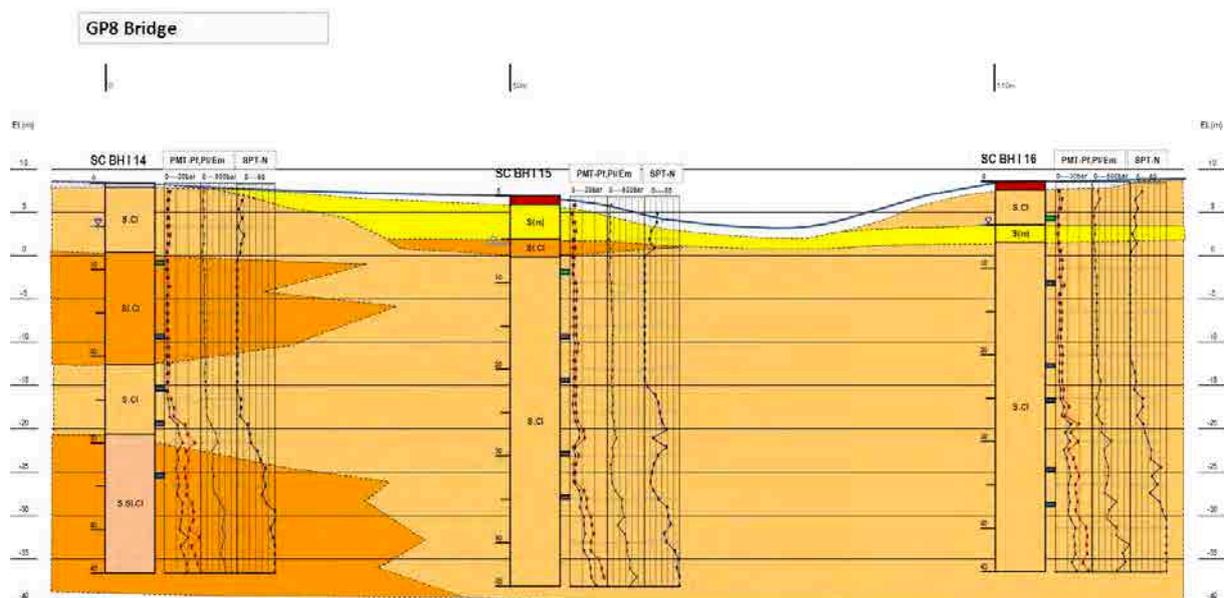
Source : Figure établie sur la base des données du rapport géotechnique du sol de l'étude préparatoire

Figure 2-15 Profil transversal de sol Pont routier de l'autoroute (C)

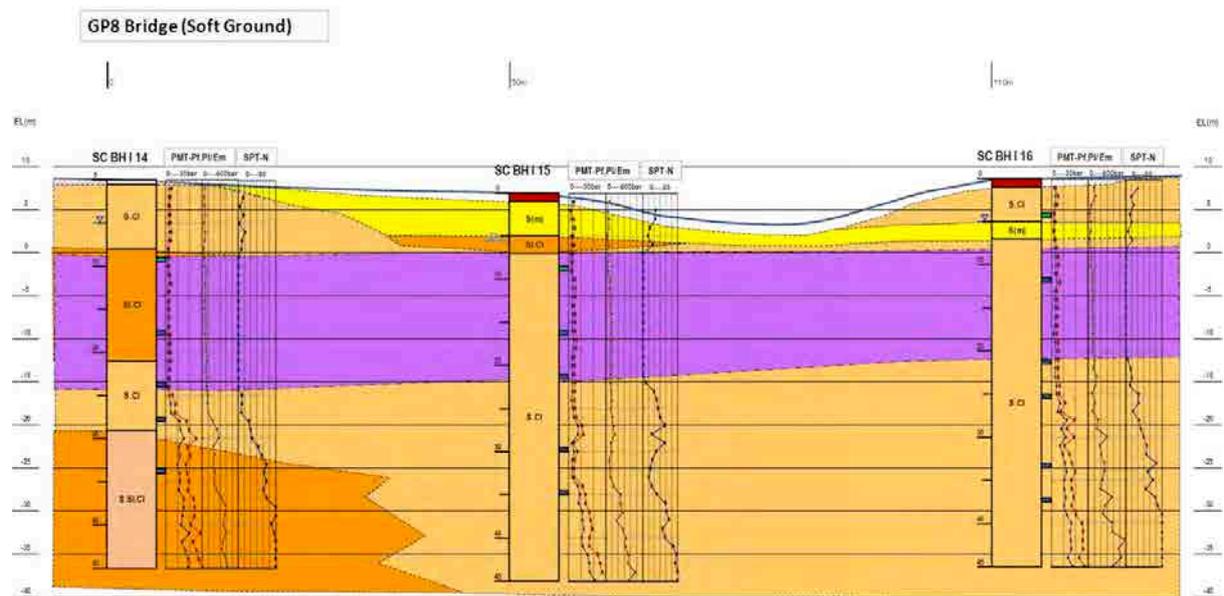


Source : Figure établie sur la base des données du rapport géotechnique du sol de l'étude préparatoire

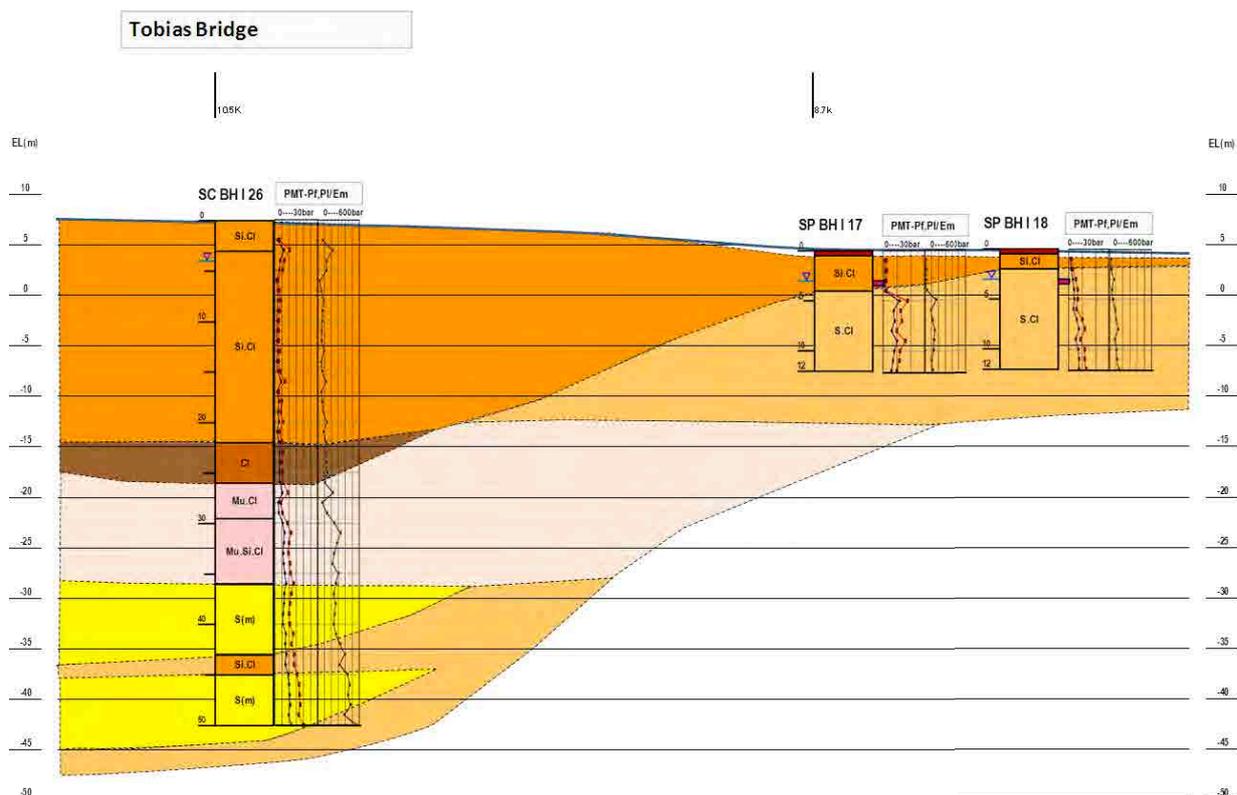
Figure 2-16 Profil transversal de sol Pont routier de l'autoroute (avec le sol mou) (C)



Source : Figure établie sur la base des données du rapport géotechnique du sol de l'étude préparatoire
Figure 2-17 Profil transversal de sol Pont routier GP8 (D)

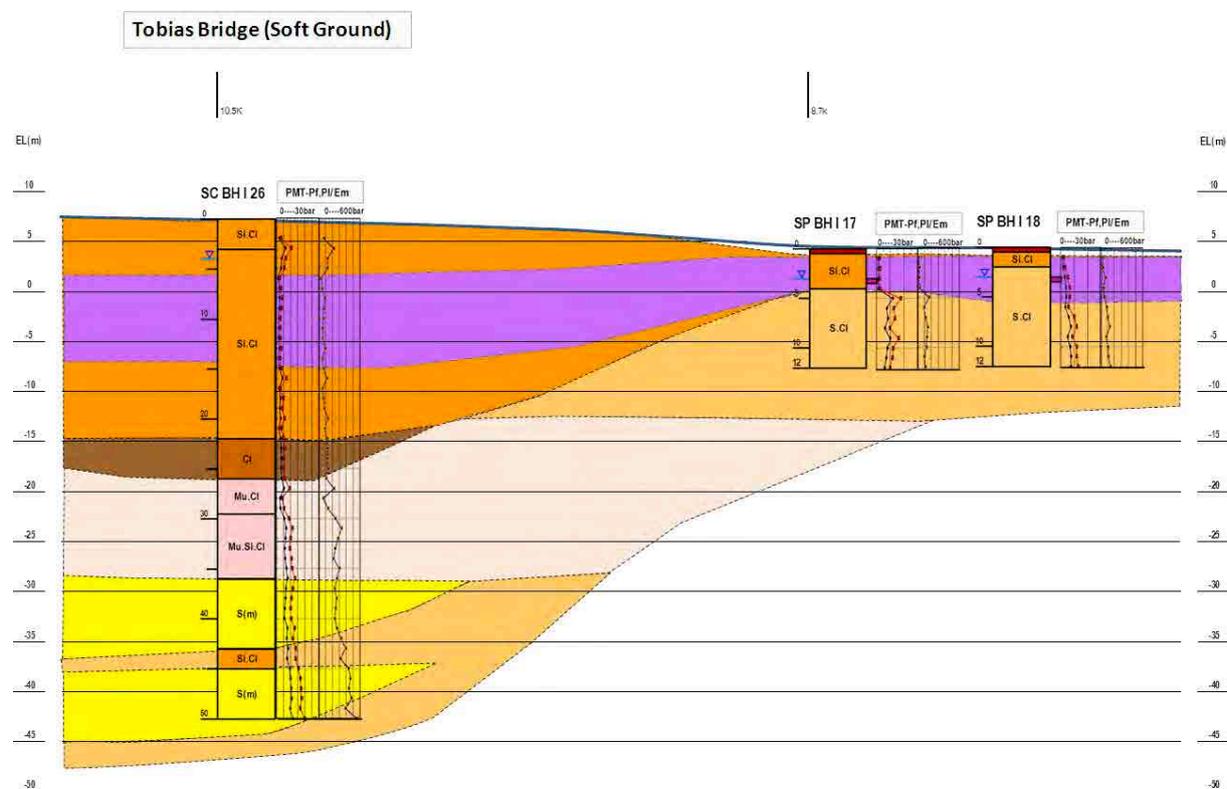


Source : Figure établie sur la base des données du rapport géotechnique du sol de l'étude préparatoire
Figure 2-18 Profil transversal de sol Pont routier GP8 (avec le sol mou) (D)



