

2.3.3 Vagues

(1) Fréquence des vagues

1) Caractéristiques des vagues en haute mer

Nous avons effectué une étude des vagues à environ 50 km au large des 3 ports choisis pour le projet. Les résultats sont présentés dans les schémas 2.3.3 à 2.3.5 ainsi que dans les tableaux 2.3.1 à 2.3.3. Ces documents ont été réalisés d'après les données de la Marine américaine, établies à partir des rapports d'observations visuelles effectuées depuis les navires croisant dans la mer Méditerranée au cours des 8 années comprises entre 1963 et 1970.

a) Zone maritime d'Alger

Des vagues de plus de 0,5 m de hauteur ont été observées dans 58,4% des cas, parmi lesquels 17,2% étaient des vagues de plus de 2 m. La périodicité des hautes vagues était fondamentalement d'environ 7 secondes, et une mer relativement houleuse a pu être observée.

D'autre part, en fonction de la direction des vents, les vagues sont en majorité orientées dans les directions ouest et nord-est.

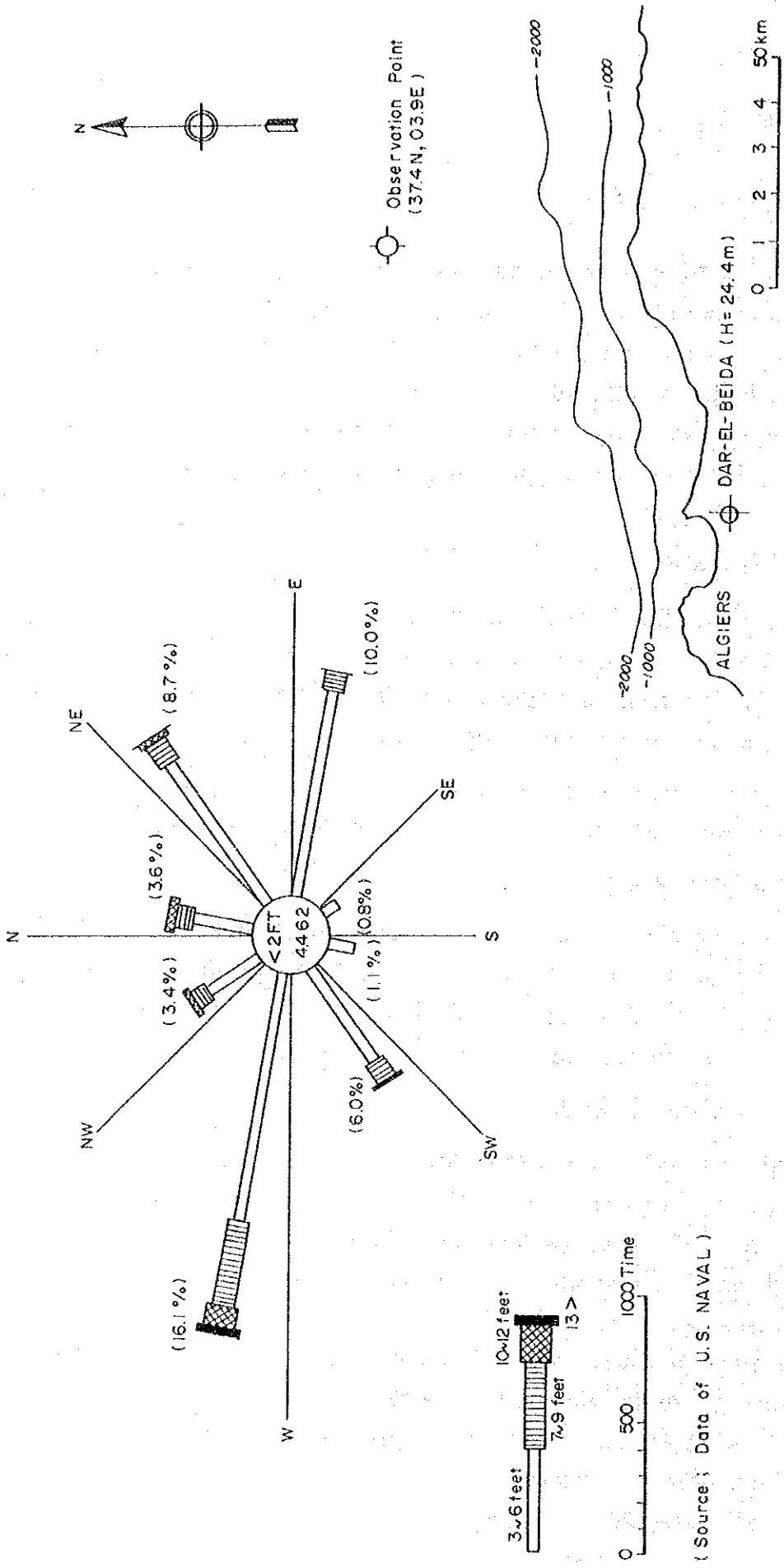
b) Zone maritime d'Oran

Des vagues de plus de 0,5 m de hauteur ont été observées dans 66,6% des cas, parmi lesquels 15,4% étaient des vagues de plus de 2 m. La périodicité des hautes vagues était d'environ 7 secondes, et la mer était un peu plus houleuse que dans la zone maritime d'Alger.

c) Zone maritime d'Annaba

Des vagues de plus de 0,5 m de hauteur ont été observées dans 60,9% des cas, parmi lesquels 22,1% étaient des vagues de plus de 2 m. La périodicité des hautes vagues était d'environ 7 secondes, comme dans le cas d'Alger et d'Oran, et la mer était plus houleuse que dans les deux autres cas.

D'autre part, aucune corrélation entre la direction des vagues et la fréquence des vents violents n'a été établie. La zone maritime d'Annaba étant très éloignée de la rive opposée, les vagues proviennent majoritairement de l'ouest.



(Source : Data of U.S. NAVAL)

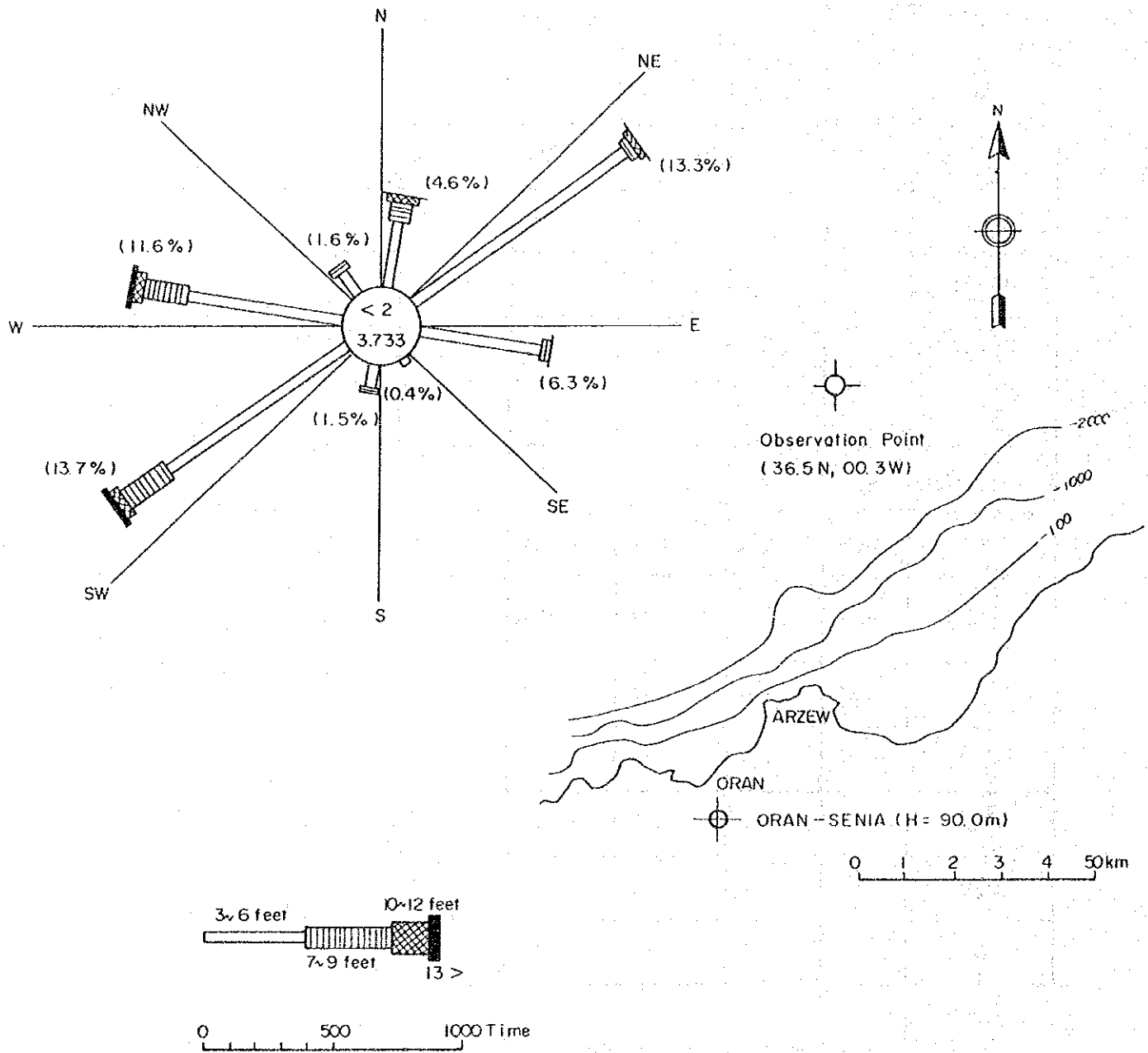
Figure 2.3.3 Direction des vagues dans la zone maritime d'Alger

Tableau 2.3.1 Caractéristiques des vagues dans la région d'Alger

(Unité: %, fois)

H (pieds) T (sec.)	<2	3~6	7~9	10~12	13~19	20~25	26<	Total
<6	26.0	24.6	2.6	0.4	0.1			53.8
6~7	2.0	13.1	5.4	1.1	0.3	0.1		22.0
8~9	0.4	2.7	3.1	1.0	0.3	-	-	7.6
10~11	-	0.5	0.9	0.6	0.2	-		2.5
12~13	-	0.2	0.2	0.2	-	-		0.7
>13	-	-	-	-	-	-	-	0.2
Indéterminé	13.1	0.1	-	-				13.2
Total	41.6	41.2	12.1	3.5	1.3	0.3	-	100
Total annuel	4491	4450	1308	370	145	27	2	10.793
Janvier	322	348	141	37	32	5		885
Février	327	303	135	56	25	7		853
Mars	319	440	145	39	25	3		973
Avril	335	392	125	37	12			901
Mai	544	356	61	12	6	2		981
Juin	414	409	66	7	4			900
Juillet	394	385	81	10	1			871
Août	443	405	76	12	1	1		938
Septembre	403	397	56	13	1			870
Octobre	371	398	120	36	12	2		939
Novembre	325	323	124	55	14	4		845
Décembre	294	299	173	56	12	5		837

Source: Données de la Marine américaine (Point d'observation: 37,4N 03,9E)



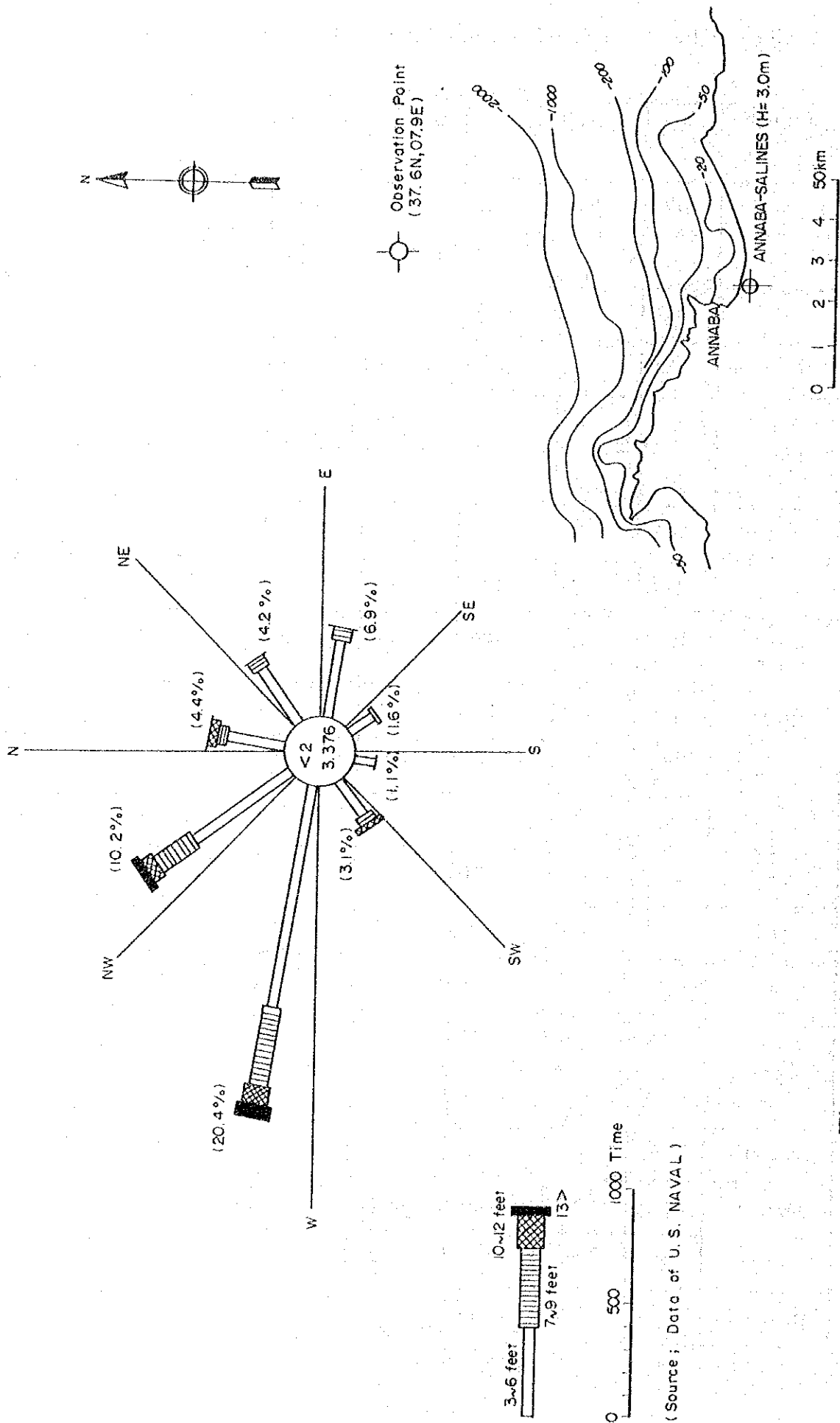
(Source ; Data of U.S. NAVAL)

Figure 2.3.4 Direction des vagues dans la zone maritime d'Oran

Tableau 2.3.2 Caractéristiques des vagues dans la région d'Oran

H (pieds) T (sec.)	<2	3~6	7~9	10~12	13~19	20~25	26<	Total
<6	26.9	28.6	2.9	0.4	0.1			58.8
6~7	1.7	13.2	5.5	0.9		0.1		21.7
8~9	0.3	2.6	2.5	0.8	0.2	-	-	6.6
10~11	0.2	0.6	0.6	0.3	0.3			1.9
12~13	-	0.2	0.1	0.2	0.2	-	-	0.6
>13	-	-	-	-	-	-	-	0.1
Indéterminé	10.2	0.1	-					10.3
Total	39.4	45.2	11.5	2.7	1.0	0.2	-	100
Total annuel	3617	4149	1060	249	9.	15	2	9.184
Janvier	278	316	105	32	24	8	2	765
Février	294	185	117	41	16			753
Mars	248	408	127	33	13	2		831
Avril	319	374	105	22	6			826
Mai	349	393	56	9	4			811
Juin	332	330	64	7	1			734
Juillet	301	365	67	6	3			742
Août	346	357	47	6	1			757
Septembre	297	343	66	16	4			726
Octobre	265	383	121	23	8	3		803
Novembre	320	280	75	29	3	2		709
Décembre	268	315	108	25	9			725

Source: Données de la Marine américaine (Point d'observation: 36,5N 00,3W)



(Source: Data of U. S. NAVAL)

Figure 2.3.5 Direction des vagues dans la zone maritime d'Annaba

Tableau 2.3.3 Caractéristiques des vagues dans le port d'Annaba

H (pieds) T (sec.)	<2	3~6	7~9	10~12	13~19	20~25	26<	Total
<6	25.1	23.6	3.0	0.4	0.3			52.4
6~7	1.7	12.7	5.7	1.2	0.3	-	-	21.7
8~9	0.2	2.6	3.9	1.4	0.6	0.1	-	8.9
10~11	0.1	0.6	1.1	0.7	0.8	-	-	3.4
12~13	-	0.2	0.3	0.3	0.1	-	-	1.2
>13	-	-	0.1	-	-	-	-	0.4
Indéterminé	11.8	0.1	-	-	-	-	-	2.0
Total	39.1	39.8	14.1	4.3	2.2	0.3	0.112	100
Total annuel	3655	3721	1320	398	202	32	1	9.340
Janvier	275	270	156	57	35	8	7	802
Février	258	261	134	55	35	7	2	757
Mars	240	341	164	54	29	4		834
Avril	236	385	136	41	16	3		817
Mai	406	327	66	19	4			822
Juin	373	285	77	13	2			750
Juillet	357	318	69	4	2			750
Août	385	326	69	9	2			791
Septembre	386	325	62	10	3			786
Octobre	295	338	102	27	19	1		782
Novembre	243	298	136	38	29	2		746
Décembre	201	247	149	61	33	7	2	709

Source: Données de la Marine américaine (Point d'observation: 37.6N 07.9E)

2) Caractéristiques des vagues sur le littoral des sites du projet

D'un point de vue topographique, les fonds marins des ports d'Alger, d'Oran et d'Annaba présentent tous une forte pente. Un projet d'agrandissement de ces ports, bien qu'il doit également considérer l'envergure de cet agrandissement, nécessiterait d'investir largement dans la construction des brise-lames, de manière à assurer un domaine maritime suffisamment calme pour permettre le bon déroulement des activités portuaires.

Le prolongement de brise-lames adéquats implique donc de manière incontestable la réalisation d'études plus approfondies en ce qui concerne les caractéristiques des vagues.

En ce qui concerne les vagues déferlant à l'embouchure des ports choisis pour le projet, nous avons réalisé une étude portant sur les vagues en provenance de directions de nord à est, ainsi que sur leur fréquence. Ces vagues sont en effet particulièrement importantes pour l'étude du degré de calme des eaux à l'intérieur du port. Les résultats sont présentés dans le schéma 2.3.3.

Notre évaluation de la fréquence des vagues a tenu compte des caractéristiques topographiques, et nous avons calculé la fréquence des vagues par direction à travers l'étude des conditions de vitesse des vents marins provoquant la formation de ces vagues.

Les caractéristiques des vagues déferlant sur ces 3 ports sont les suivantes.

a) Port d'Alger

Le pourcentage de vagues de plus de 0,5 m de hauteur déferlant à l'embouchure du port d'Alger en provenance de directions de nord à est est de 6,1%, la direction la plus fréquente des vagues étant est-nord-est. D'autre part, on n'observe que peu de vagues de plus de 1,0 m de hauteur: 1,0%. Ces vagues proviennent majoritairement de directions

nord à nord-est, les vagues provenant du nord-est étant un peu plus fréquentes que les autres.

