



ANEJO 2.-GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.

**P.I. BAJO BAJO CARRETERA EN LA AUTOVÍA DE MASCARA
(ARGELIA).**

La geotecnia y la geología empleada para desarrollar el proyecto “Estudio comparativo de la influencia de diferentes factores en el diseño de estructuras enterradas para pasos inferiores. Paso inferior bajo carretera en la autovía de Mascara (Argelia), ha sido facilitada por el *Proyecto Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara à l’autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2x3 voies. Tronçon 2: Échangeur RN17 (Hacine) – Échangeur RN17A (Tizi) sur 18 km, y por el Proyecto*

Se adjunta dicho anejo a continuación.

Nationalité client: RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Le Cocontractant: AGENCE NATIONALE DES AUTOROUTES

Le Contractant: Groupement Algéro-Espagnol Pénétrante de Mascara L2

Marché n°:

Intitulé du projet: *Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara à l'autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2x3 voies. Tronçon 2 : Échangeur RN17 (Hacine) – Échangeur RN17A (Tizi) sur 18 km.*

Intitulé du document:

Détail/Phase:

Date:

Établi par:

Vérifié par:

Revu.....Signature/cachet:

PAQ:

**BET DEX-
PIÈCES
ÉCRITES**

Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km

B.E.T.

Groupement Pénétrente Autoroutière Hacine - Mascara



Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :1	N° du projet : 25/2014
------------------	---------------	---------	------------------------

ÍNDICE

1.	INTRODUCTION. PRÉMISSES DU CALCUL.....	3
2.	METODOLOGIE DE CALCUL.....	3
3.	CALCUL STRUCTURES	5
3.1.	STRUCTURE 19/02	5
3.1.1.	Description.....	5
3.1.2.	Travaux réalisés	5
3.1.3.	Lithologie. Caractérisation Géotechnique.	8
3.1.4.	Conditions de Fondations.....	9
3.1.5.	Agressivité.....	11
3.1.6.	Résumé des conditions de fondations	11

BET DEX-PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :2	N° du projet : 25/2014

1. INTRODUCTION. PRÉMISSSES DU CALCUL.

L'objectif de cette étude est de fournir l'information nécessaire pour l'analyse de la géotechnique des fondations des structures incluses dans le projet. Dans cette section les résultats aux calculs géotechniques réalisés sur la fondation de structure 19/02.

Tous les calculs sont réalisés en suivant la méthode basée sur l'essai pressiométrique selon la normative française ("RÈGLES TECHNIQUES DE CONCEPTION ET DE CALCUL DES FONDATIONS DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL", FASCICULE N° 62 - Titre V). Pour les analyses de frottement négatif on a accueilli aussi à ce qui indique la norme française.

Les valeurs d'agressivité du terrain sont fixées sur la base à la norme NFP-18-011.

Pour les calculs s'est disposé des travaux d'investigation géotechnique réalisés par la ANA et de ceux spécifiques du projet réalisés par le laboratoire INZAMAC.

2. METODOLOGIE DE CALCUL

CHARGE ADMISSIBLE

La pression limite obtenue dans les essais pressiométrique, P_l , permet d'estimer la composante verticale de la pression d'effondrement des fondations superficielles, P_{vh} , à partir de la relation suivante :

$$P_{vh} = P_o + K \times P^*_{le}$$

D'où :

- P_o : Pression verticale effective à niveau de fondation dans l'entourage de l'appui avant de charger.
- P^*_{le} : Pression limite nette équivalente. Son calcul s'indique dans la méthodologie de fondations profondes.
- K : Facteur de charge, en calculant selon ce qui indique dans le tableau suivante:

BET DEX- PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara à l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :3	N° du projet : 25/2014

TABLEAU I : VALEUR DU COEFFICIENT DE PORTANCE k_p

TYPE DE SOL	EXPRESSION DE k_p
Argiles et limons A, craies A	$0,8 \cdot \left[1 + 0,25 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$
Argiles et limons B	$0,8 \cdot \left[1 + 0,35 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$
Argiles C	$0,8 \cdot \left[1 + 0,50 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$
Sables A	$\left[1 + 0,35 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$
Sables et graves B	$\left[1 + 0,50 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$
Sables et graves C	$\left[1 + 0,80 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$
Craies B et C	$1,3 \cdot \left[1 + 0,27 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$
Marnes, marno-calcaires, roches altérées (***)	$\left[1 + 0,27 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$