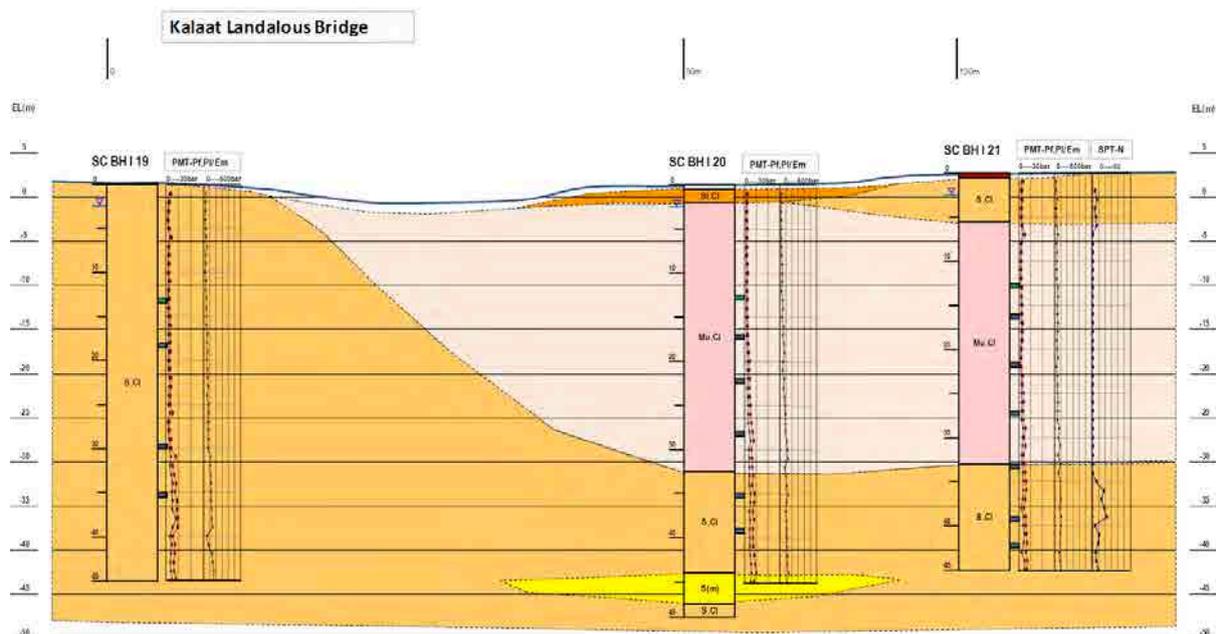
Source : Figure établie sur la base des données du rapport géotechnique du sol de l'étude préparatoire

Figure 2-19 Profil longitudinal Pont routier Tobias et son aval (e)



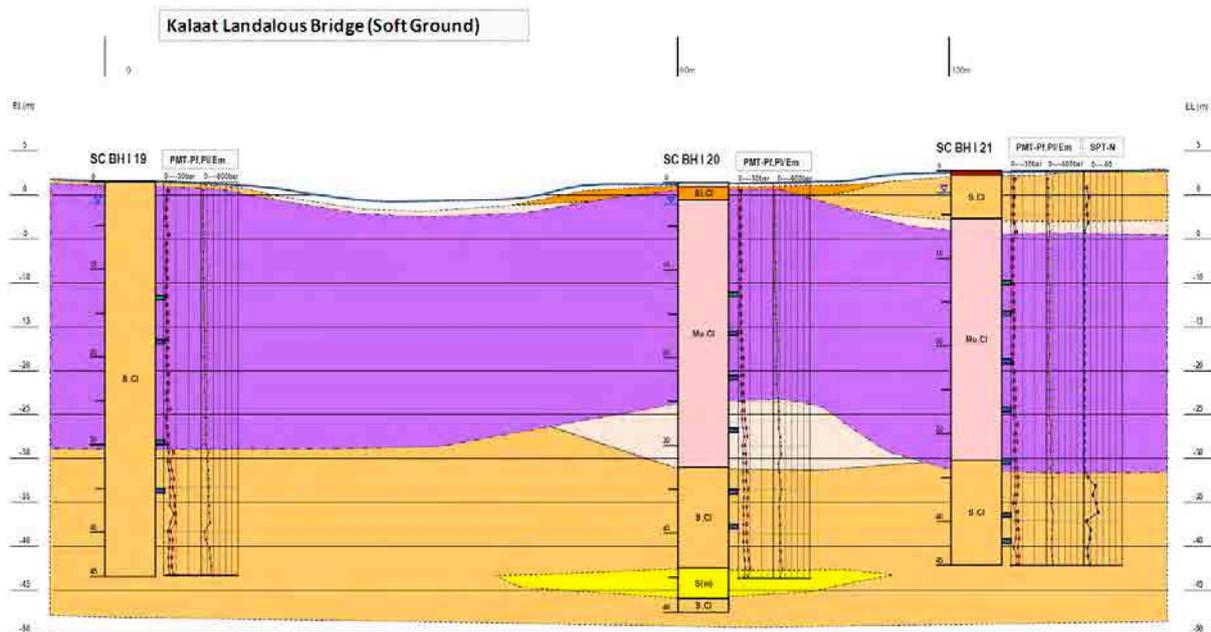
Source : Figure établie sur la base des données du rapport géotechnique du sol de l'étude préparatoire

Figure 2-20 Profil longitudinal Pont routier Tobias et son aval (avec le sol mou) (E)



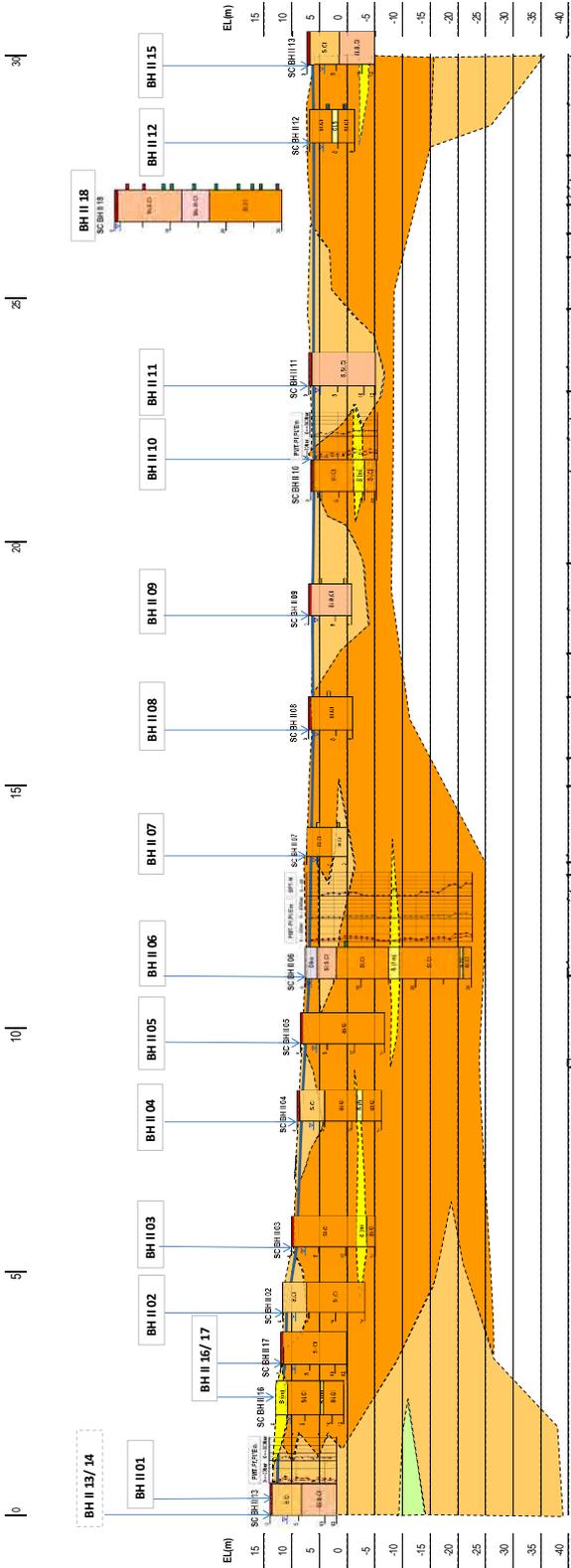
Source : Figure établie sur la base des données du rapport géotechnique du sol de l'étude préparatoire

Figure 2-21 Profil transversal de sol Pont routier Kalaat Andalouis (F)