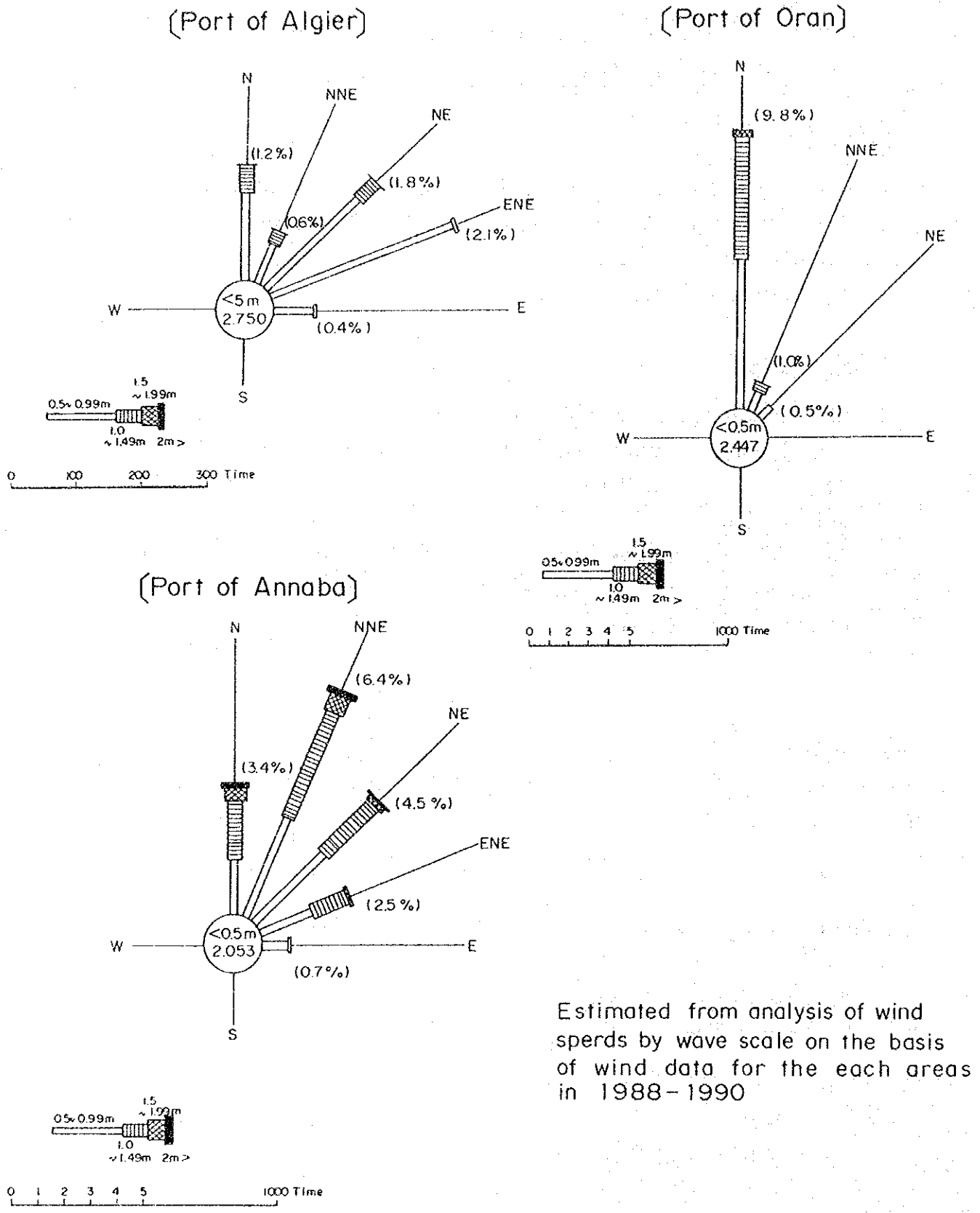
b) Port d'Oran

Le pourcentage de vagues en provenance de directions de nord à est dans le port d'Oran est de 11,3%. Ces vagues proviennent majoritairement du nord, alors que très peu de vagues proviennent de directions nord-nord-est à est.

c) Port d'Annaba

Le pourcentage de vagues en provenance de directions de nord à est dans le port d'Annaba est de 17,5%. Le pourcentage de hautes vagues de plus de 1,0 m: 8,7%, est supérieur à celui observé dans les deux autres ports.

Bien que ces vagues arrivent majoritairement de la direction nord-nord-est, on a pu observer de fortes vagues en provenance de directions de nord à est-nord-est.



Estimated from analysis of wind speeds by wave scale on the basis of wind data for the each areas in 1988-1990

Figure 2.3.6 Fréquence des vagues en provenance de directions de nord à est déferlant sur les brise-lames à l'embouchure des ports

(2) Vagues en cas de situations météorologiques exceptionnelles

1) Evaluation des vagues en pleine mer

Nous avons effectué une étude des plus hautes vagues en pleine mer qui affectent les ports d'Alger, d'Oran et d'Annaba, dans l'optique de la conception de brise-lames et de digues. La méthode de calcul utilisée est présentée dans le schéma 2.3.7.

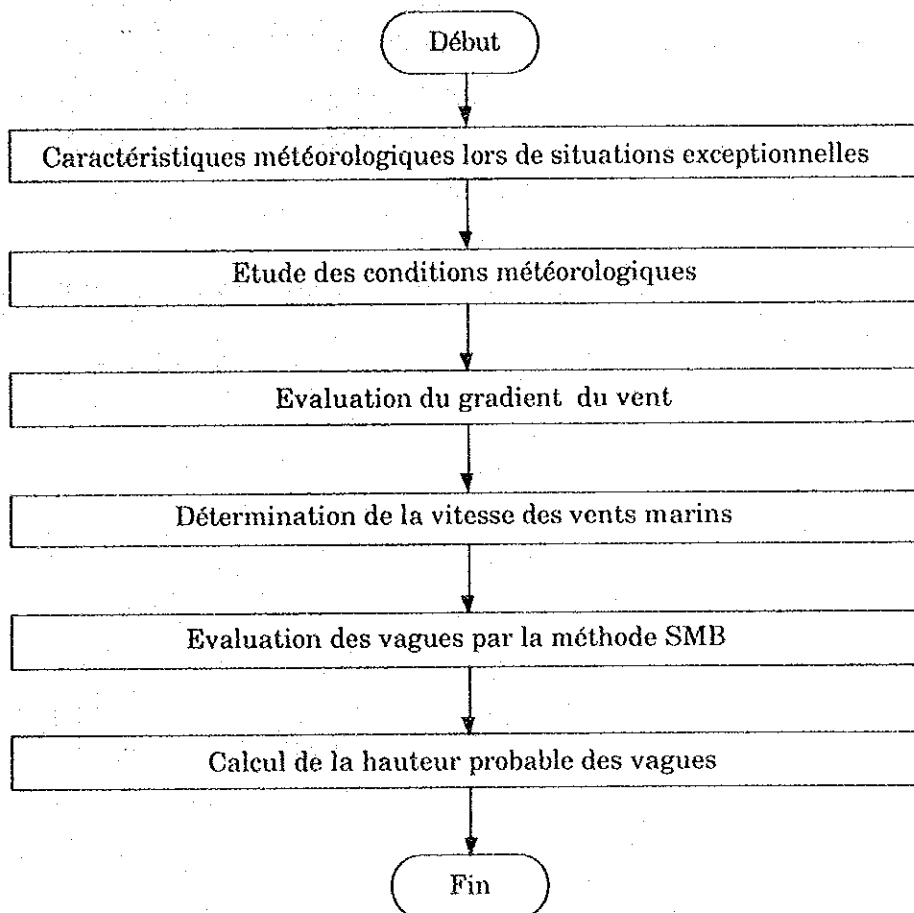


Fig. 2.3.7 Estimation et analyse du flux des vagues

Le processus d'évaluation des vagues, décrit dans le schéma 2.3.7, comporte deux facteurs particulièrement importants. Il s'agit en premier lieu de la détermination des conditions météorologiques. Les conditions fondamentales d'évaluation des vagues: direction des vents marins et vitesse de déplacement des pressions atmosphériques, ont été déterminées à travers l'étude des cartes météorologiques disponibles

établies lors de situations météorologiques exceptionnelles survenues au cours de 94 années (de 1898 à 1991) et présentées dans le tableau 2.2.5.

La détermination des vents marins constitue le second facteur essentiel à l'évaluation des vagues. Nous avons examiné les conditions concrètes d'évaluation des vagues à travers l'étude du coefficient de transformation du vent du gradient basées sur l'analyse des résultats d'observations des vagues au cours de situations météorologiques exceptionnelles et de conditions météorologiques dans la mer du Japon dont la latitude est similaire à celle de la mer Méditerranée, ainsi qu'à travers l'étude de la vitesse des vents, et des périodes pendant lesquelles les vents soufflent continuellement.

Les résultats de l'évaluation des vagues en haute mer sont présentés dans le tableau 2.3.4.

Tableau 2.3.4 Résultats de l'estimation des vagues (hauteur de vague maximum)

1965 ~ 1991

	Oran-Port		Alger-Port		Annaba-Port	
	H	T	H	T	H	T
1	NE 7.6 (1965.1.60)	10.8	NE 7.6 (1965.1.7)	10.8	NE 7.6 (1965.1.7)	10.8
2	NE 6.8 (1967.12.11)	9.8	NE 6.8 (1967.12.12)	9.8	NE 6.8 (1967.12.12)	9.8
3	NE 9.2 (1980.12.28)	12.0	—	—	—	—
4	NW 2.4 (1988.3.5)	6.1	NW 4.3 (1988.3.6)	8.2	NW 5.0 (1988.3.6)	8.1
5	NW 3.8 (1990.2.12)	7.4	NW 4.4 (1990.2.12)	8.3	NW 5.0 (1990.2.12)	9.1
6	NE 8.4 (1990.4.4)	11.6	NE 8.5 (1990.4.4)	11.6	NE 8.9 (1990.4.4)	11.6
7	—	—	—	—	NNW 5.1 (1991.10.20)	9.0

2) Etude de la hauteur des vagues

En nous basant sur les résultats présentés dans le tableau 2.3.4, nous avons calculé la hauteur probable des vagues au large des 3 ports choisis pour le projet. Les résultats de ce calcul sont présentés dans le tableau 2.3.5.

Tableau 2.3.5 Calcul des paramètres des vagues de fond probables

Durée (années)	Port d'Alger		Port d'Oran		Port d'Annaba	
	Hauteur des vagues (m)	Périodicité (sec)	Hauteur des vagues (m)	Périodicité (sec)	Hauteur des vagues (m)	Périodicité (sec)
100	9.8	12.5	9.9	12.8	10.1	12.3
70	9.4	12.2	9.6	12.5	9.5	11.9
50	8.9	11.8	9.3	12.3	9.0	11.6
40	8.6	11.5	9.1	12.1	8.6	11.3
30	8.1	11.2	8.8	11.8	8.1	11.0
25	7.8	10.9	8.6	11.6	7.8	10.8
20	7.4	10.6	8.4	11.4	7.4	10.6
15	6.8	10.2	8.0	11.1	6.9	10.2
10	5.9	9.4	7.3	10.4	6.2	9.7

2.3.4 Sable charrié

Aucune observation approfondie n'a été effectuée concernant le sable charrié dans les 3 ports d'Alger, d'Oran et d'Annaba. L'unique analyse qualitative réalisée concerne le sable charrié à l'embouchure du port d'Annaba. Les résultats de cette analyse sont présentés dans la figure 2.3.8.

Le phénomène de sable charrié s'explique généralement par la topographie et les caractéristiques des fonds marins, les estuaires de cours d'eaux, la vitesse et la direction des courants marins, le déferlement des vagues, etc. Aucun de ces différents facteurs n'a été relevé à l'embouchure des ports choisis pour le projet. Mis à part la présence, dans le port d'Annaba, d'un peu de sable charrié sur une partie de la plage qui s'étend en arc de cercle en direction du sud-est, il est permis de penser que les zones maritimes entourant les 3 ports choisis pour le projet sont extrêmement stables.

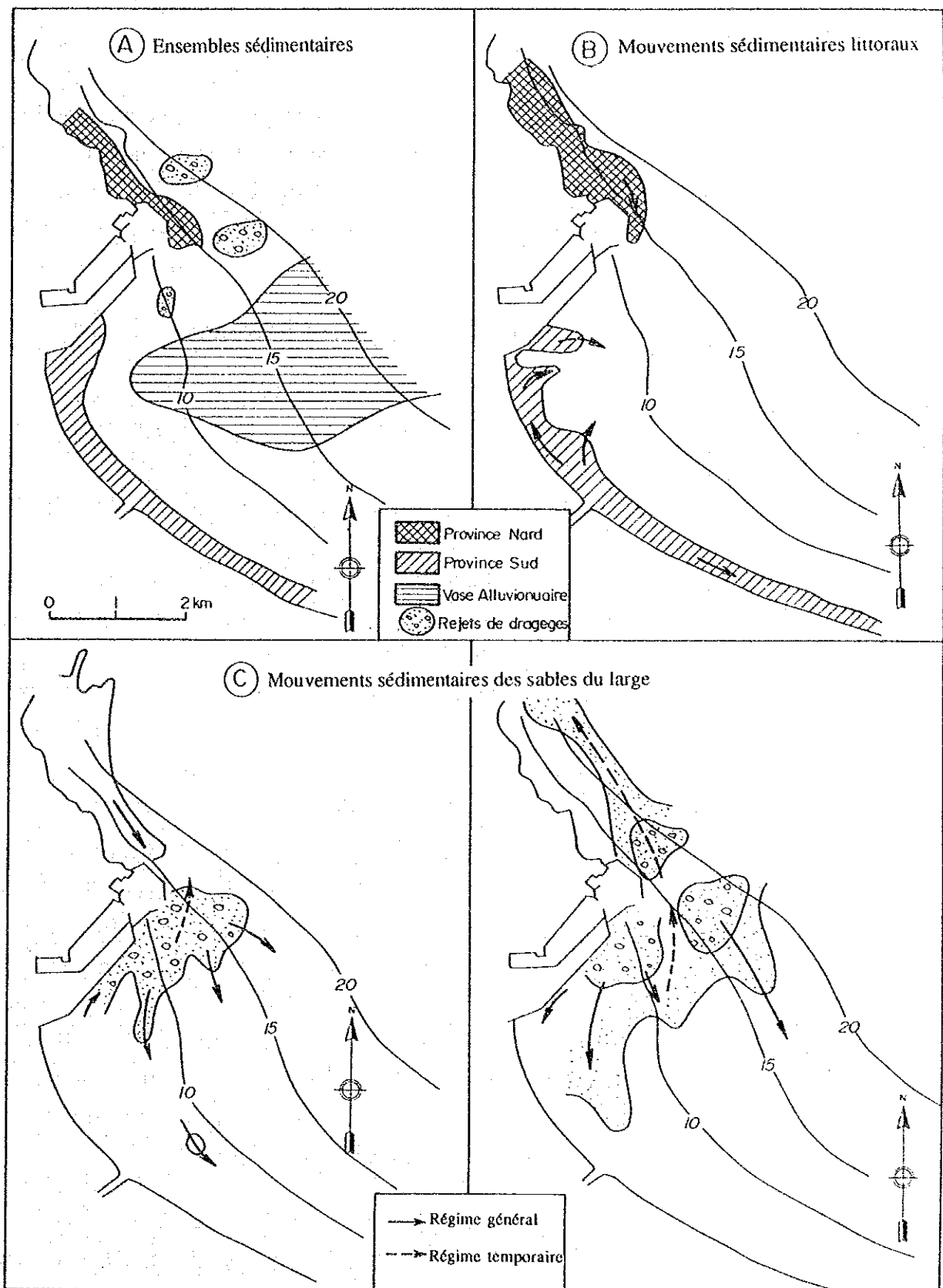


Fig. 2.3.8 Courant de dérive côtier de la zone portuaire d'Annaba

2.4 PROSPECTION GEOLOGIQUE

2.4.1 Généralités

Une série de forages carottés ont été effectués dans le sous-sol marin, pendant la période d'octobre 1991 à février 1992. Le but était de constater les conditions de fondation des structures portuaires envisagées dans le cadre du projet de développement des ports d'Alger, Oran et Annaba. Les travaux ont été planifiés de la façon suivante:

Tableau 2.4.1 Données concernant les forages

Site	Forage	Longueur forée (m)	Tests au Pénétrömètre	Echantillons analysés au laboratoire
Alger	S1	18	4	6
	S2	19.5	1	4
	S3	24	2	6
Oran	S1	15	4	8
	S2	13.5	5	7
	S3	13.5	3	5
Annaba	S1	46	13	7
	S2	31.5	4	7
	S3	37	8	4
Total	9	218	43	54

Les forages ont été effectués par l'entreprise algérienne SONATRAM. La foreuse utilisée était une foreuse hydraulique, par rotation, de type Wirth. A Alger et Annaba les forages ont du être effectués a partir d'une plate-forme. Celle-ci était soutenue par quatre pieux de 19 m de long, qui s'enfonçaient dans le sous-sol marin. La longueur des pieux fait que la plate-forme ne peut pas être utilisée dans des profondeurs d'eau excédant les 14.5 m. La manutention des pieux se fait par des gros câbles en acier, qui passent par une poulie entraînée par un compresseur. Sur la plate-forme se trouvent également une centrale hydraulique et une pompe à eau, couplées à la foreuse.

Le carottage a été effectué avec un double carottier à câble. Le diamètre extérieur du carottier était de 177 mm et sa longueur de 1.5 m. Le diamètre des carottes était de 85 mm. La couronne utilisée était une couronne diamanté.

A Oran les forages ont été effectués à partir du bateau "La Mordjane". La foreuse a été posée sous l'eau, sur ses trois supports. Pendant les forages la foreuse était connectée par des flexibles à la centrale hydraulique et à la pompe à eau, qui se trouvaient sur le bateau. Toutes les opérations de forage sous l'eau ont été effectuées par des foreurs-plongeurs expérimentés. La profondeur d'eau limite pour le forage sous l'eau était de 15 m.

Les échantillons provenant des carottes ont été envoyés au laboratoire pour les essais mécaniques.

Les positions des forages sont données par les figures 2.4.1, 2.4.9 et 2.4.15.

2.4.2 Le Port d'Alger

(1) Généralités concernant la topographie et la géologie

Le port d'Alger se situe dans la partie ouest d'une baie, large de 15 km, ouverte sur la Méditerranée.

Le port est délimité par la jetée Mustapha au NE, à 160 m de la côte et par le briselames est, au SE.

Le fond marin descend en pente douce (0.8 degrés) de la côte vers le large. La profondeur d'eau est de -12 m au niveau de la jetée Mustapha et de -50 m à une distance de 4 km au large de la côte.

Le littoral au niveau du "vieux" port d'Alger est constitué par des collines de schiste du Trias (Fig. 2.4.2). Le produit d'altération de ce schiste est une argile, que l'on retrouve dans le sous-sol marin de toute la partie nord du port d'Alger. Le socle de cette partie du port se compose de ce schiste du Trias.