Étant "B" et "L" largeur et longueur de la fondation et "De" la valeur d'encastrement relatif de la fondation, que se met en relation avec la profondeur réelle de l'encastrement "D" de la fondation moyennant :

$$De = d \times D$$

D'où "d" c'est un facteur de réduction que s'obtient par comparaison des valeurs de pression limite obtenus dans les essais pressiométrique réalisées par dessus du plan de fondation (Plsup), avec la valeur de pression limite représentative du terrain sous la fondation (PI) :

$$d = Plsup / PI$$

En bas à tous les données antérieures, se calcule la pression de effondrement. Finalement, la valeur de pression admissible se calcule par diminution de la valeur de pression de effondrement par un facteur de 3 :

$$Padm = Pvh / 3$$

BET DEX-PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrente autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :4	N° du projet : 25/2014

CALCUL DES ASSISES

Le calcul d'assise en fondation superficielle s'est réalisé en suivant les méthodes de Schmertmann et Bourland-Burbidge pour appuis sur terrains granulaires, la méthode élastique de Schmertmann pour appui sur des sols cohésives surconsolidés avec charges modérées et la méthode œdométrique pour les appuis sur des sols cohésives normalement consolidés.

3. CALCUL STRUCTURES

3.1. STRUCTURE 19/02

3.1.1. Description

On se trouve face à un passage inférieur que permet le croisement de l'autoroute à un chemin que déroule parallèle au tracé par la marge droite. La structure se situe à la hauteur du pk 19+920 du projet et se décrit comme un cadre fermé de béton avec des dimensions en dessus de 34 x 11 mètres.

Logiquement, dans le point d'emplacement de cette structure on trouve marnes de l'unité O_M, partiellement recouverte par sols colluviaux de la formation Q_c.

3.1.2. Travaux réalisés

Pour l'étude cet cadre se compte avec les données apportés par les sondages géotechniques SC-13, faites par l'APD dans le pk 19+870 du projet et le sondage SC-19+970, perforant pour ce projet par INZAMAC, à la hauteur du pk 19+950 du tracé.

Le sondage SC-13 a atteint une profondeur de 12 mètres, en prenant différents échantillons, deux desquels ont été essayés en laboratoire. Le sondage SC-19+970 a atteint les 11 mètres prospectés, avec l'exécuté de deux essais SPT et deux prises d'échantillons intacts.

Les données d'échantillonnage et essais SPT du sondage SC-19+970, sont les suivantes :

PROF.	ESSAI	SÉRIE CONCASSAGE SPT	SÉRIE CONCASSAGE M. I	N _{SPT}	N _{MI}
4,30 – 4,90	MI	-	Non disponible	-	-
4,90 – 5,35	SPT	7-10-13	-	23	-
8,00 – 8,60	MI	-	12-15-20	-	35
8,60 – 9,05	SPT	5-8-10	-	18	-

- SPT: Essai SPT

BET DEX-PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :5	N° du projet : 25/2014



- M.I: Échantillon Intact
- N_{SPT}: Concassage essai de pénétration standard. Somme des deux dernières séries de concassage.
- N_{MI}: Concassage échantillon intact. Somme des deux dernières séries de concassage.

Dans le laboratoire se sont essayés les deux échantillons intacts prises dans le sondage SC-19+970 et trois échantillons du sondage SC-13. Les résultats des essais réalisés sont les suivantes:

BET DEX-PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :6	N° du projet : 25/2014

Sondage	Profondeur (m)	Paramètres physiques				Limites d'Atterberg		Analyse granulométrique			Analyses Chimiques Du Sol			Compre. simple
		W (%)	Gd (t/m3)	Gh (t/m3)	Sr (%)	WL (%)	Ip (%)	< 2mm (%)	< 80μ (%)	< 2μ (%)	Sulfate (%)	MO (%)	Carbonate (%)	Rc (bars)
SC-19+970	04.30 - 04.90	14,5	1,92	2,20	100	33,27	15	96,74	77,38		0,51088		32,56	6,4
	08.00 - 08.60	13,65	1,94	2,20	98,84	29,80	14	88,27	72,13					Impossible matériaux très faibles
SC-13	05,70 – 05,80	14,50	1,79	2,05	77,00	35,25	15,02	98,00	84,00	18,0				
	10,20 – 10,40	15,00	1,87	2,15	91,00	44,25	19,32	95,00	86,00	13,0				
	11,80 – 11,90	12,20	1,99	2,23	92,00	46,06	18,39	93,00	77,00	23,0				

