

10289

## TABLE DES MATIERES

Organisation pour la Mise en Valeur  
du Fleuve Sénégal (OMVS)  
Haut Commissariat  
Centre Régional de Documentation  
Saint-Louis

Table des matières  
Liste des tableaux  
Liste des planches  
Sommaire

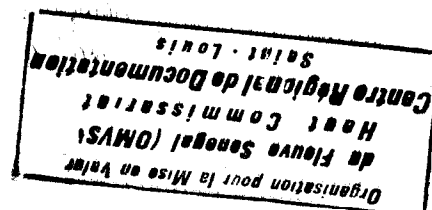
	<u>Page</u>
1. INTRODUCTION	1
2. DESCRIPTION GENERALE DE LA REGION DE KAYES	2
3. APERCU DE LA GEOLOGIE REGIONALE	4
4. METHODES DE RECONNAISSANCE	6
4.1 Travaux de chantier	6
4.2 Arpentage	10
4.3 Travaux de laboratoire	11
5. DESCRIPTION ET PROPRIETES DES TERRAINS	13
5.1 Silt	14
5.2 Sable	16
5.3 Socle rocheux	17
5.4 Eau souterraine	20
6. RECOMMANDATIONS GEOTECHNIQUES	26
6.1 Structures de quai	26
6.2 Capacité portante admissible sur le terrain naturel	28
6.3 Mise en place du remblai	28
6.4 Routes et aires de manutention	29
6.5 Voies ferrées	31
7. PERSONNEL	33

Annexe A

Sondages et essais de laboratoire

A-1 à A-64

10282



LISTE DES TABLEAUX

TABLEAUX

	Page
1. Liste des sondages	7
2. Limites d'Atterberg du silt argileux	15
3. Résistance en compression uniaxiale de la roche	20
4. Elévations des quais, des bâtiments et du fleuve régularisé	26
5. Epaisseurs de chaussée pour les routes et les aires de manutention	30

## LISTE DES PLANCHES

### PLANCHES

	<u>Page</u>
2.1. Zones climatiques du Mali	3
4.1. Localisation des sondages, Port de Kayes	12
5.1. Coupes stratigraphiques de synthèse A et B, Port de Kayes	21
5.2. Coupes stratigraphiques de synthèse C à J, Port de Kayes	22
5.3. Fuseau granulométrique de la formation de silt	23
5.4. Courbes granulométriques de la formation de sable	24
5.5. Abaque de plasticité	25

## SOMMAIRE

Les terrains de fondation au site du futur port fluvial de Kayes sont composés principalement de silt sableux reposant sur le socle rocheux. Le niveau de ce dernier varie légèrement. Le plus souvent, le sommet du socle rocheux se situe entre les élévations +17,5 et +19,8 m particulièrement dans la partie aval du site. Dans la partie amont, le sommet du substratum rocheux varie entre les cotes +14,0 et +21,0 m. Le socle rocheux composé de diverses roches volcaniques ou métavolcaniques conviendra comme assise à une structure de quai du type mur de béton armé avec contreforts, ou mur poids. La compacité des sols silto-sableux sur la terrasse assurera une capacité portante admissible de 120 kPa.

## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre de l'étude d'exécution des ports et escales du fleuve Sénégal réalisée pour le compte de l'O.M.V.S. et suivant la convention intervenue entre le Bureau d'Etudes Beauchemin Beaton Lapointe-Swan Wooster et Terratech, nous avons procédé à la reconnaissance géotechnique des terrains de fondation sur le site du port fluvial projeté de Kayes en République du Mali.

Le but de cette reconnaissance est de déterminer la nature et les propriétés physiques et mécaniques des sols et des roches de fondation présents au droit des ouvrages projetés.

Le présent rapport contient l'ensemble des résultats des travaux de reconnaissance et de laboratoire ainsi que nos recommandations géotechniques utiles pour la conception et la construction des ouvrages projetés.

## 2. DESCRIPTION GENERALE DE LA REGION DE KAYES

La ville de Kayes, chef-lieu de Région et centre ferroviaire important du Mali, est située à 100 km à l'est de la frontière sénégalaise par 14°27' latitude nord et 11°26' longitude ouest. Elle s'étend en rive gauche du fleuve Sénégal sur environ 5 km.

La ville de Kayes est située exactement sur la ligne théorique qui, passant par cette localité et Mopti, partage en deux zones climatiques le Mali méridional (cf planche 2.1).

Au nord de cette ligne et jusqu'au parallèle tangent à Tombouctou s'étend le climat sahélien, tropical aride et au sud, le climat soudanien, tropical humide. La végétation est surtout de type savane avec quelques arbres et arbustes. La région de Kayes connaît en principe chaque année, une saison des pluies de juin à septembre et une saison sèche d'octobre à mai.

La région nord de Kayes offre un relief généralement plat tandis que la région sud est dominée par une série de plateaux dont l'altitude varie de 250 à 370 m.

Dans le lit du fleuve Sénégal, des pointements rocheux apparaissent plus nombreux lorsque la décrue s'amorce et les rend visibles. Une barre rocheuse sur laquelle est aménagée la chaussée submersible reliant les deux rives, traverse le fleuve en amont du site portuaire projeté.

### 3. APERCU DE LA GEOLOGIE REGIONALE

Les assises rocheuses de la région de Kayes appartiennent au craton ouest-africain.

Ce sont principalement des formations à dominance gréseuse du Précambrien ainsi que des dolomies et grauwackes du Cambrien. A l'intérieur de ces formations se sont développés des complexes granitiques qui couvrent de grandes superficies dans la région au nord de Kayes.

Egalement, des phénomènes volcaniques ont donné naissance à des roches telles que: basaltes, dolérites, tufs, brèches et autres qui ont été généralement métamorphisées.

L'âge de ces roches est mal connu. Il semble que leur mise en place ait débuté dès le Précambrien et se soit poursuivie principalement entre le Permien et le Jurassique.

Ces roches volcaniques forment la totalité des affleurements observés dans le fleuve Sénégal à proximité du site portuaire.

Durant la dernière régression marine du Quaternaire moyen, le climat devint de plus en plus aride permettant la formation des vastes ergs de l'Ogolien dans la basse vallée du Sénégal. Ces conditions endoréiques favorisèrent le dépôt de part et d'autre du fleuve, d'une terrasse silto-sableuse pouvant atteindre 15 m d'épaisseur et plusieurs kilomètres de largeur aux environs de Kayes.

Au cours du Quaternaire récent, le fleuve Sènégal a déposé des alluvions plus ou moins fines selon le régime hydraulique qui prévalait.



#### 4. METHODES DE RECONNAISSANCE

Les travaux de sondages nécessaires à la reconnaissance géotechnique des terrains de fondation ont été réalisés durant la saison sèche, du 5 au 23 avril 1983.

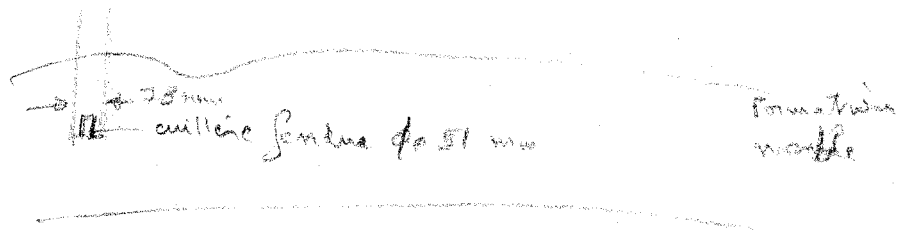
Ces travaux ont été effectués par une équipe de Terratech conformément au cahier des charges et selon les moyens d'exécution soumis au Bureau d'Etudes le 15 décembre 1982.

Ces travaux de sondages ont concerné une bande de terrain rectangulaire sur la rive gauche du fleuve Sénégal, de 250 par 3000 m immédiatement à l'aval de la ville de Kayes. (soit 75 hectares)

##### 4.1. Travaux de chantier

L'emplacement des sondages est montré sur la planche 4.1 jointe à la fin de ce chapitre.

Le tableau 1 ci-après indique le type de sondage réalisé et présente la liste des coordonnées x, y, z des sondages.



#### 4.1.1. Forages carottés

Nous avons exécuté 33 forages carottés sur l'ensemble du site portuaire de Kayes. Ces forages atteignant des profondeurs comprises entre 4,23 et 11,89 m ont totalisé une longueur de forage carotté de 223,83 m.

Une foreuse BBS-1 a été utilisée pour réaliser ces forages. La retenue provisoire des formations meubles traversées au forage était réalisée au moyen d'un tubage de calibre BW de 73 mm de diamètre extérieur, descendu par battage. Une tige de lavage était ensuite descendue dans le tubage pour nettoyer ce dernier du sol inclus jusqu'à la cote prévue pour l'échantillonnage.

Les échantillons de sols ont été prélevés à des intervalles compris entre 0,5 et 2,0 m. Le prélèvement d'échantillons a été fait au moyen de la cuillère fendue de 51 mm de diamètre extérieur, battue en fond de forage. Le système de battage utilisé était constitué d'un marteau de 63,5 kg tombant librement d'une hauteur de 76 cm. Le nombre de coups requis pour l'enfoncement de chaque 15 cm était noté pour la détermination de l'indice N de l'essai de pénétration standard (SPT).

Les forages KY-1 à KY-13 localisés sur la ligne du quai proposé ont été implantés jusqu'à des élévations comprises entre +31 et +13 m; les forages KY-14 à KY-23, implantés 60 m au sud et parallèles à la ligne de quai, traversent les élévations comprises entre +32 et +23,5 m et les forages KY-24 à KY-33, implantés environ 230 m au sud et parallèles à la ligne de quai, couvrent les élévations entre +32 et +21 m.

Les forages identifiés KY-3 à KY-13, situés en bordure du fleuve, ont intercepté le socle rocheux entre 3,1 et 10,5 m de profondeur et l'ont pénétré sur des épaisseurs variant de 0,6 à 2,3 m. Le carottage du socle rocheux a été réalisé à l'aide d'un carottier à diamants de calibre BX, de 59,6 mm de diamètre extérieur et donnant une carotte de 42 mm de diamètre.

#### 4.1.2. Sondages au pénétromètre

Sept (7) sondages au pénétromètre dynamique ont été exécutés de façon à établir le profil du socle rocheux sur la ligne du quai entre les forages KY-3 et KY-10.

Deux (2) autres ont été faits à partir de 6 m de profondeur, à la fin des forages KY-14 et KY-15.

Tous ont atteint le refus probablement sur le socle rocheux à des profondeurs comprises entre 1,95 et 12,30 m mesurées à partir de la surface du terrain naturel.

Le système de battage était le même que celui utilisé pour l'essai de pénétration standard (SPT). La section de la pointe conique était de  $15,2 \text{ cm}^2$  avec un angle en pointe de  $60^\circ$ .

#### 4.2. Arpentage

Le relevé des points de sondage sur le terrain, le calcul de leurs coordonnées x et y ainsi que le nivellement du terrain naturel ont été effectués par le personnel topographe du Bureau d'Etudes Beauchemin Beaton Lapointe-Swan Wooster.

Toutes les coordonnées dans le présent rapport sont indiquées dans le système de coordonnées M.T.U. et toutes les élévations se réfèrent au niveau de base IGN.

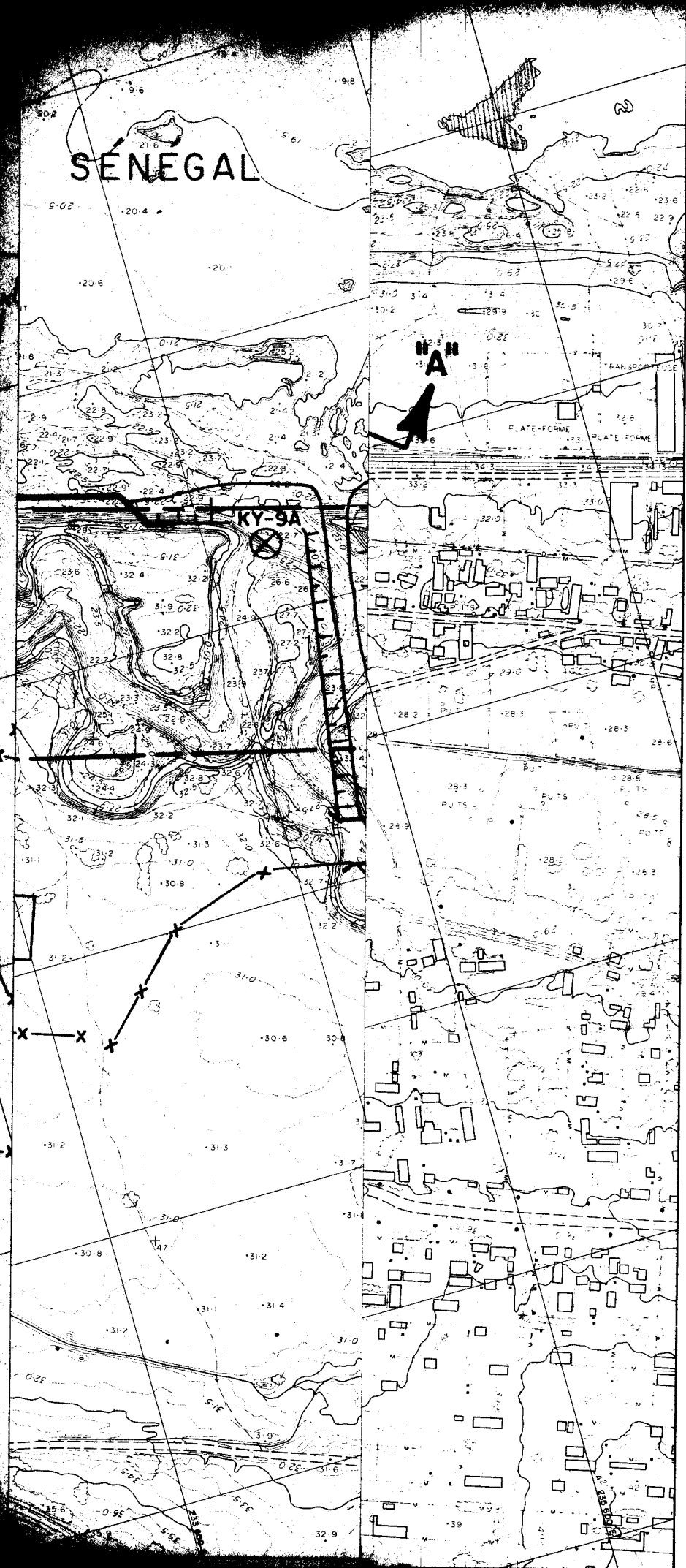
*altitudes.*

#### 4.3. Travaux de laboratoire

Tous les échantillons prélevés en cours de forage ont été soumis à une identification visuelle et tactile sur le chantier. Ils ont ensuite été ramenés à notre base de Saint-Louis du Sénégal pour être finalement transportés à Montréal où ils sont arrivés le 13 juin 1983. Au laboratoire, nous avons exécuté sur certains de ces échantillons 34 essais de granulométrie par tamisage, 29 sédimentométries et 6 limites d'Atterberg.

*(limite de liquidité et plasticité)*

Les échantillons non utilisés pour fins d'analyse seront conservés à notre laboratoire à Montréal jusqu'en décembre 1984.



AGENCE CANADIENNE DE DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL (ACDI)  
 ORGANISATION POUR LA MISE EN VALEUR DU FLEUVE SÉNÉGAL (OMVS)

ÉTUDES DES PORTS ET ESCALES DU FLEUVE SÉNÉGAL  
 Préparé par

**Terratech**

Sous-traitant du groupe

Beauchemin Beaton Lapointe - Swan Wooster  
 (Entreprise en participation)

# LOCALISATION DES SONDAGES PORT DE KAYES

## 5. DESCRIPTION ET PROPRIETES DES TERRAINS

Le site proposé, situé sur la rive gauche du fleuve Sénégal immédiatement en aval de Kayes, est constitué d'une large terrasse qui possède une légère pente ascendante vers le sud. Au nord, le long de la rive du fleuve, la terrasse est délimitée par un escarpement de plus de 6 mètres.

Entre le bas de l'escarpement et le fleuve, se situe une terrasse inférieure relativement étroite, légèrement inclinée vers le fleuve et dont le niveau varie entre les élévations +24 et +21 m.

Des affleurements rocheux sont visibles à différents endroits dans le lit du fleuve. Sous la terrasse inférieure, le socle rocheux est recouvert de 3 à 10 m de terrain meuble et par plus de 12 m sous la terrasse supérieure.

Le sol des terrasses supérieure et inférieure est composé principalement de dépôts fluviatiles stratifiés dans lesquels prédominent le silt et le sable. Ces alluvions ont été déposées au milieu de la dernière période Quaternaire.

La séquence stratigraphique des sols de la terrasse inférieure est constituée d'un dépôt de sable au contact du socle rocheux suivi d'une formation de silt parfois sableux ou argileux. La formation de silt s'étend jusqu'au sommet de la terrasse supérieure.