Le long du rivage SW de la baie, où se trouve le "nouveau" port d'Alger (bassin Mustapha) se trouve une plaine étroite, 1 km de large, constituée par des alluvions récents. Derrière cette plaine la topographie s'élève rapidement à 160 m. A cet endroit le relief est constitué par des collines, au sommet plat. Les

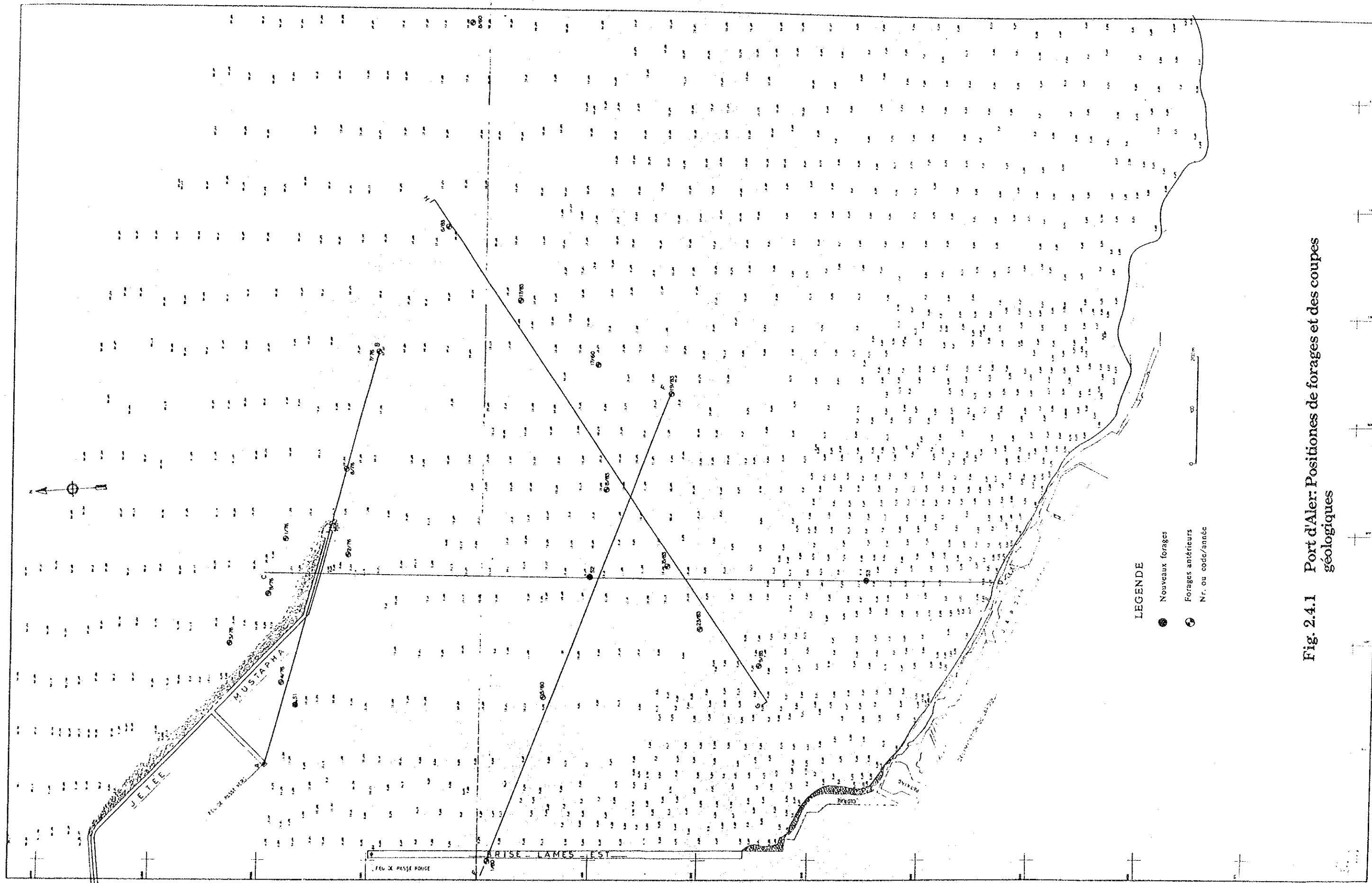


Fig. 2.4.1 Port d'Aler: Positions de forages et des coupes géologiques

as Dépôts récents

q²⁶⁰ Pléistocène

Dunes

Sable

Calcaire

q Alluvions

q^{1m} Gr

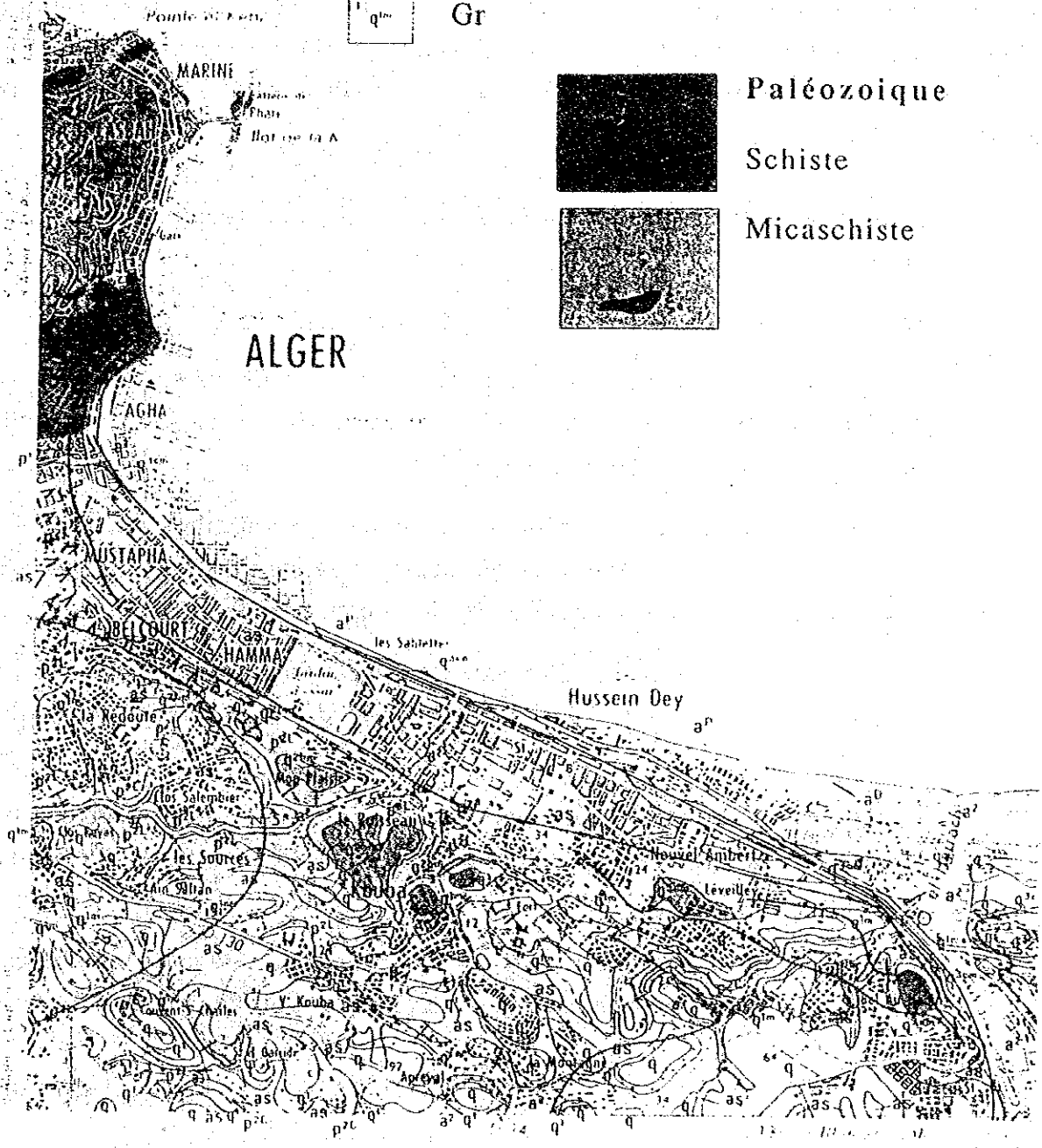
Pliocène

1. Facies argileux
2. Grès et sable

Paléozoïque

Schiste

Micaschiste



0 80 Mètres de Paris

Fig. 2.4.2 Carte géologique d'Alger (échelle) 1 : 50,000 m

roches qui affleurent dans ces collines sont les calcaires du Pliocène Supérieur et au-dessus des calcaires, les sables et les graviers du Pléistocène.

Le fond marin dans la zone du "nouveau" port d'Alger est constitué par un socle Pliocène, couvert par des dépôts récents. Il n'y a pas d'affleurements de ce socle dans les environs immédiates d'Alger.

(2) Géologie détaillée du sous-sol marin dans la zone d'étude

La "zone d'étude" se trouve à l'extérieur du "nouveau" port, plus précisément à l'est du brise-lames. Trois forages ont été effectués ici (S1 à S3), positionnés comme dans la figure 2.4.1. Les logs de forage sont représentés en détail dans les figures 2.4.3, 2.4.4 et 2.4.5.

- 1) La couverture sédimentaire du fond marin est constituée par les dépôts suivants:

Dépôts récents à pléistocène:

- Couche superficielle (a): vase noire, épaisseur comprise entre 1 et 2.5 m, la granulométrie correspond à celle du limon en S3 et au sable limoneux (30-50% matière fine) en S1 et S2;
- Couche (b): mélange de sable et d'argile (proportions variables), épaisseur de 1 à 5 m (en S2) ou plus: l'épaisseur de cette couche augmente du brise-lames vers l'est et de la cote vers le large;
- Couche (c1): gravier et conglomérat, épaisseur comprise entre 0.5 et 2.3 m (en S3 et S1). Le gravier provient de la décalcification du conglomérat;
- Couche (c2): dépôt hétérogène des blocs et graviers, rencontré qu'en S2, avec une épaisseur de 4.5 m. Cette couche n'est pas continue, elle passe latéralement au (c1);
- Couche (d): argile, épaisseur de 1 à 7 m. L'extension de cette couche est limitée à une bande étroite le long de la jetée Mustapha (Fig. 2.4.6).
- Couche (e): calcaires, très riches en coquillages (appelés "Lumachelle").

Log de Forage

SHEET NO. 1 OF 1

SITE		ALGIERS		HOLE NO.		S1					
LATITUDE	384756.03	LONGITUDE	534005.31	ELEVATION	-14.50m						
DATE	13 November 1991	DIRECTION	270° W 90° N 180° S 0° E	DEPTH	18.00m						
ANGLE	90°	DIRECTION	90°	DRILLED	SONATRAM						
SCALE	1:1000	ROCK TYPE		LOGGED	I.C.P.						
DEPTH	ELEVATION	GEOLOGICAL AGE	ROCK TYPE	COLUMN SECTION	DESCRIPTION	DATE	BIT & DIAMETER	HORIZON & WATER LEVEL	CORE RECOVERY % (m)	R.C.O. % (m)	STANDARD PENETRATION TEST
1	7.50	RECENT	Mud		Black mud, 80% silt and clay, 10% sand and organic material, oversaturated.				22 (1.50)	0	
2	17.00								3 (0.20)	0	
3	17.00			CL	Gray sandy clay, dilatancy, slow/no plasticity/low toughness/dry strength, medium/cohesive consistency, very soft, 15% coarse particles, quartz grains, fossil fragments (can easily be broken down to smaller sizes), rock and biotite fragments.				3 (0.20)	0	N=9/30cm
4	19.50								3 (0.20)	0	
5	19.50		Sand and Clay		Clayey sand; 50% sand and 50% fines.				4 (0.20)	0	N=10/30cm
6	20.50	PLEISTOCENE (?)		SC-CL	Silty-clayey sand				4 (0.20)	0	
7	22.40								6 (0.20)	0	
8	22.40			GN	Yellow conglomerate pebbles; size range less than 5cm; rounded/irregular; black shales (flat pebbles); limestone, large shells; cemented by carbonate/porous, hard rock				6 (0.20)	0	N=12/30cm
9	24.00			CL	Gray clay, upper 20cm sandy. Medium plasticity/medium dry strength/can stain fossil fragments mm-size. From 10.5 m sticky silt; consistency: stiff/no reaction to shaking/high dry strength.				7 (0.20)	0	
10	26.20				Gray, sandy marl with 10-30% sand and 41% of Ca CO ₃ . Consistency: very stiff/no plasticity/numi rich in fossils: brachiopods, shells, gastropods, corals, 2-3 mm size. Between 15.5-18 m of coarser grains: limestone fragments and quartz.				7 (0.20)	0	N=17/30cm
11	26.20								12 (1.50)	0	
12	26.20								12 (1.50)	0	
13	26.20								12 (1.50)	0	
14	26.20								12 (1.50)	0	
15	26.20								12 (1.50)	0	
16	26.20								12 (1.50)	0	
17	26.20								12 (1.50)	0	
18	26.20								12 (1.50)	0	
19	26.20								12 (1.50)	0	
20	26.20								12 (1.50)	0	
21	26.20								12 (1.50)	0	
22	26.20								12 (1.50)	0	
23	26.20								12 (1.50)	0	
24	26.20								12 (1.50)	0	
25	26.20								12 (1.50)	0	
26	26.20								12 (1.50)	0	
27	26.20								12 (1.50)	0	
28	26.20								12 (1.50)	0	
29	26.20								12 (1.50)	0	
30	26.20								12 (1.50)	0	

R.O.D is Rock Quality Designation, R.O.D=(Total length of cylindrical cores longer than 10 cm)/(Total drill length) x 100%
 R.LUGEDON VALUE is 1/min/m under injection water pressure of 10kg/cm²
 DEPTH and ELEVATION are in meter
 DIAMETER is in millimeter

NIPPON KOEI CO., LTD.,
 CONSULTING ENGINEERS, TOKYO

Figure 2.4.3 Log de forage - Alger S1

Log de Forage

SHEET NO. 1 OF 1

SITE		ALQIERS		HOLE NO. S2	
LATITUDE		383781.03		ELEVATION -14.40m	
DATE		12 November 1991		DEPTH 19.50m	
ANGLE		DIRECTION		DRILLED SONATRAM	
SCALE		DIRECTION		LOGGED I.C.P.	
ELEVATION		LONGITUDE		HORIZON	
DEPTH		SLOPE		BIT & DIAMETER	
GEOLOGICAL AGE		DESCRIPTION		WATER LEVEL	
ROCK TYPE		ROCK CLASS		CORE RECOVERY	
COLUMN SECTION		ROCK CLASS		STANDARD PENETRATION TEST	
1	1.20	Muddy	SM	Muddy grey sand, 30% fines. Quartz grains 0.2 mm in diameter and shell fragments. Cohesive consistency: soft.	1.45
2	15.20	Heterogeneous deposit		Heterogeneous blocks deposited into sand or gravel matrix. 1.75-3cm gravel composed of limestone (frag. GP) -grain supported/20% quartz -gray/grainsupported/cavy/banded -gray, foraminifer-rich.	1.75
3	20.40	Pleistocene (?)		Detritical gray marl, fossil rich and calcareous sandstone. Sandstone: moderately hard, gray, fossil rich, cemented by CaCO ₃ . Bedding: horizontal.	
4	23.40			Sandstone and marl. Marl contains 20% detrital grains/slight plasticity/low toughness/moist.	
5	24.90		CL	Sandy marl (48% carbonate) and sand. Fine grains, angular shell fragm. till 4 mm consistency: soft, no plasticity of fines/SK.	
6	25.40			Sandstone: calcareous.	
7	27.90			Very sandy, gray marl, consistency very stiff, fossil fragments till 5cm length.	
8	29.40			Alternation sandstone and very sandy marl. Marls: detritical grains concentrated in lenses/ consistency stiff to hard	
9	30.90			Alternation marly sand and calcareous sandstone. Marly sand: SM/consistency: stiff.	
10	33.90				
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

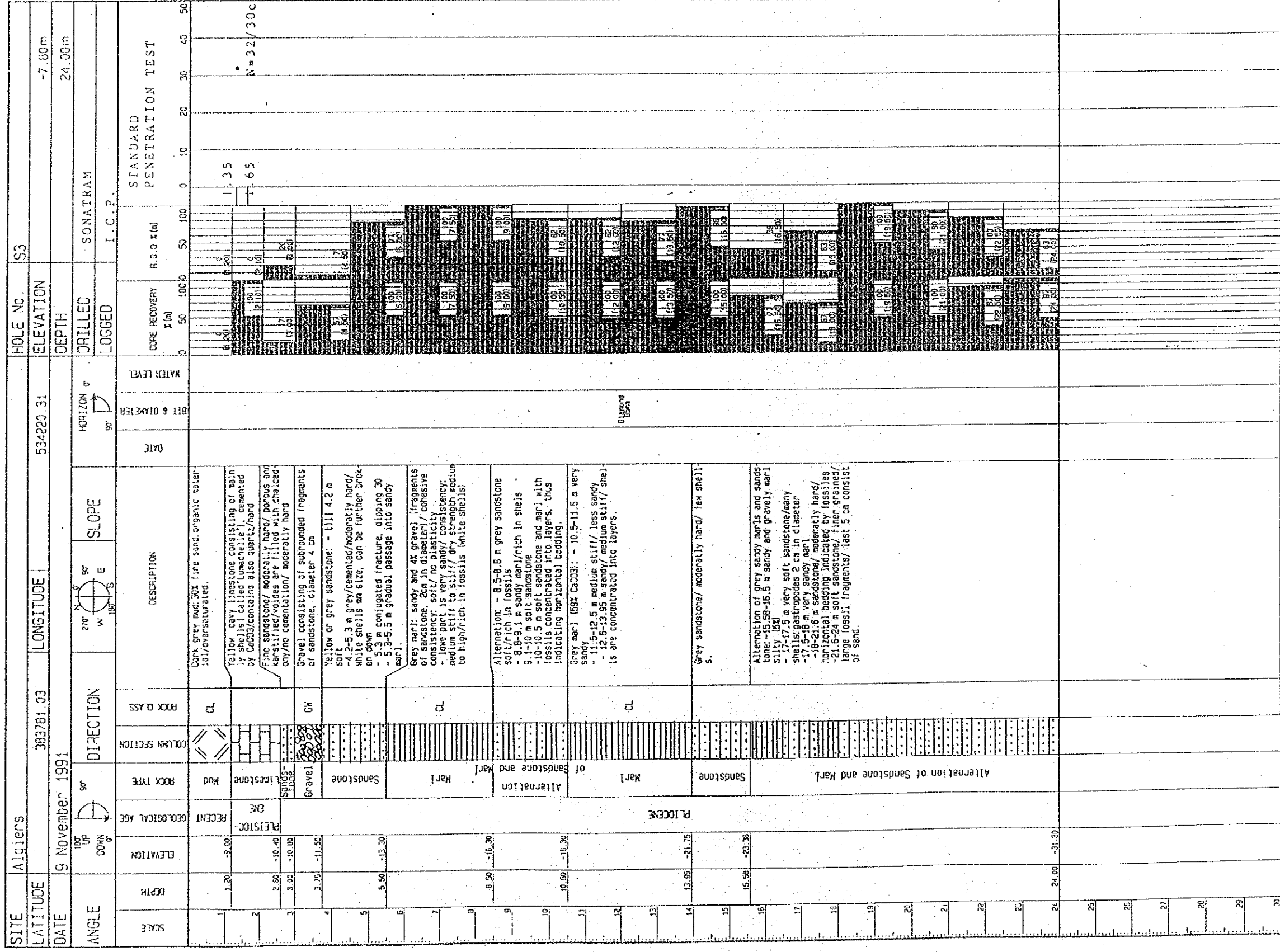
R.O.D is Rock Quality Designation, R.O.D=(Total length of cylindrical cores longer than 10 cm)/(Total drill length) x 100%
 KLUGEON VALUE is l/min/m under injection water pressure of 10kg/cm2
 XDEPTH and ELEVATION are in meter
 XDIAMETER is in millimeter

NIPPON KOEI CO., LTD.,
 CONSULTING ENGINEERS, TOKYO

Fig 2.4.4 Log de forage-Alger S2

Log de Forage

SHEET NO.1 OF 1



R.O.D is Rock Quality Designation, R.O.D = (Total length of cylindrical cores longer than 10 cm / (Total drill length) x 100%
 ALUCOON VALUE is 1/min/m under injection water pressure of 10kg/cm²
 DEPTH and ELEVATION are in meter
 DIAMETER is in millimeter