BET DEX- PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :7	N° du projet : 25/2014

3.1.3. Lithologie. Caractérisation Géotechnique.

Les colonnes reconnues dans chacun des deux sondages, sont les suivantes :

Sondage SC-19+970

- De 0,00 à 9,60 mètres. Unité O_M. Argiles marneuses avec sables et graviers de couleur marron. Très ferme. Présence abondante de gypses. Couche de cailloux entre 3,0 et 3,6 mètres.
- De 9,60 à 11,0 mètres. Unité OM. Marnes altérés de couleur marron verdâtre. Cristaux de gypse.

Sondage SC-13

- De 0,00 à 10,00 mètres. Unité O_M. Fragments de grès englobés dans une matrice marneuse.
- De 10,00 à 12,00 mètres. Unité OM. Marnes altérés de couleur jaunâtre verdâtre

On passe à commenter les caractéristiques de chacun de ces niveaux différenciés dedans les marnes O_M.

NIVEAU I. Argiles marneuses.

Le premier des deux niveaux individualisés sont formés par argiles de basse plasticité avec un peu de sable. La valeur de la limite liquide varie entre 29,8% (échantillon SC-19+970 entre 8 et 8,6 m) y 35,25% (sondage SC-13 entre 5,7 et 5,8 mètres), pour une valeur moyenne du 32,8%. L'index moyen de plasticité est de 14,7%, avec une variation minimal entre les trois échantillons essayés dans ce niveau plus superficiel. La densité sèche moyenne est haute dans les trois échantillons essayés, spécialement dans les correspondantes au sondage SC-19+970, avec une moyenne de 1,93 Tn/m³. Dans l'échantillon du sondage SC-13 plus superficiel, la densité moyenne a été de 1,79 Tn/m³. Les deux carottes du sondage SC-19+970 apparaissent saturés, tandis que l'échantillon du sondage SC-13, présente un degré de saturation du 77%.

Dans ce niveau, les concassages SPT exécutés lors de la perforation du sondage SC-19+970 ont apporté valeurs de 23 (4,90 – 5,53 m) et 18 concassages (8,60 – 9,05 m), ce qui vient à correspondre avec des argiles très fermes, en pouvant s'associer, en base à différentes corrélations, des résistances de coupure sans drainage pour ces argiles de l'ordre de 1,5 Kg/cm²

BET DEX- PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :8	N° du projet : 25/2014

La roture à compression simple de l'échantillon intact prise dans tel sondage entre 4,30 et 4,90 mètres, a atteint les 6,4 6,4 Kg/cm², ce qui nous donne une résistance pour ces argiles dures en fonction de la cohésion. La résistance à la coupure que se déduit de la valeur antérieur serait de 3,2 Kg/cm², clairement par dessus de ce qu'on attendait en base aux concassages des deux essais SPT.

Niveau II. Marnes altérés

Se dispose de l'essai de deux échantillons dans ce niveau prises dans le sondage SC-13 entre 10,20 et 10,40 mètres et entre 11,8 et 11,9 mètres. Dans ce point le matériel se décrit comme des argiles de baisse plasticité avec, entre un peu et assez sable. La plasticité est clairement supérieure à celle qui est vue dans le niveau I, passant le valeur moyenne du limite liquide à 45%, avec un index de plasticité du 19%. La densité sèche moyenne est de 1,93 Tn/m³, l'apparente de 2,2 Tn/m³ et le degré de saturation dans les deux cas est par dessous du 100, (91 et 92% respectivement pour les deux échantillons).

À effet de la fondation du cadre, on va à supposer que appui sur les argiles marneuses très fermes avec une valeur de résistance au coupure sans drainage représentative de 1,5 Kg/cm², en prenant l'approximation plus défavorable à la résistance de celle qui a été apporté par les essais SPT disponibles et la compression simple faite dans le sondage SC-19+970.

3.1.4. Conditions de Fondations.

La cadre se pourra cimenter de façon directe à partir d'une dalle en transmettant la charge sur les argiles marneuses très fermes que représentent la couche plus superficielle de l'unité O_M dans ce secteur du tracé.