Le présent chapitre décrit les sols et le socle rocheux ainsi que leurs propriétés géotechniques. La description des sols à chaque forage suivie des courbes granulométriques est présentée à l'annexe A. Les coupes stratigraphiques compilées à partir des rapports de forage, des résultats des essais de laboratoire et des observations effectuées sur le terrain, sont montrées aux planches 5.1 et 5.2 à la fin de ce chapitre.

### 5.1. Silt

Le sol prédominant sur le site portuaire est un dépôt silteux qui forme la couche de surface de 2,5 m d'épaisseur moyenne de la terrasse inférieure et d'environ 9 m de la terrasse supérieure. Le sol est généralement de coloration brune devenant parfois grise à la base du dépôt.

Cette formation silteuse se compose de stratifications de silt, de silt sableux et de silt argileux. L'enveloppe granulométrique de la planche 5.3 tracée à partir de 29 essais effectués sur des échantillons représentatifs, illustre bien les variations granulométriques de ce sol stratifié.

Les résultats des limites d'Atterberg faites sur des échantillons de silt argileux sont donnés au tableau 2 suivant et rapportés sur l'abaque de plasticité de la planche 5.5.

Tableau 2: Limites d'Atterberg du silt argileux

Légende:  $w_L$  = limite de liquidité (%)  
 $I_p$  = indice de plasticité (%)

Forage no	Elévation IGN (m)	$w_L$ (%)	$I_p$ (%)	Particules argileuses (%)	Activité
KY-15	27	33	14	34	0,41
KY-21	31	27	10	28	0,36
KY-21	29	27	11	18	0,61
KY-21	27	23	5	17	0,29
KY-23	31	28	10	-	-
KY-23	27	28	11	-	-

Ces résultats démontrent que les stratifications de silt argileux possèdent une plasticité généralement faible malgré une teneur relativement élevée en particules argileuses. On en déduit que la fraction argileuse est peu active comme le montre le rapport de l'indice de plasticité sur le pourcentage de particules argileuses compris entre 0,29 et 0,61 et en conséquence contient peu de minéraux argileux.

La compacité du sol de cette formation, telle que définie selon l'indice N de l'essai de pénétration standard (SPT), est lâche aux forages localisés sur la terrasse inférieure. Sur la terrasse supérieure, la compacité des sols silteux est



généralement moyenne sur toute l'étendue du site excepté entre les forages KY-18 et KY-22 où elle est lâche jusqu'à la profondeur de 1,5 m, également entre les forages KY-30 et KY-32 où elle devient lâche en-dessous des élévations +26 et +28 m respectivement et aux forages KY-14 et KY-15 où elle devient lâche entre les élévations +24,5 et +21,5 m.

## 5.2. Sable

La formation de sable a été repérée au contact du socle rocheux dans tous les forages carottés effectués le long de la ligne du quai proposé. Les forages indiquent que la couche de sable est à son épaisseur maximale de 6,5 m au forage KY-3 et s'amincit vers l'aval jusqu'à 0,5 m au forage KY-13. Le sable a été atteint dans les trois forages profonds de la terrasse supérieure (KY-11, KY-12 et KY-13) et sa présence est suggérée par les essais de pénétration effectués dans les forages KY-14 et KY-15 où on a identifié une couche compacte surmontant le niveau du refus. Cette formation de sable se situe entre les élévations extrêmes de +14,0 et +22,9 m.

La coloration du dépôt sableux varie du pâle au foncé de l'amont vers l'aval. Le sable est brun aux forages KY-3 à KY-5, brun et gris aux forages KY-6 à KY-9 et gris et noir aux forages KY-10 à KY-13.

Les courbes granulométriques de cinq échantillons types sont données à la planche 5.4. On constate que la granulométrie du sol est en prédominance celle d'un sable fin uniforme avec un peu de silt et de sable moyen à grossier et parfois des traces de gravier fin. Les teneurs en silt et surtout en sable moyen à grossier varient quelque peu d'un échantillon à l'autre mais dans l'ensemble demeurent faibles.

Le coefficient d'uniformité du sable oscille entre 2,7 et 4,3, valeurs caractéristiques d'un sable uniforme.

La compacité du sable est partout moyenne comme l'indiquent les valeurs de l'indice N de l'essai de pénétration standard (SPT) comprises le plus souvent entre 10 et 29.

### 5.3. Socle rocheux

Plusieurs types de roches ont été carottés sur le site. Il s'agit de différentes variétés de tuf, basalte, schiste chloritique et brèche. Des affleurements rocheux sont visibles à différents endroits dans le lit du fleuve approximativement à l'élévation +22 m.

Le long de la ligne du quai proposé, le niveau du substratum rocheux varie légèrement comme l'illustre la coupe stratigraphique A-A de la planche 5.1. Le plus souvent, le sommet du socle rocheux se situe entre les cotes +17,5 et +19,8 m aux sondages ce qui est particulièrement le cas dans la partie aval du site. Dans la partie amont, le sommet du socle rocheux est quelque peu plus variable. Ce dernier est à l'élévation +14,0 m au forage KY-3 et s'élève jusqu'à l'élévation +21,0 m au forage KY-6 puis descend à l'élévation de +16,4 m au forage KY-8.

Le socle rocheux a été carotté dans 11 forages et les résultats montrent qu'à 7 forages la roche est altérée à son sommet. Les 4 forages où la roche n'est pas altérée sont les forages KY-6, KY-7, KY-12 et KY-13. Aux autres forages, la profondeur de la zone d'altération varie de 0,15 à 1,55 m et est le plus souvent égale ou supérieure à 0,5 m. La profondeur d'altération à chaque forage est donnée aux rapports de forage de l'annexe A.

Dans la zone altérée, la roche offre un degré élevé d'altération comme l'indiquent les carottes et la facilité de réaliser des prélèvements à la cuillère fendue. Généralement, la roche très altérée se comporte au forage comme un sol granulaire dense.

Les paragraphes suivants décrivent les quatre types de roche rencontrés sur le site: le tuf, le basalte, la brèche basaltique et le schiste chloritique.

#### 5.3.1. Tuf volcanique

Repérée au forage KY-3, cette roche est composée de particules de la dimension d'un sable fin à moyen cimentées dans une matrice tufière. La roche est gris pâle, modérément fissurée, modérément à légèrement altérée en-dessous de l'élévation +13,5 m et très altérée dans les 50 premiers centimètres.

La résistance en compression uniaxiale déterminée au laboratoire sur un échantillon de roche provenant du forage KY-3 est de 18 MPa. Pour une roche, cette valeur indique une résistance moyenne.

C'est au forage KY-3 que nous avons observé la plus basse élévation du socle rocheux.

#### 5.3.2. Basalte et brèche basaltique

Le basalte rencontré dans la partie est du site, aux forages KY-4 et KY-5, est gris foncé, à grains fins, légèrement altéré, modérément fissuré et légèrement chloritisé. La brèche basaltique rencontrée dans la partie ouest du site, aux forages KY-12 et KY-13, est composée de fragments sub-angulaires de basalte gris foncé, de 1 à 15 mm de diamètre, dans une matrice basaltique.

La résistance en compression uniaxiale déterminée sur des échantillons provenant des forages KY-4, KY-12 et KY-13 est comprise entre 50 et 108 MPa. Ces valeurs indiquent que la roche basaltique possède une résistance variant de moyenne à élevée.

### 5.3.3. Schiste chloritique

Ce type de roche a été rencontré dans la partie centrale du site, aux forages KY-6 à KY-10. C'est généralement une roche gris verdâtre, à grains fins, légèrement altérée. La plus importante zone d'altération dans ce type de roche a été rencontrée au forage KY-8 où la roche est très altérée à son sommet sur une profondeur de 1,55 m.

La résistance en compression uniaxiale déterminée sur des échantillons prélevés aux forages KY-6 à KY-8 et KY-10 varie de 28 à 40 MPa. De telles valeurs de résistance en compression pour une roche sont considérées moyennes.

Notons que la rupture des échantillons s'est produite selon des surfaces sub-parallèles à la foliation.

De l'est vers l'ouest, le pendage de la foliation passe de 75° au forage KY-6 à 60° au forage KY-7 et à 45° au forage KY-8.

Nous présentons dans le tableau 3 ci-après, l'ensemble des résultats obtenus des essais de résistance en compression uniaxiale réalisés sur les échantillons de roche. Notons que les échantillons choisis ne présentaient aucun signe visible d'altération.

Tableau 3: Résistance en compression uniaxiale de la roche

Forage	Nature de la roche	Résistance en compression (MPa)
KY-3	tuf volcanique	18
KY-4	basalte	50
KY-6	schiste chloritique	40
KY-7	schiste chloritique	28
KY-8	schiste chloritique	28
KY-10	schiste chloritique	33
KY-12	brèche basaltique	108
KY-13	brèche basaltique	68

#### 5.4. Eau souterraine

Le niveau de la nappe phréatique a été mesuré durant la campagne de sondages dans deux forages situés sur la terrasse inférieure. La nappe phréatique se situait à l'élévation +20,4 m au forage KY-8 et à l'élévation +21,7 m au forage KY-10 entre les 18 et 20 avril 1983.

On a également observé dans la coloration du sol le passage de brun au gris vers l'élévation +21 m environ dans les forages de la partie aval de la terrasse inférieure et à l'élévation +22,5 m au forage KY-30 localisé sur la terrasse supérieure. Il découle de ces observations que le bas niveau de la nappe phréatique en période d'étiage se situerait à une cote égale ou légèrement inférieure à ces niveaux de changement de coloration et vraisemblablement entre les cotes +20 et +21 m en bordure du fleuve et entre les cotes +21 et +22,5 m, à quelques centaines de mètres de la rive.

KY-8

## LÉGENDE

### SILT

STRATIFICATIONS DE SILT, SILT SABLEUX ET SILT ARGILEUX DE FAIBLE PLASTICITÉ. COMPACTÉ LÂCHE (TERRASSE INFÉRIEURE) ET MOYENNE À PARFOIS LÂCHE (TERRASSE SUPÉRIEURE).

### SABLE

SABLE FIN UNIFORME DE COMPACTÉ MOYENNE.

### SOCLE ROCHEUX

TYPES VARIÉS DE ROCHES VOLCANIQUES ET MÉTAVOLCANIQUES: TUF, SCHISTE CHLORITIQUE, BASALTE ET BRÈCHE BASALTIQUE GÉNÉRALEMENT ALTÉRÉE AU SOMMET. RÉSISTANCE EN COMPRESSION DE LA ROCHE COMPRISE ENTRE 18 ET 108 MPa.

### NIVEAU DE L'EAU SOUTERRAINE

MESURÉ LES 18 ET 20 AVRIL 1983

### NIVEAU DU REFUS À L'ESSAI DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE.

### FORAGE EN COUPE ET NUMÉRO.

### ESSAI DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE EN COUPE ET NUMÉRO.

LES COUPES GÉOLOGIQUES DE CE DESSIN SONT ÉTABLIES D'APRÈS LES RÉSULTATS DES FORAGES. IL SE PEUT QUE LA STRATIGRAPHIE MONTREE ENTRE LES FORAGES DIFFÈRE DE LA VRAIE STRATIGRAPHIE DU TERRAIN.

ÉCHELLE HORIZONTALE

0 50 100 200 mètres

# COUPES STRATIGRAPHIQUES DE SYNTHÈSE PORT DE KAYES

PLANCH

AGENCE CANADIENNE DE DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL (ACDI)  
ORGANISATION POUR LA MISE EN VALEUR DU FLEUVE SÉNÉGAL (OMVS)  
ÉTUDES DES PORTS ET ESCALES DU FLEUVE SÉNÉGAL  
Préparé par

**Terratech**

Sous-traitant du groupe

Beauchemin Beaton Lapointe - Swan Wooster  
(Entreprise en participation)

Canada - Montréal - Vancouver / Sénégal - St-Louis - Dakar

KY-16

ENDE

CATIONS DE SILT, SILT SABLEUX  
ARGILEUX DE FAIBLE PLASTICITÉ.  
TÉ LÂCHE (TERRASSE INFÉRIEURE) ET  
A PARFOIS LÂCHE (TERRASSE SUPÉ-

N UNIFORME DE COMPACITÉ MOYENNE.

### ROCHEUX

RIÉS DE ROCHES VOLCANIQUES ET  
CANIQUES : TUF, SHISTE CHLORITIQUE,  
ET BRÈCHE BASALTIQUE. GÉNÉRALE-  
TÉRÉE AU SOMMET. RÉSISTANCE EN  
SION DE LA ROCHE COMPRISE  
8 ET 108 MPa.

DU REFUS À L'ESSAI DE PÉNÉ-  
N DYNAMIQUE.

COUPE "E"- "E"

EN COUPE ET NUMÉRO.

DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE  
KPE ET NUMÉRO.

PES GÉOLOGIQUES DE CE DESSIN  
ABLIÉS D'APRÈS LES RÉSULTATS  
AGES. IL SE PEUT QUE LA STRATI-  
MONTRÉE ENTRE LES FORAGES  
DE LA VRAIE STRATIGRAPHIE DU

ECHELLE HORIZONTALE

50

100 mètres

# COUPES STRATIGRAPHIQUES DE SYNTHÈSE PORT DE KAYES

AGENCE CANADIENNE DE DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL (ACDI)  
ORGANISATION POUR LA MISE EN VALEUR DU FLEUVE SÉNÉGAL (OMVS)  
ÉTUDES DES PORTS ET ESCALES DU FLEUVE SÉNÉGAL  
Préparé par

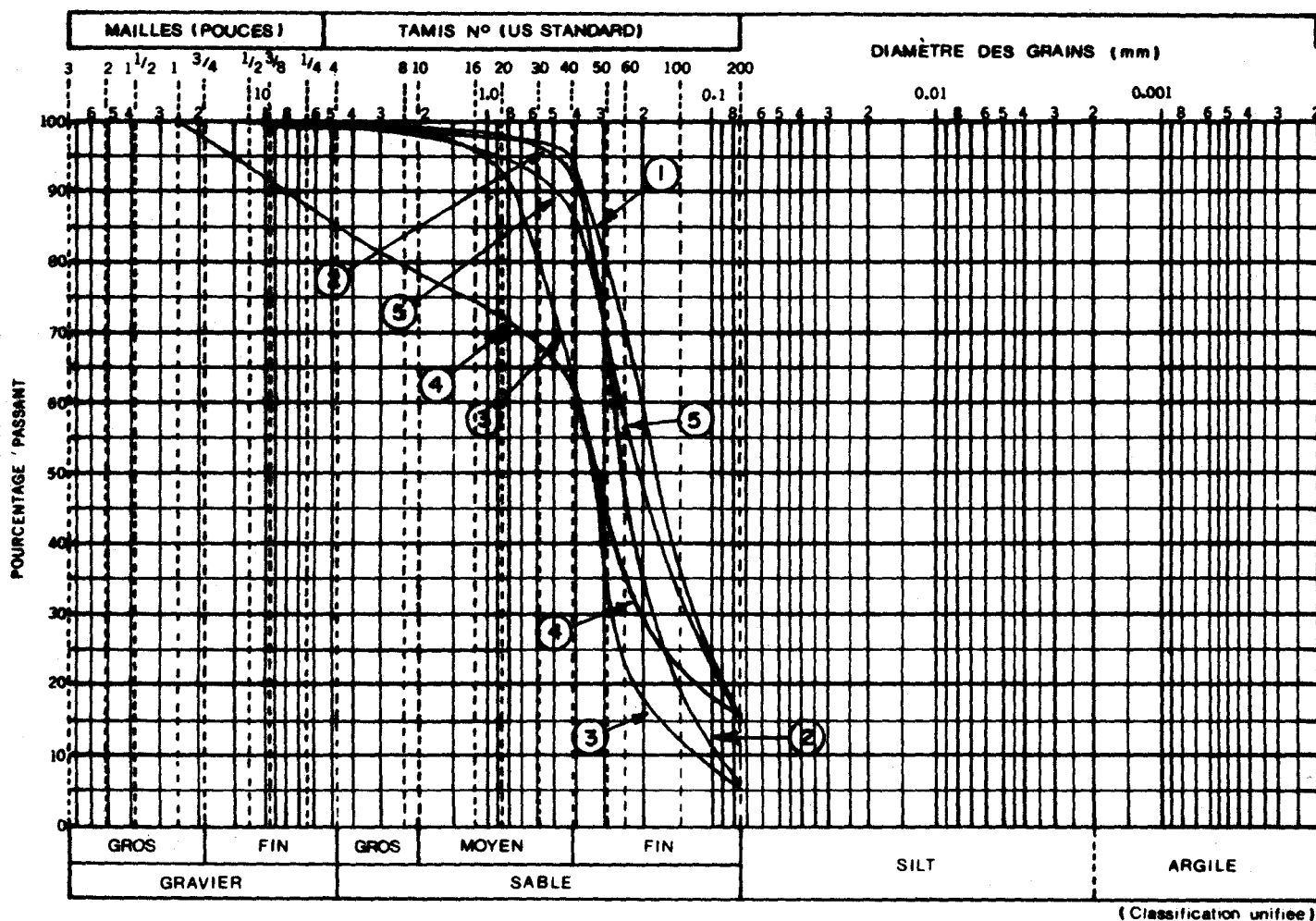
**Terratech**

Sous-traitant du groupe

Beauchemin Beaton Lapointe - Swan Wooster  
(Entreprise en participation)