NIPPON KOEI CO., LTD.,
 CONSULTING ENGINEERS, TOKYO

Fig. 2.4.5 Log de forage - Alger S3

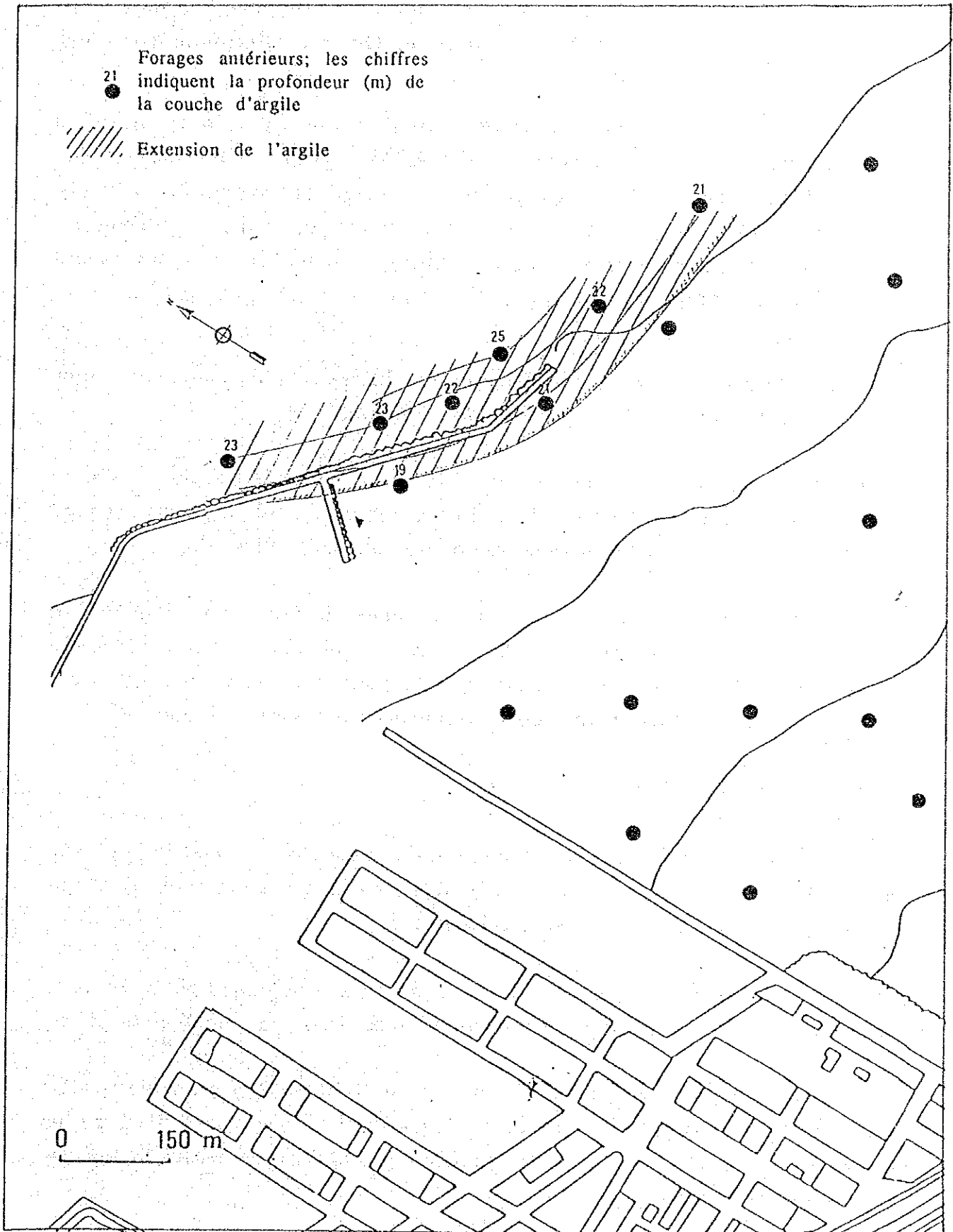


Fig. 2.4.6 Extension de la couche d'argile dans le port d'Alger

2) Le socle du fond marin adjacent au rivage sud (le rivage le plus long) de la baie d'Alger date du Pliocène. On y a distingué les deux formations suivantes:

- Formation (a): dépôt molassique, du Pliocène Supérieur ("Astien") composé de grès avec ciment calcaire, très riche en fossiles, et des sables. Les produits d'érosion de la paléotopographie ont été transportés jusqu'à la mer et déposés ensemble avec du carbonate, résultant ainsi en ce que l'on appelle la "molasse". L'épaisseur exacte n'est pas connue et cette formation semble exister qu'à l'est du brise-lames;
- Formation (b): la marne du Pliocène Inférieur ("Plaisancien"), peut atteindre une épaisseur supérieure à 1000 m.

Pendant que sous le "nouveau" port, situé sur le rivage SW de la baie, le socle se compose de marne, à l'est du brise-lames le rôle du socle est joué par la molasse, dont l'épaisseur augmente dans cette direction.

La zone concernée par cette étude représente la transition d'un milieu typiquement marin (marne) à un milieu plutôt continental-marin (molasse). Ainsi s'explique le fait que le socle dans la zone d'étude est constitué par une alternance de grès-calcaire (molasse) et de marne.

(3) Conditions géotechniques

Les informations concernant la lithologie de la zone d'étude, l'épaisseur et la continuité des couches, les résultats des essais au pénétromètre, sont regroupées dans la figure 2.4.7. et le tableau 2.4.4.

La couverture sédimentaire dans la zone d'étude se compose de sédiments variés, qui ont des caractéristiques géotechniques comme expliqué ci-dessous.

La couche de vase se compose de limon, entre 40 et 90% et de sable fin. La valeur de l'index de plasticité et la limite de liquidité est basse. D'après les normes USCS (Unified Soil Classification System) le dépôt ci-dessus fait partie de la catégorie CL-ML.

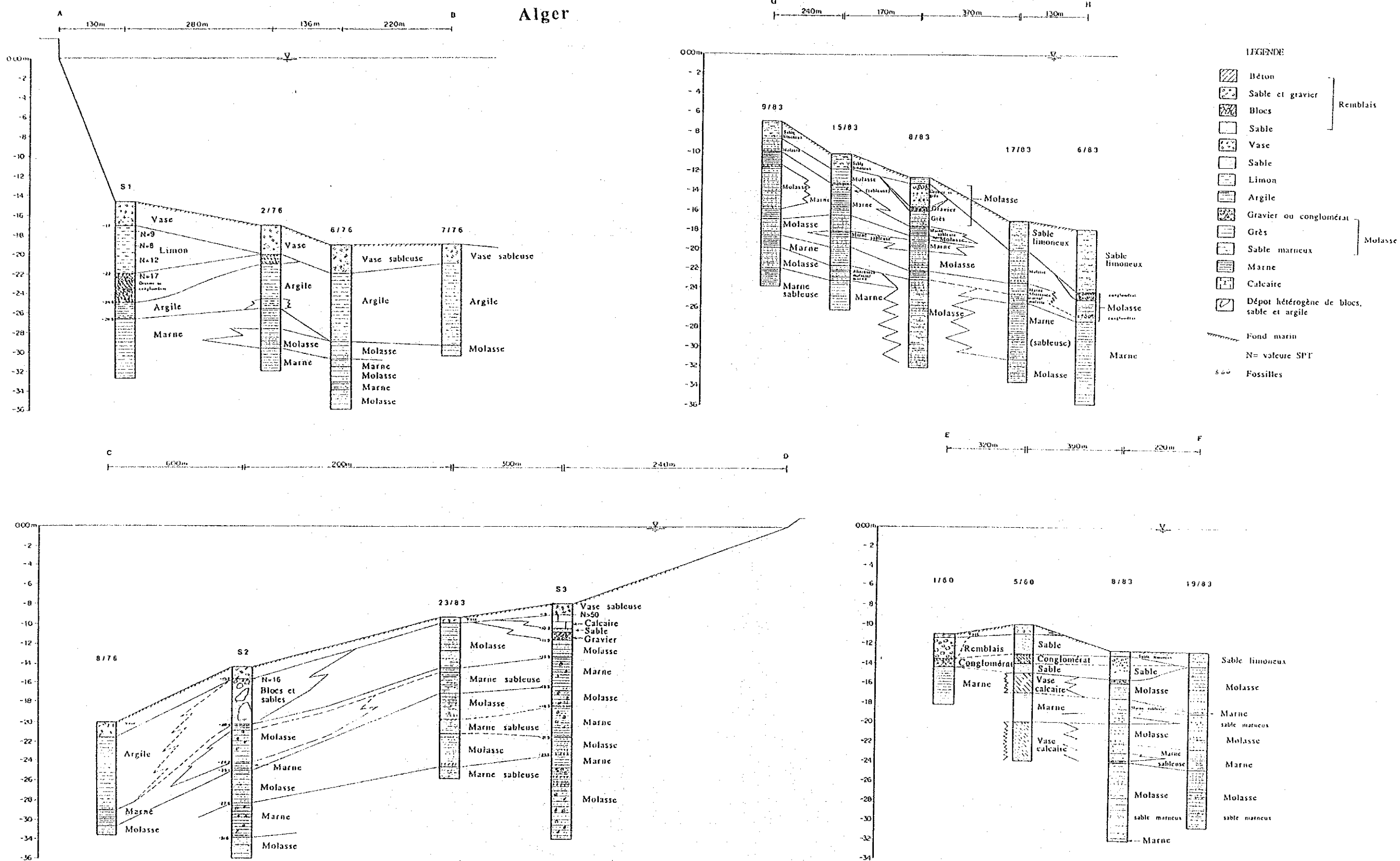


Fig. 2.4.7 Coupes géologiques du port d'Alger

Tableau 2.4.2 Résultats des essais physiques en laboratoire, échantillons d'Alger

Alger - forage S1						
Profondeur échantillonnage (m)	0.0-2.0	2.4-2.9	5.0-6.0	10.5-11.5	12.7-13.45	15-15.5
Nature du sol	Vase: 95% fines	Argile sableuse: 16% sable	Argile sableuse: 52% sable fin, 48% fines	Argile sableuse, 17% sable	Marne sableuse, 18-32% sable	Marne sableuse
Classe USCS	CL	CL	SC-CL	CL	CL	CL
Carbonate (%)					41	41
Granulométrie (%) < 2 mm; <80µ; <20µ; <3µ	100/98/61/8	100/92/10.2/7	99/69/7/4	100/88/18/7	100/89/41/6	100/78/27/6
Teneur en eau%		24.8	24.32	30.78	29.85	28.93
Densité sèche t/m3		1.68	1.65	1.49	1.65	1.52
Densité humide t/m3		2.03	2.05	1.95	1.99	1.96
Degré de saturation (%)		100	100	100	100	100
Limite liquidité	49	26	23	42	40	42
Plasticity Index	24	8	7	20	16	18

Alger - drilling S2				
Profondeur échantillonnage (m)	0.0-1.3	7.0-8.0	9.35-9.7	11.0-11.6
Nature du sol	Vase: sable fin	Grès calcaire	Marne (sable: 20% grossier-42% fin)	Marne
Classe USCS	SM		CL	CL
Carbonate (%)				
Granulométrie (%) < 2 mm; <80µ; <20µ; <3µ	99/28/9/2		99/63/15/4	98/46/19/3
Teneur en eau%			32.78	29.8
Densité sèche t/m3			1.46	1.53
Densité humide t/m3			1.94	1.985
Degré de saturation (%)			100	100
Limite liquidité			35	37
Plasticity Index			16	14

Alger - forage S3						
Profondeur échantillonnage (m)	0.0-1.2	4.0-5.0	6.9-7.5	13.5-13.8	17.75-18.0	23.6-24
Nature du sol	Vase: 50 fines, sable: 30% fin, 20% grossier	Grès	Marne	Marne	Marne sableuse	Marne sableuse
Classe USCS	CL		CL	CL	CL	CL
Carbonate (%)			34.4	59		49.2
Granulométrie (%) < 2 mm; <80µ; <20µ; <3µ	100/50/6/4		100/90/43/5	97/71/30/5	92/64/30/5	97/59/14/4
Teneur en eau%			33.58	46.17	20.94	21.45
Densité sèche t/m3			1.53	1.25	1.64	1.71
Densité humide t/m3			2.04	1.83	1.98	2.08
Degré de saturation (%)			100	100	87	100
Limite liquidité	25		37	38	31	30
Plasticity Index	8		19	16	10	8

Tableau 2.4.3 Résultat de essais mécaniques en laboratoire, échantillons d'Alger

Site	Profondeur (m)	Essais à l'oedomètre		Pression de consolidation	Essais de cisaillement	
		Coeff. de tassement	Coeff. de gonflement		Cohésion (kg/cm ²)	Angle frottement ϕ
Alger S1	10.5-11.5	0.084	0.03	3.6	2	41
	12.7-13.45	0.057	0.027	2.6	1.1	40
	15.0-15.5	0.058	0.017	2.8	0.9	23
Alger S2	9.35-9.7	0.167	0.041	2.6	0.75	35
	11.0-11.6	0.111	0.022	4.25	1.0*	35*
Alger S3	6.9-7.5	0.116	0.037	4.25	0.48	45*
	13.5-13.8	0.502	0.036	6.25		
	17.75-18.0	0.074	0.019	4.5		

* - Valeurs obtenues des essais triaxiaux

Tableau 2.4.4 Essais de pénétration standard à Alger

Site	Profondeur	Lithologie	Nr. coups/ 15 cm	Valeur N	Cohesion (t/m ²)	Angle frottement
Alger S1	2 m	argile+limon	4/3/6.		9	4
	4.5 m	sable fin	5/3/5.		8	6
	6 m	sable argileux	3/5/7.		12	8
	7.5 m	conglomérat			17	0
Alger S2	1.3 m	sable	6/7/9.		16	0
Alger S3	1.2 m	gravier	15/17/no		32	

Dans le forage S3, à 1.2 m de profondeur dans le sous-sol, on a rencontré une couche de calcaire dure, 1.5 m d'épaisseur. Cette couche n'est pas continue et son épaisseur est variable. C'est pourquoi elle ne peut pas être utilisée pour la fondation.

Dans le forage S1 (près de la jetée Mustapha), à 2.5 m de profondeur, une couche de sable et argille (SC-CL d'après les normes USCS), 5.5 m d'épaisseur, a été rencontrée. La force portante admissible de ce dépôt a été estimée à 13 t/m² (à 4.5 m dans le sous-sol) et à 17 t/m² (à 6 m de profondeur). Ces estimations sont basées sur les résultats des tests au pénétromètre, qui montrent que 8 à 12 coups de marteau ont été nécessaires pour 30 cm de pénétration. D'après une formule empirique, qui lie le nombre des coups au pénétromètre (N) à la cohésion des sols argileux, pour N (nombre des coups) = 12 la cohésion du sol est de 8 Kg/cm². Cette valeur peut s'utiliser directement dans la formule de Terzaghi pour calculer la force portante. Cette couche ne peut soutenir que des contraintes inférieures à 15 tonne/m². L'épaisseur de cette couche diminue en direction de la côte.

En dessous, se trouve un conglomérat, 2.5 m d'épais. Le test au pénétromètre au toit du conglomérat, où cette couche est supposée être altérée (plutôt un gravier fin), indique 17 coups pour les 30 cm de pénétration. Cette valeur correspond approximativement à une force portante admissible de 30 t/m². Il faudrait également mentionner que cette couche, assez résistante, n'est pas continue.

Sous le conglomérat se trouve une couche d'argile ferme, que l'on trouve également dans des niveaux fins, intercalés au conglomérat. D'après les résultats des essais en laboratoire (les tableaux 2.4.2 et 2.4.3), l'argile a les caractéristiques d'un sol CL, saturé à 100% et une plasticité moyenne. D'après la courbe granulométrique de sol est plutôt un limon avec 17% du sable fin. Vers le bas, le passage aux marnes se fait graduellement. D'après le test de cisaillement triaxial, la cohésion dans la couche d'argile est de 2 kg/cm². Cette valeur, plus haute que celle estimée d'après son apparence, signifierait que l'argile fait partie de la formation des marnes. Sur le site, l'argile fraîche était beaucoup plus tendre que la marne.

A cause de ces contradictions, la couche d'argile mentionnée ci-dessus nécessite quelques précisions supplémentaires. Le résultat d'un test au pénétromètre, dans une étude antérieure, indique une valeur de $N=14$ à 7 m de profondeur dans le sous-sol. Ceci correspond à une force portante admissible de 17 tonnes/m² pour la couche d'argile. D'autres renseignements proviennent des tests pressiométriques in situ, le long de la jetée Mustapha. Les pressions limites qui ont été mesurées, étaient comprises entre 0.7 et 3.5 bar. Il en résulte les conclusions suivantes:

- la couche testée est une couche d'argile avec un taux de consolidation variable (la pression limite varie entre 0.7 et 3.5 bar) mais en général ferme;
- près de la base de cette couche (à -25 jusque -27 m sous le niveau de la mer) l'argile est plutôt molle (la pression limite est comprise entre 0.7-1.5 bar). Ceci est le cas au bout de la jetée Mustapha.

Cette couche n'est pas fiable comme couche de fondation.

Le socle pliocène, qu'il s'agit de marne ou de molasse (surtout du grès, moyennement dur) est bien consolidé et peut être considéré comme une couche de fondation fiable, qui peut supporter les poids imposés par les structures portuaires.

Comme le montre les données de forages antérieurs et actuels, le socle se trouve à 10 m de profondeur dans le sous-sol marin au niveau de la jetée Mustapha, à 5 m de profondeur au niveau du brise-lames et à 6-7 m de profondeur dans le sous-sol de la zone d'étude. Au niveau de la jetée et du brise-lames le socle se compose de marne, pendant que dans la zone d'étude cela peut-être marne ou molasse. Les résultats des essais scissométriques in situ, provenant des prospections antérieures (1983), montrent que la résistance au cisaillement dans les marnes est d'environ 28 tonnes/m² à 7 m de profondeur dans le sous-sol marin.

Dans les tableaux 2.4.2 et 2.4.3 se trouvent d'autres informations concernant le socle.

D'après les essais d'identification, les marnes se composent de matière fine (les analyses granulométriques indiquent 80% de limon ou d'argile). D'après

les normes USCS les marnes désintégrées ont été classifiées comme des sols CL, l'index de plasticité bas ou moyen, 100% de saturation. Les essais mécaniques, illustrés par le tableau 2.4.3, indiquent qu'il s'agit d'une catégorie des roches tendres. D'après les essais de cisaillement, la cohésion dans les marnes est de 1.0 kg/cm^2 et l'angle de frottement de 35 degrés. Ces valeurs, substituées dans la formule de Terzaghi, résultent dans une force portante admissible entre 60 et 300 t/m^2 .

D'après les essais de consolidation les marnes sont normalement surconsolidées. Les pressions de consolidation sont comprises entre 26 t/m^2 et 62 t/m^2 . Ces valeurs ont été choisies plus basses que les valeurs réelles, d'après la forme des courbes "pression logarithmique vs. indice des vides" (ces dernières ne montrent pas clairement un point d'inflexion). La valeur du coefficient de tassement est également basse, ce qui signifie qu'il n'y aura pas de tassement important à craindre.

Concernant la molasse, un essai de compression simple dans le grès indique qu'il s'agit d'une roche tendre (102 t/m^2).

Conclusion

La couverture superficielle du sous-sol marin n'est pas fiable comme couche de fondation pour des installations lourdes, qui induisent dans le sol des contraintes supérieures à celles mentionnées ci-dessus. Dans un tel cas, une fondation profonde ou le battage des pieux jusqu'au substratum tertiaire, est recommandable. Cette possibilité est à considérer pour la jetée Mustapha et son extension. Dans pareil cas la profondeur de fondation serait d'environ 12 m dans le sous-sol marin.

Dans la zone qui se trouve à l'est du brise-lames, la couche de fondation souhaitable serait le Pliocène (Tertiaire), qui se trouve à 6 m de profondeur dans le sous-sol.