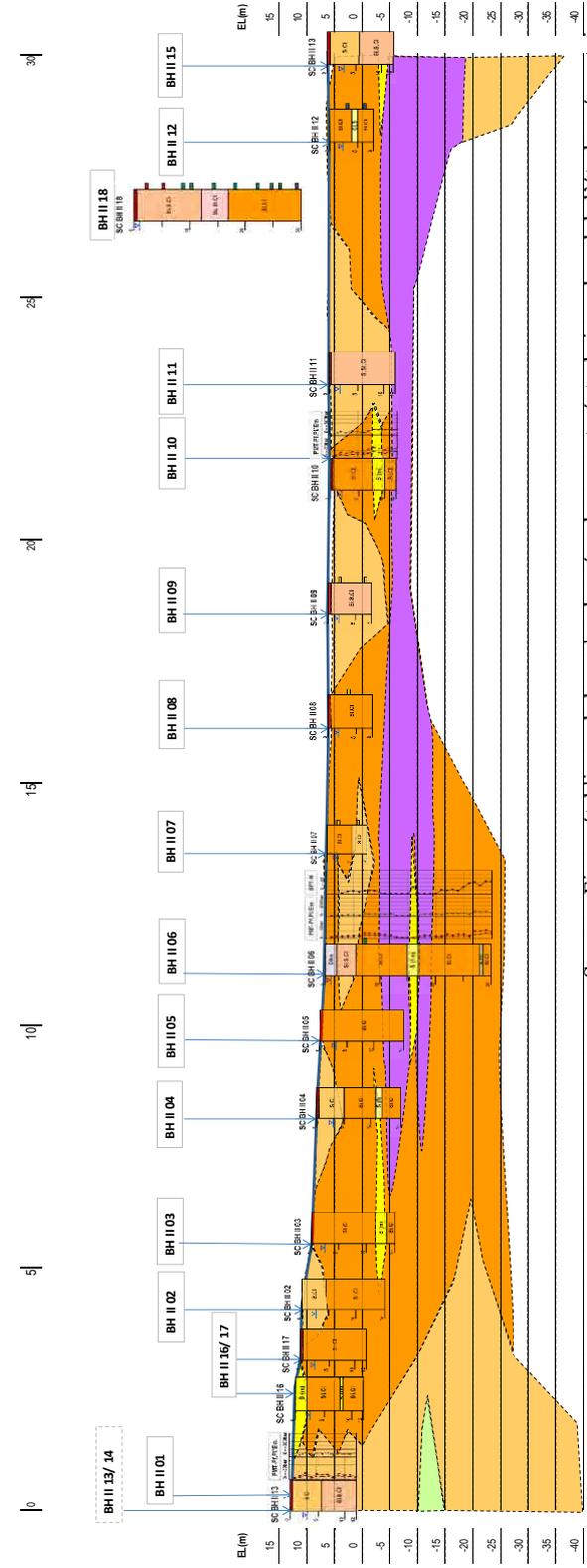


Source : Figure établie sur la base des données du rapport géotechnique du sol de l'étude préparatoire

Figure 2-22 Profil transversal Pont routier Kalaat Andalouis (avec le sol mou) (F)



Source : Figure établie sur la base des données du rapport géotechnique du sol de l'étude préparatoire
Figure 2-23 Profil longitudinal de sol le long de canal d'aménée, bassin, canal d'évacuation du Bassin de retardement d'El Mabtough (B-B')



Source : Figure établie sur la base des données du rapport géotechnique du sol de l'étude préparatoire
Figure 2-24 Profil longitudinal de sol le long de canal d'aménée, bassin, canal d'évacuation du Bassin de retardement d'El Mabtough (avec le sol mou) (B-B')

(3) Résumé des résultats de l'essai in situ et de l'essai géotechnique effectués dans le passé

Selon le rapport de l'étude géotechnique effectuée dans le cadre de l'étude préparatoire, les résultats de l'essai in situ et de l'essai géotechnique sont résumés comme suit :

1) Relation entre la valeur N de l'essai de pénétration standard (SPT) et la pression de fluage, la pression limite et le module pressiométrique de l'essai pressiométrique (PMT)

La valeur N de SPT et la pression de fluage (Pf), la pression limite (PI) et le module pressiométrique (Em) concernant toutes les couches du sol ainsi que les couches du sol de la zone peu profonde à 10m ou moins sont regroupés et montrés au tableau ci-dessous :

Tableau 2-6 Ensemble des résultats de SPT et PMT par couche de sol

(A) Toutes les couches

Classification de sol	Nombre des échantillons	Ensemble des éléments	SPT_N	PMT_Pf (bar)	PMT_Pl (bar)	PMT_Em (bar)
remblai	2	Min.	9	1.5	2.3	32
		Max.	15	3.2	5.8	75
		Moyenne	12	2.4	4.1	54
sable	43	Min.	0	0.9	1.5	17
		Max.	55	14.7	23.7	278
		Moyenne	19	4.9	7.7	95
couches alternées	8	Min.	21	2.8	4.7	58
		Max.	57	10	16.6	161
		Moyenne	33	5.2	8.4	103
argile sableuse	179	Min.	0	1.3	2.3	23
		Max.	60	21	35.1	675
		Moyenne	20	6.5	10.2	152
argile limoneuse	111	Min.	0	1	1	22
		Max.	60	19.5	30.2	597
		Moyenne	24	6.9	10.9	143
argile silteuse	66	Min.	0	1.1	1.9	22
		Max.	9	7.9	12.4	98
		Moyenne	0.4	2.5	4.1	54
socle rocheux	18	Min.	59	14.6	21.4	303
		Max.	60	31.2	49.2	834
		Moyenne	60	21.9	34.4	617

(B) Couche peu profonde à 10m ou moins

Classification de sol	Nombre des échantillons	Ensemble des éléments	SPT_N	PMT_Pf (bar)	PMT_Pl (bar)	PMT_Em (bar)
remblai	2	Min.	9	1.5	2.3	32
		Max.	15	3.2	5.8	75
		Moyenne	12	2.4	4.1	54
sable	33	Min.	2	1.1	1.8	19
		Max.	41	14.7	23.7	278
		Moyenne	19	4.5	7.1	84
argile sableuse	35	Min.	0	1.4	2.3	23
		Max.	24	10.5	13.5	221
		Moyenne	7	3.1	4.8	57
argile limoneuse	21	Min.	0	1	2	23
		Max.	20	4.4	7	73
		Moyenne	8	2.7	4.2	47
argile silteuse	8	Min.	0	1.3	2	22
		Max.	6	3.2	5.1	53
		Moyenne	1	1.8	2.9	37

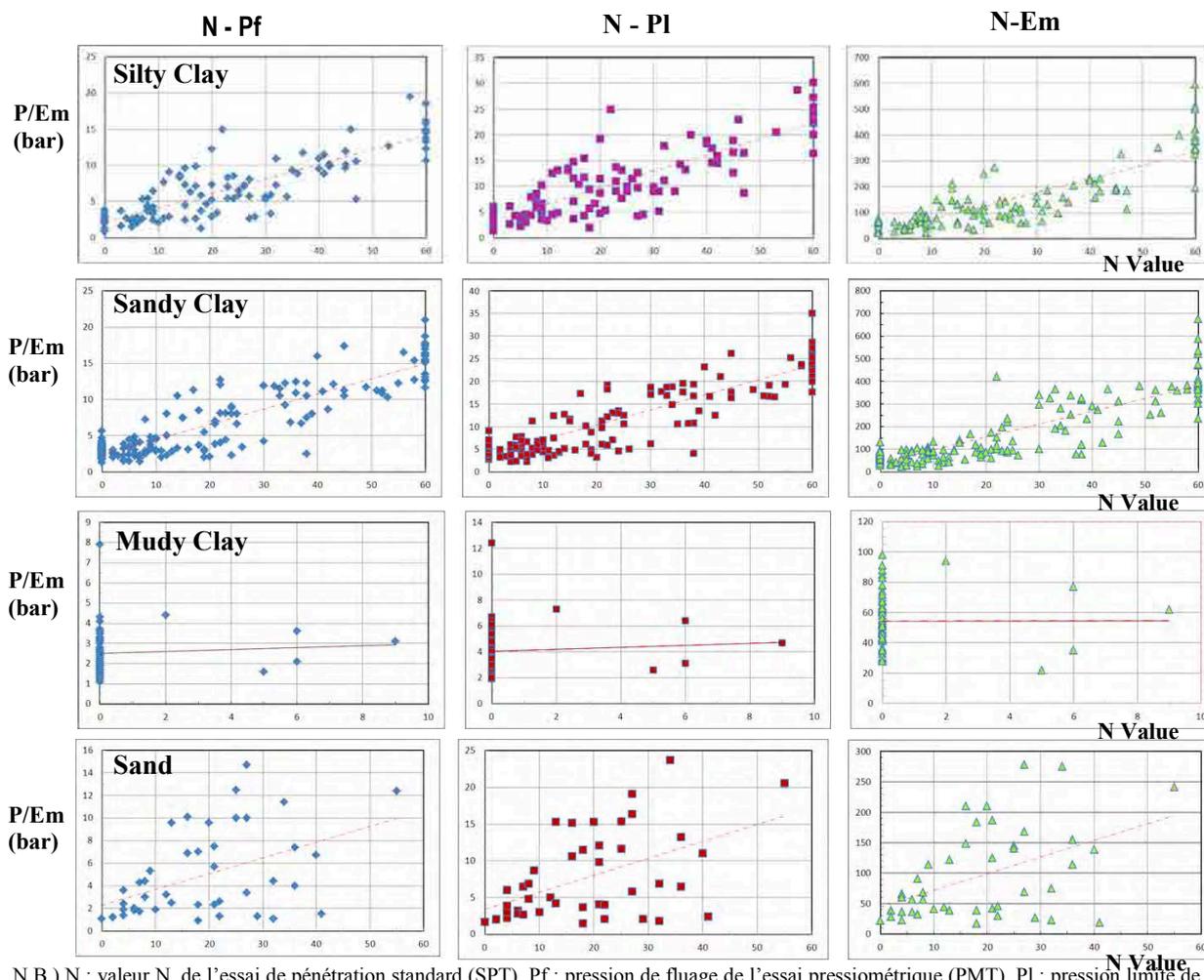
N.B.) SPT_N : valeur N de l'essai de pénétration standard (SPT), PMT_Pf : pression de fluage de l'essai pressiométrique (PMT)
 Pl : pression limite de l'essai pressiométrique (PMT), Em : module pressiométrique de l'essai pressiométrique (PMT)

Source : Tableau établi sur la base des données du rapport de l'étude géotechnique, étude préparatoire

La relation entre la valeur N de SPT, la pression de fluage (Pf), la pression limite (PI) et le module pressiométrique (Em) de PMT est indiquée dans la figure ci-dessous. Leur relation est résumée comme suit :

- i) La corrélation entre la valeur N et la pression de fluage (Pf), la pression limite (PI) et le module pressiométrique (Em) est plus élevée dans l'argile limoneuse et l'argile sableuse par rapport au sable.
- ii) Le champ de la pression de fluage (Pf), de la pression limite (PI) par rapport à la valeur N de l'argile limoneuse et celui pour l'argile sableuse sont très similaires. Le module pressiométrique (Em) a la tendance d'être légèrement élevé pour l'argile sableuse par rapport à l'argile limoneuse.
- iii) La pression de fluage (Pf) de la couche molle (sol argileux de la valeur N 0-4) est généralement de 5bar (500kN/m²) ou moins, la pression limite (PI) est 6br (600kN/m²) ou moins pour l'argile

limoneuse, 10bar (1 000kN/m²) ou moins pour l'argile sableuse et l'argile silteuse. Le module pressiométrique (Em) est près de 100bar (10 000kN/m²) ou moins pour l'argile limoneuse, l'argile sableuse, l'argile silteuse.