Centre de Recherches / Sénégal - St-Louis - Dakar

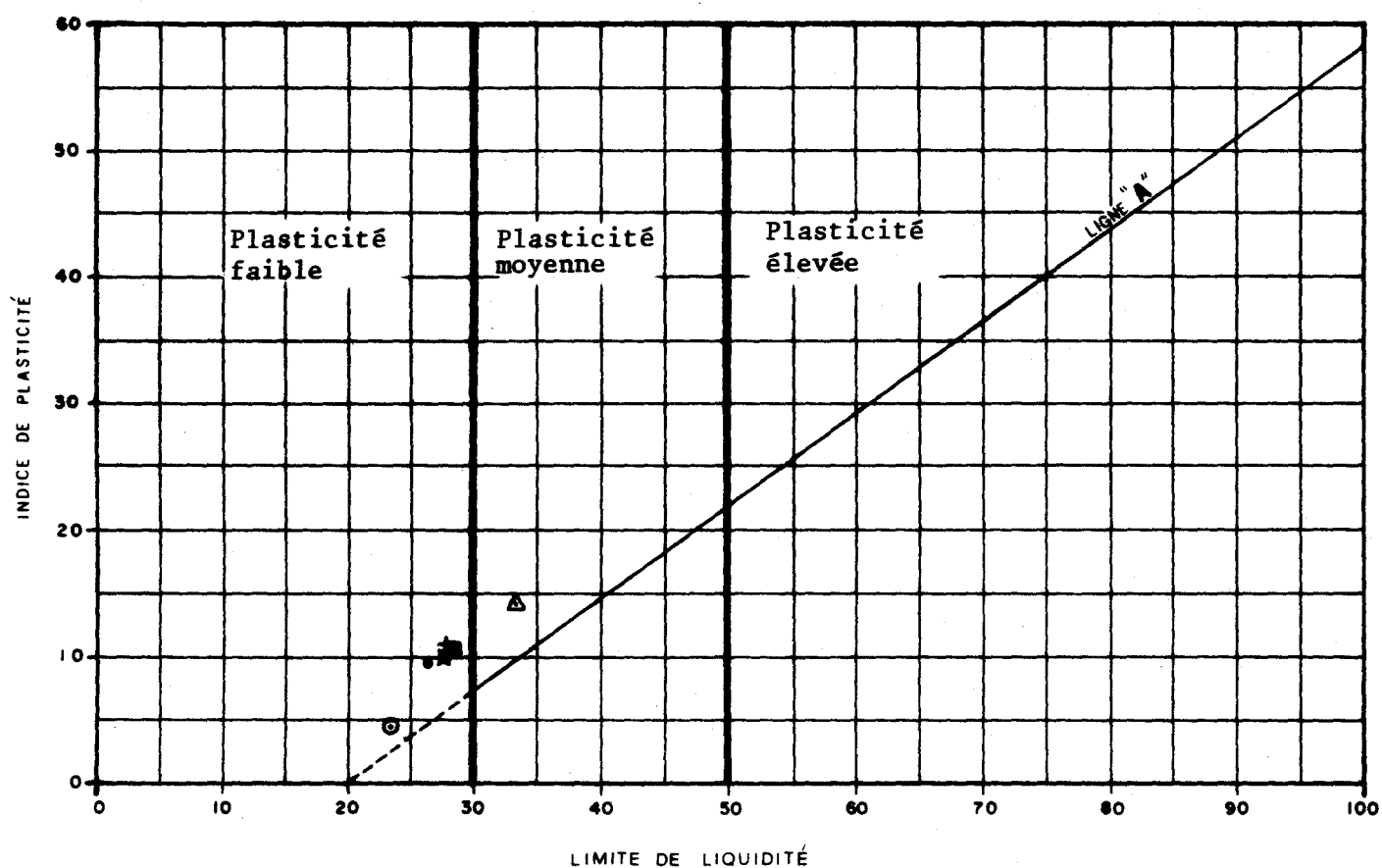
# COURBES GRANULOMÉTRIQUES FORMATION DE SABLE



Courbe no	Forage no	Echantillon no	Profondeur (m)	Description
①	KY-6	3SS	2,55 à 3,00	Sable fin uniforme, un peu de silt, traces de sable moyen.
②	KY-7	3SS	2,75 à 3,20	Sable fin uniforme, traces de sable moyen, traces de silt.
③	KY-9	4SS	3,55 à 4,00	Sable fin à moyen, traces de silt.
④	KY-9	6SS	5,55 à 6,00	Sable fin à moyen, un peu de gravier, un peu de silt.
⑤	KY-11	6SS	8,05 à 8,50	Sable fin, un peu de sable moyen à grossier, un peu de silt.



## ABAQUE DE PLASTICITÉ



Forage no	Echantillon no	Symbole
KY-15	5SS	Δ
KY-21	1SS	•
KY-21	3SS	+
KY-21	5SS	○
KY-23	1SS	x
KY-23	5SS	◻

## 6. Recommandations Géotechniques

L'aménagement du port fluvial à Kayes comprendra la réalisation de quais, de divers édifices tels que hangars, bâtiments administratifs, dépôts d'hydrocarbures, aires d'entreposage et de circulation ainsi que des voies de raccordement aux routes existantes et au réseau ferroviaire.

Nous présentons dans le tableau 4 suivant les élévations prévues pour les quais et les bâtiments ainsi que celle du niveau minimum du fleuve régularisé.

Tableau 4: Elévations des quais, des bâtiments et du fleuve régularisé

Niveau d'eau minimum du fleuve régularisé:	+22,4 m
Niveau du quai	: +31,5 m
Niveau des bâtiments	: +32,1 m
Emplacement du quai	: +19,9 m

### 6.1. Structures de quai

En raison de la proximité du socle rocheux intercepté dans les forages entre les élévations +14 et +21 m, nous recommandons d'utiliser pour les quais une des structures suivantes qui se prêtent bien à des fondations sur le socle rocheux:

- mur de béton armé avec contreforts
- mur en blocs de béton armé
- mur de maçonnerie

### 6.1.1. Poussée des terres

Nous recommandons d'utiliser pour le remblai de sable à l'arrière du mur les paramètres géotechniques donnés ci-dessous:

Poids volumique total	$\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$
Angle de frottement interne	$\phi = 35 \text{ degrés}$
Coefficient de poussée ( au repos)	$K_0 = 0,4$
Coefficient de butée	$K_p = 3,0$

### 6.1.2. Capacité portante admissible sur le socle rocheux sain

Le socle rocheux présente généralement une tranche supérieure altérée de 0,5 à 1,5 m d'épaisseur telle qu'observée aux forages. Pour cette raison, nous recommandons d'excaver cette zone d'altération et de fonder les structures sur le socle rocheux sain. La tranche altérée pourra être excavée par la machinerie utilisée lors du terrassement des sols.

La capacité portante admissible sur le socle rocheux sain peut être exprimée par la relation suivante:

$$q_a = K_{sp} q_u$$

- où
- $q_a$  = capacité portante admissible
  - $q_u$  = résistance en compression uniaxiale moyenne déterminée au laboratoire
  - $K_{sp}$  = coefficient empirique dépendant de l'espacement des discontinuités. Il contient un coefficient de sécurité de 3.

Sur le site du futur port fluvial de Kayes, plusieurs types de roche ont été rencontrés. Les résistances en compression uniaxiale mesurées en laboratoire sur celles-ci s'échelonnent de 18 à 108 MPa (cf tableau 3). Aussi, nous recommandons d'utiliser pour le calcul de la capacité portante admissible la plus faible valeur de résistance en compression uniaxiale obtenue, soit 18 MPa.

Pour un espacement moyen de discontinuités considéré entre 1 et 3 m, on utilise un coefficient  $k_{sp}$  de 0,25.

Ainsi, basée sur ces valeurs, la capacité portante admissible sur le socle rocheux sain est de 4500 kPa.

#### 6.2. Capacité portante admissible sur le terrain naturel

Sur la terrasse supérieure nous recommandons d'utiliser 120 kPa pour la capacité portante admissible sur le terrain naturel.

Cette valeur de capacité portante admissible comprend un coefficient de sécurité d'au moins 3 contre la rupture du sol par cisaillement et assure des tassements de fondation inférieurs à 2,5 cm.

#### 6.3. Mise en place du remblai

Les remblais à l'arrière du quai et sur la rive dans l'emprise des installations prévues seront composés de sols granulaires à drainage libre. La mise en place du remblai granulaire se fera vraisemblablement durant la saison sèche. Ainsi, le remblai à l'arrière du quai sera mis en place presque entièrement hors de l'eau.

Nous recommandons que la partie du remblai s'appuyant directement sur le parement intérieur du mur soit constituée d'un filtre granulaire d'au moins 1,0 m d'épaisseur sur toute la hauteur du quai.

Nous recommandons de placer le remblai granulaire lorsque hors de l'eau par couches ne dépassant pas 0,30 m d'épaisseur et compacter chaque couche à une densité au moins égale à 95% de la masse volumique maximum déterminée à l'essai Proctor modifié. Toutefois, le filtre granulaire s'appuyant directement à l'arrière du mur ne devra pas être compacté avec une machinerie lourde mais placé à l'aide d'un compacteur léger afin de ne pas induire de contraintes excessives sur le mur.

Nous recommandons également de placer sur le remblai après réglage de la ligne d'infrastructure, une couche de 0,15 m d'épaisseur de matériau granulaire grossier, tel que pierre concassée, compactée à au moins 95% de la densité maximum déterminée à l'essai Proctor modifié. Cette couche servira de plate-forme de travail durant la construction des bâtiments et pourra être utilisée comme sous-fondation dans l'emprise des aires de circulation et d'entreposage.

#### 6.4. Routes et aires de circulation

Nous ne possédons pas de prévision de trafic routier pour Kayes. Aussi, nous présentons ci-dessous au tableau 5 les épaisseurs de chaussées recommandées pour 3 prévisions de trafic journalier pour des véhicules de poids moyen de 50 kN.

Tableau 5: Epaisseurs de chaussées pour les routes  
et les aires de manutention

Structures	Routes et aires de manutention		
	150 véh/j.	300 véh/j.	1000 véh/j.
Pavage en béton bitumineux	50 mm	50 mm	50 mm
Fondation supérieure	150 mm	150 mm	200 mm
Fondation inférieure	150 mm	200 mm	200 mm

Les épaisseurs de chaussées ont été déterminées à partir de la méthode du CEBTP pour les pays tropicaux décrite dans le "Manuel sur les routes dans les zones tropicales et désertiques" du BCEOM-CEBTP (1975).

Nous avons supposé au niveau de l'infrastructure une valeur de CBR comprise entre 10 et 15.

Comme matériau des fondations inférieure et supérieure il pourra être utiliser la pierre concassée provenant des carrières locales ouvertes dans le massif gréseux.

La couche de fondation supérieure devra posséder un CBR minimum de 80. Elle sera compactée à une densité égale à 100% de la masse volumique maximum obtenue de l'essai Proctor modifié.

La couche de fondation inférieure devra avoir un CBR minimum de 30 et être compactée à une densité égale à 95% de la masse volumique maximum obtenue de l'essai Proctor modifié.

Les pentes transversales des routes revêtues devront être de 2 à 2,5% sur la chaussée et de 4 à 5% sur les accotements.

Pour les aires de circulation, les pentes transversales recommandées sont de 3 à 4%.

Mentionnons que dans le cas où l'importance d'un trafic lent (traction animale) aurait été reconnue, nous recommandons l'aménagement d'une bande de roulement non confondue avec l'accotement.

#### 6.5. Voies ferrées

Au niveau actuel de l'étude, nous ne disposons pas de renseignements sur les charges des trains et locomotives ni sur la géométrie des voies. Toutefois, pour fin d'évaluation des quantités de matériau à mettre en place, nous proposons la structure suivante:

<u>Structure</u>	<u>Epaisseur (m)</u>
Ballast	0,40
Remblai granulaire	0,60

Pour le ballast, nous recommandons d'utiliser une pierre concassée 30-75 mm. Celle-ci pourra provenir des carrières locales ouvertes dans les grès quartziques à ciment ferrugineux ou dolomitique.

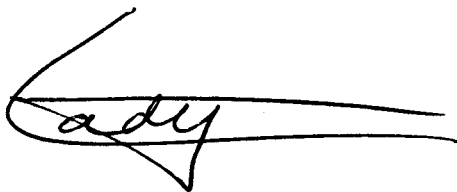
Le remblai granulaire pourra être composé de tout-venant graveleux mis en place par couches ne dépassant pas 0,3 m d'épaisseur, compacter à une densité au moins égale à 95% de la masse volumique maximum déterminée à l'essai Proctor modifié.

La pente du remblai granulaire et du ballast ne devra pas être plus raide que 2 horizontal pour 1 vertical.



**7. PERSONNEL**

Ce rapport sur l'étude géotechnique au site portuaire de Kayes a été préparé conjointement par Messieurs Arthur Duquette, géologue et Raymond Ladet, ingénieur géologue et géotechnicien, qui furent également responsables des travaux de reconnaissance sur le terrain. Ce rapport a été soumis à l'approbation de Monsieur Laval Samson, ingénieur, président et directeur général de Terratech.

SignaturesDate

Raymond Ladet, ing.

30 avril 1984



Laval Samson, ing.

30 avril 1984

ANNEXE A

PLANCHES A-1 à A-64

## NOTE EXPLICATIVE SUR LES RAPPORTS DE SONDAGE

Les rapports de sondage qui font suite à cette note synthétisent les données de chantier et de laboratoire sur les propriétés géotechniques des sols, de la roche et de l'eau souterraine recueillies à chaque sondage.

### COUPE GÉOLOGIQUE

**Élévation:** Dans cette colonne sont inscrites les élévations des contacts géologiques rattachées au niveau de référence mentionné à l'en-tête du rapport de sondage.

**Description:** Chaque formation géologique est décrite selon la terminologie d'usage présentée plus bas.

#### Classification

Argile  
Silt ou limon  
Sable  
Gravier  
Cailloux  
Blocs

#### Dimension des particules

plus petite que 0.002 mm  
de 0.002 à 0.075 mm  
de 0.075 à 4.75 mm  
de 4.75 à 75 mm  
de 75 à 200 mm  
plus grande que 200 mm

#### Terminologie descriptive

"traces"  
"un peu"  
Adjectif (v.g. sablonneux, silteux)  
"et" (v.g. sable et gravier)

#### Proportion

1 à 10%  
10 à 20%  
20 à 35%  
35 à 50%

#### Compacité

Très lâche  
Lâche  
Moyenne ou compacte  
Dense  
Très dense

#### Indice N de l'essai de pénétration standard (coups par 0.3 m de pénétration)

0 à 4  
4 à 10  
10 à 30  
30 à 50  
plus de 50

#### Consistance

Très molle  
Molle  
Moyenne ou ferme  
Raide  
Très raide  
Dure

#### Résistance au cisaillement non drainé (kPa)

moins de 12  
12 à 25  
25 à 50  
50 à 100  
100 à 200  
plus de 200

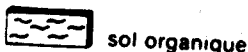
#### Plasticité des sols cohérents

Faible  
Moyenne  
Élevée ou forte

#### Indice de plasticité

inférieur à 10  
entre 10 et 25  
supérieur à 25

**Stratigraphie:** Les symboles de hachure de cette colonne sont empruntés au système de classification unifié des sols. Les principaux types de sol sont désignés par les symboles stratigraphiques suivants:

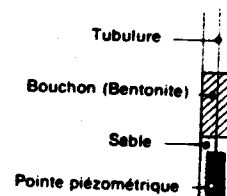


### EAU

Dans cette colonne est indiquée la profondeur du niveau de l'eau souterraine mesurée durant la reconnaissance géotechnique.

La date des mesures est indiquée à droite.

Les détails d'installation d'un piézomètre sont illustrés suivant le présent schéma et les profondeurs sont à l'échelle.



### ÉCHANTILLONS

**Etat:** La position, la longueur et l'état de chaque échantillon sont montrés dans cette colonne. Le symbole illustre l'état de l'échantillon suivant la légende donnée à l'en-tête du rapport de sondage.

**Numéro et type:** Chaque échantillon est étiqueté conformément au numéro de cette colonne et la notation donnée réfère aux types d'échantillon décrits à l'en-tête du rapport de sondage.

**Récupération:** La récupération des échantillons est donnée en pourcentage de la longueur d'enfoncement du carottier. La longueur de l'échantillon se mesure du sommet de l'échantillon à la trousse coupante du carottier même si la partie inférieure de l'échantillon est perdue.

### GRAPHIQUE DU CENTRE

Ce graphique présente les résultats des essais de pénétration dynamique à la pointe conique. Ces essais consistent en l'enfoncement continu d'un cône de 60 degrés et de 51 mm de diamètre à une énergie constante, correspondant à la chute d'un marteau de 63.5 kilogrammes d'une hauteur de 0.76 mètre.

Ce graphique montre alternativement la résistance au cisaillement non drainé des sols cohérents mesurée en chantier ou en laboratoire.