2.4.3 Le port d'Oran

(1) Généralités concernant la topographie et la géologie

Le port d'Oran est situé au milieu d'une baie large de 28 km, entouré par des falaises. L'altitude est plus élevée de coté ouest, où le port s'étend jusqu'à la Montagne du Lion. Une falaise très raide fait que l'altitude monte rapidement du niveau de la mer jusque 400 m. La montagne du Lion est jalonné par des falaises très en pente pendant que le sommet est plutôt plat, le point le plus élevé est à 611 m. La ville d'Oran a été construite à l'est de cette montagne, sur un plateau dont l'altitude est de 100 m. De côté mer, le plateau est également limité par une falaise, quelques kilomètres de long. A cause de la topographie élevée le terrain disponible pour la construction de structures portuaires est très étroit.

Le fond marin descend avec une pente de 2 degrés jusqu'au niveau de la jetée et une pente de 3 degrés à partir de la jetée vers le large. La profondeur d'eau au niveau de la jetée est de 20 m.

La carte géologique d'Oran est représentée par la figure 2.4.8. Dans la falaise qui limite de port à l'ouest, affleurent les calcaires du Crétacé Inférieur et les calc-schistes jurassiques. La falaise est disloquée par une faille normale qui a fait descendre le bloc est. Cette faille met en contact les sédiments crétacés et miocènes. Le Miocène se compose de marne grise et au-dessus, du conglomérat. Toutes les falaises du plateau d'Oran sont développées dans ces marnes. Le toit du plateau est constitué par des alluvions quaternaires.

D'un point de vue structural, le plateau d'Oran est un graben et la Montagne du Lion un horst, qui se sont formés lors des mouvements verticaux le long des failles. Ces mouvements ont commencé pendant le Néogène. Les failles ont été reactivées pendant le Quaternaire.

(2) Géologie du fond marin dans la zone d'étude

La zone d'étude couvre le dernier bassin, contre le brise-lames, également appelé "l'avant port" et d'ici elle s'étend encore 500 m vers l'est. Trois forages

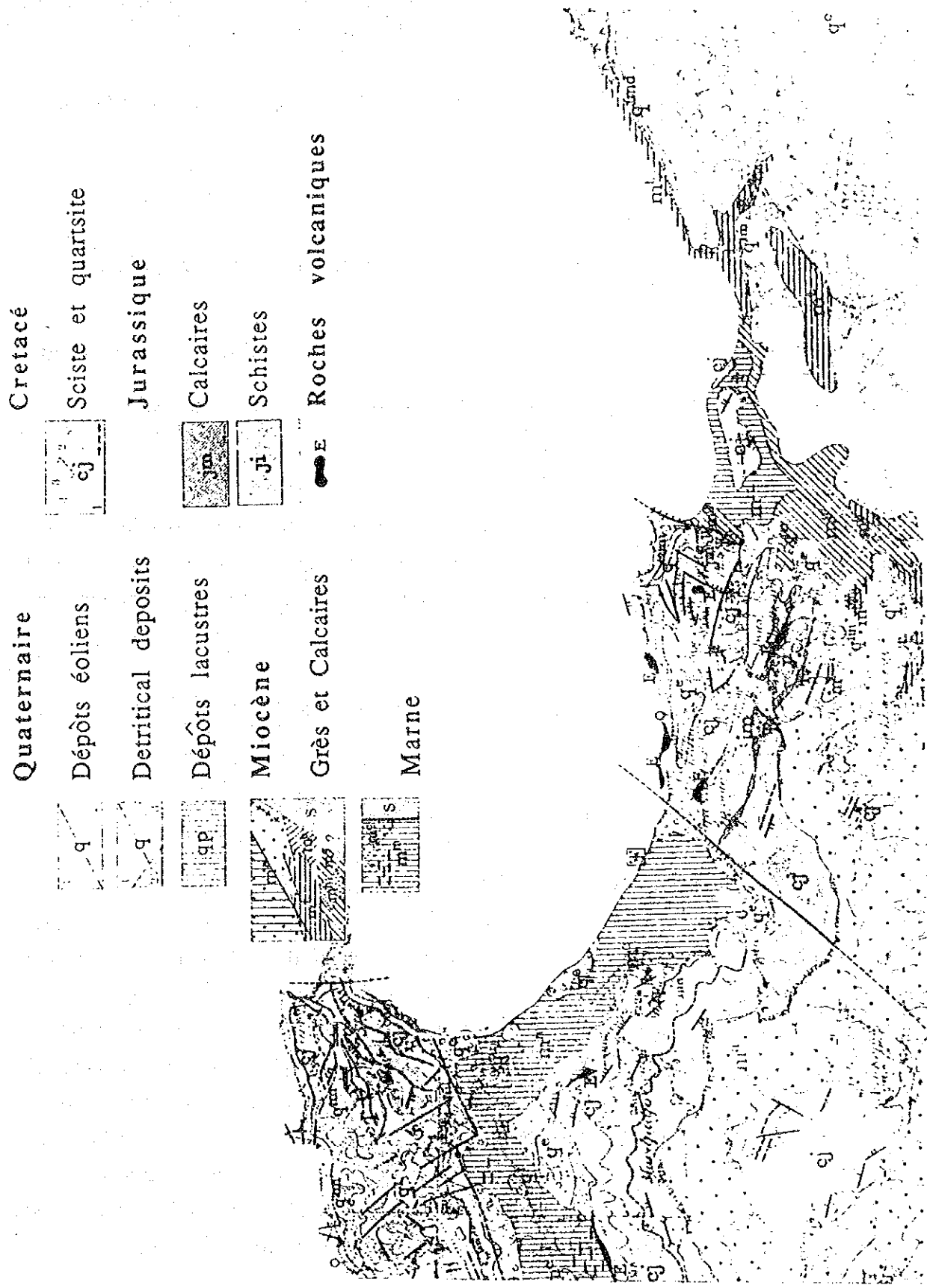


Fig. 2.4.8 Carte géologique d'Oran (échelle 1:50.000)

ont été exécutés (S1 à S3), représentés sur les figures 2.4.9. et 2.10. Les logs des forages sont illustrés par les figures 2.4.11, 2.4.12 et 2.4.13.

La couverture sédimentaire du sous-sol marin dans la région d'Oran se compose de couches suivantes:

Dépôts récents à pléistocènes

- Couche supérieure (a): vase noire, riche en matière organique, 2 m d'épaisseur;
- Couche (b): sable moyen, sans matière fine, compacte, 3.5–5 m d'épaisseur
- Couche (c): calcaire lumachellique, 1 m d'épaisseur, pas continue;

Pliocène (?):

- Couche (d): argile graveleuse et sableuse, riche en fossiles, 0.6 m d'épaisseur, enrobant des fragments de calcaire. Vers le bas il s'agit d'un passage graduel dans la formation des marnes. Cette couche a été rencontrée seulement en S3.

Le socle du sous-sol marin consiste en marne grise du Miocène, dont l'épaisseur n'est pas connue.

(3) Conditions géotechniques

La couverture sédimentaire du sous-sol marin dans la zone d'étude présente des caractéristiques géotechniques favorables. Les essais au pénétromètre indiquent des valeurs de $N > 50$ à 2 m de profondeur dans le sous-sol, dans la couche de sable moyen (couche b). Le sable est granoclasse, avec des grains arrondis et une faible porosité. Ceci fait que ce dépôt est très compact. L'indice de plasticité est faible. Ces caractéristiques impliquent un angle de frottement supérieur à 45 degrés. La couche de sable a été rencontrée dans les trois forages (Fig. 2.4.14). Vers l'ouest elle s'étend jusqu'au quai de Genève. Vers le large, elle s'étend au moins jusqu'à la jetée. Cette couche se trouve à 1 ou 2 m de profondeur dans le sous-sol marin, son épaisseur étant de 3 à 5 m. Le sable peut être considéré comme une couche fiable pour la fondation.

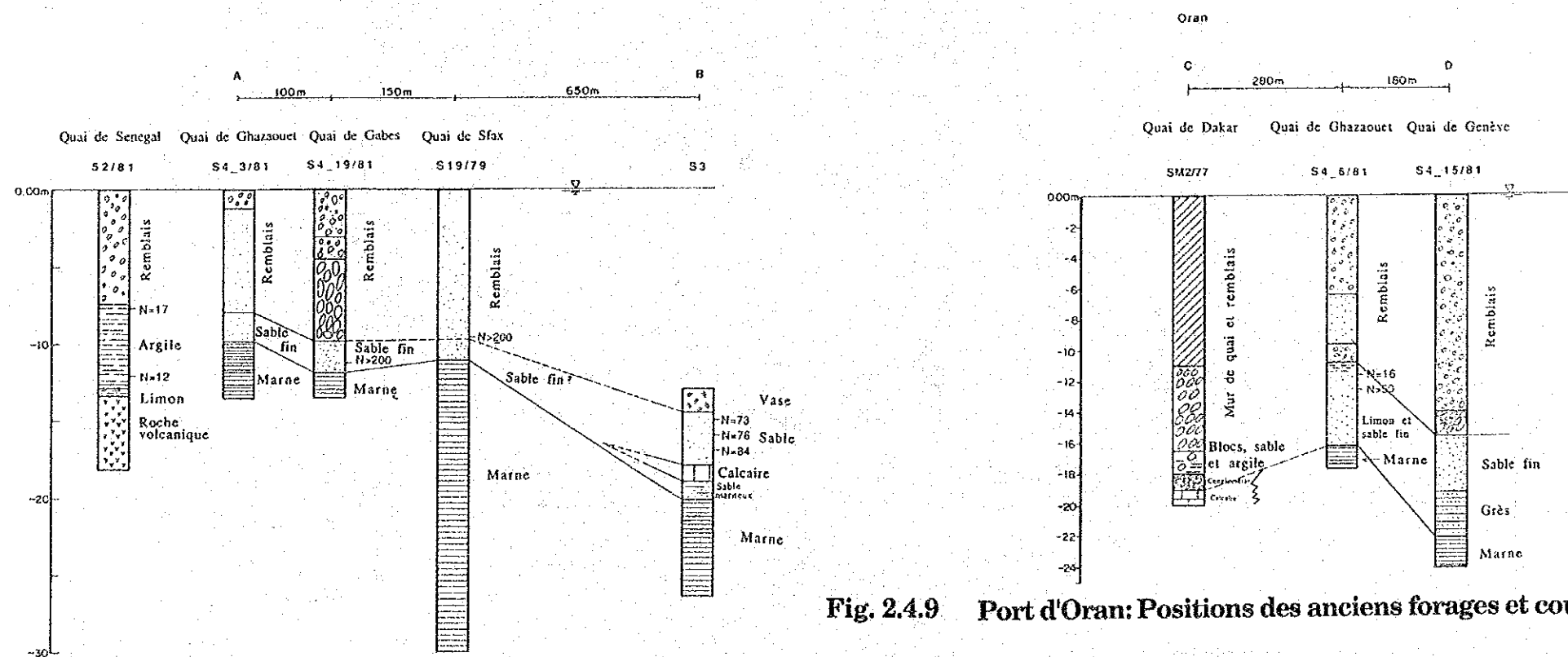
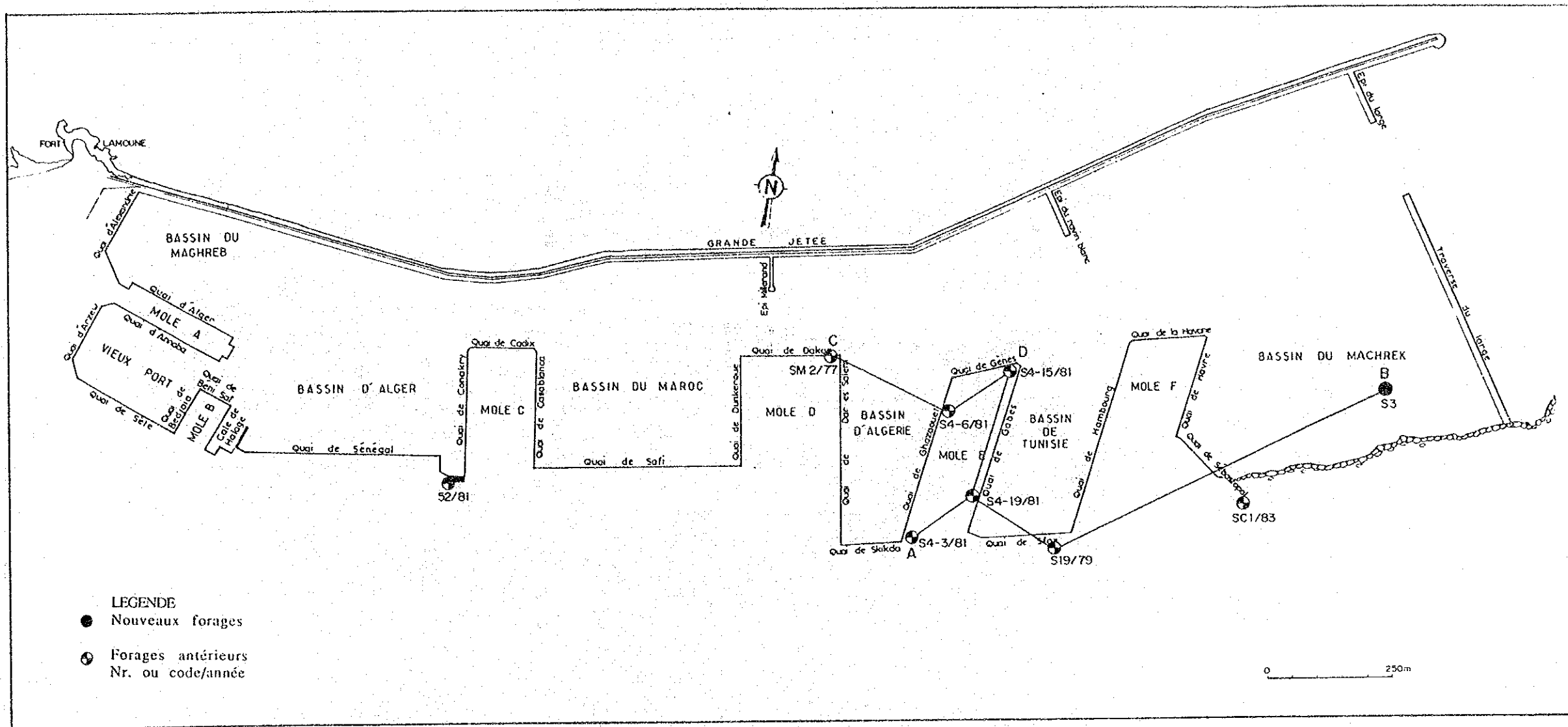


Fig. 2.4.9 Port d'Oran: Positions des anciens forages et coupes géologiques

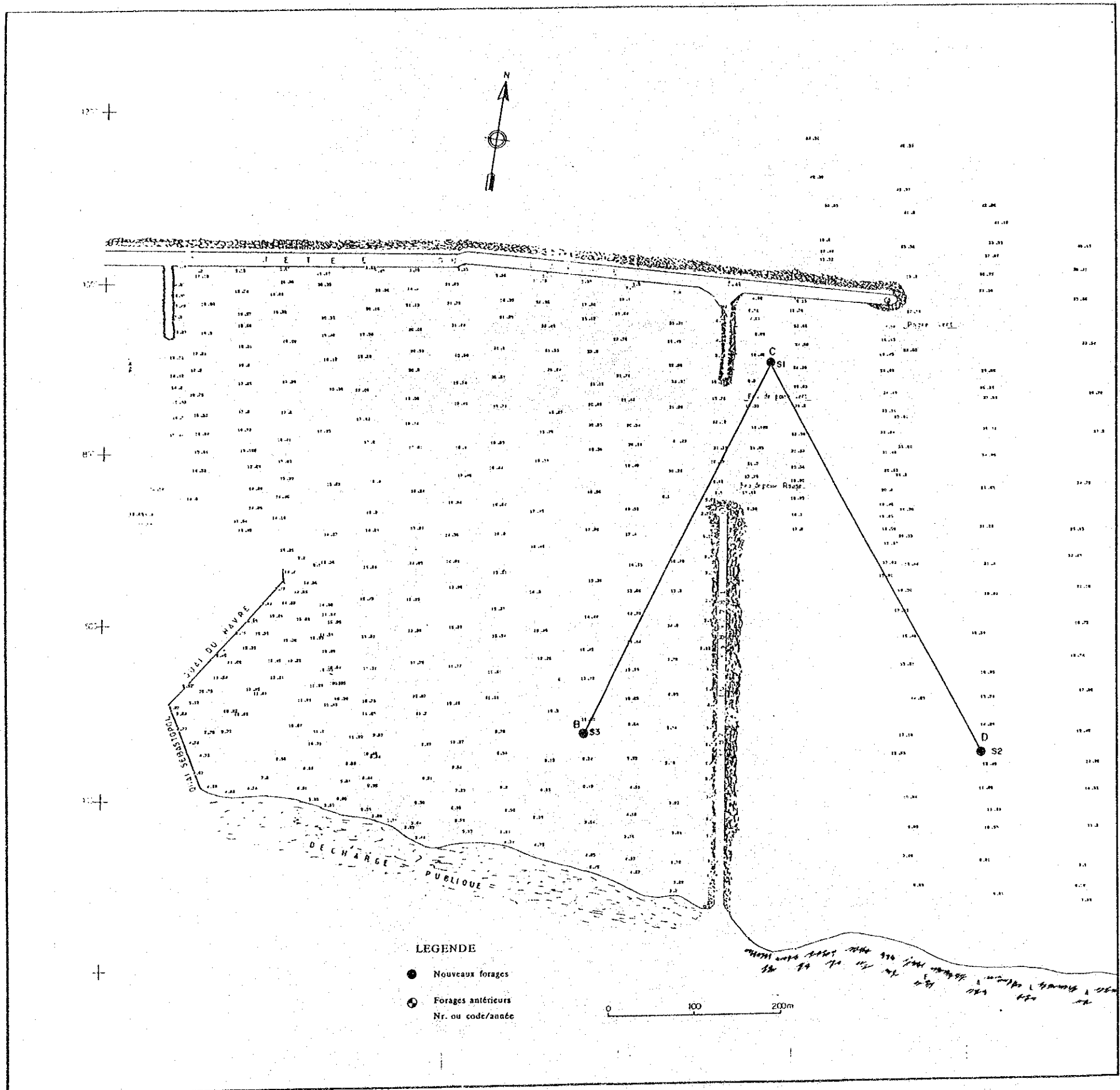


Fig. 2.4.10 Port d'Oran: forages récents et coupes géologiques

Log de Forage

SHEET NO. 1 OF 1

SITE		LONGITUDE		HOLE NO.		ELEVATION	
Oran				S1		-22.00m	
LATITUDE		DIRECTION		DATE		DEPTH	
				12 December 1991		15.00m	
ANGLE		ROCK TYPE		DRILLED		LOGGED	
				SONATRAM		I.C.P.	
SCALE		GEOLOGICAL AGE		HORIZON		STANDARD PENETRATION TEST	
				90°			
DEPTH		ROCK CLASS		BIT & DIAMETER		CORE RECOVERY	
				90°		% (at)	
ELEVATION		COLUMN SECTION		DATE		R.O.D. (m)	
						0 50 100 0 50 100	
UP DOWN		ROCK TYPE		DESCRIPTION		MATERIAL LEVEL	
1		Recent	Mud	SC-CL	Black, organic silty-clayey sand: fine to medium sand (56%), silt (44%).	0	0
2		Pleistocene	Sand	MS	Clean medium sand/gray/ well graded/ 5 * coarse grains/ no clay.	0.20	0
3	0.20					0	
4		Pleistocene	Sand	MS	Clean medium sand/gray/ well graded/ 5 * coarse grains/ no clay.	0.50	0
5	0.50					0	
6	0.50					0	
7		Pleistocene	Sandstone	ML	Coarse, gray sandstone, calcareous cement, very rich in shells. Sandy marl (around 20% of sand), crumbly at the top. Gray sandy marl.	0.50	0
8	0.50					0	
9		Pleistocene	Sandy Marl	ML or CL	Clayey marl (60% fines)/gray/fossil fragments. Sandy marl/ grey/easily crumbling.	0.50	0
10	0.50					0	
11		Pleistocene	Sandy Marl	CL	Clayey marl (60% fines)/gray/fossil fragments. Sandy marl/ grey/easily crumbling.	0.50	0
12	0.50					0	
13		Pleistocene	Sandy Marl	CL	Clayey marl (60% fines)/gray/fossil fragments. Sandy marl/ grey/easily crumbling.	0.50	0
14	0.50					0	
15		Pleistocene	Sandy Marl	CL	Clayey marl (60% fines)/gray/fossil fragments. Sandy marl/ grey/easily crumbling.	0.50	0
16	0.50					0	
17		Pleistocene	Sandy Marl	CL	Clayey marl (60% fines)/gray/fossil fragments. Sandy marl/ grey/easily crumbling.	0.50	0
18	0.50					0	
19		Pleistocene	Sandy Marl	CL	Clayey marl (60% fines)/gray/fossil fragments. Sandy marl/ grey/easily crumbling.	0.50	0
20	0.50					0	
21		Pleistocene	Sandy Marl	CL	Clayey marl (60% fines)/gray/fossil fragments. Sandy marl/ grey/easily crumbling.	0.50	0
22	0.50					0	
23		Pleistocene	Sandy Marl	CL	Clayey marl (60% fines)/gray/fossil fragments. Sandy marl/ grey/easily crumbling.	0.50	0
24	0.50					0	
25		Pleistocene	Sandy Marl	CL	Clayey marl (60% fines)/gray/fossil fragments. Sandy marl/ grey/easily crumbling.	0.50	0
26	0.50					0	
27		Pleistocene	Sandy Marl	CL	Clayey marl (60% fines)/gray/fossil fragments. Sandy marl/ grey/easily crumbling.	0.50	0
28	0.50					0	
29		Pleistocene	Sandy Marl	CL	Clayey marl (60% fines)/gray/fossil fragments. Sandy marl/ grey/easily crumbling.	0.50	0
30	0.50					0	
31		Pleistocene	Sandy Marl	CL	Clayey marl (60% fines)/gray/fossil fragments. Sandy marl/ grey/easily crumbling.	0.50	0
32	0.50					0	
33		Pleistocene	Sandy Marl	CL	Clayey marl (60% fines)/gray/fossil fragments. Sandy marl/ grey/easily crumbling.	0.50	0
34	0.50					0	
35		Pleistocene	Sandy Marl	CL	Clayey marl (60% fines)/gray/fossil fragments. Sandy marl/ grey/easily crumbling.	0.50	0
36	0.50					0	