N.B.) N : valeur N, de l'essai de pénétration standard (SPT), Pf : pression de fluage de l'essai pressiométrique (PMT), PI : pression limite de PMT, Em : module pressiométrique de PMT

Source : Figure établie sur la base des données du rapport de l'étude géotechnique, étude préparatoire

Figure 2-25 Relation entre la valeur N de SPT et la pression de fluage, la pression limite et le module pressiométrique de PMT

2) Classification de sol

Le tableau ci-dessous résume le résultat de la classification faite suivant le système de classification unifiée des sols (USCS) et basée sur les éléments de classification géologique de l'essai de sol (mesure de teneur en eau, essai pressiométrique, essai granulométrique) par sol classifié à travers l'observation de carottage.

Plus de 90% de l'argile limoneuse et de l'argile sableuse sont classées à CH (argile de haute plasticité, argile limoneuse pour la dénomination de type) ou à CL (argile de faible plasticité, limon sableuse). L'argile silteuse est classée à CH pour 100%. De ce fait, le sol argileux est dominant dans la zone plus en

aval du pont ferroviaire du site de l'étude, sur l'étendue des zones faisant l'objet de l'étude géotechnique. Le sol en la partie majeure est classé à CH.

Le sable s'étend sur une étendue étroite et ses échantillons faisant l'objet de l'essai ne sont pas nombreux. 50% de sable sont classés à SM (sable limoneux), 17% à SP (sable mal classé, sable type graves), 33% à être classés entre ces deux catégories. On y trouve pour la plupart le sable à grain fin, quand même le sable à grain très fin et le sable à grain grossier y sont également répartis.

Tableau 2-7 Classification USCS par rapport à la classification de couche de sol

Classification par observation de carottage			Classification USCS (Système de Classification Unifiée des Sol)		
Classification majeure	Nombre des échantillons	Nature de sol composant	Classification	Nombre des échantillons () %	Dénomination typique
argile limoneuse	22	Cl. Si.Cl, S.Si.Cl	CH CL SM	20 (91,0%) 1 (4,5%) 1 (4,5%)	argile de haute plasticité, argile limoneuse, argile de faible plasticité, argile sableuse (sable limoneuse)
argile sableuse	42	S. Cl, Si. S. Cl	CH CL	39 (92,9%) 3 (7,1%)	argile de haute plasticité, argile limoneuse, argile de faible plasticité, argile sableuse
argile silteuse	13	Mu.Cl, Mu.Si.Cl	CH	13 (100%)	argile de haute plasticité, argile limoneuse
sable	6	Si.S, S(f)-S(c)	SM SP SP-SM	3 (50,0%) 1 (16,7%) 2 (33,3%)	sable limoneuse sable mal classé, sable type graves, mélange de SP et SM

N.B. Cl: argile, SiCL: argile limoneuse, S.SiCl: argile limoneuse mélangé de sable, SCl: argile sableuse, Si.SiCl: argile sableuse mélangé de limon, MuCl: argile silteuse, Mu.SiCl: argile limoneuse mélangé de boue
 SiS: sable limoneuse, S(f): sable à grain fin, S(m): sable à grain moyen, S(c): sable à grain grossier,
 USCS: Unified Soil Classification System (Système de classification unifiée des sols)

Source : Tableau établi sur la base des données du rapport géotechnique de l'étude préparatoire

3) Densité

Le tableau ci-dessous montre la densité humide et la densité sèche obtenues à l'issue de l'essai de densité, résumées par classification de sol.

Le résultat de l'essai est résumé comme suit :

- i) La teneur en eau est 21,4-42,1% pour l'ensemble et 32,2% en moyenne. Le classement de terres par cette valeur est comme suit : argile sableuse < argile limoneuse < argile silteuse.
- ii) La densité sèche est 1,21-1,70g/cm³ dans l'ensemble et 1,44g/cm³ en moyenne. La densité humide est 1,69-1,20g/cm³ pour l'ensemble et 1,90g/cm³ en moyenne. Les terres sont classées comme l'ordre de : argile sableuse > = argile limoneuse > argile silteuse. Les densités obtenues

à l'issue de l'essai sont très élevées par rapport à celles des couches argileuses de l'alluvion et du diluvium du Japon.

Tableau 2-8 Récapitulatif de résultats de l'essai de densité

Classification de sol	Nombre des échantillons	Teneur en eau W (%)			Densité sèche γ_d (g/cm ³)			Densité humide γ_h (g/cm ³)		
		Min.	Max.	Moyenne	Min.	Max.	Moyenne	Min.	Max.	Moyenne
argile sableuse	10	21,4	39,2	29,9	1,33	1,70	1,49	1,85	2,06	1,93
argile limoneuse	7	26,0	40,1	31,4	1,27	1,59	1,47	1,78	2,01	1,93
argile silteuse	4	33,6	42,1	39,2	1,21	1,40	1,28	1,69	1,87	1,78
ensemble	21	21,4	42,1	32,2	1,21	1,70	1,44	1,69	2,06	1,90

Source : Tableau établi sur la base des données du rapport géotechnique de l'étude préparatoire

4) Paramètre de consolidation

Les résultats de l'essai ainsi que les paramètres de consolidation obtenus à l'issue de l'essai, classés selon la nature du sol et la valeur N, sont comme indiqués ci-dessous. Le résultat de l'essai se résume comme suit :

- i) La porosité est de 0,42-0,95 et elle est de 0,76 en moyenne. L'indice de consolidation est de 0,08-0,35 et 0,22 en moyenne. En outre, le coefficient de compression est de $6,34E-05 - 6,17E-03$ et de $1,88 E-03$ en moyenne. La terre est classée suivant cette valeur comme suite : argile sableuse < argile limoneuse < argile silteuse. Pour le coefficient de compression, il est supposé que l'ordre soit en général de : argile sableuse > argile limoneuse > argile silteuse par la faiblesse de sol, estimée par la résistance, etc. Toutefois, l'essai a donné le résultat inverse.
- ii) Quant à au classement par la valeur N, la couche molle à la valeur N de 4 ou moins est de 0,85 pour la porosité moyenne, 0,24 en moyenne pour le coefficient de consolidation et $3,53 E-03$ en moyenne pour le coefficient de compressibilité. Son coefficient de consolidation est moins élevé et son coefficient de compressibilité est plus élevé par rapport à la valeur moyenne de l'argile silteuse. Ceci montre que l'argile silteuse en moyenne est plus tendre.

Tableau 2-9 Résultat de l'essai de consolidation

N° du sondage	Profondeur (m)	Classification de sol		SPT	PMT			Paramètres de consolidation		
		observation de carottages	USCS	N	Pf (kN/cm ²)	Pl (kN/cm ²)	Em (kN/cm ²)	e ₀	Cc	Cv
BH I 09	4.00-4.50	S.Cl	CH	19	4.4	6.9	75	0.47	0.14	3.16E-03
BH I 15	8.50-9.00	S.Cl	CH	0	2.1	3.5	36	0.88	0.24	1.95E-03
BH I 16	4.00-4.50	S.Cl	CH	13	1.4	2.3	24	0.65	0.18	2.05E-03
BH I 17	3.00-3.50	S.Cl	CH	-	1.3	2.1	24	0.86	0.27	1.23E-03
BH I 19	13.00-13.50	S.Cl	CH	-	1.8	2.9	42	0.92	0.26	3.14E-04
BH I 22	11.00-11.50	S.Cl	CH	0	3.2	5.2	63	0.70	0.21	5.83E-03
BH II 18	2.00-2.50	S.Cl	CH	-	-	-	-	0.63	0.15	5.18E-04
BH II 18	5.00-5.50	S.Cl	CH	-	-	-	-	0.69	0.18	3.60E-04
BH II 18	8.50-9.00	S.Cl	CH	-	-	-	-	0.85	0.19	3.32E-05
BH II 18	10.00-10.50	S.Cl	CH	-	-	-	-	0.60	0.11	2.09E-03
Moyenne								0.73	0.19	1.75E-03
BH I 14	9.00-9.50	Si.Cl	CH	0	1.7	3.1	52	0.85	0.24	6.17E-03
BH I 18	4.00-4.50	Si.Cl	CH	-	3.9	6.5	46	0.67	0.18	6.30E-04
BH I 23	11.50-12.00	Si.Cl	CH	9	3.1	4.7	62	1.09	0.35	6.34E-05
BH II 06	6.50-7.00	Si.Cl	CH	5	4.4	7	63	0.73	0.23	1.24E-03
BH II 18	18.00-18.50	Si.Cl	CH	-	-	-	-	0.72	0.18	2.83E-03
BH II 18	22.00-22.50	Si.Cl	CH	-	-	-	-	0.61	0.18	1.90E-03
BH II 18	24.50-25.00	Si.Cl	CH	-	-	-	-	0.42	0.08	2.26E-04
Moyenne								0.73	0.21	1.87E-03
BH I 20	12.50-13.00	Mu.Cl	CH	-	1.4	2.2	26	0.95	0.35	3.03E-03
BH I 21	12.50-13.00	Mu.Cl	CH	0	1.1	2	49	0.94	0.26	3.38E-03
BH I 24	11.50-12.00	Mu.Cl	CH	0	4.1	6.4	43	0.89	0.26	2.98E-04
BH II 18	14.00-14.50	Mu.Cl	CH	-	-	-	-	0.84	0.32	9.84E-04
Moyenne								0.91	0.30	1.92E-03
Moyenne totale								0.76	0.22	1.82E-03

Source : Tableau établi sur la base des données du rapport géotechnique de l'étude préparatoire