### ESSAIS

On présente dans cette colonne à la profondeur correspondante les résultats d'essais effectués sur le chantier et au laboratoire. La définition des symboles rattachés à chaque essai est présentée à l'en-tête du rapport de sondage. Les résultats des essais qui n'apparaissent pas sur le rapport de sondage sont présentés en annexe à la fin du rapport.

L'indice de pénétration standard donné dans cette colonne est désigné par la lettre N. Cette indice est obtenu de l'essai de pénétration standard et correspond au nombre de coups d'un marteau de 63.5 kilogrammes tombant en chute libre de 0.76 mètre, nécessaires pour enfoncer les 30 derniers centimètres du carottier fendu normalisé.

L'indice de qualité de la roche (RQD) est défini comme étant le rapport de la longueur totale de tous les fragments de carottes de 10 cm ou plus à la longueur totale de la course. L'indice RQD est présente en pourcent et il est applicable au double carottier de calibre N.

### GRAPHIQUE DE DROITE

On montre graphiquement les résultats des déterminations de la teneur en eau et des limites d'Atterberg. On indique également les observations notées durant le sondage et l'examen des échantillons.

## NOTE EXPLICATIVE SUR LES RAPPORTS DE FORAGE (ROCHE)

### R.Q.D.M. (Indice de qualité de la roche modifié)

- Définition: Longueur totale de tous les fragments de carottes de 4 pouces
- R.Q.D.M. (Z) =  $\frac{\text{Longueur de la course}}{\text{Longueur de la course}}$

Applicable seulement au double carottier de calibre M) et BX (tube interne libre à la rotation). Les fractures peuvent être d'origine naturelle ou artificielle. Dans le calcul du R.Q.D.M., les fractures attribuées au carottage et à la manutention ne sont pas considérées.

### - Classification:

R.Q.D.M. (Z)	Qualité de la roche
0 - 25	très médiocre
25 - 50	médiocre
50 - 75	moyenne
75 - 90	bonne
90 -100	très bonne

### Degré d'altération de la roche \*

- Fraîche: Pas de signes visibles d'altération.
- Légèrement altérée: Altération pénétrante développée sur les surfaces de discontinuités ouvertes, mais seulement légère altération du matériau rocheux.
- Modérément altéré: L'altération s'étend à travers le massif rocheux, mais le matériau rocheux n'est pas friable.
- Fortement altérée: L'altération s'étend à travers le massif rocheux, et le matériau est en partie friable.
- Complètement altérée: La roche est entièrement décomposée et friable, mais la texture et la structure rocheuse sont conservées.
- Sol résiduel: Matériau meuble, avec destruction complète de la texture, la structure et la minéralogie de la roche originale.

### Résistance à la compression uniaxiale de la roche\*

Classification	Résistance à la compression uniaxiale de la roche	
	MPa (MN/m <sup>2</sup> ) (1MPa=145 lb/po <sup>2</sup> )	lb/po.ca.
Résistance très faible	< 4	< 500
Résistance faible	4 - 15	500 - 2000
Résistance moyenne	15 - 50	2000 - 8000
Résistance élevée	50 - 200	8000 - 32000
Résistance très élevée	>200	>32000

### Epaisseur des strates\* (espacement des joints de stratification)

Applicable aux roches sédimentaires stratifiées ou, par extension, à tout type de roche présentant une foliation plus ou moins régulière, un litage ou une structure fluidale.

Classification	Espacement des joints de stratification	
	unités britanniques	unités métriques
A lits très épais	> 6 pi.	> 2 m
A lits épais	2 pi. à 6 pi.	0,6 m à 2,0 m
A lits moyens (moyennement stratifié)	8,0 po. à 2,0 pi.	0,2 m à 0,6 m
A lits minces (finement stratifié)	3,0 po. à 8,0 po.	60 mm à 0,2 m
A lits très minces (très finement stratifié)	0,8 po. à 3,0 po.	20 mm à 60 mm
Feuilleté	0,2 po. à 0,8 po.	6 mm à 20 mm
Finement feuilleté	< 0,2 po.	< 6 mm

### Espacement des discontinuités\*

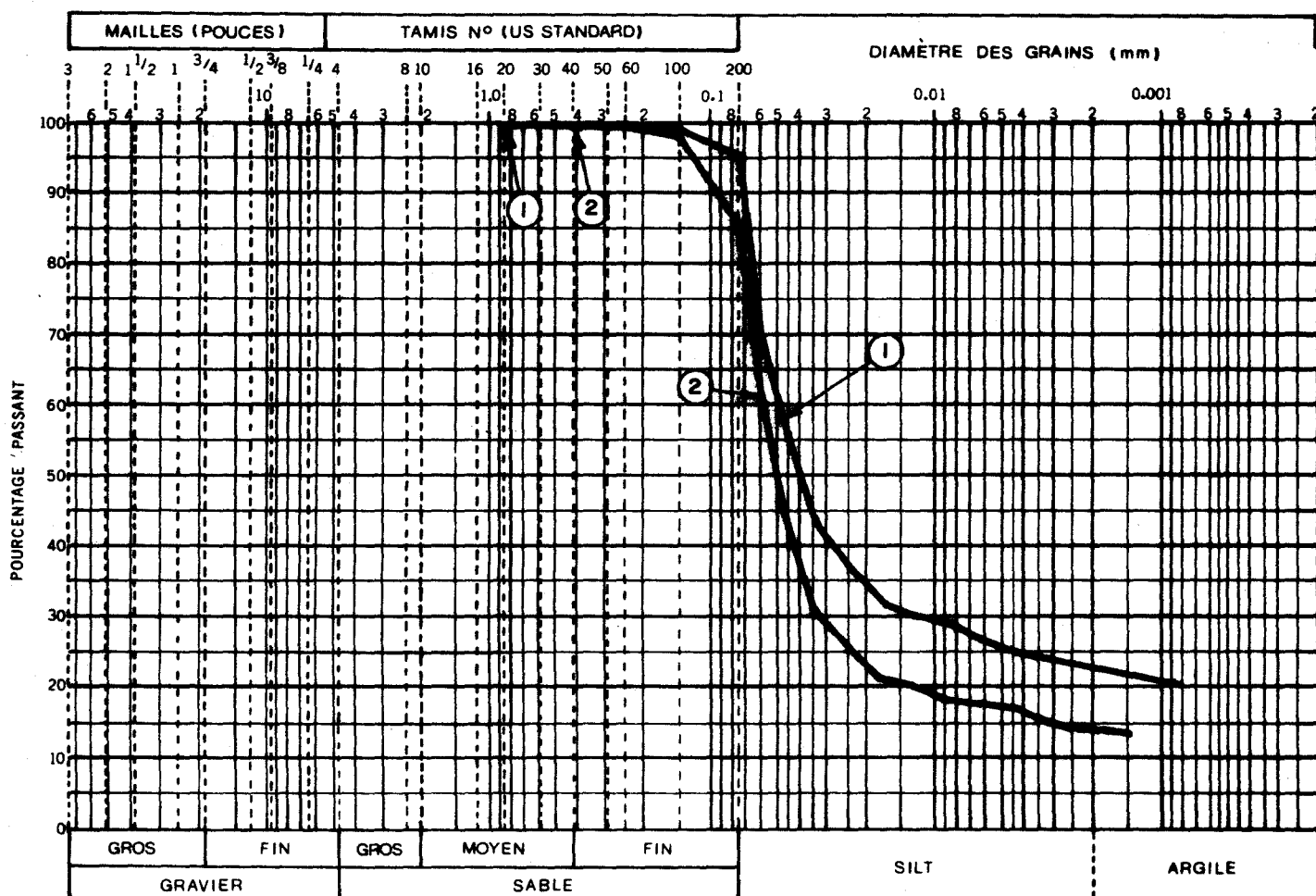
Description de l'espacement	Unités brit.	Unités métr.	Classification massif rocheux
Très large	>10 pi.	> 3 m	solide
Large	3 à 10 pi.	1,0 à 3 m	massif
Modérément étroit	1 à 3 pi.	0,3 à 1 m	en blocs
Étroit	2 po. à 1 pi.	5 à 30 cm	fracturé
Très étroit	< 2 po.	< 5 cm	broyé et brisé

\* D'après le Manuel canadien des fondations



## COURBES GRANULOMÉTRIQUES

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, Mali



FORAGE No KY-2

FEUILLE 1 DE 1

TUBAGE \_\_\_\_\_ BW \_\_\_\_\_

DATE 23 avril 1983

## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m³)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
(%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
ROD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

[illegible]





PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal

N° 1599-0

SONDAGE N° KY-3A

ENDROIT Site portuaire de Kayes, Mali

FEUILLE 1 DE 1

NIVEAU DE RÉFÉRENCE IGN

TUBAGE -

DATE 23 avril 1983

## TYPE D'ÉCHANTILLON

SS CAROTIER FENDU DIA. EXT. 51 mm  
 TW CAROTIER A PAROI MINCE mm  
 PS CAROTIER A PISTON FIXE mm  
 OC CAROTIER A DIAMANTS, CALIBRE mm  
 WS PAR LAVAGE  
 AS A LA TARIERE  
 NS CAROTIER NILCON, DIA. EXT. 50 mm  
 GW ÉCHANTILLON D'EAU

## EAU

NIVEAU D'EAU

## ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON

BON

REMANIÉ

PERDU

## ESSAIS

N INDICE DE PÉNÉTRATION STANDARD (coups/0.3 m)  
 K PERMEABILITE (cm/s)  
 V RESISTANCE AU SCISSOMETRE (kPa)  
 VR SCISSOMETRE SUR SOL REMANIÉ (kPa)  
 VL SCISSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)  
 T CONE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)  
 TR CONE TOMBANT, SOL REMANIÉ (kPa)  
 P ESSAI PRESSIOMETRIQUE

## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
 Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m³)  
 U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
 Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
 (%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
 C CONSOLIDATION  
 RQD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

COUPE GÉOLOGIQUE				ÉCHANTILLONS				PÉNÉTRATION DYNAMIQUE (coups/0.3 m)						ESSAIS		W TENEUR EN EAU (%)		WP LIMITE DE PLASTICITE		WL LIMITE DE LIQUIDITE	
PROF (m)	ELEV. (m)	DESCRIPTION	STRAT.	EAU	ETAT	NO & TYPE	RÉG (%)	RESISTANCE AU CISAILLEMENT (kPa)													
	24.25	SURFACE DU TERRAIN						10	20	30	40	50	60			20	40	50	60		
1		Probablement silt. Compacité lâche.																			
2																					
3		Probablement sable. Compacité moyenne.																			
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9	15.40	Refus à 8,85 m: Probablement socle rocheux.																			
10		Fin du pénétromètre																			
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					

REFUS (35 COUPS SANS PÉNÉTRATION)

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal

Nº 1599-0

FORAGE N° KY-4

PROJET Site portuaire de Kayes, Mali

FEUILLE 1 DE 1

NIVEAU DE RÉFÉRENCE \_\_\_\_\_ IGN

TUBAGE \_\_\_\_\_ BW

DATE 22 avril 1983

### TYPE D'ÉCHANTILLON

SS CAROTTIER FENDU, DIA. EXT. 51 mm  
TW CAROTTIER A PAROI MINCE \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ %  
PS CAROTTIER A PISTON FIXE \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ %  
DC CAROTTIER A DIAMANTS, CALIBRE BX \_\_\_\_\_  
WS PAR LAVAGE  
AS A LA TARIERE  
NS CAROTTIER NILCON, DIA. EXT. 50 mm  
GW ECHANTILLON D'EAU

**EAU**

**NIVEAU D'EAU**

### ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON

BON      REMANIE      PERD

## ESSAIS

N	INDICE DE PENETRATION STANDARD (coups/0,3 m)
K	PERMEABILITE (cm/s)
V	RESISTANCE AU SCISSOMETRE (kPa)
V <sub>R</sub>	SCISSOMETRE SUR SOL REMANIE (kPa)
V <sub>L</sub>	SCISSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)
T	CONE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)
T <sub>R</sub>	CONE TOMBANT, SOL REMANIE (kPa)
P	ESSAI PRESSIOMETRIQUE

## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
 T POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (xN/m<sup>3</sup>)  
 R<sub>c</sub> COMPRESSION SIMPLE (MPa)  
 Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
 (%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
 C CONSOLIDATION  
 ROOM INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE  
 MODIFIE (%)

### COUPE GÉOLOGIQUE

[illegible]

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal

N° 1599-0

SONDAGE N° KY-4A

ENDROIT Site portuaire de Kayes, Mali

FEUILLE 1 DE 1

NIVEAU DE RÉFÉRENCE IGN

TUBAGE BW

DATE 21 avril 1983

**TYPE D'ÉCHANTILLON**

SS CAROTTIER FENDU, DIA. EXT. 51 mm

TW CAROTTIER A PAROI MINCE \_\_\_\_\_ mm

PS CAROTTIER A PISTON FIXE \_\_\_\_\_ mm

DC CAROTTIER A DIAMANTS, CALIBRE \_\_\_\_\_ mm

WS PAR LAVAGE

AS A LA TARIÈRE

NS CAROTTIER MILCON, DIA. EXT. 50 mm

GW ÉCHANTILLON D'EAU

**EAU**

▽ NIVEAU D'EAU

**ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON**

BON REMANIÉ PERDU

■ ■ ■

**ESSAIS**

N INDICE DE PÉNÉTRATION STANDARD (coups/0,3 m)

K PERMEABILITÉ (cm/s)

V RESISTANCE AU SCISSOMETRE (kPa)

VR SCISSOMETRE SUR SOL REMANIÉ (kPa)

VL SCISSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)

T CONE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)

TR CONE TOMBANT, SOL REMANIÉ (kPa)

P ESSAI PRESSIOMETRIQUE

**ESSAIS**

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m³)

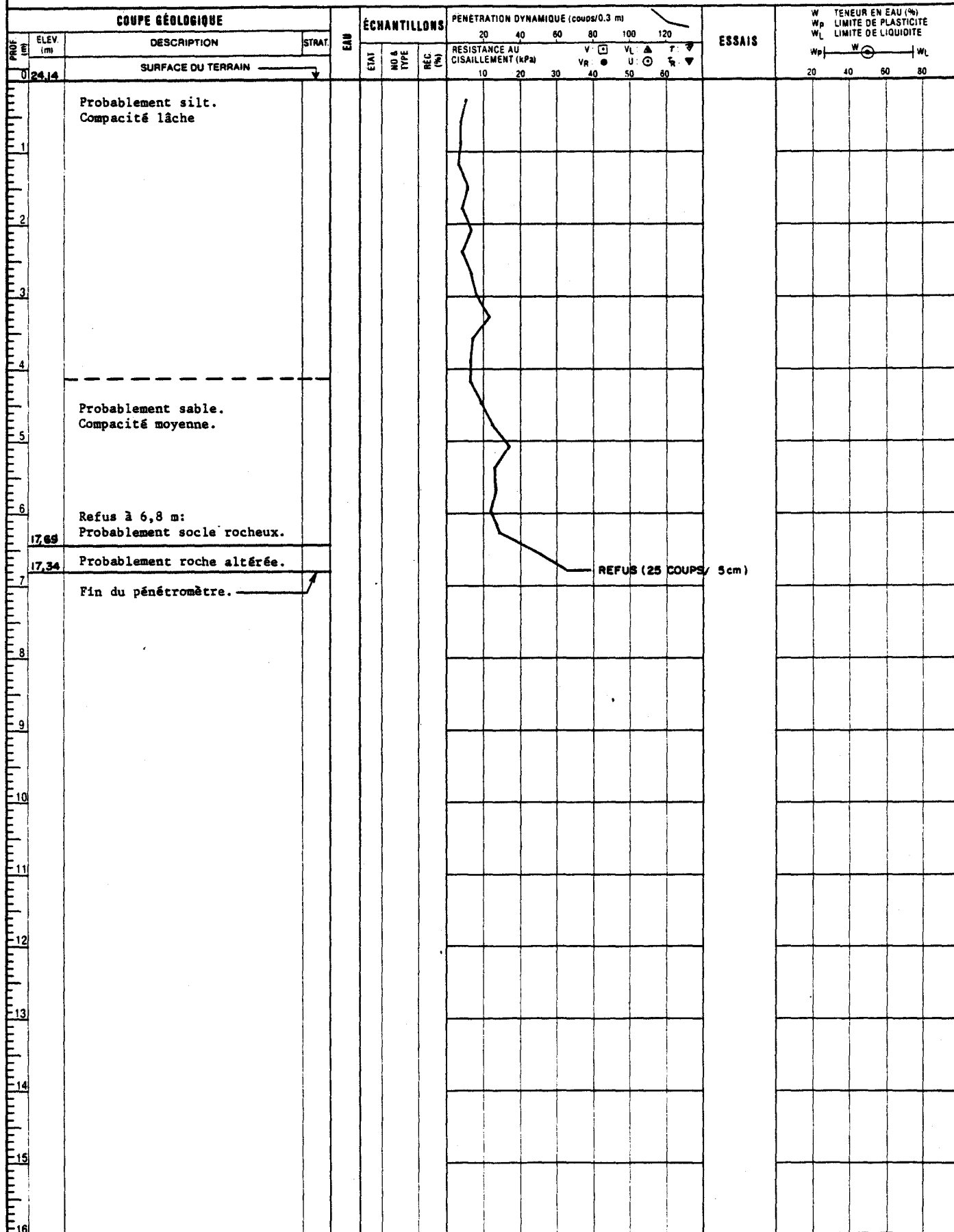
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)

Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)

(%) DEFORMATION A LA RUPTURE

C CONSOLIDATION

RQD INDICE DE QUALITÉ DE LA ROCHE



PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal

№ 1599-0

FORAGE N°                      KY-5

ENDROIT Site portuaire de Kayes, Mali

FEUILLE 1 DE 1

NIVEAU DE RÉFÉRENCE \_\_\_\_\_ IGN

TUBAGE \_\_\_\_\_ BW \_\_\_\_\_

DATE 21 avril 1983

### TYPE D'ÉCHANTILLON

SS CAROTTIER FENOUI, DIA. EXT. 51 mm  
TW CAROTTIER A PAROI MINCE \_\_\_\_\_ mm  
PS CAROTTIER A PISTON FIXE. \_\_\_\_\_ mm  
DC CAROTTIER A DIAMANTS, CALIBRE BX  
WS PAR LAVAGE  
AS A LA TARIERE  
NS CAROTTIER NILCON, DIA. EXT. 50 mm  
GW ECHANTILLON D'EAU

**EAU**

 NIVEAU D'EAU

### ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON

BON      REMANIE      PERDU

## ESSAIS

N	INDICE DE PENETRATION STANDARD (coups/0.3 m)
K	PERMEABILITE (cm/s)
V	RESISTANCE AU SCISSIONNETTE (kPa)
V <sub>R</sub>	SCISSIONNETTE SUR SOL REMANIE (kPa)
V <sub>L</sub>	SCISSIONNETTE DE LABORATOIRE (kPa)
T	CONE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)
T <sub>R</sub>	CONE TOMBANT, SOL REMANIE (kPa)
P	ESSAI PRESSIOMETRIQUE

## ESSAIS

AG	ANALYSE GRANULOMETRIQUE
Y	POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m <sup>3</sup> )
U	COMPRESSION SIMPLE (kPa)
Q	TRIAxIAL NON DRAINE (kPa)
(%)	DEFORMATION A LA RUPTURE
C	CONSOLIDATION
RCOM	INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE
	MODIFIE (%)

COUPE GÉOLOGIQUE			EAU	ÉCHANTILLONS	PÉNÉTRATION DYNAMIQUE (coups/0.3 m)	ESSAIS	Wp TENEUR EN EAU (%) WL LIMITE DE PLASTICITE WL LIMITE DE LIQUIDITE		
PROF. (m)	ELEV. (m)	DESCRIPTION						STRAT.	RESISTANCE AU CISAILEMENT (kPa)
0	22.87	SURFACE DU TERRAIN							
1	22.37	Silt et sable fin brun.							
2	20.57	Silt argileux gris, un peu de sable, compacité très lâche.							
3		Sable fin à moyen brun, un peu de sable grossier, compacité moyenne.							
4									
5	18.12	Socle rocheux: Basalte à grains fins, roche altérée de 4,75 à 5,2 m de profondeur							
6	17.45								
7		Fin du forage.							
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									

№ 1599-0

SONDAGE N° KY-5A

FEUILLE 1 DE 1

## TUBAGE

DATE 21 avr11 1983

## EALU

## ESSAYS

## ESSAYS

N	INDICE DE PENETRATION STANDARD (coups/0.3 m)
K	PERMEABILITE (cm/s)
V	RESISTANCE AU SCISSOMETRE (kPa)
V <sub>R</sub>	SCISSOMETRE SUR SOL REMANIE (kPa)
V <sub>L</sub>	SCISSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)
T	CONE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)
T <sub>R</sub>	CONE TOMBANT, SOL REMANIE (kPa)
P	ESSAI PRESSIOMETRIQUE

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m³)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINÉ (kPa)  
(%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
RQD INDICE DE QUALITÉ DE LA ROCHE

## ÉCHANTILLONS

**PÉNÉTRATION DYNAMIQUE (coups/0.3 m)**

## ESSAIS

W TENEUR EN EAU (%)  
 $W_p$  LIMITE DE PLASTICITE  
 $W_L$  LIMITE DE LIQUIDITE

[illegible]

FORAGE N° KY-6

FEUILLE 1 DE 1

FEUILLE \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_  
DATE 21 avril 1983

## ESSAIS

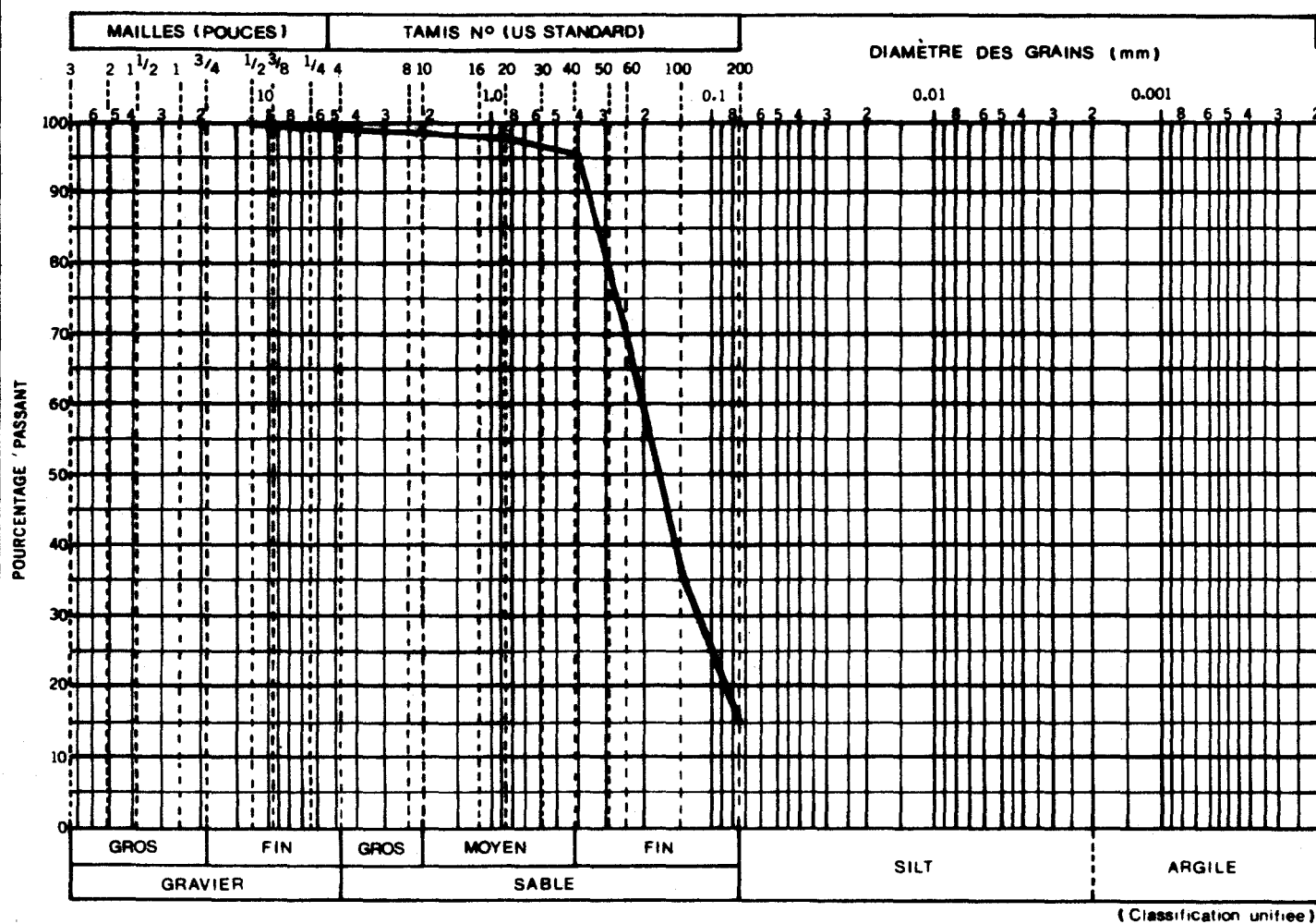
AG	ANALYSE GRANULOMETRIQUE
Y	POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m <sup>3</sup> )
R <sub>e</sub>	COMPRESSION SIMPLE (MPa)
Q	TRIAxIAL NON DRAINÉ (kPa)
(%)	DEFORMATION A LA RUPTURE
C	CONSOLIDATION
ROOM	INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE
	MODIFIÉ (%)

## ESSAIS

[illegible]

## COURBE GRANULOMÉTRIQUE

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, Mali

Forage  
noEchantillon  
noProfondeur  
(m)

Description

KY-6

3SS

2,55 à 3,00

Sable fin uniforme, traces  
de sable moyen, un peu de silt. $C_u = 3,2$

SONDAGE N° KY-6A

FEUILLE 1 DE 1

TUBAGE

DATE 21 avril 1983

## ESSAIS

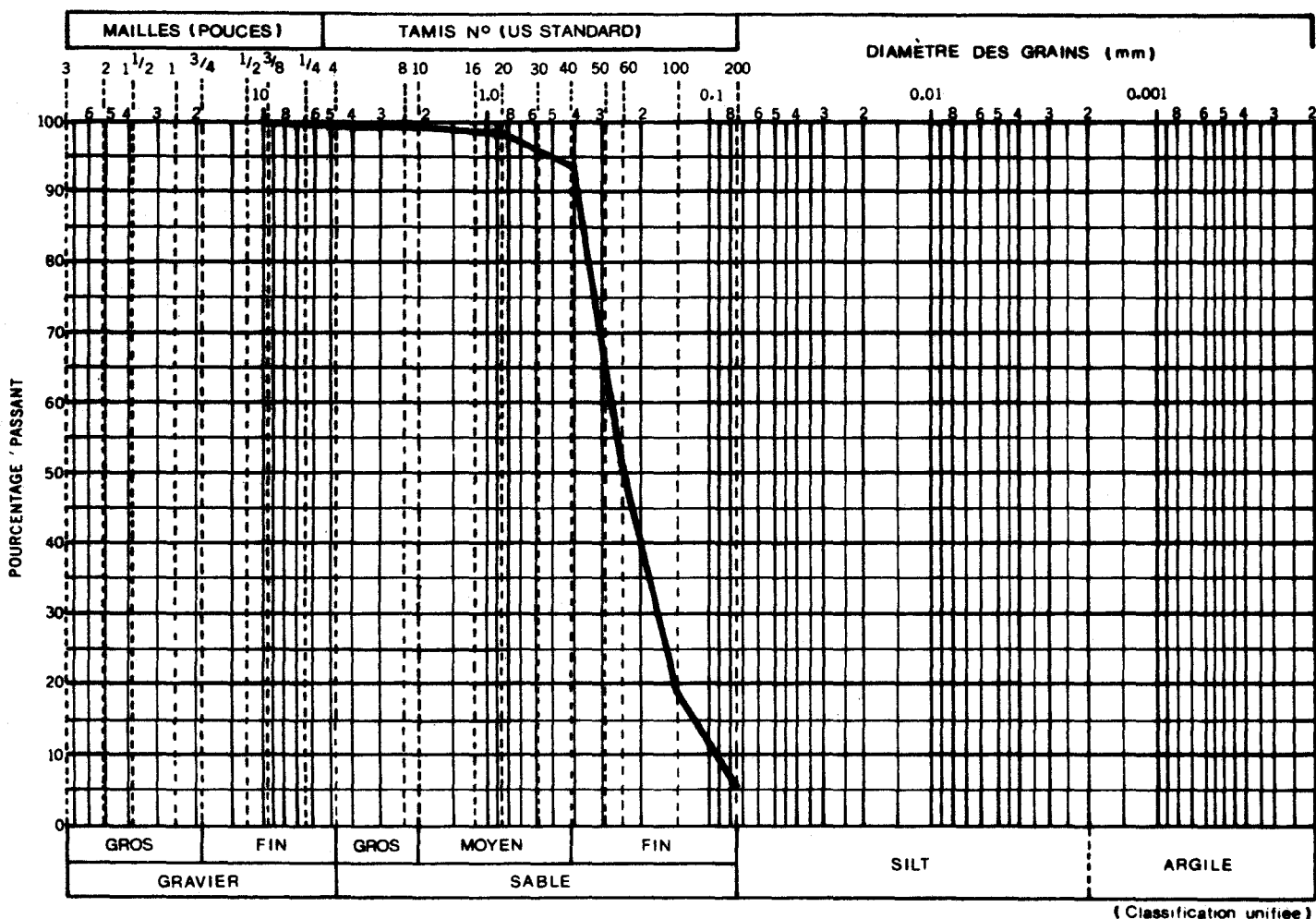
AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m<sup>3</sup>)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
(%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
ROD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

## ESSAIS

[illegible]





**COURBE GRANULOMÉTRIQUE**PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kaves, Mali

(Classification unifiée)

Forage  
noEchantillon  
noProfondeur  
(m)

Description

KY-7

3SS

2,75 à 3,20

Sable fin uniforme  
traces de silt et de  
sable moyen. Cu = 2,7

PROJET Ports et escales du fleuve SénégalN° 1599-0SONDAGE N° KY-7AENDROIT Site portuaire de Kayes, MaliFEUILLE 1 DE 1NIVEAU DE REFERENCE IGN

TUBAGE

DATE 20 avril 1983

**TYPE D'ÉCHANTILLON**

SS CAROTTIER FENDU, DIA. EXT. 51 mm

TW CAROTTIER A PAROI MINCE

PS CAROTTIER A PISTON FIXE

DC CAROTTIER A DIAMANTS, CALIBRE

WS PAR LAVAGE

AS A LA TARIÈRE

NS CAROTTIER NILCON, DIA. EXT. 50 mm

GW ÉCHANTILLON D'EAU

**EAU**

▼ NIVEAU D'EAU

**ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON**

BON REMANIÉ PERDU

**ESSAIS**

N INDICE DE PENETRATION STANDARD (coups/0.3 m)

K PERMEABILITE (cm/s)

V RESISTANCE AU SCSOMETRE (kPa)

VR SCSOMETRE SUR SOL REMANIÉ (kPa)

VL SCSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)

T CONE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)

TR CONE TOMBANT, SOL REMANIÉ (kPa)

P ESSAI PRESSIOMETRIQUE

**ESSAIS**

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m³)

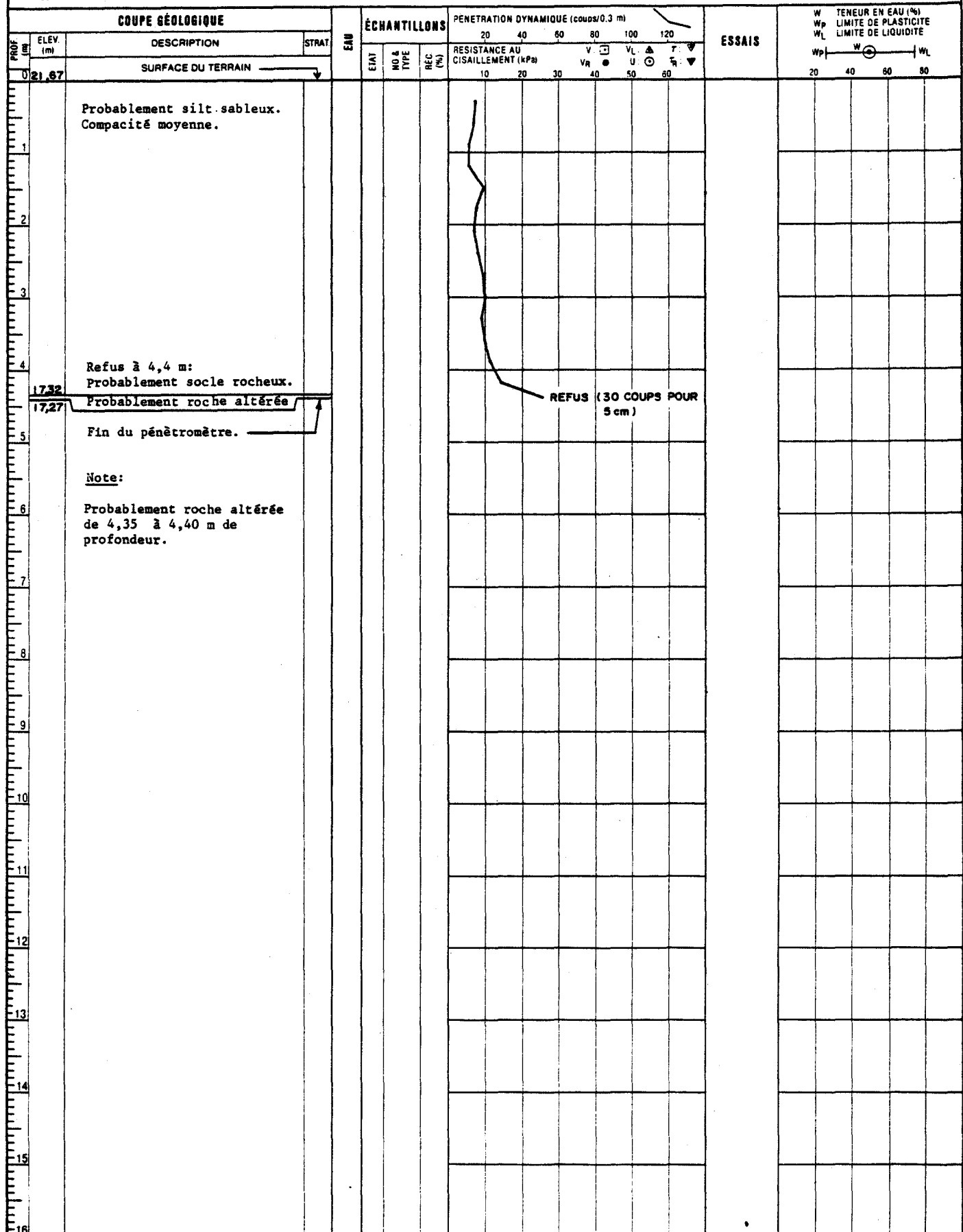
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)

O TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)

(%) DEFORMATION A LA RUPTURE

C CONSOLIDATION

RQD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE



FORAGE N°                      KY-8

FEUILLE 1 DE 1

DATE 20 avril 1983

## ESSAIS

### ESSAIS

AG	ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE
γ	POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m <sup>3</sup> )
R <sub>c</sub>	COMPRESSION SIMPLE (MPa)
Q	TRIAxIAL NON DRAINÉ (kPa)
(%)	DEFORMATION A LA RUPTURE
C	CONSOLIDATION
ROOM	INDICE DE QUALITÉ DE LA ROCHE
	MODIFIÉ (%)

**PÉNÉTRATION DYNAMIQUE (cours/0.3 m)**

[illegible]

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal

N° 1599-0

SONDAGE N° KY-8A

ENDROIT Site portuaire de Kaves, Mali

FEUILLE 1 DE 1

NIVEAU DE RÉFÉRENCE LGN

TUBAGE

DATE 20 avril 1983

## TYPE D'ÉCHANTILLON

SS CAROTTIER FENDU, DIA. EXT. 51 mm  
 TW CAROTTIER A PAROI MINCE \_\_\_\_\_ mm  
 PS CAROTTIER A PISTON FIXE \_\_\_\_\_ mm  
 DC CAROTTIER A DIAMANTS, CALIBRE \_\_\_\_\_  
 WS PAR LAVAGE  
 AS A LA TARIÈRE  
 NS CAROTTIER MILCON, DIA. EXT. 50 mm  
 GW ÉCHANTILLON D'EAU

## EAU

NIVEAU D'EAU

## ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON

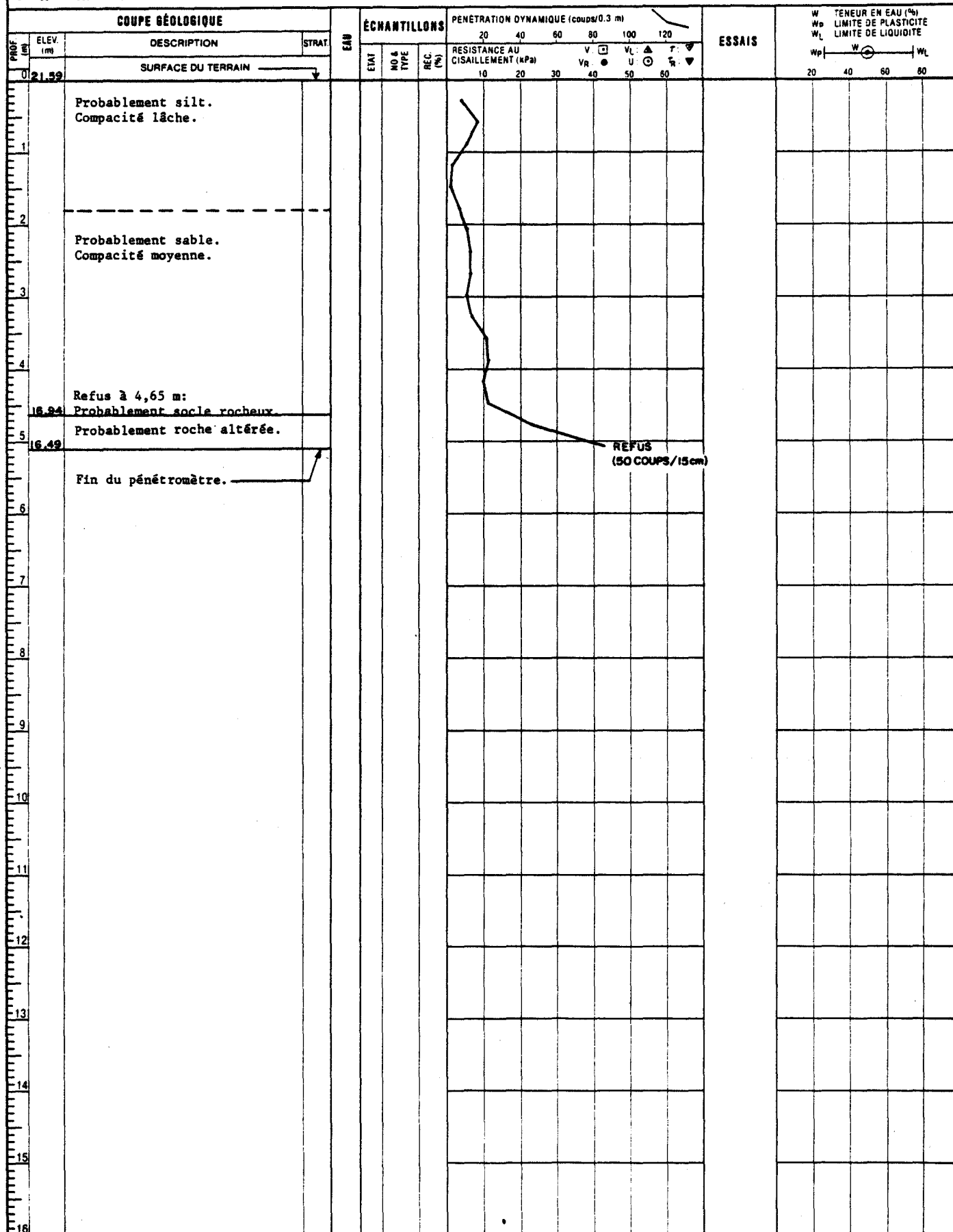
BON REMANIÉ PERDU  
☒ ☐ ☐

## ESSAIS

N INDICE DE PÉNÉTRATION STANDARD (coups/0.3 m)  
 K PERMEABILITÉ (cm/s)  
 V RESISTANCE AU SCISSIONNETRE (kPa)  
 VR SCISSIONNETRE SUR SOL REMANIÉ (kPa)  
 VL SCISSIONNETRE DE LABORATOIRE (kPa)  
 T CONE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)  
 TR CONE TOMBANT, SOL REMANIÉ (kPa)  
 P ESSAI PRESSIOMETRIQUE

## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
 Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m³)  
 U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
 Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
 (%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
 C CONSOLIDATION  
 RQD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE



FORAGE No. KY-9

FEUILLE 1 DE 1

DATE 19 avril 1983

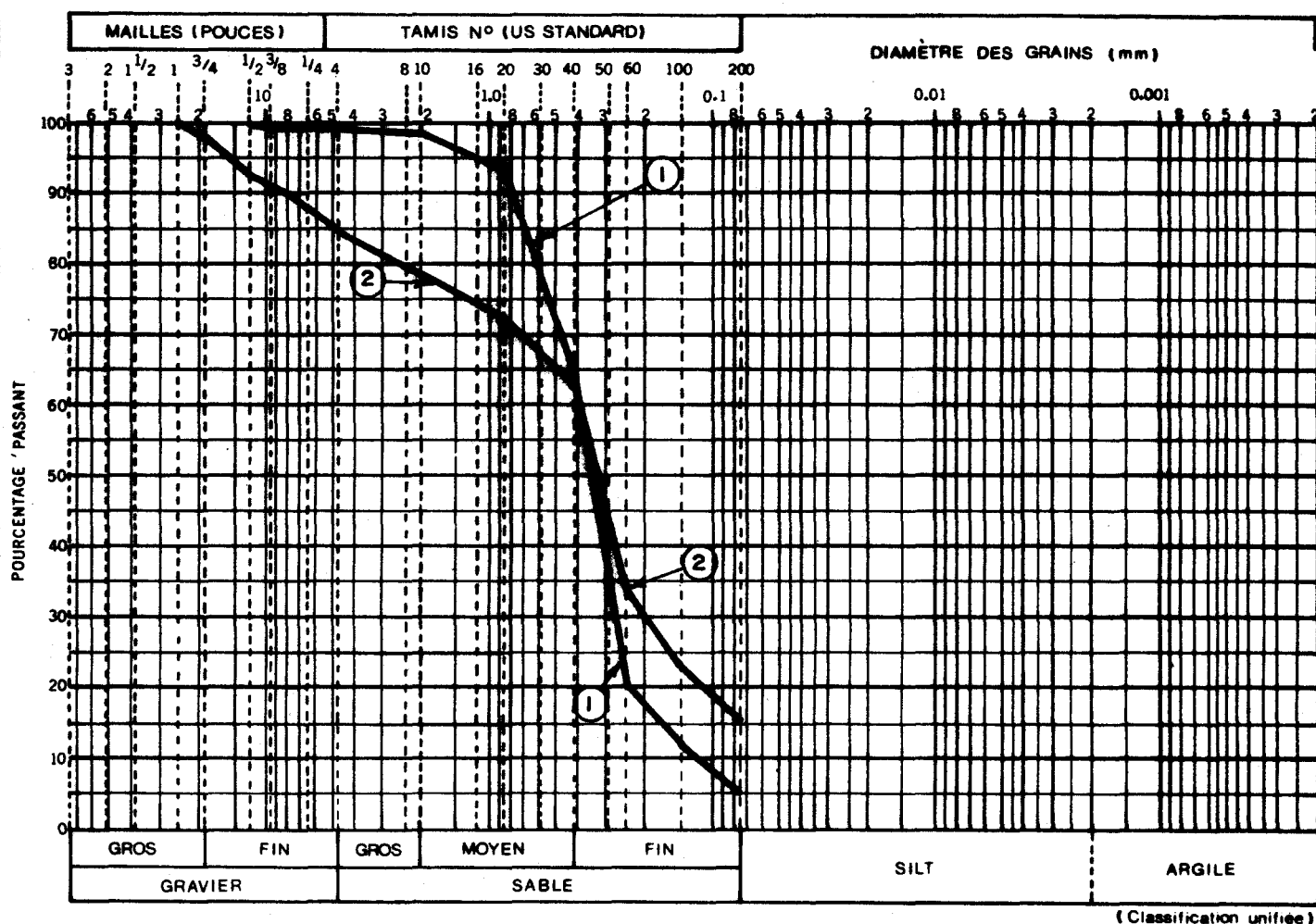
## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m<sup>3</sup>)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
(%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
ROD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

[illegible]

## COURBES GRANULOMÉTRIQUES

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, Mali



Courbe no	Forage no	Echantillon no	Profondeur (m)	Description
①	KY-9	4SS	3,55 à 4,00	Sable fin à moyen, traces de silt. Cu = 2,9
②	KY-9	6SS	5,55 à 6,00	Sable fin à grossier, un peu de gravier, un peu de silt.





FORAGE N° KY-10

FEUILLE 1 DE 1

DATE 18 avril 1983

## ESSAIS

AG	ANALYSE GRANULOMETRIQUE
Y	POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m <sup>3</sup> )
R <sub>c</sub>	COMPRESSION SIMPLE (MPa)
Q	TRIAxIAL NON DRAINE (kPa)
( <sub>3σ</sub> )	DEFORMATION A LA RUPTURE
C	CONSOLIDATION
ROOM	INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE
	MODIFIE (%)

[illegible]

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal

N° 1599-0

FORAGE N° KY-11

ENDROIT Site portuaire de Kayes, Mali

FEUILLE 1 DE 1

NIVEAU DE RÉFÉRENCE IGN

TUBAGE BW

DATE 14-15 avril 1983

**TYPE D'ÉCHANTILLON**

SS CAROTTIER FENDU, DIA. EXT. 51 mm

TS CAROTTIER A PAROI MINCE mm

PS CAROTTIER A PISTON FIXE mm

DC CAROTTIER A DIAMANTS, CALIBRE 8X

WS PAR LAVAGE

AS A LA TARIÈRE

NS CAROTTIER NILCON, DIA. EXT. 50 mm

GW ÉCHANTILLON D'EAU

**EAU**

NIVEAU D'EAU

**ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON**

BON REMANIE PERDU

**ESSAIS**

N INDICE DE PÉNÉTRATION STANDARD (coups/0.3 m)

K PERMEABILITÉ (cm/s)

V RESISTANCE AU SCISSOMETRE (kPa)

VR SCISSOMETRE SUR SOL REMANIE (kPa)

VL SCISSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)

T CONE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)

TR CONE TOMBANT, SOL REMANIE (kPa)

P ESSAI PRESSIOMETRIQUE

**ESSAIS**

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m³)

U COMPRESSION SIMPLE (kPa)

Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)

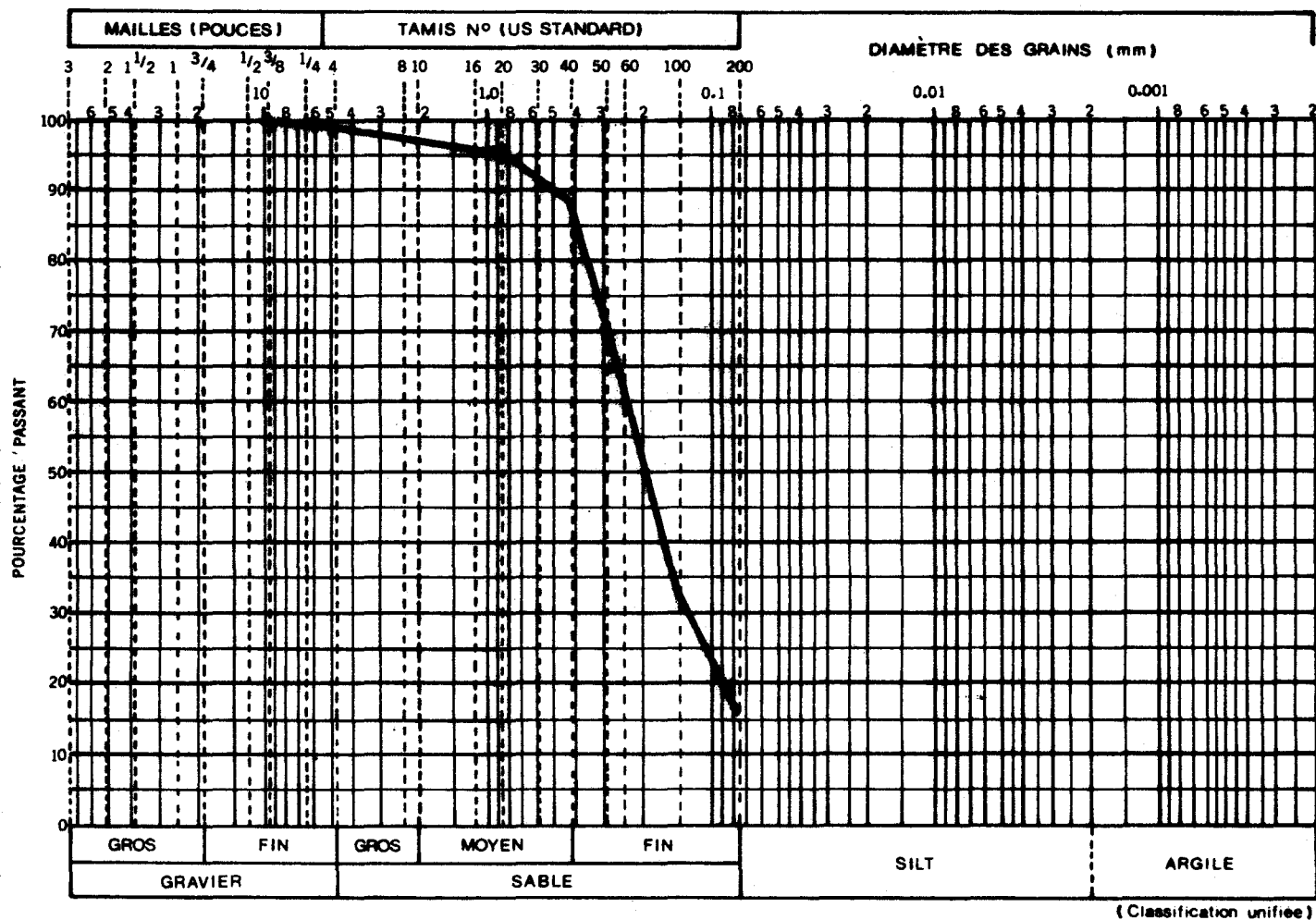
(%) DEFORMATION A LA RUPTURE

C CONSOLIDATION

ROD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

COUPE GÉOLOGIQUE				ÉCHANTILLONS				PÉNÉTRATION DYNAMIQUE (coups/0.3 m)				ESSAIS				TENEUR EN EAU (%)			
PROF. (m)	ELEV. (m)	DESCRIPTION	STRAT.	EAU	ÉTAT	NO. TYPE	REC. (%)	RESISTANCE AU CISAILLEMENT (kPa)	20	40	60	80	100	120		Wp	W	WL	
0	28.61	SURFACE DU TERRAIN																	
1		Silt argileux brun, un peu de sable, compacité lâche.			X	1 SS 100									N=6				
2																			
3	26.11	Silt brun, un peu d'argile, un peu de sable, compacité lâche.			X	2 SS 90									N=6				
4																			
5					X	3 SS 60									N=7				
6	23.11	Silt sablo-argileux, brun et gris, compacité lâche à très lâche.			X	4 SS 100									N=9				
7					X	5 SS 100									N=1				
8	20.91	Sable fin gris et brun, un peu de sable moyen et grossier, un peu de silt, compacité moyenne.			X	6 SS 100									N=24 AG				
9																			
10					X	7 SS 70									N=26				
11	18.11	Socle rocheux. Métavolcanique altérée				8 DC 0													
12	17.94	Probablement roche altérée.				9 DC 75													
13	17.49	Fin du forage.																	
14		Fin du pénétromètre.																	
15																			
16																			