R.O.D. is Rock Quality Designation, R.O.D. (total) length of cylindrical cores longer than 10 cm / (total drill length) x 100%
 KLUGEER VALUE is 1/min under injection water pressure of 10kg/cm2
 DIAMETER and ELEVATION are in meter
 DIAMETER is in millimeter

NIPPON KOEI CO., LTD.,
 CONSULTING ENGINEERS, TOKYO

Fig. 2.4.11 Log de forage - Oran S1

Log de Forage

SHEET NO. 1 OF 1

SITE		Oran		HOLE No.		S2			
LATITUDE				ELEVATION		-15.00m			
DATE		13 December 1991		DEPTH		13.50m			
ANGLE	DIRECTION		SLOPE		DRILLED		SONAIRAM		
	90°		90°		LOGGED		I.C.P.		
SCALE	GEOLOGICAL AGE		ROCK TYPE		ROCK CLASS		DESCRIPTION		
	Recent		Mud		CL		Black mud, fine and medium (45% : 27%) sand and silt (23%).		
DEPTH		ELEVATION		GEOLOGICAL AGE		ROCK TYPE		ROCK CLASS	
0.00		-15.00		Pleistocene		Sand		SW	
6.00		-21.00				Sands-tone			
6.70		-21.70				Sandy Marl (around 20% of sand) / grey and yellow / very soft (crumbly).			
9.00		-24.00				Gray Marl, fractured.			
13.50		-28.50							
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									

R.O.D. is Rock Quality Designation, R.O.D. = (total length of cylindrical cores longer than 10 cm / (total drill length) x 100)

PLUVEON VALUE is l/min/m under injection water pressure of 10kg/cm2

DEPTH and ELEVATION are in meter

*DIAMETER is in millimeter

NIPPON KOEI CO., LTD.,
CONSULTING ENGINEERS, TOKYO

Fig. 2.4.12 Log de forage - Oran S2

Log de Forage

SHEET NO.1 OF 1

SITE		Oran		HOLE No.		S3	
LATITUDE		LONGITUDE		ELEVATION		-13.00m	
DATE		3 December 1991		DEPTH		13.50m	
ANGLE		90°		DRILLED		SONATRAM	
SCALE		1:1		LOGGED		I.C.P.	
ELEVATION		90°		HORIZON & BIT & DIAMETER		STANDARD PENETRATION TEST	
GEOLOGICAL AGE		ROCK TYPE		DESCRIPTION		CORE RECOVERY % (m)	
ROCK CLASS		ROCK TYPE		DESCRIPTION		R.O.D. (m)	
COLUMN SECTION		ROCK TYPE		DESCRIPTION		R.O.D. (m)	
Mud		Mud		Black, organic mud; silt (50%), fine to medium sand (42%).		0 50 100 50 100	
Sand		Sand		Clean medium sand/gray/well graded/no clay/round quartz grains 0.5mm in diameter, dark grains 0.2mm and angular fossil fragments.		2.15 N>50/30cm	
Lime stone		Lime stone		Yellow limestone ("Lumachelie")/very rich in shells		2.45 N>50/30cm	
Clay		Clay		Yellow clay+silt enveloping limestone fragments/medium plasticity/cohesive consistency soft/Lower 5 cm yellow, soft limestone.		3.15 N>50/30cm	
Sandy Marl		Sandy Marl		Sandy marl/gray with yellow inclusions/very soft/fossils (white forams./moist.		3.45 N>50/30cm	
Marl		Marl		Grey marl/soft/spherical fossils (forams) 0.5-1cm in diameter/moist -7.2-9 m fractures dip 80 and 72 on the fracture planes concentration of organic material (algae) -10.5-12 m moderately hard/vertical, closed fracture.		4.15 N>50/30cm	
Pliocene		Pliocene				4.45 N>50/30cm	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

R.O.D. is Rock Quality Designation, R.O.D=(Total length of cylindrical cores longer than 10 cm)/(Total drill length) x 100%
 KLUGEON VALUE is 1/min/m under injection water pressure of 10kg/cm2
 DEPTH and ELEVATION are in meter
 DIAMETER is in millimeter

NIPPON KOEI CO., LTD.,
 CONSULTING ENGINEERS, TOKYO

Fig. 2.4.13 Log de forage - Oran S3

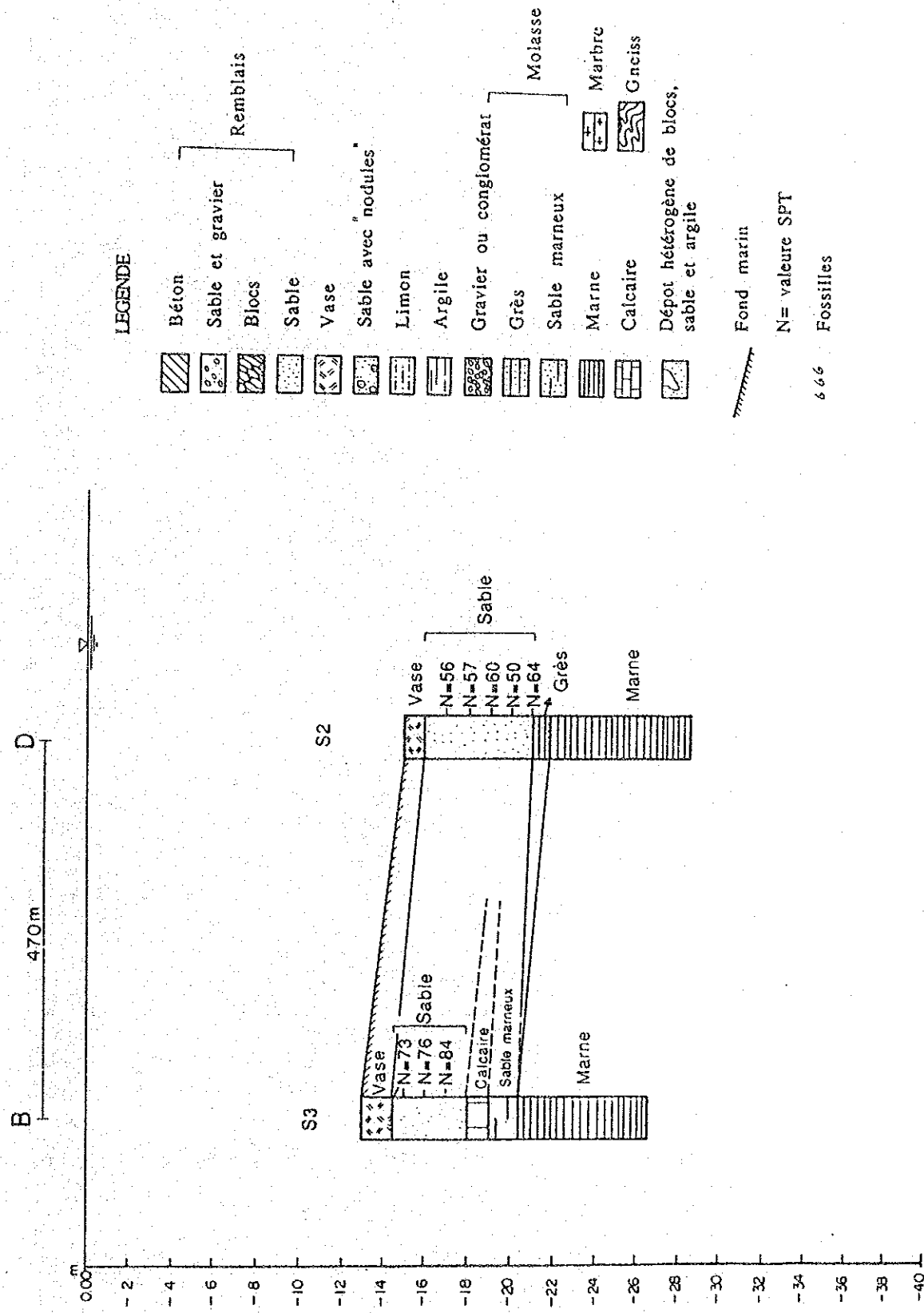
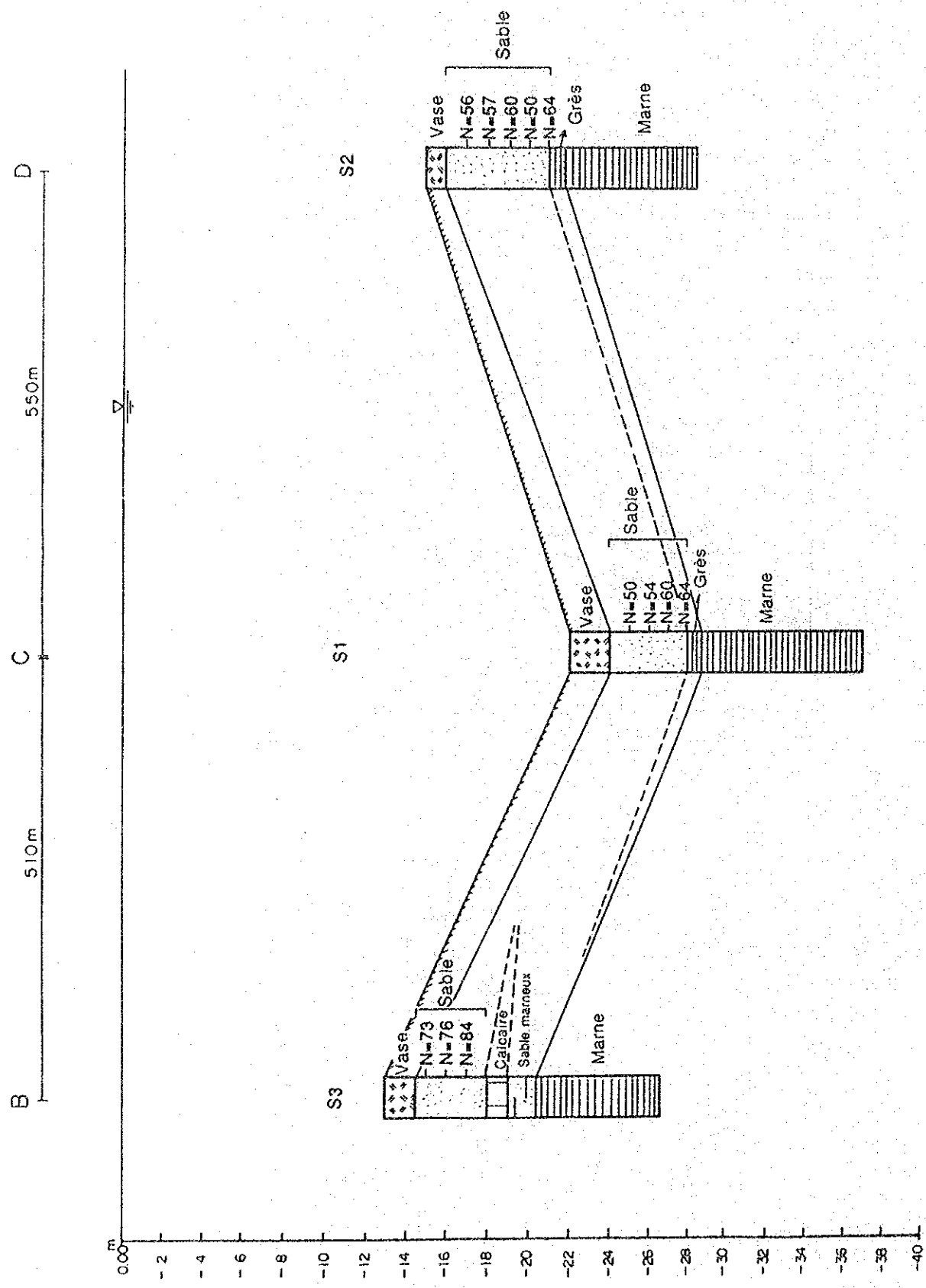


Fig. 2.4.14 Coupes géologiques du port d'Oran

Tableau 2.4.5 Résultats des essais physiques en laboratoire, échantillons d'Oran

Oran - forage S1								
Profondeur échantillonnage (m)	0.0-2.0	3.0-6.0 (SPT)	6.7-7.5	7.5-7.9	9.0-9.4	10.5-11.1	12.0-12.5	12.5-15.0
Nature du sol	Sable argileux (44% fines)	Sable moyen	Marne sableuse (20% sable)	Marne sableuse (30% sable)	Marne argileuse (90% fines)	Marne sableuse (40% fine sable)	Marne	Marl
Classe USCS	SC-CL	SW	ML	ML	ML or CL	CL	CL	CL
Carbonate (%)			48.38	44.28	29.52	36.06	44.28	31.98
Granulométrie (%) < 2 mm; <80µ ; <20µ ; <3µ	100/52/16/3	100/2/0/0	100/86/41/14	100/88/32/8	100/98/62/33	100/90/41/14	100/90/39/14	100/92/52/21
Teneur en eau%				26.47	26.02	26.96	27.15	
Densité sèche t/m3				1.59	1.62	1.62	1.6	
Densité humide t/m3				2.01	2.04	2.06	2.03	
Degré de saturation (%)				100	100	100	100	
Limite liquidité	47	25.8	49	46	50	48.53	43	49.3
Plasticity Index	23.9	9.47	21	18.17	22.61	23.2	17.97	26.77

Oran - forage S2							
Profondeur échantillonnage (m)	0.0-0.6	0.6-6.0 (SPT)	6.0-7.0	7.0-7.5	7.5-7.7	9.0-9.5	11.0-11.5
Nature du sol	Vase noire: 72% sable fin	Sable moyen	Grès	Marne sableuse	Marne sableuse	Marne	Marne
Classe USCS	CL	SW		CH	MH	CH	CH
Carbonate (%)				45.1		32.8	
Granulométrie (%) < 2 mm; <80µ ; <20µ ; <3µ	100/34/14/2	100/4/0/0		100/81/37/17	100/71/45/16	100/98/63/23	100/98/38/14
Teneur en eau%					26.47	26.4	24.4
Densité sèche t/m3					1.59	1.6	1.63
Densité humide t/m3					2.01	2.02	2.03
Degré de saturation (%)					100	100	100
Limite liquidité	44.3	24.9		53	51	53.07	50
Plasticity Index	22.76	7.81		24.82	12.73	29.07	24

Oran - forage S3					
Profondeur échantillonnage (m)	0-1.0	2-4 (SPT)	6.0-6.6	6.6-7.0	8.0-8.5
Nature du sol	Vase: 58% limon+ argile, 42% sable	Sable moyen	Argile sableuse	Marne sableuse	Marne
Classe USCS	CL	SW	CH	MH/CH	CH
Carbonate (%)				45.92	31.16
Granulométrie (%) < 2 mm; <80µ ; <20µ ; <3µ	100/65/29/4	100/5/0/0	100/81/61/13	100/80/34/15	100/98/65/24
Limite liquidité	41.2	25.8	55	53	51.3
Plasticity Index	15.53	10.62	28	24	26.93

Tableau 2.4.6 Résultats des essais mécaniques en laboratoire échantillons d'Oran

Site	Profondeur (m)	Essais à l'oedomètre			Essais de cisaillement	
		Coeff. de tassement	Coeff. de gonflement	Pression de consolidation	Cohésion (kg/cm ²)	Angle frottement ϕ
Oran - S1	7.5-7.9	0.035	0.006	4.25	3	42
	9.0-9.4				1.62	28
	10.5-11.1	0.051	0.015	2.5	1.9*	29*
	12.0-12.5	0.046	0.011	3.2	3.5	47
Oran -S2	7.5-7.7	0.071	0.016	4.25		
	9.0-9.5	0.072	0.013	7	1.4	52.5

Notice. * indique les valeurs obtenues des essais triaxiaux

Tableau 2.4.7 Essais de pénétration standard au port d'Oran

Site	Profondeur	Lithologie	Nr. coups/ 15 cm	Valeur N	Cohésion (t/m ²)	Angle frottement
Oran S1	3m	sable	20/23/27	50	0	44.4
	4m	sable	23/26/28	54	0	45
	5m	sable	25/29/31	60	0	45
	6m	sable	30/30/34	64	0	45
Oran S2	2m	sable	24/27/29	58	0	45
	3m	sable	27/27/30	57	0	45
	4m	sable	29/29/31	60	0	45
	5m	sable	22/25/25	50	0	44.4
	6m	sable	29/31/33	64	0	45
Oran S3	2m	sable	23/32/41	55	0	45
	3m	sable	27/33/43	60	0	45
	4m	sable	25/37/47	62	0	45

Le socle du sous-sol marin dans le port d'Oran se trouve à une profondeur faible. Dans le bassin de Machrek (ou Skikda), le socle a été touché à la profondeur de 7 m du fond marin (ou à -20 m sous le niveau de la mer dans le forage S3 et à -29 m sous le niveau de la mer en S1, près de la jetée; fig. 2.4.14). A l'ouest, au niveau des quais de Ghazaouet, Gabes et Sfax, le socle marneux se trouve de -8 jusqu'à -11 m de profondeur sous le niveau de la mer (coupe A-B dans la fig. 2.4.9). Au niveau du quai de Genève, la marne se trouve à -22 m sous le niveau de la mer (coupe C-D, fig. 2.4.9). Il est probable que le toit des marnes est incliné (pente de 3 degrés environs) vers le large. Les données provenant des essais antérieurs au pénétromètre indiquent une valeur de $N=50$ au toit des marnes, pour 30 cm d'enfoncement. Les essais mécaniques en laboratoire, indiquent une marne surconsolidée, les pressions de consolidation se rangent entre 25 et 70 t/m². Les essais de cisaillement donnent pour la cohésion des valeurs de 0.4-2 kg/cm² et des angles de frottement de 28-45 degrés. Ceci implique une force portante admissible de quelques centaines de tonnes/m². La formation de marne peut également être utilisée comme couche de fondation.