La formulation générale de charges admissibles utilisées dans les sols pour une fondation superficielle a été la suivante, (formulation de Brinch-Hansen):

$$q_{adm} = \frac{q_h}{FS} = \frac{c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot s_c \cdot t_c \cdot r_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot s_q \cdot t_q \cdot r_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot s_\gamma \cdot t_\gamma \cdot r_\gamma}{3}$$

Étant:

- q_h Charge d'effondrement.
- c Cohésion du terrain de fondation.
- q Surcharge sur le niveau de fondation.
- B* Largueur équivalente de fondations.
- γ Poids spécifique effectif du terrain sous le niveau de fondation.
- N_c, N_q, N_γ Facteurs de capacité de charge, fonction de l'angle de frottement interne, selon différents auteurs.

BET DEX-PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :9	N° du projet : 25/2014

- d,i,s,t,r Facteurs adimensionnels pour considérer l'effet de la résistance au coupure local du terrain situé sur l'appui, l'inclinaison de la charge, la forme de la fondation, la proximité aux talus et l'inclinaison au plan d'appui.
- FS Facteur de sécurité = 3

Tout le long des calculs réalisés dans cet appui, ce facteur de majoration a été disparu et s'est compté avec $dq = dc = d\gamma = 1$.

Dans les argiles, la valeur plus défavorable de la charge d'effondrement s'obtient pour une situation à court terme, dont l'angle de frottement interne est nul et la cohésion se correspond avec la résistance à la coupure non drainé. Dans ce facteur N_c vaut 5.14 N_γ se annule et avec $N_q=1$, la expression générale serait, (en considérant le facteur égale à l'unité) :

$$q_{adm} = \frac{q_h}{FS} = \frac{5,14 \cdot C_u \cdot i_c \cdot s_c \cdot t_c \cdot r_c + q \cdot s_q \cdot t_q}{3}$$

Dans le cas de taquets superficiels, ou dalle, comme est le cas, se peut négliger le facteur en q, en restant de cette forme l'expression comme suit :

$$q_{adm} = \frac{q_h}{FS} = \frac{5,14 \cdot C_u \cdot i_c \cdot s_c \cdot t_c \cdot r_c}{3}$$

En dernier, en supposant la charge complètement verticale ($i_c = 1$), la non existence d'un talus proche ($t_c = 1$) et que le plan d'appui sera horizontal, ($r_c = 1$), l'expression resterait :

$$q_{adm} = \frac{5,14 \cdot C_u \cdot s_c}{3}$$

Le facteur de forme se peut obtenir par l'expression:

$$S_c = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}$$

En remplaçant les dimensions en vue de dessus du cadre, que coïncideront avec les dimensions de la dalle a utiliser, ($B = 12$ mètres et $L = 34$ mètres), le facteur de forme vaut: 1, 06.

BET DEX- PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :10	N° du projet : 25/2014

Pour tant, la charge admissible obtenu est de, en prenant une résistance au cisaillement de 1,5 Kg/cm² (15 Tn/m²):

$$q_{adm} = \frac{5,14 \cdot 15 \frac{Tn}{m^2} \cdot 1,06}{3} = 27,2 \frac{Tn}{m^2}$$

Cette valeur de charge maximale devrait être modulé en fonction des assis. Pour cela, on va à réaliser un calcul spécifique des assises en nous basant dans la méthode de Steinbrenner, applicable à sols cohésives surconsolidés et avec baisses niveaux de charge, comme est notre cas, en prenant un profil d'appui formé par 10 mètres de argiles marneuses auxquels on donne un module d'élasticité de 2000 Tn/m², en base aux pires donnés de caractérisation des que se dispose (essais SPT).

Dans le tableau suivant se recueillent les valeurs de assises attendues pour différents échelons de charge inférieure à la valeur admissible avant calcul :

Charge Transmise	Assise attendu (cm)
20,0 Tn/m ²	5,0 cm
17,5 Tn/m ²	4,3 cm
15,0 Tn/m ²	3,7 cm

En cherchant garder les assises totaux par dessus des 5 cm, se recommande finalement une charge de dessin pour le cadre de 17,5 Tn/m².

3.1.5. Agressivité

En base aux donnés disponibles de l'unité de marnes OM, le pourcentage de contenu dans sulfates apportés par l'essai du premier échantillon du sondage SC-19+970 (entre 4,3 et 4,9 mètres), avec un contenu du 0,51%, se recommande considérer un degré d'agressivité A1 pour le béton de la fondation du cadre.