REFUS (50 COUPS/5cm)

**COURBE GRANULOMÉTRIQUE****PROJET** Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, MaliForage  
no

KY-11

Echantillon  
no

6SS

Profondeur  
(m)

8,05 à 8,50

Description

Sable fin, un peu  
de sable moyen à  
grossier, un peu de  
silt.  $C_u = 4,2$

FORAGE N° KY-12

FEUILLE 1 DE 1

TUBAGE BW

DATE 14 avril 1983

## ESSAIS

 NIVEAU D'EAU  
 ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON  
 BON      REMANIÉ      PERDU  
  

N	INDICE DE PENETRATION STANDARD (coups/0.3 m)
K	PERMEABILITE (cm/s)
V	RESISTANCE AU SCISSOMETRE (kPa)
V <sub>R</sub>	SCISSOMETRE SUR SOL REMANIE (kPa)
V <sub>L</sub>	SCISSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)
T	CONE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)
T <sub>R</sub>	CONE TOMBANT, SOL REMANIE (kPa)
P	ESSAI PRESSIOMETRIQUE

ESSAIS	
AG	ANALYSE GRANULOMETRIQUE
Y	POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m <sup>3</sup> )
$\sigma_c$	COMPRESSION SIMPLE (MPa)
Q	TRIAxIAL NON DRAINE (kPa)
(%)	DEFORMATION A LA RUPTURE
C	CONSOLIDATION
ROOM	INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE
	MODIFIE (%)

### ÉCHANTILLONS

[illegible]

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal

N° 1599-0

FORAGE N° KY-13

ENDROIT Site portuaire de Kayes, Mali

FEUILLE 1 DE 1

NIVEAU DE REFERENCE IGN

TUBAGE BW

DATE 13 avril 1983

## TYPE D'ÉCHANTILLON

SS CAROTTIER FENDU, DIA. EXT. 51 mm  
 TW CAROTTIER A PAROI MINCE \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ %  
 PS CAROTTIER A PISTON FIXE \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ %  
 OC CAROTTIER A DIAMANTS, CALIBRE BX  
 PAR LAVAGE  
 AS A LA TARIERE  
 NS CAROTTIER NILCON, DIA. EXT. 50 mm  
 GW ÉCHANTILLON D'EAU

## EAU

NIVEAU D'EAU

## ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON

BON REMANIE PERDU  



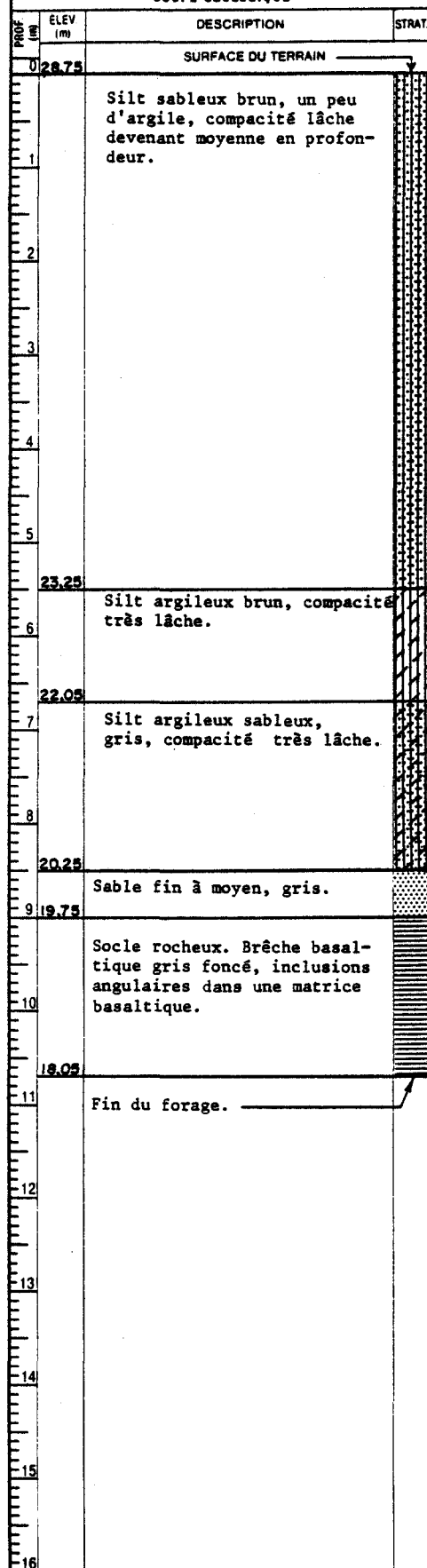

## ESSAIS

N INDICE DE PENETRATION STANDARD (coups/0.3 m)  
 K PERMEABILITE (cm/s)  
 V RESISTANCE AU SCISSIONMETRE (kPa)  
 VR SCISSIONMETRE SUR SOL REMANIE (kPa)  
 VL SCISSIONMETRE DE LABORATOIRE (kPa)  
 T CONE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)  
 TR CONE TOMBANT, SOL REMANIE (kPa)  
 P ESSAI PRESSIOMETRIQUE

## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
 Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (KN/m³)  
 R<sub>c</sub> COMPRESSION SIMPLE (MPa)  
 Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
 (%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
 C CONSOLIDATION  
 ROOM INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE  
 MODIFIE (%)

## COUPE GÉOLOGIQUE



## ÉCHANTILLONS

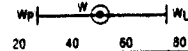
ÉTAT	NO	TYPE	REC (%)
×	1	SS	80
×	2	SS	100
×	3	SS	100
×	4	SS	100
×	5	SS	100
×	6	SS	100
×	7	SS	0
×	8	OC	75
×	9	OC	95

## PENETRATION DYNAMIQUE (coups/0.3 m)

20	40	60	80	100	120
RESISTANCE AU CISAILLEMENT (kPa)					
10	20	30	40	50	60

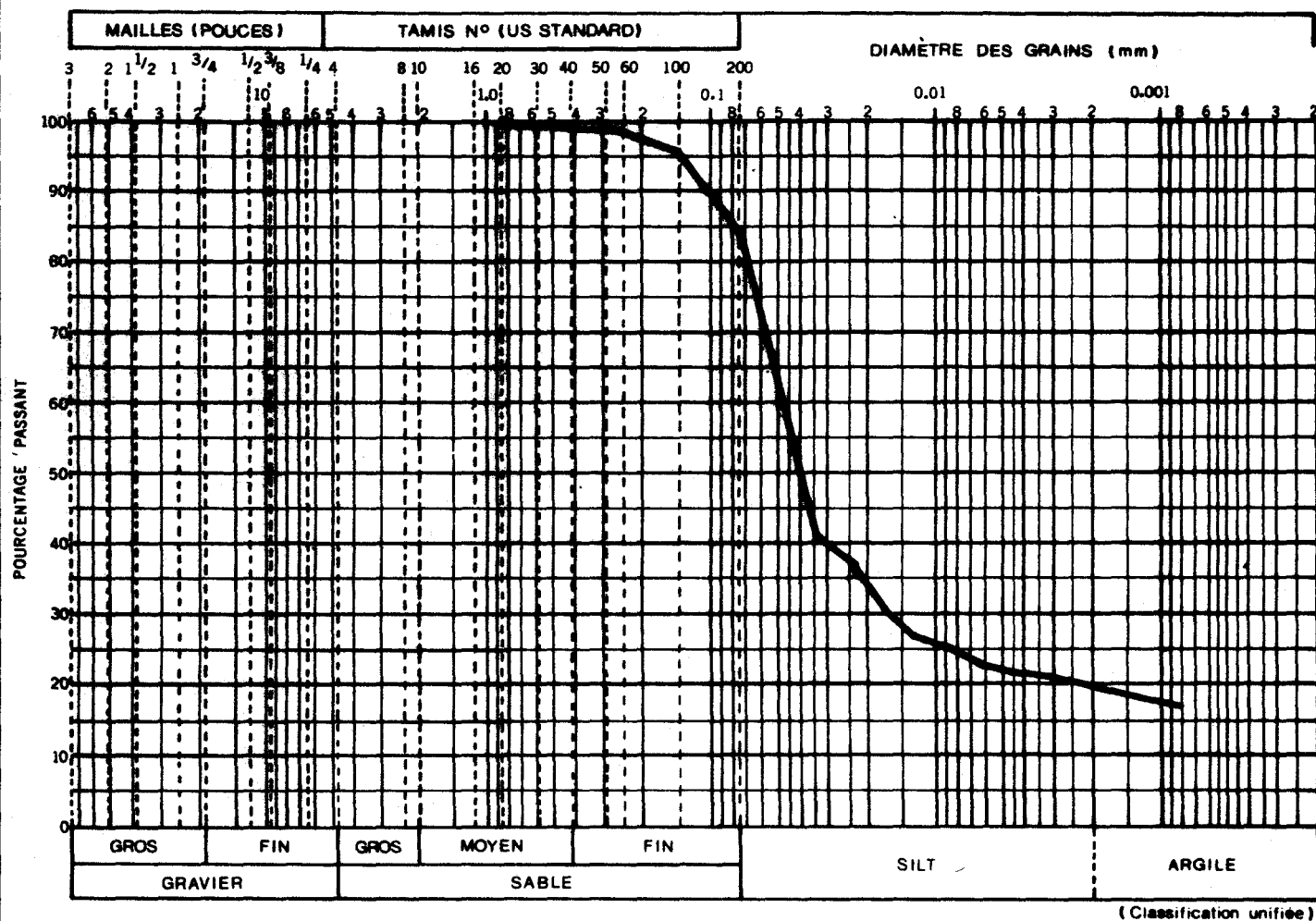
## ESSAIS

N	AG	ROOM
N=8		
N=10		
N=11		
N=10		
N=1 AG		
N=2		
N=REFUS		
ROOM=28		
ROOM=48 R <sub>c</sub> =68		

W TENEUR EN EAU (%)  
 W<sub>p</sub> LIMITE DE PLASTICITE  
 W<sub>L</sub> LIMITE DE LIQUIDITE  


## COURBE GRANULOMÉTRIQUE

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, Mali

Forage  
no

KY-13

Echantillon  
no

5SS

Profondeur  
(m)

6,05 à 6,50

Description

Silt argileux, un  
peu de sable.

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal

N° 1599-0

FORAGE N° KY-14

ENDROIT Site portuaire de Kayes, Mali

FEUILLE 1 DE 1

NIVEAU DE REFERENCE IGN

TUBAGE BW

DATE 16 avril 1983

## TYPE D'ÉCHANTILLON

SS CAROTTIER FENDU, DIA. EXT. 51 mm  
 TW CAROTTIER A PAROI MINCE  
 PS CAROTTIER A PISTON FIXE  
 DC CAROTTIER A DIAMANTS, CALIBRE  
 WS PAR LAVAGE  
 AS A LA TARIERE  
 NS CAROTTIER MILCON, DIA. EXT. 50 mm  
 GW ÉCHANTILLON D'EAU

## EAU

NIVEAU D'EAU

## ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON

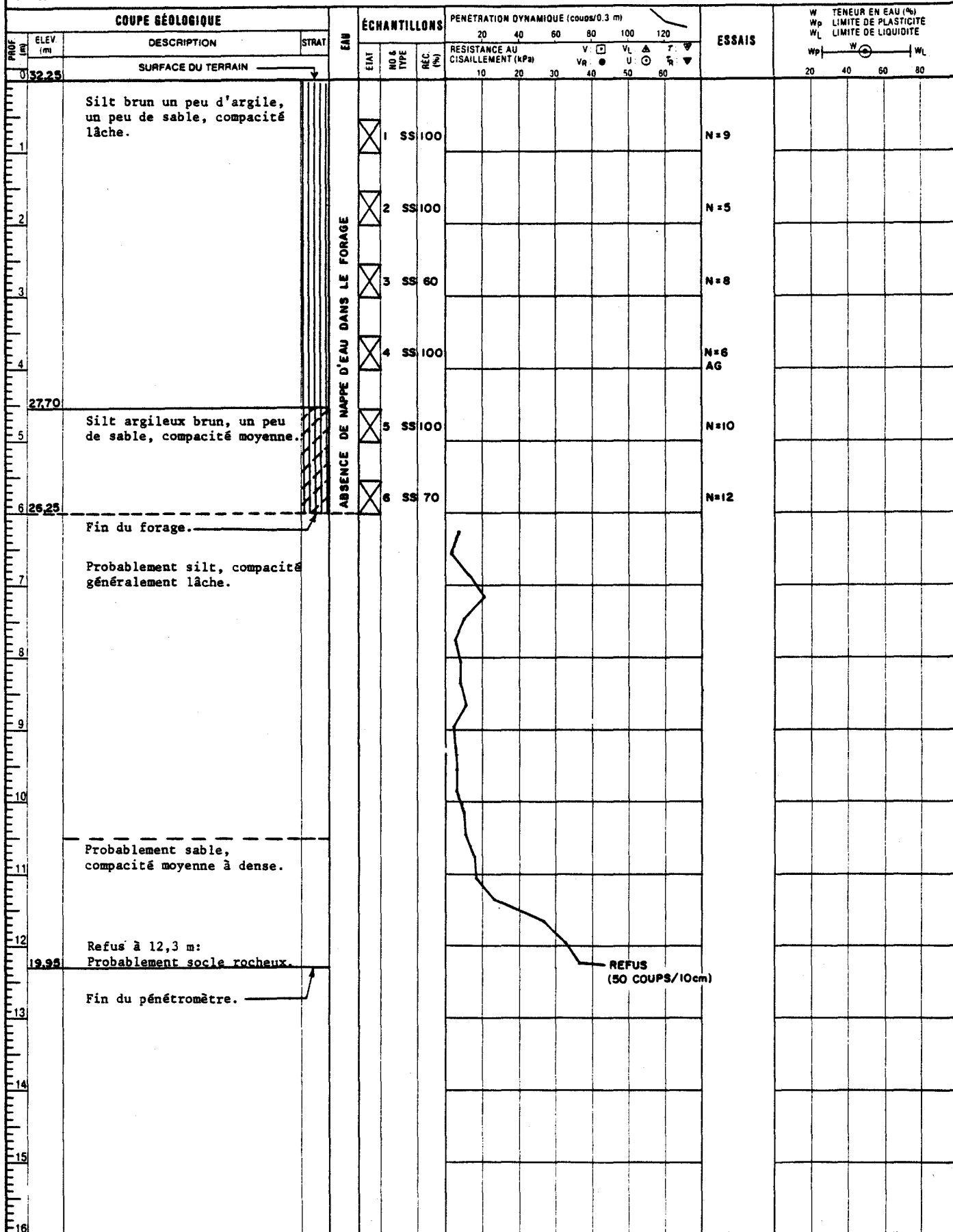
BON REMANIE PERDU  
 [diagonal lines] [cross] [solid black]

## ESSAIS

N INDICE DE PÉNÉTRATION STANDARD (coups/0.3 m)  
 K PERMEABILITE (cm/s)  
 V RESISTANCE AU SCISSIONMETRE (kPa)  
 VR SCISSIONMETRE SUR SOL REMANIE (kPa)  
 VL SCISSIONMETRE DE LABORATOIRE (kPa)  
 T CONE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)  
 TR CONE TOMBANT, SOL REMANIE (kPa)  
 P ESSAI PRESSIOMETRIQUE