La partie ouest du port a une lithologie quelque peu différente. Des forages antérieurs au quai de Sénégal ont mis en évidence une couche d'argile au-dessus d'une roche volcanique représentant le socle (coupe A-B, fig. 2.4.9). Cette lithologie ne s'étend pas plus loin que le bassin de Maroc.

2.4.4 Le port d'Annaba

(1) Généralités concernant la topographie et la géologie

Le port d'Annaba est situé à l'ouest d'une baie large de 40 km, entre le Cap de Garde à l'ouest et le Cap Rosa à l'est.

La topographie entre le Cap de Garde et la ville d'Annaba est montagneuse. Le sommet le plus haut, est celui du Mout Bouzizi (1006 m) sur le massif montagneuse de L'Eddough au nord ouest d'Annaba, entre le Cap de Garde et le Cap Tekkaegh.

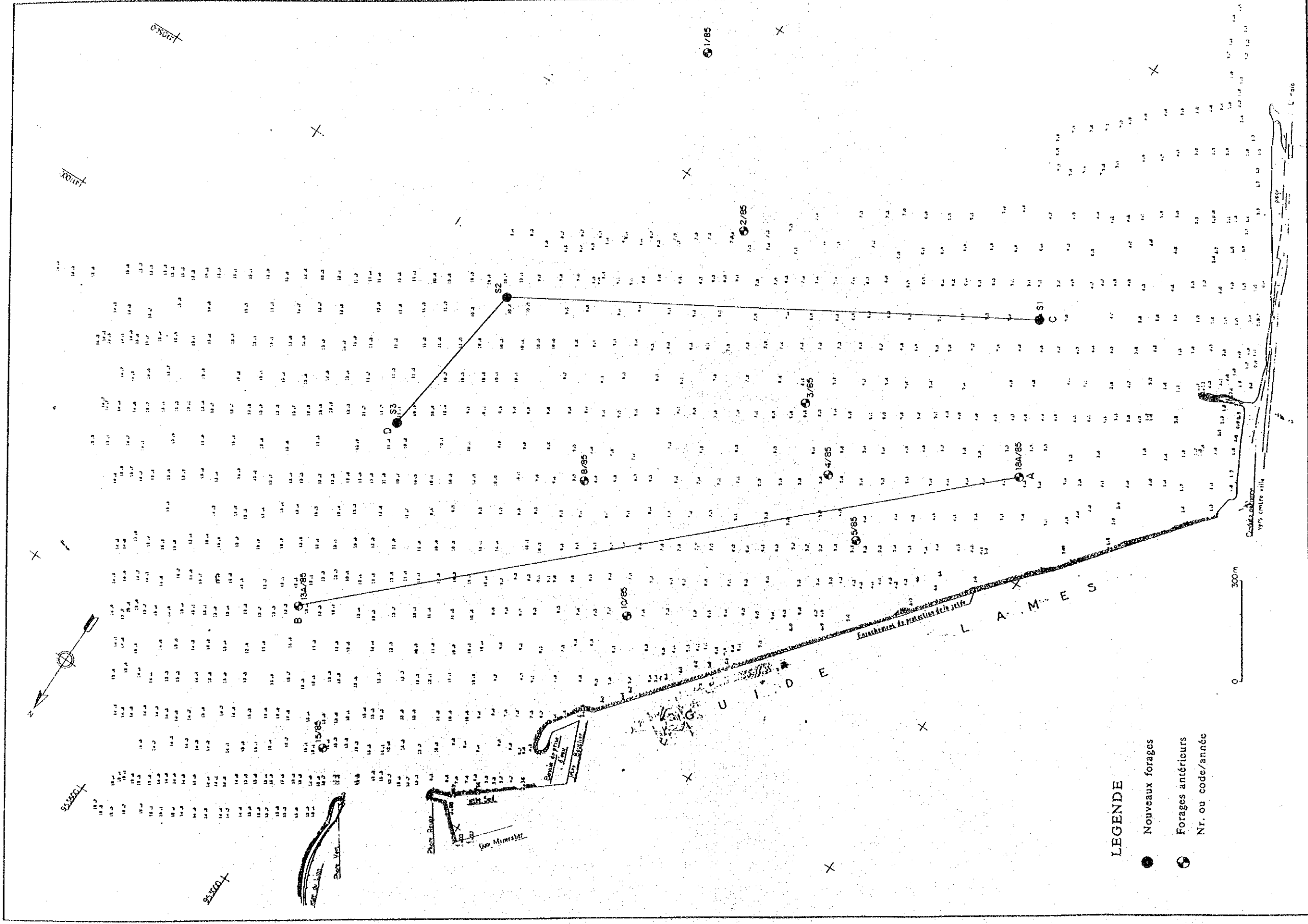


Fig. 2.4.15 Port d'Annaba: Emplacement des forages et des coupes géologiques

Une plaine alluviale, 20 km de large, s'étend à l'est d'Annaba, le long de la baie. Cette plaine est orientée NE-SW entre les montagnes de Seraidi au NW et celle de Medjerda au SE. Parmi les nombreux cours d'eau qui descendent de ces montagnes, l'Oued Seybouse est un des plus importants. A l'origine la rivière débouchait dans le port lui-même, mais son cours a été dévié de 500 m vers le sud, à sa position actuelle.

Le port d'Annaba est situé au SE de la ville. Il est délimité par un brise-lames (environ 3 km de long) au SE et par la "Jetée du Lion" au NE.

Dans la zone du port et vers l'est, le fond marin de la baie d'Annaba est légèrement incliné de 0.4 degrés vers le large. A partir de la jetée vers le nord, de coté ouest de la baie, le fond marin est plus incliné, ayant une pente de 2.3 degrés.

La profondeur de l'eau au niveau de la jetée est de 14 m, et de 20 m à 400 m au nord de la jetée.

La chaîne de montagnes du Cap de Garde au Seraidi se compose des roches du Paléozoïque: gneiss, schiste et marbre. Tous ses roches sont fortement déformées. Surtout les schistes sont plissés plusieurs fois et foliés. La matière provenant de l'érosion et l'altération du massif schisteux a été resédimentée dans la mer sous forme de sable ou limon, riche en mica.

Sous la plaine alluviale qui longe la baie d'Annaba se trouvent les sédiments calcaires du Pliocène.

(2) Géologie du sous-sol marin dans la zone d'étude

La zone d'étude se situe au SE du brise-lames est, en dehors du port d'Annaba.

Trois forages, S1 à S3, ont été réalisés, comme représenté sur la figure 2.4.15. Les logs des forages sont illustrés par les figures 2.4.16, 2.4.17 et 2.4.18.

Le socle dans cette zone se compose de gneiss et de schiste. Ces roches affleurent juste derrière le port, dans la ville même. Le toit du gneiss est incliné vers le SE. Ceci explique le fait qu'à l'intérieur du port, sous le bassin

"La Petite Darse" le socle se trouve à -8 m du fond marin, et à -26 m au niveau du brise-lames. En rassemblant les données de forages antérieurs, la topographie du toit du socle est la suivante. Sous le bassin le toit est incliné faiblement de 1.5 degrés jusqu'au niveau du brise-lames, en formant une terrasse. A partir du brise lames cette "terrasse" s'étrécit: elle continue seulement de l'extrémité du brise-lames, vers le SE (le gneiss a été rencontré à -45 m en S10/85, près du brise-lames, et en S3). Dans la zone encadrée par cette terrasse, le brise-lames et la côte, le socle n'a pas été rencontré, même dans les forages profonds de 60 m. Il est probable que le toit du gneiss est incliné de 6 degrés, en direction de la plaine d'Annaba. La structure du toit du gneiss est probablement le résultat de l'érosion par les vagues.

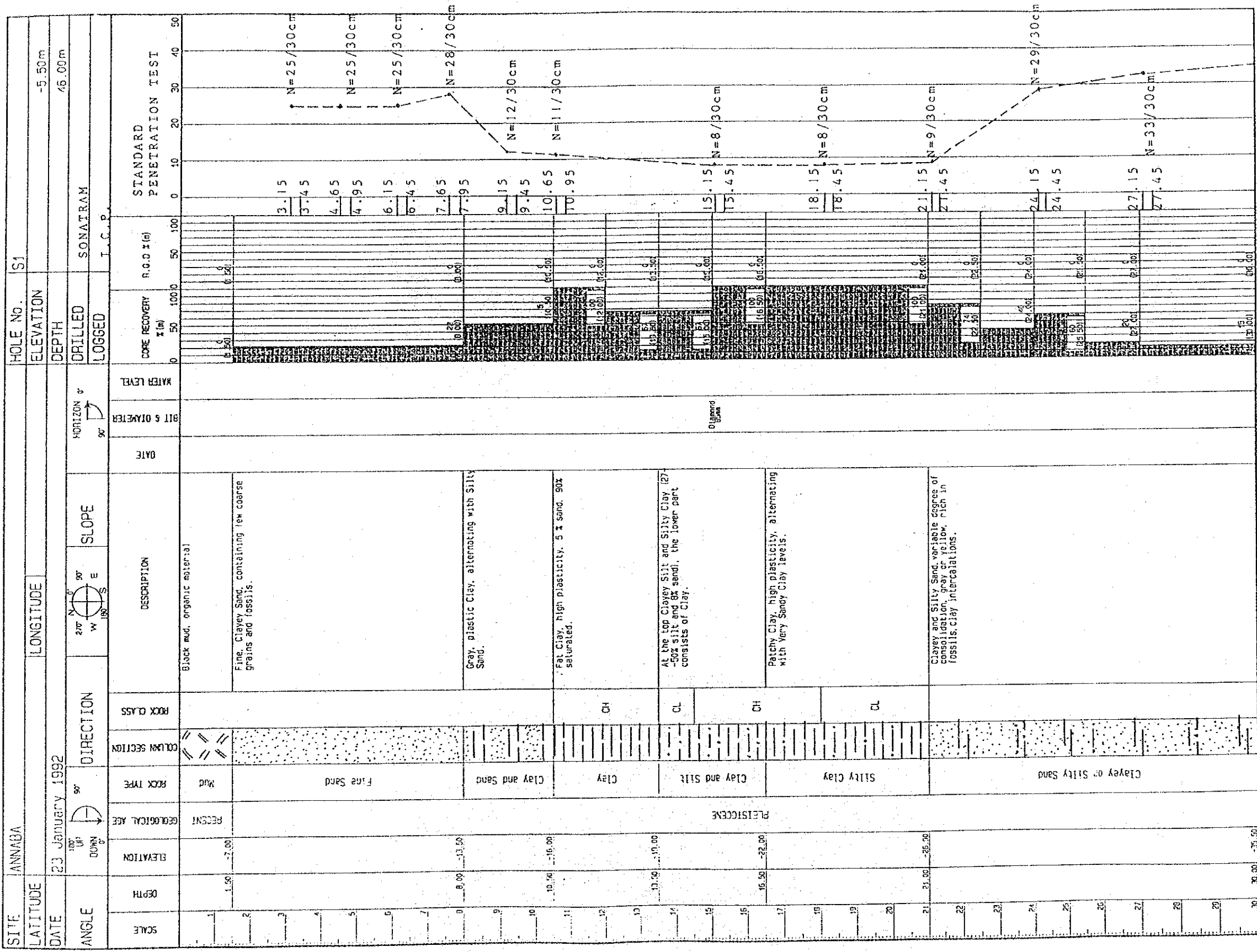
Les dépôts du Quaternaire se trouvent directement sur le gneiss. Ils forment l'ensemble de la couverture sédimentaire dans la zone d'étude. Ces dépôts sont très semblables aux alluvions de la plaine d'Annaba, mais ils sont riches en coquillages marins. Ils ont été déposés à l'endroit où la rivière débouchait dans la mer. L'épaisseur de la couverture sédimentaire est supérieure à 60 m (forage S18A/85) dans la zone des eaux peu profondes et de 20 à 30 m, près de la jetée.

La couverture sédimentaire se compose des six couches suivantes:

- Couche supérieure (a); vase et/ou sable noire, riche en matière organique, épaisseur entre 1.5 et 2 m;
- Couche (b): sable argileux et graveleux, plus ou moins consolidé, épaisseur entre 0 et 8.5 m;
- Couche (c): argile et argile sableuse avec des intercalations de sable et sable argileux, molle à ferme, épaisseur 12-14 m;
- Couche (d): sable consolidé, un niveau de sable à "nodules" (concrétions ferrugineuses: ce niveau n'est pas toujours présent) et grès tendre, épaisseur 6-12 m;
- Couche (e): argile ferme, avec des lentilles de sable, épaisseur de 12 m ou plus (forages S1 à S3);
- Couche (f): blocs, graviers et sable représentant les alluvions déposées dans un ancien lit de rivière, l'extension latérale de cette couche est limitée.

Log de Forage

SHEET NO.1 OF 2



R.O.D. is Rock Quality Designation, R.O.D.= (total length of cylindrical cores longer than 10 cm) / (Total drill length) x 100%
 SLUGGEON VALUE is 1/min/m under injection water pressure of 10kg/cm²
 DEPTH and ELEVATION are in meter
 DIAMETER is in millimeter

Fig. 2.4.16 Log de forae-Annaba S1 (Feuilles 1 et 2)

NIPPON KOEI CO., LTD.,
 CONSULTING ENGINEERS, TOKYO

Log de Forage

SHEET NO.2 OF 2

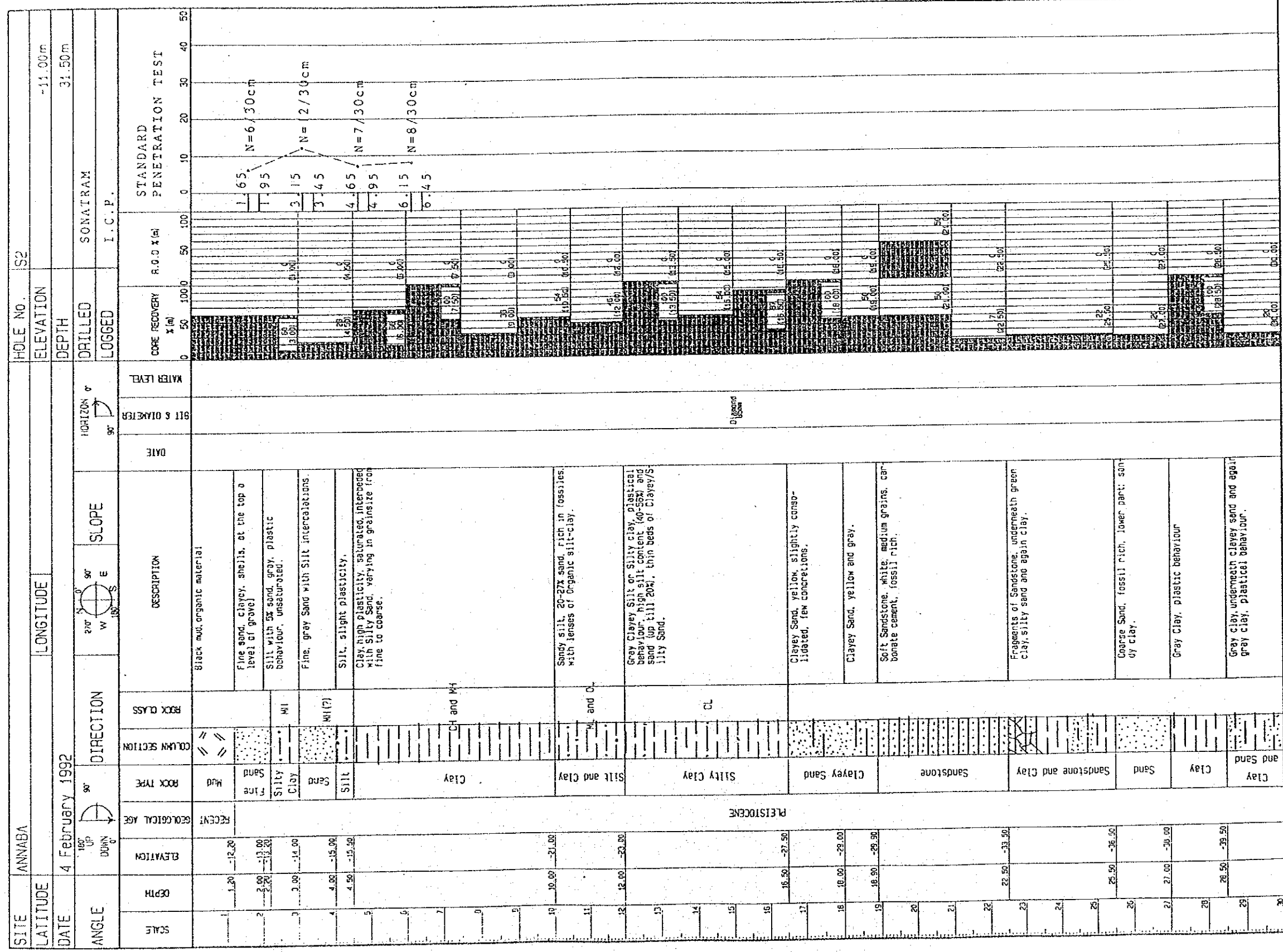
SITE		ANNABA		LONGITUDE		HOLE No. S1		ELEVATION	
LATITUDE								-5.50m	
DATE		23 January 1992		DIRECTION		DRILLED		DEPTH	
ANGLE		90°		ROCK TYPE		SONATRAM		46.00m	
SCALE		100 UP DOWN 0		ROCK CLASS		LOGGED		I. C. P.	
DEPTH		ELEVATION		DESCRIPTION		WATER LEVEL		STANDARD PENETRATION TEST	
31						BIT & DIAMETER		CORE RECOVERY	
32						DATE		R.O.D x (m)	
33		-33.50		Yellow sand, consolidated with iron concretions, diameter 2-3 mm, clayey.				0 50 100 0 50 100	
34		-34.50		Fragments of sandstone cemented by carbon-ate, rich in fossils, intercalations of clayey sands.				30.15 N=35/30cm	
35		-40.00		Gray Clay, few sand, high plasticity.				30.45 N=42/30cm	
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
46		-51.50							
47									
48									
49									
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
59									
60									

R.O.D is Rock Quality Designation, R.O.D=(Total length of cylindrical cores longer than 10 cm)/(total drill length) x 100%
 ALUCCON VALUE is 1/min/m under injection water pressure of 10kg/cm²
 X DEPTH and ELEVATION are in meter
 X DIAMETER is in millimeter

NIPPON KOEI CO., LTD.,
CONSULTING ENGINEERS, TOKYO

Log de Forage

SHEET NO. 1 OF 2



R.O.D. is Rock Quality Designation, R.G.D.=(Total length of cylindrical cores longer than 10 cm)/(Total drill length) x 100%
 NIPPON KOEI CO., LTD.,
 CONSULTING ENGINEERS, TOKYO

Fig. 2.4.17 Log de forage - Annaba S2 (Feuilles 1 et 2)