3.1.6. Résumé des conditions de fondations

En fonction des donnés disponible, le cadre se peut cimenter de façon directe à partir d'une dalle. Se recommande assainir l'ordre de 1,5-2,0 mètres du terrain pour éliminer les franges argileuses plus superficielles et régulariser l'appui, en créant une couche de substitution sur laquelle reposera la fondation. Cette couche sera comprise par un sol granulaire bien compacté par tenant (100% de l'essai Proctor Modifié).

Les paramètres de dessin de cette dalle de fondation seraient :

BET DEX-PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :11	N° du projet : 25/2014



- Charge admissible: 17, 5 Tn/m² (pour garder les assises par dessus de 5 cm)
- Coefficient de ballast K30: 8 Kg/cm³
- Degrée d'agressivité: A1 par sulfates

**BET DEX-
PIÈCES
ÉCRITES**

Réalisation de la Pénétrente autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km

Indice de Rév. :

N°d'archivage

Page :12

N° du projet : 25/2014

Nationalité client: RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Le Cocontractant: AGENCE NATIONALE DES AUTOROUTES

Le Contractant: Groupement Algéro-Espagnol Pénétrante de Mascara L2

Marché n°:

Intitulé du projet: *Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara à l'autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2x3 voies. Tronçon 2 : Échangeur RN17 (Hacine) – Échangeur RN17A (Tizi) sur 18 km.*

Intitulé du document:

Détail/Phase:

Date :

Établi par:

Vérifié par:

Revu.....Signature/cachet:

PAQ:

BET DEX-PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :	N° du projet : 25/2014

ÍNDICE

1. INTRODUCTION. PRÉMISSSES DU CALCUL.....	3
2. METODOLOGIE DE CALCUL.....	3
3. CALCUL STRUCTURES	5
3.1. STRUCTURE 16/02	5
3.1.1. Description.....	5
3.1.2. Travaux réalisés	5
3.1.3. Caractérisation Géotechnique.....	7
3.1.4. Conditions de fondations.	8
3.1.5. Agressivité	9
3.1.6. Résumé de conditions des fondations	10

BET DEX-PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénértrante autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :2	N° du projet : 25/2014

1. INTRODUCTION. PRÉMISSSES DU CALCUL.

L'objectif de cette étude est de fournir l'information nécessaire pour l'analyse de la géotechnique des fondations des structures incluses dans le projet. Dans cette section les résultats aux calculs géotechniques réalisés sur la fondation de structure 16/02.

Tous les calculs sont réalisés en suivant la méthode basée sur l'essai pressiométrique selon la normative française ("RÈGLES TECHNIQUES DE CONCEPTION ET DE CALCUL DES FONDATIONS DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL", FASCICULE N° 62 - Titre V). Pour les analyses de frottement négatif on a accueilli aussi à ce qui indique la norme française.

Les valeurs d'agressivité du terrain sont fixées sur la base à la norme NFP-18-011.

Pour les calculs s'est disposé des travaux d'investigation géotechnique réalisés par la ANA et de ceux spécifiques du projet réalisés par le laboratoire INZAMAC.

2. METODOLOGIE DE CALCUL

CHARGE ADMISSIBLE

La pression limite obtenue dans les essais pressiométrique, P_l , permet d'estimer la composante verticale de la pression d'effondrement des fondations superficielles, P_{vh} , à partir de la relation suivante:

$$P_{vh} = P_o + K \times P^*_{le}$$

D'où:

- P_o : Pression verticale effective à niveau de fondation dans l'entourage de l'appui avant de charger.
- P^*_{le} : Pression limite nette équivalente. Son calcul s'indique dans la méthodologie de fondations profondes.
- K : Facteur de charge, en calculant selon ce qui indique dans le tableau suivante:

BET DEX- PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara à l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :3	N° du projet : 25/2014

TABLEAU I : VALEUR DU COEFFICIENT DE PORTANCE k_p

TYPE DE SOL	EXPRESSION DE k_p
Argiles et limons A, craies A	$0,8 \cdot \left[1 + 0,25 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$
Argiles et limons B	$0,8 \cdot \left[1 + 0,35 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$
Argiles C	$0,8 \cdot \left[1 + 0,50 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$
Sables A	$\left[1 + 0,35 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$
Sables et graves B	$\left[1 + 0,50 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$
Sables et graves C	$\left[1 + 0,80 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$
Craies B et C	$1,3 \cdot \left[1 + 0,27 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$
Marnes, marno-calcaires, roches altérées (***)	$\left[1 + 0,27 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_f}{B} \right]$