Tableau 2-10 Résumé des paramètres de consolidation de l'essai de consolidation

Classification de sol	Nombre des échantillons	Teneur en eau initiale e ₀			Résistance à consolidation avant chargement σ'_p (kN/m ²)			Coefficient de consolidation Cc			Coefficient de compressibilité Cv (cm ² /s)		
		Min.	Max.	Moyenne	Min.	Max.	Moyenne	Min.	Max.	Moyenne	Min.	Max.	Moyenne
argile sableuse	10	0,47	0,92	0,73	63	148	116	0,11	0,27	0,19	3,14 E-04	5,83 E-03	1,75 E-03
argile limoneuse	6	0,42	1,09	0,74	75	253	165	0,08	0,35	0,21	6,34 E-05	6,17 E-03	1,87 E-03
argile silteuse	4	0,84	0,95	0,91	83	173	118	0,26	0,35	0,30	2,98 E-03	3,38 E-03	1,92 E-03
ensemble	20	0,42	1,09	0,76	63	253	131	0,08	0,35	0,22	6,34 E-05	6,17 E-03	1,88 E-03
valeur N =0-4	5	0,70	0,94	0,85	83	173	120	0,21	0,26	0,24	2,98 E-04	6,17 E-03	3,53 E-03
valeur N =5-19	4	0,47	1,09	0,73	75	121	109	0,14	0,35	0,23	6,34 E-05	3,16 E-03	1,63 E-03
ensemble	9	0,47	1,09	0,80	75	173	115	0,14	0,35	0,23	6,34 E-05	6,17 E-03	2,68 E-03

Source : Tableau établi sur la base des données du rapport géotechnique de l'étude préparatoire

5) Résistance au cisaillement

La résistance au cisaillement (cohésion et angle de frottement interne) obtenue à l'issue de l'essai de cisaillement, résumée par classification de sol sont montrés dans le tableau ci-dessous. Le résultat de l'essai est résumé comme suit :

- i) Les échantillons étant peu nombreux, les points objet de l'essai ne sont pas sur tout le site de l'étude. La cohésion est de 10-146kN/m² et 77kN/m² en moyenne, l'angle de frottement interne est 3-23° et 14° en moyenne, ce qui montre la tendance telle que argile sableuse > argile limoneuse.
- ii) La résistance au cisaillement du sol argileuse obtenue à l'issue de l'essai semble plus élevée par rapport à celle de l'argile de l'alluvion et du diluvium du Japon. Il se peut que l'essai ait été effectué dans les points pour lesquels le carottage est en état favorable. Par ailleurs, la cohésion est 10kN/m³ et l'angle de frottement interne est 3° au point BHI17 à 3,0-3,5m de profond (zone de couche molle). Sa résistance est ainsi moins élevée par rapport à celle des autres points.

Tableau 2-11 Résultat de l'essai de cisaillement

N° du sondage	Profondeur (m)	Classification de sol		SPT N	PMT			Résistance au cisaillement	
		observation de carottages	USCS		Pf (kN/cm2)	Pl (kN/cm2)	Em (kN/cm2)	Cu (kN/cm2)	φ (deg)
BH I 17	3.00-3.50	S.Cl	CH	-	130	210	2400	10.00	3
BH II 07	6.00-6.50	S.Cl	CH	-	-	-	-	31.00	13
BH II 09	2.00-2.50	S.Cl	CH	-	-	-	-	119.00	23
BH II 09	6.50-7.00	S.Cl	CH	-	-	-	-	146.00	16
BH II 18	2.00-2.50	S.Cl	CH	-	-	-	-	76.00	15
BH II 18	5.00-5.50	S.Cl	CH	-	-	-	-	130.00	19
Moyenne								85.0	14
BH I 18	4.00-4.50	Si.Cl	CH	-	390	650	4600	59.00	8
BH II 07	2.00-2.50	Si.Cl	CH	-	-	-	-	76.00	15
BH II 08	3.50-4.00	Si.Cl	CH	-	-	-	-	47.00	10
Moyenne								61.00	8
Moyenne totale								77.00	14

Source : Tableau établi sur la base des données du rapport géotechnique de l'étude préparatoire

Tableau 2-12 Résumé de la résistance au cisaillement

Classification de sol	Nombre des échantillons	Cohésion (résistance au cisaillement non drainée) Cu (bar)			Angle de frottement interne φ (degré)		
		Min.	Max.	Moyenne	Min.	Max.	Moyenne
argile sableuse	6	10	146	85	3	23	14
argile limoneuse	3	47	76	62	8	15	8
ensemble	7	10	146	77	3	23	14

Source : Tableau établi sur la base des données du rapport géotechnique de l'étude préparatoire

(4) Analyse de sol

1) Paramètres de nature du sol dans l'analyse de sol

Le tableau ci-dessous montre les paramètres de nature du sol pour l'analyse et l'étude sommaires de la stabilité et de la consolidation de sol.

Tableau 2-13 Paramètres de nature du sol pour l'analyse de sol

Classification de sol	Densité		Résistance au cisaillement		Paramètre de consolidation		
	Densité humide γ_h (g/cm ³)	Poids volumique sous l'eau γ' (g/cm ³)	Cohésion Cu (kN/m ²)	Angle de frottement interne ϕ (degré)	Porosité initiale e_0	Coefficient de consolidation Cc	Coefficient de compressibilité Cv (cm ³ /s)
remblai	1,60	-	43	0			
sol superficiel	1,93	0,93	43	9	0,75	0,21	8,74E-04
matériau sédimentaire	1,70	0,70	0	25	-	-	-
argile sableuse	1,93	0,93	31	13	0,73	0,19	1,75E-03
argile limoneuse	1,93	0,93	47	10	0,74	0,21	1,87E-03
argile silteuse	1,78	0,78	21	0	0,91	0,31	1,92E-03
sable	1,80	0,80	0	30	-	-	-
couche molle	1,78	0,78	10	3	0,91	0,31	1,92E-03

Source : Tableau établi sur la base des données du rapport géotechnique de l'étude préparatoire compte tenu de l'examen ci-dessous

Les paramètres sont déterminés comme suit :

- i) La densité humide est fixée à sa valeur moyenne pour tous les sols classés. Par ailleurs, la plupart des zones en argile silteuse étant la couche molle, la densité humide de la couche molle est fixée à la densité humide de l'argile silteuse. Pour calculer le poids sous l'eau, la densité humide est déduite du poids unitaire sous l'eau, qui est de 1tf/m³ (9,8kN/m³).
- ii) La résistance au cisaillement de la couche molle a recours au résultat de l'essai de BHI17. Etant donné qu'elle s'avère élevée dans l'ensemble selon le résultat de l'essai, la résistance au cisaillement par classification de sol se fixe à la valeur la plus faible de chaque sol sauf le sol de la couche molle.
- iii) Les paramètres de consolidation seront de la valeur moyenne de chaque sol classifié. Par ailleurs, la valeur moyenne de l'argile silteuse sera appliquée pour la couche molle.
- iv) Le sol de surface étant plus souvent de l'argile sableuse, la valeur moyenne des sols de surface de l'argile sableuse à BHI17 (3,0-3,5m de profond) et à BHI18 (2,0-2,5m de profond) sera adoptée.
- v) L'essai au cisaillement n'étant pas effectué pour les couches de sol suivantes, la résistance sera évaluée à partir de la formule empirique par la valeur N (voir le tableau ci-dessous).
 - Sol sableux : valeur plus faible des Peck ; $\phi = 27 + 0,3N$ (°) et Dunham ; $\phi = \sqrt{(12N) + (15-20)}$ (°)
 - Sol argileux : valeur plus faible des Terzaghi-Peck ; $C = qu/2 = (N/0,8)/2 \times 10$ (kN/m²) et Osaki ; $C = qu/2 = (4+N/2) \times 10$ (kN/m²)
 - Le remblai est calculé à partir de la valeur N la moins élevée (valeurs plus petite entre les deux échantillons).
 - Etant estimé que la valeur du matériau sédimentaire au lit serait moins élevée par rapport à la valeur moyenne du sable de la zone peu profonde, la valeur de matériau sédimentaire se fixe à la valeur moyenne calculée de la valeur N la plus petite et de la valeur N moyenne.
 - Pour l'argile silteuse, la valeur sera calculée à partir de la valeur N moyenne de l'argile silteuse de toutes les couches.
 - La valeur du sable sera fixée par la valeur N moyenne du sable de toutes les couches.

Tableau 2-14 Evaluation de la cohésion du sol argileux et de l'angle de frottement interne du sol sableuse par la formule empirique

(A) Toutes les couches

(B) Sol peu profond à la profondeur de 10m ou moins

Classification de sol	Nombre des échantillons	Ensemble des éléments	SPT_N	Sol sableux (ϕ , °)		Sol argileux (Cu, kN/m ²)	
				Peck	Dunham	Terzaghi-Peck	Osaki
remblai	2	Min.	9	-	-	56	43
		Max.	15	-	-	94	58
		Moyenne	12	-	-	75	50
sable	43	Min.	0	27	15	-	-
		Max.	55	44	41	-	-
		Moyenne	19	33	30	-	-
argile sableuse	179	Min.	0	-	-	0	20
		Max.	60	-	-	375	170
		Moyenne	20	-	-	122	69
argile limoneuse	111	Min.	0	-	-	0	20
		Max.	60	-	-	375	170
		Moyenne	24	-	-	148	79
argile silteuse	66	Min.	0	-	-	0	20
		Max.	9	-	-	56	43
		Moyenne	0.4	-	-	3	21

Source : Tableau établi sur la base des données du rapport géotechnique de l'étude préparatoire

2) Répartition des couches molles

Le résumé des couches molles réparties est montré dans le **Tableau 2-15**. La couche molle étant définie comme la couche argileuse de la valeur N de 0-4, parmi les zones pour lesquels l'essai de pénétration standard n'a pas été effectué, les zones qui s'étendent sur le prolongement de la couche molle et qui sont de faible résistance observée dans l'essai pressiométrique (pression de fluage à 5bar ou moins, pression limite à 10bar ou moins et module élastique à 100bar ou moins, comme indiqué à l'article (3)(a) iii) sont traitées comme la zone de la couche molle.