Log de Forage

SHEET NO.2 OF 2

SITE		ANNABA		HOLE No.		S2					
LATITUDE		LONGITUDE		ELEVATION		-11.00m					
DATE		4 February 1992		DEPTH		31.50m					
ANGLE	90° UP 0° DOWN	DIRECTION	90°	SLOPE	HORIZON 90°	DRILLED					
						LOGGED					
SCALE	DEPTH	ELEVATION	90°	ROCK TYPE	ROCK CLASS	DESCRIPTION	DATE	BIT & DIAMETER	WATER LEVEL	CORE RECOVERY R.O.D x (g)	
										0	50
31	31.50	-42.50		Clay and Sand				0.50m		0	0
32										50	50
33										100	100
34										150	150
35										200	200
36										250	250
37										300	300
38										350	350
39										400	400
40										450	450
41										500	500
42										550	550
43										600	600
44										650	650
45										700	700
46										750	750
47										800	800
48										850	850
49										900	900
50										950	950
51										1000	1000
52										1050	1050
53										1100	1100
54										1150	1150
55										1200	1200
56										1250	1250
57										1300	1300
58										1350	1350
59										1400	1400
60										1450	1450
61										1500	1500

R.O.D is Rock Quality Designation. R.O.D = (total length of cylindrical cores longer than 10 cm / total drill length) x 100%
 MUDGON VALUE is 1/min/m under injection water pressure of 10kg/cm²
 *DEPTH and ELEVATION are in meter
 *DIAMETER is in millimeter

NIPPON KOEI CO., LTD.,
 CONSULTING ENGINEERS, TOKYO

Log de Forage

SHEET NO. 1 OF 2

SITE		ANNABA		HOLE No. S3		ELEVATION		-19.10m	
LATITUDE		LONGITUDE		DEPTH		37.00m		SONATRAM	
DATE		6 February 1992		DRILLED		I.C.P.		LOGGED	
ANGLE		DIRECTION		SLOPE		HORIZON		90°	
SCALE		ROCK TYPE		ROCK CLASS		DESCRIPTION		DATE	
DEPTH		RECENT GEOLOGICAL AGE		ROCK TYPE		DESCRIPTION		DATE	
SCALE		ROCK TYPE		ROCK CLASS		DESCRIPTION		DATE	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									

xR.O.D is Rock Quality Designation, R.O.D= (total length of cylindrical cores longer than 10 cm / Total grill length) x 100%
 xLOGEON VALUE is 1/min/m under injection water pressure of 10kg/cm2
 xDEPTH and ELEVATION are in meter
 xDIAMETER is in millimeter

NIPPON KOEI CO., LTD.,
 CONSULTING ENGINEERS, TOKYO

Fig. 2.4.18 Log de forage - Annaba S3 (Feuilles 1 et 2)

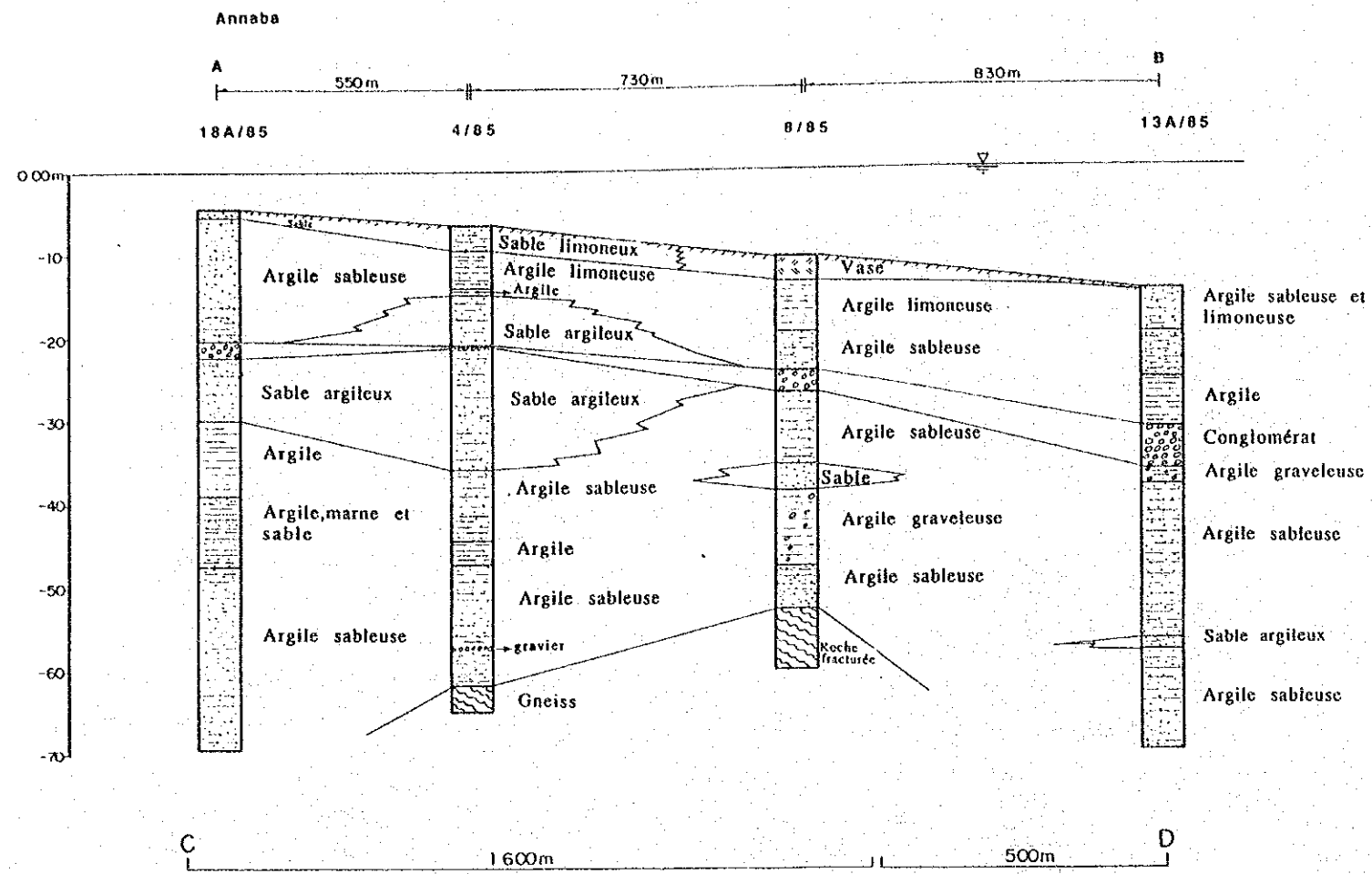
Log de Forage

SHEET NO.2 OF 2

SITE		ANNABA		HOLE NO.		S3	
LATITUDE		LONGITUDE		ELEVATION		-10.10m	
DATE		8 February 1992		DEPTH		37.00m	
ANGLE		DIRECTION		DRILLED		SONATRAM	
ELEVATION		ROCK TYPE		LOGGED		I.C.P.	
DEPTH		ROCK CLASS		WATER LEVEL		CORE RECOVERY % (m)	
SCALE		DESCRIPTION		BIT & DIAMETER		R.O.D. ± (m)	
		Silty/Gravelly Clay		90°		0 50 100 0 50 100	
		Marble fragments.		90°		34 33.00 01.00	
		Gneiss, with cm-size quartz porphyroblasts. foliated.		90°		35 34.00 01.00	
				90°		36 35.00 01.00	
				90°		37 36.00 01.00	
				90°		38 37.00 01.00	
				90°		39 38.00 01.00	
				90°		40 39.00 01.00	
				90°		41 40.00 01.00	
				90°		42 41.00 01.00	
				90°		43 42.00 01.00	
				90°		44 43.00 01.00	
				90°		45 44.00 01.00	
				90°		46 45.00 01.00	
				90°		47 46.00 01.00	
				90°		48 47.00 01.00	
				90°		49 48.00 01.00	
				90°		50 49.00 01.00	
				90°		51 50.00 01.00	
				90°		52 51.00 01.00	
				90°		53 52.00 01.00	
				90°		54 53.00 01.00	
				90°		55 54.00 01.00	
				90°		56 55.00 01.00	
				90°		57 56.00 01.00	
				90°		58 57.00 01.00	
				90°		59 58.00 01.00	
				90°		60 59.00 01.00	

R.O.D. is Rock Quality Designation, R.O.D. (Total length of cylindrical cores longer than 10 cm / (Total drill length) x 100%
 X LOGSON VALUE is 1/min/m under injection water pressure of 10kg/cm2
 X DEPTH and ELEVATION are in meter
 X DIAMETER is in millimeter

NIPPON KOEI CO., LTD.,
 CONSULTING ENGINEERS, TOKYO



LEGENDE

- Béton
 - Sable et gravier
 - Blocs
 - Sable
 - Vase
 - Sable avec "nodules"
 - Limon
 - Argile
 - Gravier ou conglomérat
 - Grès
 - Sable marneux
 - Marne
 - Calcaire
 - Dépot hétérogène de blocs, sable et argile
 - Fond marin
 - N= valeur SPT
 - Fossilles
- Remblais
- Molasse
- Marbre
- Gneiss

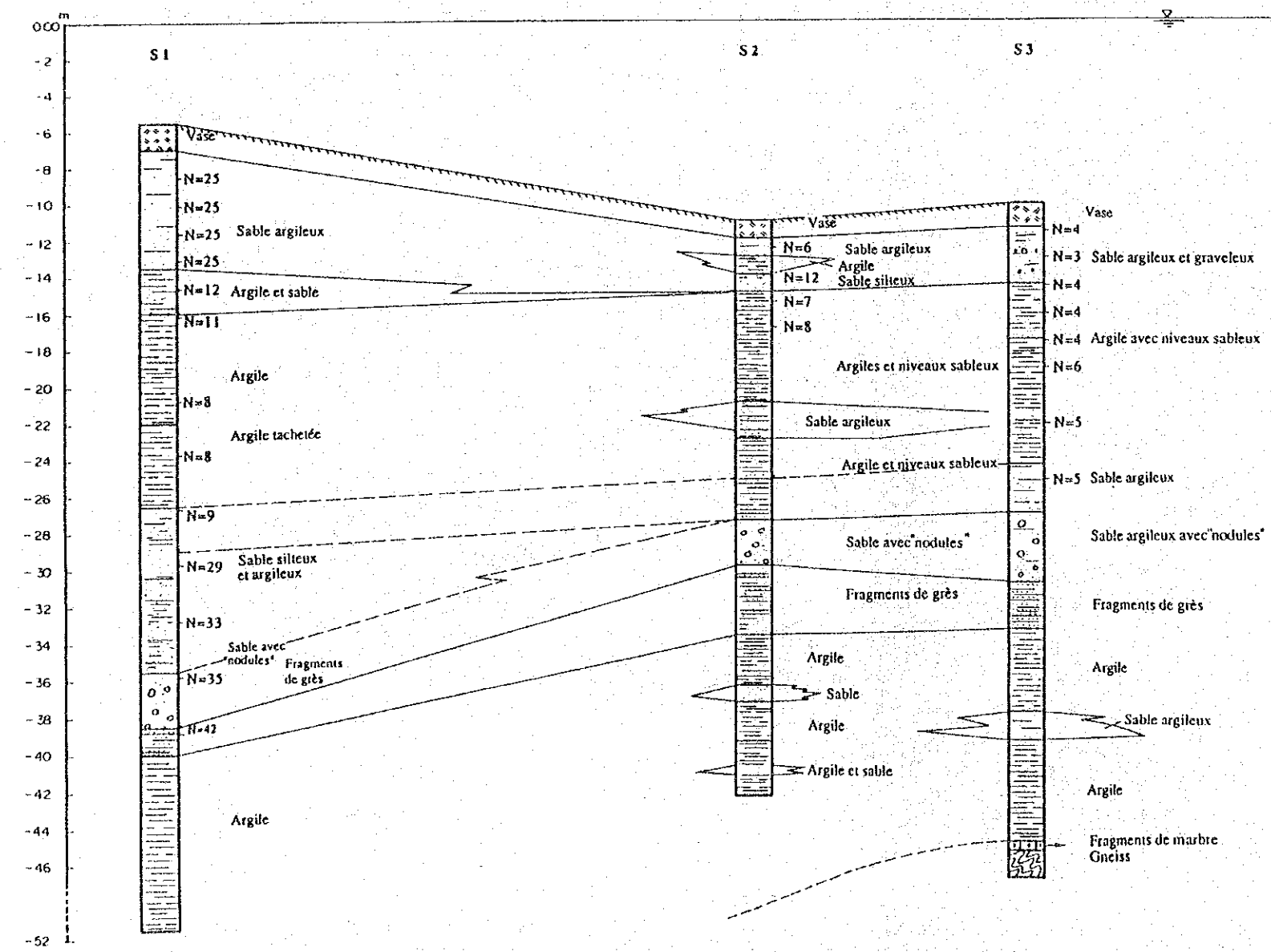


Fig. 2.4.19 Coupes géologiques du port d'Annaba

Tableau 2.4.8 Résultats des essais physiques en laboratoire, échantillons d'Annaba

Annaba - forage S1							
Profondeur échantillonnage (m)	10.5-10.9	11.5-11.9	13.1-13.4	14.0-14.3	15.8-16.2	16.8-17.2	20.1-20.45
Nature du sol	Limon avec 6% sable	Argile très plastique	Argile très plastique, 5% sable	Argile, plasticité moyenne	Argile très plastique	Argile très plastique	Argile très sableuse
Classe USCS	MH	CH	CH	CL	CH	CH	CL
Granulométrie(%)< 2mm	98.5	99.5	99	98	99	99	99
Teneur en eau%	32.3	44.3	47.2	39.6	41.9	39.1	30.4
Dry density T/m3	1.42	1.17	1.15	1.27	1.26	1.28	1.44
Wet density T/m3	1.88	1.69	1.705	1.785	1.805	1.795	1.885
Degré de saturation (%)	96.9	91.5	94.5	95	99	95	93.6
Limite liquidité	51.2	68.5	65.1	40.8	62	56	46.8
Plasticity Index	21.5	40.2	39.5	21.1	37.7	34.4	27.5

Annaba - forage S2							
Profondeur échantillonnage (m)	2.2-2.8	5.1-5.5	6.9-7.3	10.10-10.5	11.2-11.8	13.05-13.5	15.8-16.2
Nature du sol	Limon avec 5% sable	Argile très plastique	Limon avec 6% sable	Limon sableux (20% sable)	Limon-argile organique (27% sand)	Argile avec 9% sable	Argile sableuse (21% sable)
Classe USCS	MH	CH	MH	ML	OL	CL	CL
Granulométrie(%)<2mm	100	100	100	83.5	77.5	99	82
Teneur en eau%	46.3	45.4	34.9	32.2	27.1	28.2	25.4
Dry density T/m3	1.21	1.22	1.325	1.435	1.54	1.5	1.52
Wet density T/m3	1.77	1.775	1.78	1.895	1.96	1.92	1.9
Degré de saturation (%)	100	100	90.8	97.8	97.8	95.2	89
Limite liquidité	61.5	60.5	61.5	48.5	38	48.5	33
Plasticity Index	29.2	29.2	31.8	21.4	11.9	24.5	15.3

Annaba - forage S3				
Profondeur échantillonnage (m)	12.7-13.1	16.2-16.7	18.4-18.7	32.2-32.5
Nature du sol	Argile avec 9% sable	Argile moyenne plast., 8% sable	Limon/argile sableuse 23% sable	Argile moy. plast., 10% sable
Classe USCS	CH	CL	ML/CL	CL
Degré de saturation (%)	99	99	81	94.5
Limite liquidité	52.5	49	43.5	44
Plasticity Index	24.27	23.19	17.16	24.38

Tableau 2.4.9 Résultats des essais mécaniques en laboratoire pour Annaba

Site	Profondeur (m)	Essais à l'oedometre		Pression de consolidation	Essais de cisaillement	
		Coeff. de tassement	Coeff. de gonflement		Cohésion (kg/cm ²)	Angle frottement ϕ
Annaba S1	10.5-10.9	0.3	0.05	1.1	0.11	3
	14.0-14.3	0.44	0.01	0.7	0.05	4
	16.8-17.2	0.362	0.092	1.02	0.2	22.5
	20.1-20.45	0.189	0.094	1.9	0.55	16
Annaba S2	5.1-5.5				0.45	1.5
	11.2-11.8	0.163	0.014	1.7	0.25	1.5
	15.8-16.2	0.244	0.052	0.77	0.15	15

Tableau 2.4.10 Résultats de l'essai de pénétration standard pour Annaba

Location	Depth	Lithologie	Nr.of blows per	N-value	Cohesion (ton/m ²)	Friction angle ϕ (degrees)	
Annaba S1	3 m	sable argileux	10/10/15	25	0	32	
	4.5 m	sable argileux	10/11/14	25	0	32	
	6 m	sable argileux	12/12/13	25	0	32	
	7.5 m	sable argileux	12/13/15	28	0	33	
	9 m	argile sableux	4/6/6.	12			
	10.5 m	argile	4/4/7.	11	7	0	
	15 m	argile	2/3/5.	8	5	0	
	18 m	argile	3/3/5.	8	5	0	
	21 m	sable argileux	2/3/6.	9	5	0	
	24 m	sable argileux	13/14/15	29	0	33	
Annaba S2	3 m	sable argileux	10/15/18.	33	0	34	
	6 m	frag. de grès	15/15/20	35	0	35	
	9 m	frag. de grès	11/20/22.	42	0	0	
	1.5 m	sable argileux	2/2/4.	6	0	23	
	3 m	sable arileux	2/5/7.	12	0	27	
	4.5 m	argile	2/3/4.	7	4	0	
	6 m	argile	3/3/5.	8	5	0	
	Annaba S3	1.5 m	sable fin	2/2/2.	4	0	22
		3 m	sable fin	1/1/2	3	0	21
		4.5 m	argile	1/2/2.	4	2	0
6 m		argile	2/2/2.	4	2	0	
7.5 m		argile	2/2/2.	4	2	0	
9 m		argile	3/4/2.	6	2	0	
12 m		argile	2/3/2.	5	2	0	
15 m	sable argileux	3/2/3.	5	0	23		

Comme il a été déjà mentionné dans un rapport antérieur (1985), les preuves de l'existence d'une faille manquent et non pas été trouvées pendant la présente étude. Les sédiments Quaternaires semblent colmater et couvrir la topographie du socle Paléozoïque. Ceci explique leur variation d'épaisseur.

(3) Conditions géotechniques

Les résultats de la campagne de forages sont illustrés par la coupe géologique CD de la figure 2.4.19. La coupe AB de la même figure, est basée sur les données d'une étude antérieure (1985). Les positions des forages sont indiquées dans la figure 2.4.15. Les deux coupes géologiques sont parallèles au bris-lames. Elles démontrent que la profondeur du socle diminue à partir de la côte (plus que 60 m de profondeur) vers la jetée (45 m de profondeur).

Le tableau 2.4.8 présente les résultats des essais d'identification en laboratoire, pour tous les échantillons. Le sol a été déterminé comme un sol MH ou ML jusqu'à la profondeur de 11 m, avec des intercalations d'argile CH entre 5 et 6 m. Plus bas le sol est une argile CH ou CL, ceci dépendant de la teneur en sable. La granulométrie de presque tous les échantillons correspond au limon et argile. La limite de liquidité est élevée et la plasticité va de moyenne à très haute. La plupart des échantillons sont saturés (95%).

Le tableau 2.4.10 montre les résultats des essais SPT. Dans le forage S1 une couche de sable a été rencontrée entre 0 et 8 m et plus bas que 24 m. La valeur N étant de 25 coups, la force portante admissible, calculée avec la formule de Terzaghi devrait être de 5 t/m². D'après les essais SPT et les essais de cisaillement (tableau 2.4.9) le sol rencontré dans les forages S2 et S3 se comporte comme une argile molle au moins jusqu'à la profondeur de 16 m.

Les essais de consolidation effectués à Annaba montre que le sous-sol n'est pas consolidé, la pression de consolidation étant basse (1 kg/cm²). Le coefficient de tassement est plus élevé qu'à Alger ou Oran (0.2-0.4) ce qui veut dire que le sol est encore compressible.

La faiblesse de la couche de fondation à Annaba nécessite un traitement adéquat, comme des pieux flottants, pieux de sable ou la construction d'une