Étant "B" et "L" largeur et longueur de la fondation et "De" la valeur d'encastrement relatif de la fondation, que se met en relation avec la profondeur réelle de l'encastrement "D" de la fondation moyennant :

$$De = d \times D$$

D'où "d" c'est un facteur de réduction que s'obtient par comparaison des valeurs de pression limite obtenus dans les essais pressiométrique réalisées par dessus du plan de fondation (Plsup), avec la valeur de pression limite représentative du terrain sous la fondation (PI) :

$$d = Plsup / PI$$

En bas à tous les données antérieures, se calcule la pression de effondrement. Finalement, la valeur de pression admissible se calcule par diminution de la valeur de pression de effondrement par un facteur de 3 :

$$Padm = Pvh / 3$$

BET DEX-PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrente autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :4	N° du projet : 25/2014

CALCUL DES ASSISES

Le calcul d'assise en fondation superficielle s'est réalisé en suivant les méthodes de Schmertmann et Bourland-Burbidge pour appuis sur terrains granulaires, la méthode élastique de Schmertmann pour appui sur des sols cohésives surconsolidés avec charges modérées et la méthode œdométrique pour les appuis sur des sols cohésives normalement consolidés.

3. CALCUL STRUCTURES

3.1. STRUCTURE 16/02

3.1.1. Description

On se trouve face à un passage inférieur situé dans le pk 16+270 du projet qui donne continuité à un chemin affecté de façon complète par le tracé de l'autoroute. La structure de passage est composée par une cadre fermée de 12 mètres de largeur et 32 mètres de longueur. La hauteur maximale du remblais dans le point d'encaissement du passage est de 9,3 mètres. Évidemment, l'aire de localisation de la structure se caractérise par la présence de sols alluviaux type Q_{T2} dans sa faciès plus granulaires, en appuyant sur les marnes de l'unité O_M .

3.1.2. Travaux réalisés

Se compte avec deux puits de reconnaissance comme PR-16+265 et PR-16+270 et avec les données de sondages pressiométriques prochaines SP-18, en exécutant par la APD et SP-16+600, réalisés par INZAMAC. De façon complémentaire se sont utilisés les données du sondage pressiométrique SP-17, aussi de APD, car caractérisent les sols granulaires de la terrasse QT_2 sur ceux que appuyant la cadre étudié.

Les données des essais pressiométriques disponibles se résument dans les tableaux suivantes, (avec PI , pression limite, P_f , pression de fluage et E , module pressiométrique) :

SP-16+600

PROF.	PI (Tn/m ²)	P_f (Tn/m ²)	E (Tn/m ²)	E/PI
2 m	285,9	126,5	2701,7	9,45
4 m	254,9	147,2	1963,4	7,70
6 m	528,3	230,0	13166,3	24,92
8 m	398,0	348,7	9090,2	22,84
10 m	635,1	312,4	8451,6	13,31
12 m	439,8	214,7	43109,3	98,03
14 m	426,5	248,1	16256,6	38,11

BET DEX- PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :5	N° du projet : 25/2014



PROF.	PI (Tn/m ²)	Pf (Tn/m ²)	E (Tn/m ²)	E/PI
16 m	598,6	280,2	9243,7	15,44
18 m	412,0	412,0	7581,3	18,40
20 m	597,8	355,2	15088,8	25,24
22 m	549,9	247,0	8028,6	14,60
24 m	555,8	309,3	5476,8	9,85

Sondage SP-17

PROF.	PI (Tn/m ²)	Pf (Tn/m ²)	E (Tn/m ²)	E/PI
4 m	142	108,5	1520	10,7
6 m	98,9	46,0	733	7,4
8 m	54,2	34,1	183	3,4
10 m	139,6	6,9	207	1,5

Sondage SP-18

PROF.	PI (Tn/m ²)	Pf (Tn/m ²)	E (Tn/m ²)	E/PI
16 m	313	313	118130	377,4
18 m	331	137	48850	147,6
20 m	374	374	125460	335,5
22 m	330	330	63360	192,0
25 m	325,0	161	30580	94,1

Les sondages SP-16+600 et SP-18, caractérisent les marnes de l'unité O_M. Le sondage pressiométrique SP-17, tel comme déjà dit, se caractérise de faciès granulaire de l'unité Q_{T2}.