Tableau 2-15 Répartition des couches molles

Location	Boring No.		Depth (m)		Thickness (m)	Remarks
	SPT	PMT (Presumption)	Surface	Bottom		
Highway Bridge	BHI22,23,24	—	8-12	24-27	13-19	
GP8 Road Bridge	BHI14,15,16	—	7-9	22-24	13-15	
Tobias Bridge	BHI26	—	6	14	8	
Downstream of Tobias	—	BHI17,18	1	4-6	3-5	Soft ground locates just under surface soil.
K.Landalous Bridge	BHI21	BHI19,20	1-7	25-34	24-30	At BHI19 and 20, Soft ground locates just under surface soil.
El Mabtough reterding basin	BHII06	—	10	20	5 and 3 (2 layers)	Soft ground separates 2 layers intercalating thin sand layer.

Source: Tableau établi sur la base des données du rapport géotechnique de l'étude préparatoire

Dans la plupart des points de l'étude, la couche molle se trouve dans la partie inférieure de la couche de recouvrement de 5-12m d'épaisseur. Elle est située juste au-dessous de la couche superficielle depuis BHI17 (aval du pont Tobias) et BHI18 à BHI19 et BHI20 (pont Kalaat Andalous). Une fois leur sol superficiel y est décapé, la couche molle est apparente à la surface du sol.

3) Pente de l'excavation dans l'élargissement de l'oued

Pour l'élargissement de l'oued, la pente excavée sera de 1:2 (hauteur : distance horizontale). L'installation d'une marche de 5m de haut et 3m de large est prévue. Le calcul du coefficient de sécurité minimal par le glissement circulaire sur la pente excavée de 8m de haut donne le résultat indiqué dans le **Tableau 2-16**. Pour l'excavation de la couche molle, le coefficient de sécurité minimal est de 0,46 et la couche sera effondrée. Dans l'argile sableuse et l'argile limoneuse excepté la couche molle, le coefficient de sécurité est élevé même à la résistance au cisaillement la plus faible, observée à l'essai de sol de l'étude préparatoire, et la pente est stable pour le sol excavé de la partie supérieure de la surface d'eau pendant la saison sèche (voir **Figure 2-26**). En outre, à l'issue du calcul de l'inverse, il s'est avéré possible d'assurer le coefficient de sécurité à 1 ou plus, si l'argile serait de $C=32\text{kN/m}^2$, $\varphi=0^\circ$ ou plus et que le sable serait de $C=0\text{kN/m}^2$, $\varphi=27^\circ$ ou plus pour une couche unique (voir **Figure 2-27**).

Tableau 2-16 Coefficients de sécurité pour la pente du sol excavé de projet
(étudiés uniquement pour le temps normal)

Soil Condition	Adhesion C (kN/m ²)	Internal Friction Angle φ (°)	Minimum Safty Factor	Remarks
Soft Ground (Single layer)	10	3	0.480	
Soft Ground (Sand intercalation)	(Sand: 0)	(Sand: 30)	0.808	Sandy clay in bottom layer
Silty Clay (Single layer)	47	10	1.934	Minimum strength without soft ground
Silty Clay (Sand intercalation)	(Sand: 0)	(Sand: 30)	1.821	Ditto
Sandy Clay (Single layer)	31	13	1.588	Minimum strength without soft ground
Sandy Clay (Sand intercalation)	(Sand: 0)	(Sand:30)	1.544	Ditto

Source : Tableau établi dans le cadre de la présente étude

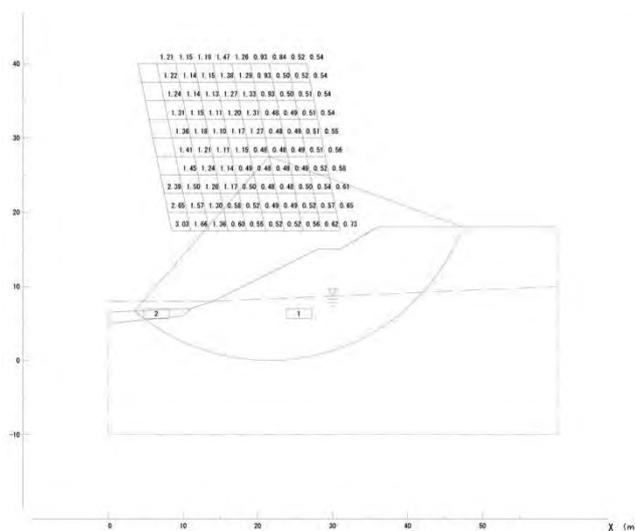
Si l'on étudie le coefficient avec la hauteur de la pente revue à 5m, il est calculé comme indiqué au **Tableau 2-17** et à la **Figure 2-28**, ce qui montre que l'excavation de la partie supérieure de la surface d'eau est en sécurité pendant la saison sèche, à l'exception de la couche molle et de la couche sableuse, même si leur pente devient raide. Toutefois, ce résultat d'étude ne se base sur que le résultat des essais du rapport géotechnique de l'étude préparatoire, il se peut qu'il apparaisse les points où la valeur ne dépasse pas la valeur minimale actuellement fixée pour les couches de l'argile limoneuse et de l'argile sableuse. Pour effectuer l'excavation en pente raide, il faudra faire la conception et réaliser les travaux après avoir procédé à la vérification détaillée.

Tableau 2-17 Coefficients de sécurité à la pente revue à 5m de haut
(étudiés uniquement pour le temps normal)

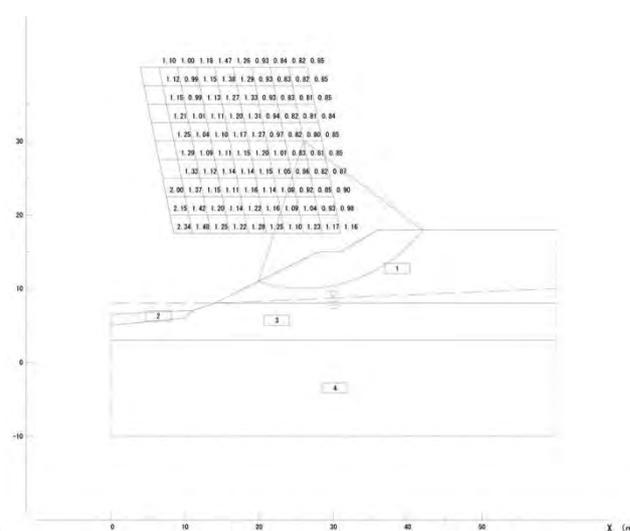
Gradient	Safty Factor				Remarks
	Soft Ground	Silty Clay	Sndy Clay	Sand	
1 : 0.25	0.578	2.625	1.945	0.460	Calculation of intermediate two items is omitted because of high safety factor.
1 : 0.50	0.662	—	—	0.608	
1 : 0.75	0.737	—	—	0.727	
1 : 1.0	0.809	—	—	0.776	
1 : 1.5	0.945	—	—	0.944	
1 : 2.0	1.066	—	—	1.166	
1 : 2.5	1.203	—	—	1.386	

Source : Tableau établi dans le cadre de la présente étude

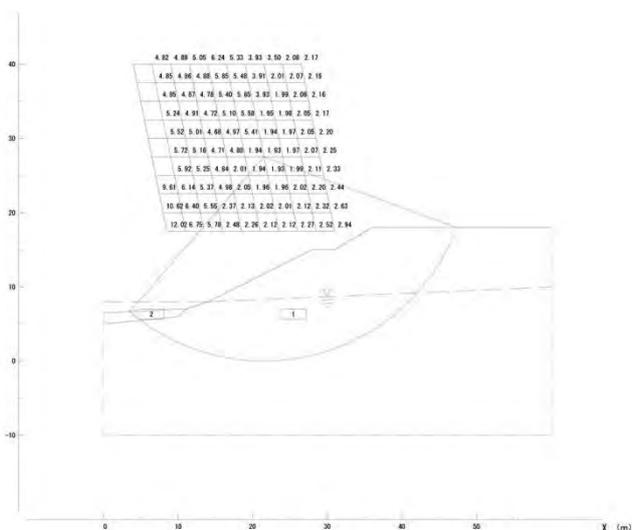
(A) couche molle (couche unique)



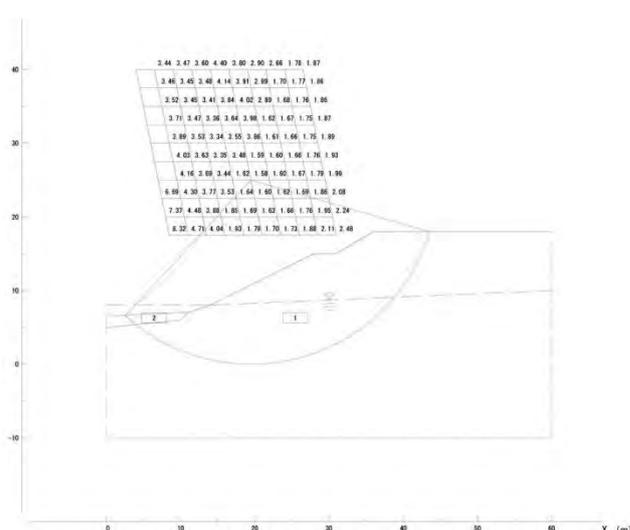
(B) couche molle (interstratifiée de sable)



(C) argile limoneuse (couche unique)



(D) argile sableuse (couche unique)