Les puits de reconnaissance (PR-16+265 et PR-16+270), le totale de profondeur perforée a été occupé par une mélange de gravières grosse, sables et argiles, partiellement cimentés. La profondeur atteint par le premier puits de reconnaissance était de 1,5 mètres, en se reconnaissant en elle, après 30 cm de terre végétale, une couche fine d'argiles limoneux (entre 0,3 et 0,6 mètres) que donneront passage jusqu'au total perforé (1,5 m) à une mélange de quilles, gravières, sables et argiles, de compacités très dense. La hauteur relative de ce niveau empêchait avancer plus dans l'excavation. Dans le deuxième puits de reconnaissance s'est creusé jusqu'à 3,5 mètres, en se reconnaissant une colonne similaire, avec argiles avec un peu de gravière et, finalement, les gravières, quilles et sables denses.

BET DEX- PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrente autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :6	N° du projet : 25/2014



3.1.3. Caractérisation Géotechnique.

Le résumé des colonnes lithologiques trouvés dans chacun des sondages et puits disponibles est le suivante :

Puits de reconnaissance PR-16+265

La colonne de ce puits de reconnaissance est constituée des niveaux suivantes :

- De 0,0 a 0,30 mètres: Terre Végétale argileuse.
- De 0,30 a 0,60 mètres: Unité QT₂ (Faciès argileuse). Argiles limoneuses marrons.
- De 0,60 a 1,50 mètres: Unité QT₂ (Faciès granulaire). Mélange de quilles, gravières et sables en matrice argileuse. Partiellement cimentés

Puits de reconnaissance PR-16+270

- De 0,0 a 0,30 mètres: Terre Végétale argileuse.
- De 0,30 a 1,20 mètres: Unité QT₂ (Faciès argileuse). Argiles limoneuses marrons.
- De 1,20 a 2,00 mètres: Unité QT₂ (Faciès granulaire). Sables fins argileuses avec un peu de gravière.
- De 2,00 a 3,50 mètres: Unité QT₂ (Faciès granulaire). Gravière et sables en matrice argileuse. Partiellement cimentés

SP-17

- De 0,0 a 0,10 mètres: Terre Végétale.
- De 0,10 a 12,00 mètres: ALLUVIAL. Caillaux centimétriques de grès enveloppés en argiles marneux et sables.
- À partir de 12,00 mètres: Unité OM. Marnes partiellement cimentés. Cristaux de gypse.

SP-18

- De 0,0 a 0,10 mètres: Terre Végétale.
- De 0,10 a 12,20 mètres: Alluvial. Sables fins et moyennes avec cailloux polygéniques.
- De 12,20 a 16,00 mètres: Unité OM. Argiles marneux et marnes. Consistance dure.
- A partir de 16,00 mètres: Unité OM. Marnes partiellement cimentés durs. Cristaux de gypse. Présente moindre consistance en franges situés entre 20 et 22 mètres.

Les valeurs de pression limite nette obtenus dans les sondage SP-17, correspondantes au alluvial d'appui de la cadre sont les suivantes:

BET DEX-PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :7	N° du projet : 25/2014



PROF.	UNITÉ	PI (tn/m ²)	PI* (Tn/m ²)	E (tn/m ²)	E/PI*
4 m	Alluvial Granulaire	142	137,8	1520	11,0
6 m	Alluvial Granulaire	98,9	92,6	733	7,9
8 m	Alluvial Granulaire	54,2	45,8	183	4,0
10 m	Alluvial Granulaire	139,6	129,1	207	1,6

Le cadre reposera, à la vue de ce qu'on a obtenu dans les puits de reconnaissance PR-16+265 et PR-16+270, et comptant avec un assainie des couches plus argileuses supérieures, sur la faciès granulaire de l'unité alluviale Q_{T2}. Cette lithologie se caractérise géotechniquement lors de l'étude de la structure 16/01 comme gravières et sables moyennement compacts, et se leur a appliqué une valeur de pression limite représentative de 1 MPa. Cette classification est conservatrice si on répond à ceux qu'on avait vu lors de la réalisation des puits de reconnaissances, dans lesquels la couche granulaire apparaît partiellement cimenté en rendant plus difficile en grande mesure l'excavation, étant l'appréciation de sa densité relative plus proche à compacts que à moyennement compacts.

3.1.4. Conditions de fondations.

Le cadre se pourra cimenter de façon directe à partir d'une dalle en transmettant la charge sur les gravières et sables alluviaux, préalable assainie de la couche des argiles plus superficielle.