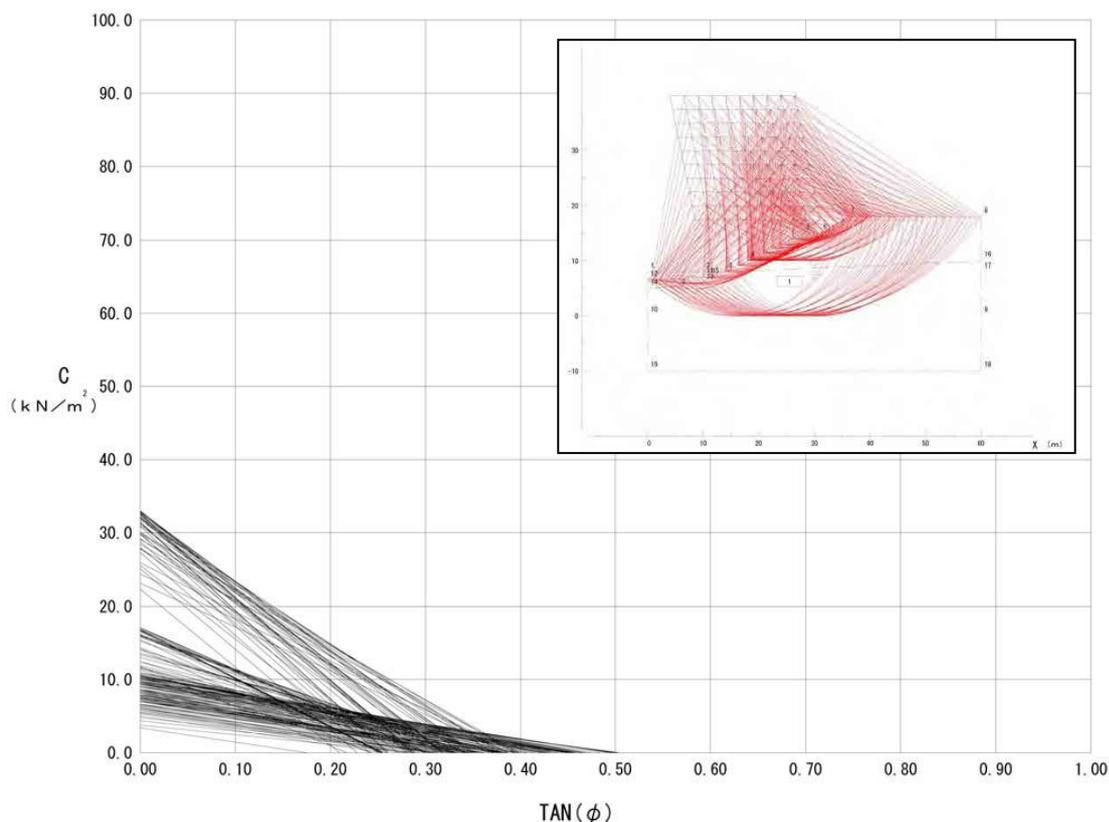


Source : Figure établi dans le cadre de la présente étude

Figure 2-26 Calcul du coefficient de sécurité minimum pour l'excavation des berges (hauteur du talus 8m, pente 1:2, largeur de marche 3m)

(A) Analyse inverse

(B) Surface de glissement au calcul à l'inverse

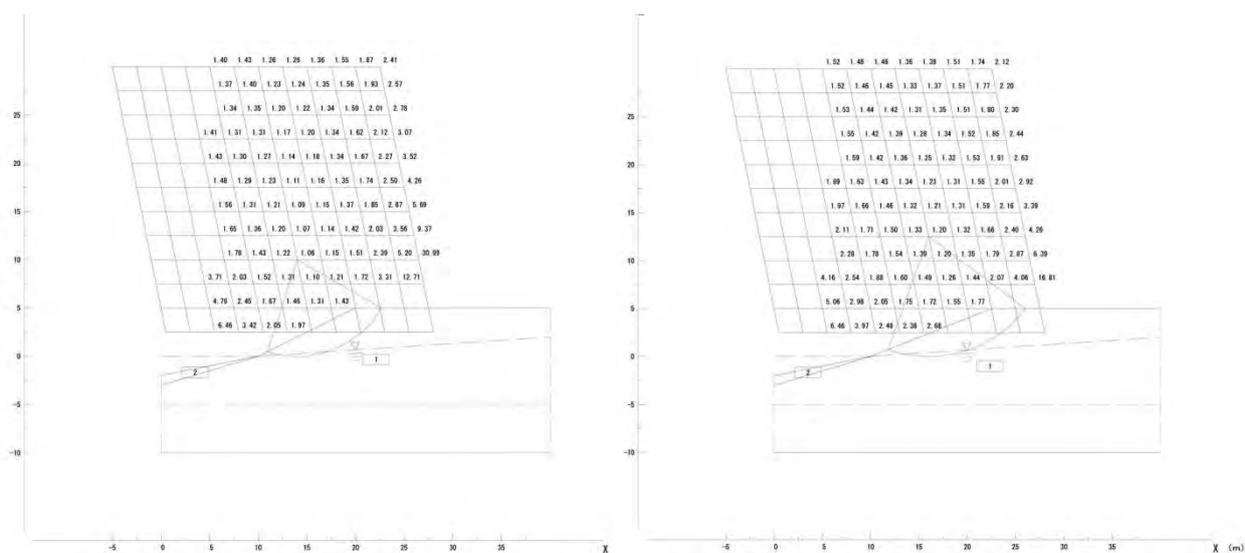


Source : Figure établie dans le cadre de la présente étude

Figure 2-27 Analyse inverse pour avoir le coefficient de sécurité à 1,00 pour l'excavation des berges (hauteur du talus 8m, pente 1:2, largeur de marche 3m)

(A) Pente 1:2

(B) Pente 1:2,5



Source : Figures établies dans le cadre de la présente étude

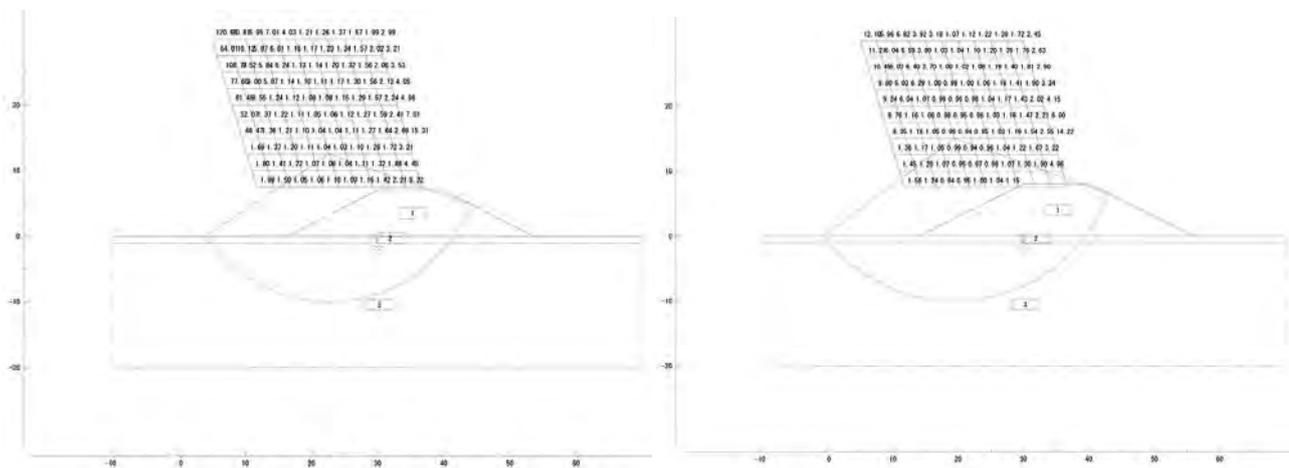
Figure 2-28 Coefficients de sécurité minimum pour l'excavation des berges à la pente revue de 5m de haut (couche molle)

4) Stabilité de remblai des digues latérales

Selon le résultat de l'examen de la stabilité (sécurité) contre le glissement circulaire du remblai des digues (3 à 5m de haut, 10m de large de la partie supérieure et 1 : 2 pour la pente) lorsqu'il existe la couche molle juste au-dessous de la couche superficielle, le coefficient de sécurité minimum est de 1,159 pour le remblai de 6m de haut, 1,037 pour 7m de haut, 0,944 pour 8m de haut et le sol devient instable lorsque la hauteur de remblai dépasse 7m (voir **Figure 2-29**). Par ailleurs, ce résultat ne tient pas compte des effets par la déformation due au tassement de la couche molle, la forme des parties en pente des berges. Des examens en détail qui conviennent à chaque site seront nécessaires.

(A) Remblai à 7m de haut

(B) Remblai à 8m de haut



Source : Figures établies dans le cadre de la présente étude

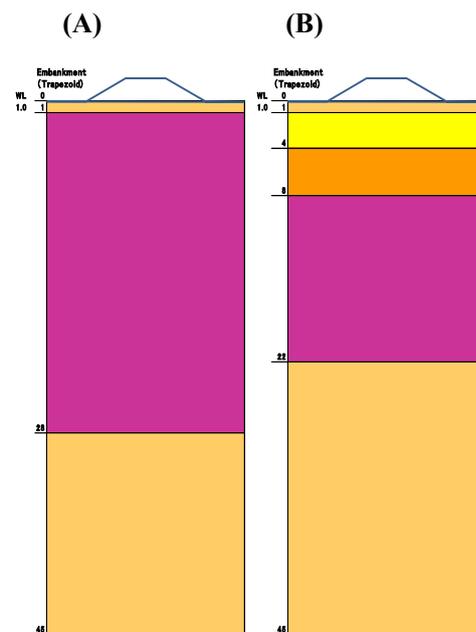
Figure 2-29 Examen de stabilité pour le remblai sur la couche molle

5) Tassement de remblai des digues

Le résultat de l'étude sommaire du volume de tassement et du temps de tassement pour le remblayage des digues dans les zones de la couche molle épaisse est comme suit :

L'examen se fait sur la base du remblai de forme trapézoïdale à 5m de haut, 10m de large pour la surface supérieure (crête), 30m de large pour la surface inférieure en tenant compte de la charge due au trafic de 1tf/m² (9,8kN/m²).

Le volume et le temps de tassement du sol milieu au-dessous du remblai de forme trapézoïdale (coefficient d'influence d'Osterberg appliqué) se calculent sous la consolidation normale dans les eaux évacuées de deux côtés (voir **Figure 2-30**).



(A) Pont K. Andalous
 (B) Pont routier GP8

Source : Schématisé à partir des données du rapport géotechnique de l'étude préparatoire

Figure 2-30 Schéma graphique pour l'examen de tassement des remblais de digue

- i) Zone du pont Kalaat Abdalous : Volume de tassement 88,4cm, Temps de tassement 309 mois (Degré de consolidation 90%)
- ii) Zone du pont routier GP8 : Volume de tassement 45,3cm, Temps de tassement 246 mois (Degré de consolidation 90%)

(Toutefois, pour le cas ii) le temps de tassement réel est réduit en tenant compte du fait que les volumes de tassement de la couche la plus basse et de la couche molle sont peu grands.)

Pour la couche molle épaisse, le tassement s'évolue lentement. De ce fait, il faudra envisager les mesures, telles que le préchargement, la méthode de drain de sable.

Tableau 2-18 Etude sommaire de tassement du remblai des digues (Zone du pont Kalaat Andalous)

Couche de sol	Poids humide	Poids dans l'eau	Écart initial	Indice de densité	Indice de consolidation	Épaisseur de couche	Charge initiale	Pression contactrice de sol	Coefficient d'effet	Pression d'accroissement	Affaissement	Temps d'affaissement	
	γ_t (t/m ³)	γ' (t/m ³)	e_0	C_c	C_v (cm ² /s)	H (cm)	P_0 (tf/m ²)	q (tf/m ²)	I	$\Delta P = \sigma_z$ (tf/m ²)	S (cm)	densité de consolidation 80% (mois)	Densité de consolidation 90% (mois)
Argile sableuse	1.93	0.93	0.75	0.21	8.74E-04	100	0.965	9	0.99	8.91	12.1	1	1
Couche arable	1.78	0.78	0.91	0.31	1.92E-03	3000	13.54	9	0.64	5.76	67.5	208	309
Argile sableuse	1.93	0.93	0.73	0.19	1.75E-03	2900	41.08	9	0.38	3.42	6.5	90	134
Total											86.1	208	309

Source : Tableau établi dans le cadre de la présente étude sur la base des données du rapport géotechnique de l'étude préparatoire

Tableau 2-19 Etude sommaire de tassement du remblai des digues (Zone du pont GP8)

Couche de sol	Poids humide	Poids dans l'eau	Écart initial	Indice de densité	Indice de consolidation	Épaisseur de couche	Charge initiale	Pression contactrice de sol	Coefficient d'effet	Pression d'accroissement	Affaissement	Temps d'affaissement	
	γ_t (t/m ³)	γ' (t/m ³)	e_0	C_c	C_v (cm ² /s)	H (cm)	P_0 (tf/m ²)	q (tf/m ²)	I	$\Delta P = \sigma_z$ (tf/m ²)	S (cm)	densité de consolidation 80% (mois)	Densité de consolidation 90% (mois)
Couche arable	1.92	0.92	0.75	0.21	8.74E-04	100	0.96	9	0.99	8.91	12.1	1	1
Sable	1.8	0.8	0.6	—	—	400	5.52	9	0.46	4.14	—	—	—
Argile limoneuse	1.93	0.93	0.73	0.21	1.87E-03	500	10.445	9	0.42	8.91	12.1	5	7
Couche meuble	1.78	0.78	0.91	0.3	1.92E-03	1500	18.62	9	0.29	2.61	12.5	56	83
Argile sableuse	1.93	0.93	0.73	0.19	1.75E-03	2500	36.095	9	0.16	1.44	4.3	165	246
Total											41.0	165	246

Source : Tableau établi dans le cadre de la présente étude sur la base des données du rapport géotechnique de l'étude préparatoire

6) Couche portante de la fondation des ouvrages

Les couches portantes de la fondation des ouvrages sont mises en ordre comme le **Tableau 2-20**. Il n'y a pas de couche portante jusqu'à 45m de profond, fond de sondage dans la zone du pont Kalaat Andalous, il sera nécessaire de vérifier la partie la plus profonde. En outre, au point BHI06 (bassin de retardement d'El Mabtough), la couche en argile limoneuse pouvant être portante et ayant la valeur N à 20 ou plus est fine et aucune couche portante n'y est observée. Au cas où la fondation de pieux serait nécessaire pour la réhabilitation de pont ou la mise en place de pont, il faudrait vérifier la zone plus profonde.

Tableau 2-20 Couches portantes

Location	Boring	Soil	N Value	Bearing Layer (m)		
				Surface Depth	Bottom Depth	Thickness
Jedeida Bridge	BHI25	Sand, Base rock	Sand50 & more, Rock 60 & more	13	30(bottom)	17 & more
Railway Bridge	BHI07 (L.bank)	Alternation	30 & more	28	33(bottom)	5 & more
	BHI09 (R.bank)	Silty clay, Sandy clay	20 & more	25	30(bottom)	5 & more
Highway Bridge	BHI22 (L.bank)	Sandy clay	20 & more (50 & more)	29 38	45(bottom) 45(bottom)	16 & more 7 & more
	BHI23 (L.bank)	Silty clay	20 & more (50 & more)	31 41	45(bottom) 45(bottom)	14 & more 4 & more
	BHI24 (R.bank)	Sandy clay	20 & more (50 & more)	34 41	45(bottom) 45(bottom)	11 & more 4 & more
			20 & more (50 & more)	41	45(bottom)	4 & more
GP8 Road Bridge	BHI14 (L.bank)	Silty clay	20 & more (50 & more)	29 38	45(bottom) 45(bottom)	16 & more 7 & more
	BHI15 (L.bank)	Sandy clay	20 & more (50 & more)	35 41	45(bottom) 45(bottom)	10 & more 4 & more
	BHI16 (R.bank)	Sandy clay	20 & more (50 & more)	28 38	45(bottom) 45(bottom)	17 & more 7 & more
Tobias Bridge	BHI26 (R.bank)	Silty clay, Sand	30 & more	42	50(bottom)	18
K. Landalous Bridge	BHI21 (R.bank)	Sandy Clay	10 & less (40-45m)	No bearing layer up to 45m (Boring bottom)		
El Mabtouh Reterding Basin	BHII06	Silty Clay	20 & more (26-27m) 30 & more (29-30m)	No confirmation of bearing layer up to 30m (Boring bottom)		

Source : Tableau établi sur la base des données du rapport géotechnique de l'étude préparatoire révisé dans le cadre de la présente étude

Selon le rapport géotechnique de l'étude préparatoire, la profondeur de la fondation existante du pont ferroviaire est de 22m et celle du pont routier de l'autoroute est de 42m. D'où, il est jugé que la fondation du pont ferroviaire est posée au niveau légèrement peu profond et que celle du pont routier de l'autoroute est installée à la profondeur suffisamment sécurisante.

(5) Etude de matériaux des ouvrages

Afin d'étudier les sites candidats de l'approvisionnement en agrégats pour les ouvrages, la mission s'est rendue visite aux carrières d'Ariana et de Tebourba ainsi qu'à l'usine de béton qui sont indiqués dans la **Figure 2-31**. La description de chaque établissement est présentée dans le **Tableau 2-21**. Tous les matériaux nécessaires y sont disponibles.



Source : Figure établie à l'utilisation de Google Earth 2012 comme carte de base

Figure 2-31 Carte de situation des carrières et usine de bétons visitées

(A) Caza Quarry



(B) Fahdli Quarry



Source : Photos prises lors de l'étude sur le terrain de la présente étude, août 2012

Figure 2-32 Matériel de concassage et pierres brutes à la carrière Caza (A)
et à la carrière Fahdli (B)

Tableau 2-21 Description des carrières et de l'usine visitées

	SociétéCaza Quarry (Tebourba)	Fadhli Quarry (Ariana)	AfriqueBéton Concrete Plant (Ariana)
Operation and End Year	1982 (Full operation from 1989) - 2030 (Plan)	1999 (Full operation from 2002) -2016 (Application)	1992 (as Construction company), Plant operation from 2001
Area	14ha	18ha	
Material	Marl, Limestone	Marl	Limestone (Transportation from Jebel El Errsas)
Production	3000t/day (12hr in Ramadan period), Ordinary 12-16hr	3000t/day(10hr in Ramadan period) Ordinary 12-16hr	700-750m3/day
Main equipment	Impact Crusher 1 Jaw Crusher 1	Impact Crusher 1	Mixing Car (7-11m3) 28, Pump placement car 3
Supply Destination	General civil work, Road, Building, Bridge	General civil work, Road, Building, Bridge	Building, Bridge
Quality Test	Head office, CTEC (Company)	Public organization at application procedure	Laboratory in the plant
Others	Truck scale	Having schedule of truck scale installation	ISO9001 Obtain

Source : Tableau établi dans le cadre de la présente étude

En ce qui concerne la qualité des agrégats du béton, l'essai pour une partie agrégats a été effectué et les documents ont été recueillis dans le cadre de l'étude préparatoire. Le **Tableau 2-22** montre le résultat de l'essai et la collecte des documents.

Tableau 2-22 Résultat de l'essai des agrégats effectué par l'étude préparatoire

Aggregates	Quarry-run Gravel 0/20	Gravel 4/15	Gravel 14/16	Gravel 20/30	Gravel 14/25
Quarry Location	JbelMayana (Eastern Tebourba)				Ariana (Northern Tunis)
Laboratory	Former Preparatory Study (GEOCONSEIL)				LCAE
Density (g/cm ³)		2.60	2.56	2.50	
Water absorption ab (%)		2.56	2.54	2.68	
Sand equivalent ES(%)/ Liquid limit LL(%)	63.5 / 20.7				
Los Angeles Test, Abrasion LA(%)	26	20	21	22	24
Micro-Deval Test, Abrasion dry condition (%) /Abrasion wet condition (%)	29 /12				
Deval Test, Abrasion (%)					2.9
Modified Proctor Test, Dry density γ_d (g/cm ³) / Optimum Moisture content Wopt(%)	2,26 / 6				
Adhesion to bitumen	87				

Remarks; Los Angeles Test based on NT21.21(1990), Micro-Deval Test based on NT21.08(1984), Deval Test based on NF P 18.577, LCAE: Laboratoire Central d'Analyses et d'Essais

Source : Extrait du rapport géotechnique de l'étude préparatoire, ajusté

Selon le résultat de l'essai des agrégats effectué dans l'étude préparatoire et celui de la présente étude, il s'avère que l'on extrait notamment le tuffite et le calcaire en partie dans les carrières situées près du site de l'étude et que le tuffite ayant la grande abrasion et étant légèrement tendre, a une tendance d'être facilement cassé (voir **Figure 2-32**). Dans le cas où la haute résistance soit requise, il faudra assurer le contrôle de qualité des agrégats de façon sévère, en approvisionnant les agrégats à des carrières abritant le calcaire plus dur, en sélectionnant les agrégats à utiliser et/ou en procédant fréquemment à l'essai de résistance du béton. En ce qui concerne le calcaire dolomitique, il se peut qu'il ait la réaction alkali-agrégat. A cet effet, il faudra le confirmer à travers l'essai sur la réaction alkali-agrégat et prendre la disposition nécessaire.

En outre, la couche sableuse existe peu dans le site de l'étude. Toutefois, suivant le résultat de l'essai d'équivalent de sable à BHI07 et BHI25 effectué dans le cadre de l'étude géotechnique de l'étude préparatoire, la valeur SE représente 46-49% chez 5 échantillons sur 6 et 82% pour 1 échantillon. Ce résultat montre que ce sol contient beaucoup de grains fins et qu'il n'est pas apte à l'agrégat pour le béton. Ainsi il faudra approvisionner le sable fabriqué à la carrière.