En calculant la charge admissible prise comme référence à une valeur de pression limite nette de 1 MPa. La taille de la fondation en dessus est de, selon l'information remise, L=32 x B=12 mètres.

La valeur de la pression d'effondrement est :

$$P_{vh} = P_o + K \times P^* l_e$$

En supposant un appui de D=1mètre de profondeur, la valeur de P_o SE PEUT FIXER EN 2 Tn/m². Comme valeur de P* on prend le donné 1MPa (100 Tn/m²) fixé.

En calculant le facteur K, appliquant le cas de gravières type B (moyennement compacts), sera:

$$K = [1 + 0,50 \times (0,6 + 0,4 \times (B/L)) \times (D_e/B)]$$

La valeur de B/L est de 12/32 = 0,375

BET DEX-PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrente autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :8	N° du projet : 25/2014



Pour calculer D_e , en considérant, des données du SP-17, une relation de diminution obtenue à partir de la valeur plus petite de PI^* disponible et la valeur de 1Mpa prise comme référence pour la caractérisation du terrain. La valeur minimale de PI^* obtenue dans le sondage SP-17 est de $45,8 \text{ Tn/m}^2$ ($0,458 \text{ Mpa}$), pour tant, le facteur réducteur pour avoir D_e vaut $d = 45,8 / 100 = 0,458$, il est donc $D_e = 0,458 \times 1,0 \text{ m} = 0,458 \text{ m}$.

En substituant dans l'expression de K , s'obtient que $K=1,014$.

Et pour tant, la pression de effondrement est :

$$P_{vh} = 2 \text{ Tn/m}^2 + 1,014 \times 100 \text{ Tn/m}^2 = 103,4 \text{ Tn/m}^2.$$

La charge admissible sera donc, en appliquant un facteur de sécurité 3 :

$$P_{adm} = 103,4 / 3 = 34,4 \text{ Tn/m}^2.$$

En fixant la valeur de la charge admissible, se procède à réaliser un calcul d'assise pour pouvoir déterminer la charge de dessin de la fondation que produit une magnitude de assises admissibles. La charge d'assise s'est réalisé, avec une feuille de calcul d'élaboration propre, en suivant la méthode de Schmertmann en partant d'un profil en occupant uniquement par sables et gravières aux quels sont assignés, de façon conservatrice, une valeur du module de élasticité en fonction de sa nature 2.500 Tn/m^2 . Dans le tableau suivante se ramassent les valeurs d'assises attendus pour différentes marches de charge inférieures au valeur admissible avant calcul :

Charge Transmitt	Assise attendu (cm)
$30,0 \text{ Tn/m}^2$	8,1 cm
$25,0 \text{ Tn/m}^2$	6,5 cm
$20,0 \text{ Tn/m}^2$	4,9 cm

S'est supposé un épaisseur compressible de gravières et sables de 12 mètres, en suivant les données sur l'épaisseur alluvial apportés par le sondage SP-18.

En cherchant pour garder les assises totaux par dessus des 5 cm, se recommande finalement une charge de dessin de cadre de 20 Tn/m^2 .

3.1.5. Agressivité

En base aux données disponibles des unités alluviaux que apparaissent dans ce tronçon du projet, se recommande considérer un degré d'agressivité A1 pour le béton de la fondation du cadre.

BET DEX-PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrante autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :9	N° du projet : 25/2014



3.1.6. Résumé de conditions des fondations

En fonction des données disponibles, le cadre se peut cimenter de façon directe grâce à une dalle. Se recommande assainir l'ordre de 1,50-1,75 mètres de terrain pour éliminer les franges superficielles des sols alluviaux cohésives présentes, en créant, au même temps, une couche de substitution sur laquelle appuieront les fondations. Cette couche sera composé par un sol granulaire bine compacté par tenants (100% de l'essai Proctor Modifié).

Les paramètres de dessin de cette dalle de fondation seront :

- Charge admissible: 20,0 Tn/m² (avec assise par dessous de 5 cm).
- Coefficient de ballast K30: 12 Kg/cm³
- Degrée d'agressivité: A1 par sulfates

BET DEX- PIÈCES ÉCRITES	Réalisation de la Pénétrente autoroutière reliant Mascara a l'Autoroute Est-Ouest sur 43 km en 2 x 3 voies – Tronçon 2 : Echangeur RN17 (Hacine) – Echangeur RN17A (Tizi) sur 18 km		
Indice de Rév. :	N°d'archivage	Page :10	N° du projet : 25/2014