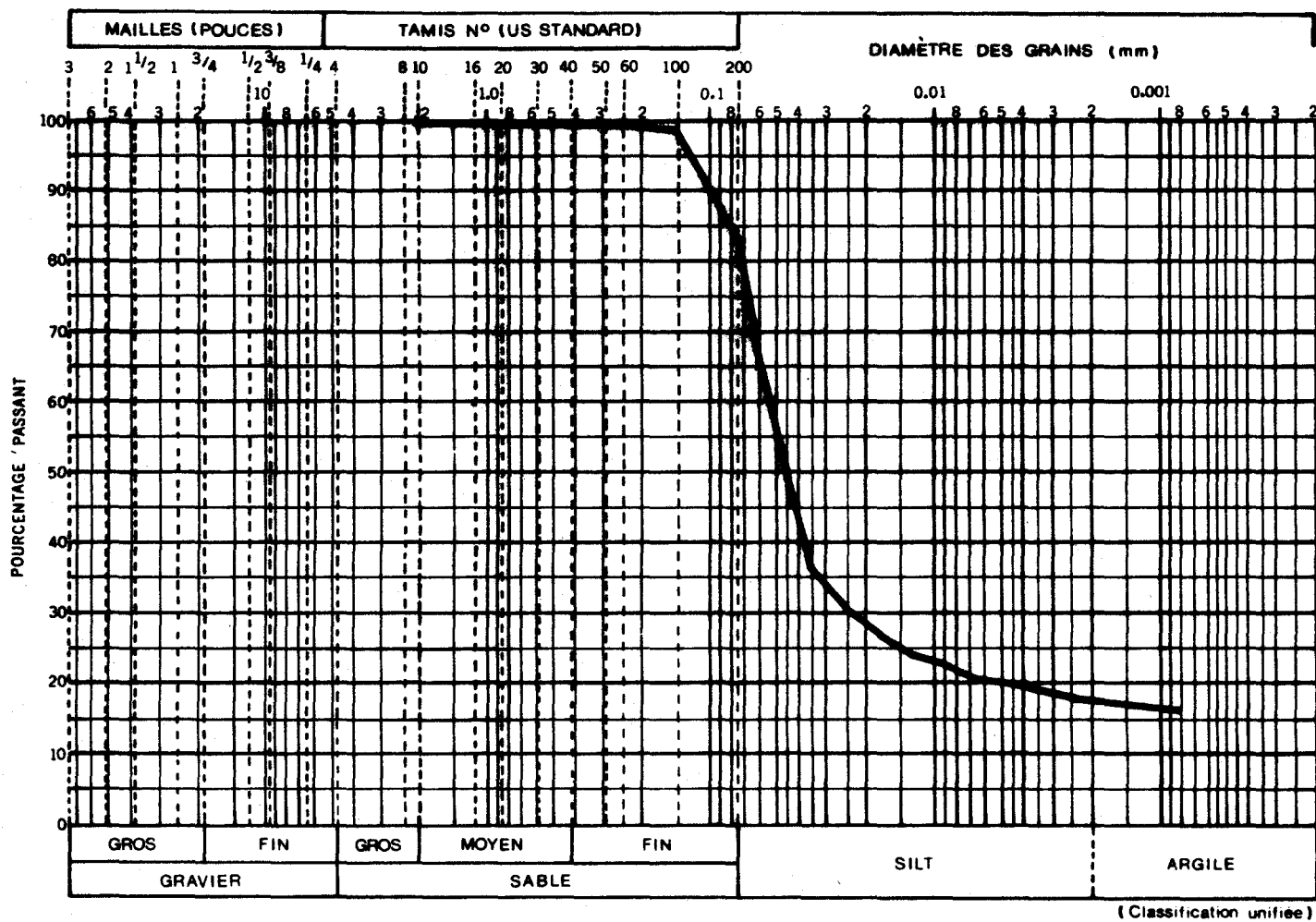
## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
 7 POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m³)  
 U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
 O TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
 (%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
 C CONSOLIDATION  
 ROD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE



**COURBE GRANULOMÉTRIQUE**

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, Mali

Forage  
noEchantillon  
noProfondeur  
(m)

Description

KY-14

4SS

3,55 à 4,00

Silt, un peu d'argile,  
un peu de sable.



PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal

N° 1599-0

FORAGE N° KY-15

ENDROIT Site portuaire de Kayes, Mali

FEUILLE 1 DE 1

NIVEAU DE RÉFÉRENCE IGN

TUBAGE BW

DATE 15 avril 1983

## TYPE D'ÉCHANTILLON

SS CAROTTIER FENOUI, DIA. EXT. 51 mm  
 TW CAROTTIER A PAROI MINCE mm %  
 PS CAROTTIER A PISTON FIXE mm %  
 DC CAROTTIER A DIAMANTS, CALIBRE  
 WS PAR LAVAGE  
 AS A LA TARIERE  
 NS CAROTTIER NILCON, DIA. EXT. 50 mm  
 GW ÉCHANTILLON D'EAU

## EAU

NIVEAU D'EAU

## ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON

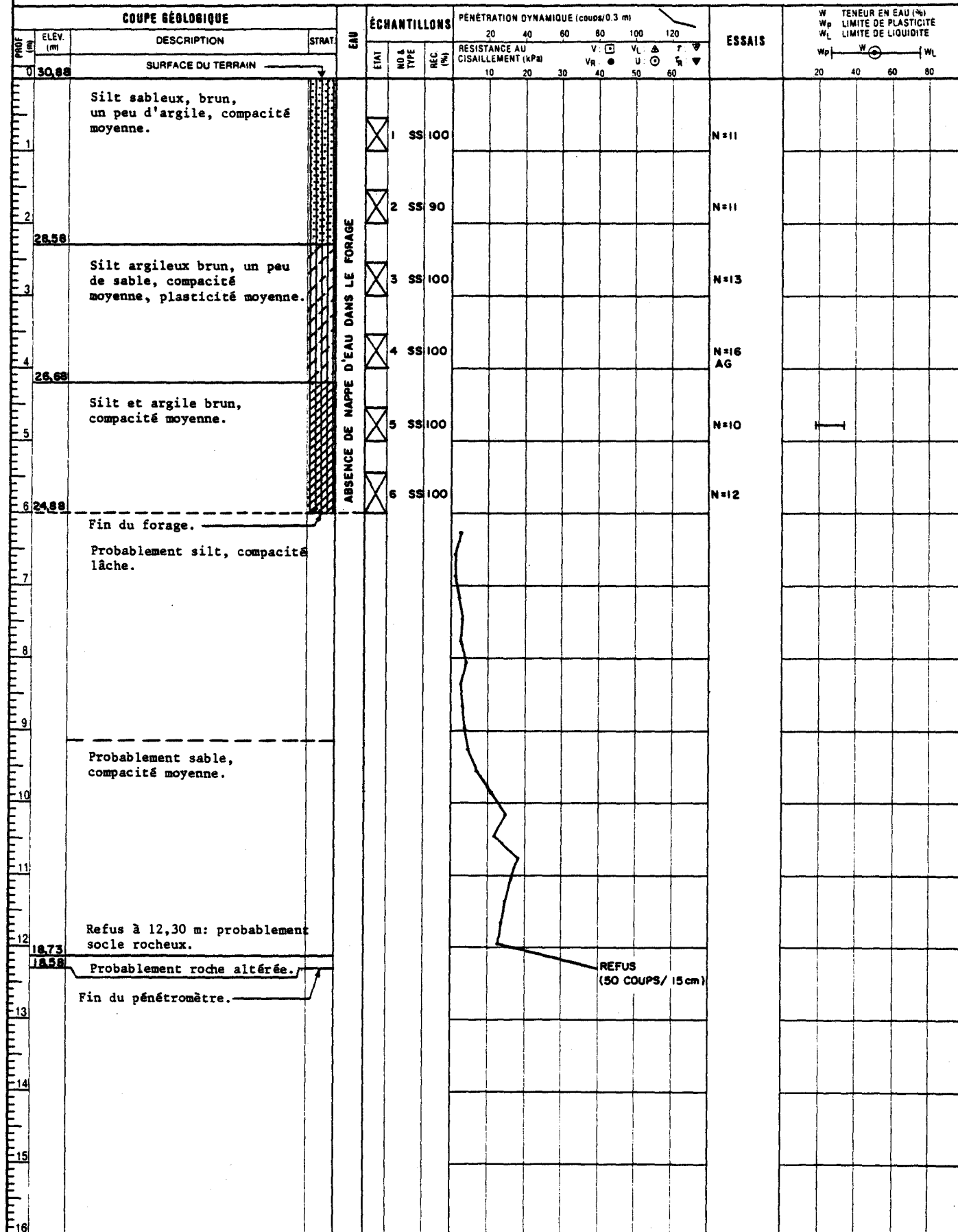
BON REMANIE PERDU  
  

## ESSAIS

N INDICE DE PÉNÉTRATION STANDARD (coups/0.3 m)  
 K PERMEABILITE (cm/s)  
 V RESISTANCE AU SCISSOMETRE (kPa)  
 VR SCISSOMETRE SUR SOL REMANIE (kPa)  
 VL SCISSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)  
 T CONE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)  
 TR CONE TOMBANT, SOL REMANIE (kPa)  
 P ESSAI PRESSIOMETRIQUE

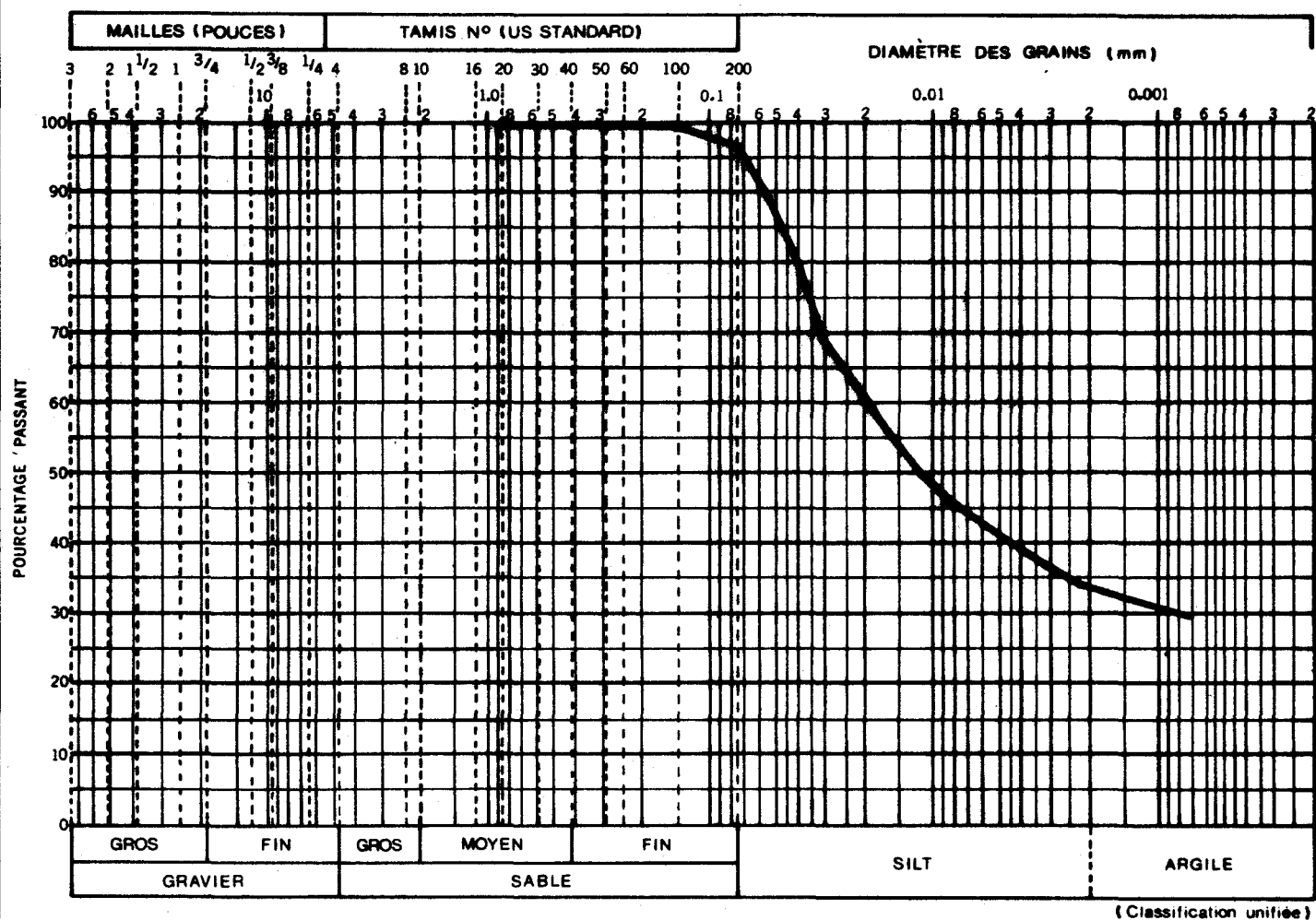
## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
 7 POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m³)  
 U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
 Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
 (%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
 C CONSOLIDATION  
 ROD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE



**COURBE GRANULOMÉTRIQUE**

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, Mali

Forage  
no

KY-15

Echantillon  
no

4SS

Profondeur  
(m)

3,55 à 4,00

Description

Silt argileux, traces de  
sable.

FORAGE N°            KY-16

FEUILLE 1 DE 1

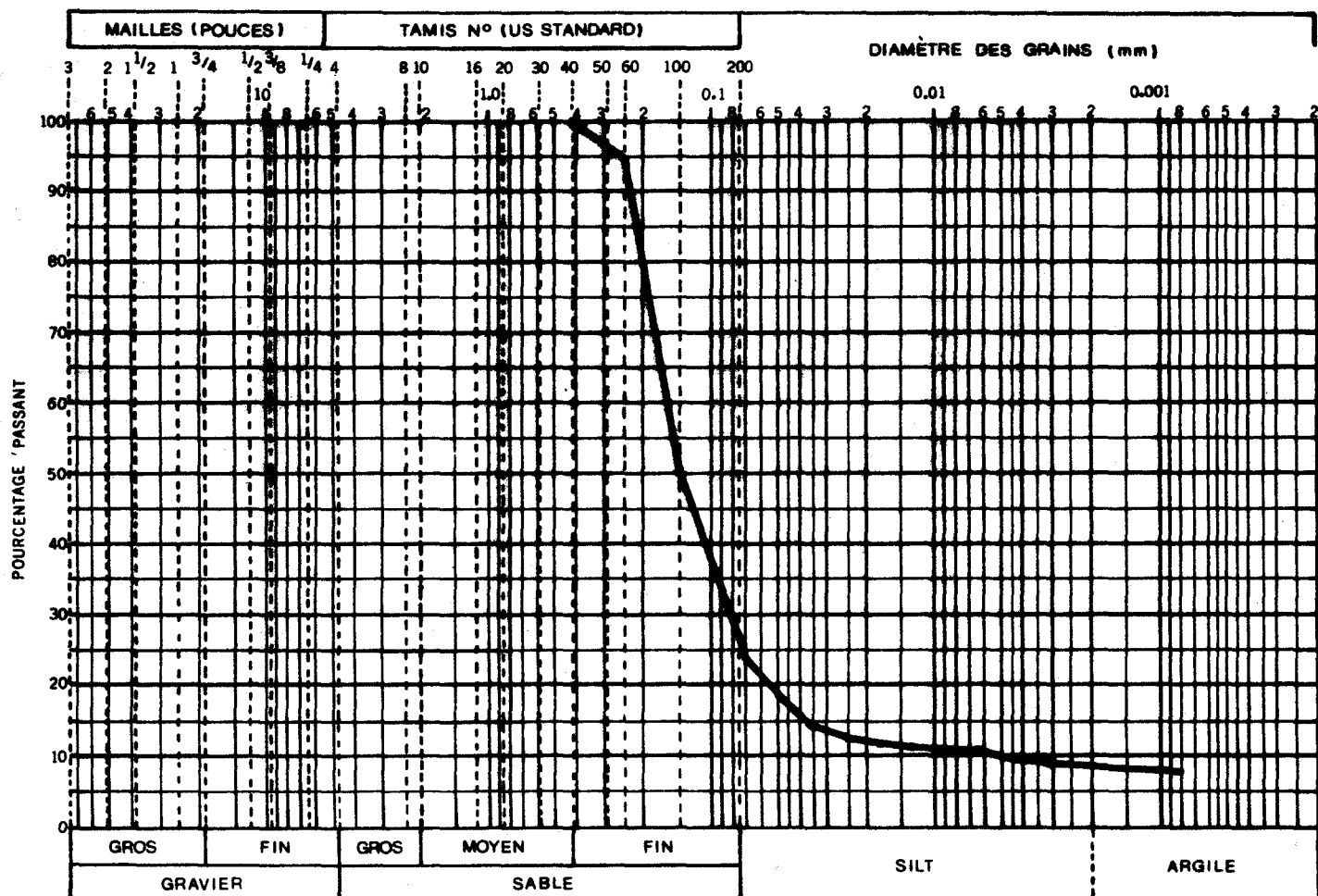
DATE 11 avril 1983

## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m<sup>3</sup>)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
(%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
ROD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

**PÉNÉTRATION DYNAMIQUE (coups/0.3 m)**

[illegible]

**COURBE GRANULOMÉTRIQUE**PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, MaliForage  
no

KY-16

Echantillon  
no

2SS

Profondeur  
(m)

1,55 à 2,00

Description

Sable fin silteux,  
traces d'argile.

(Classification unifiée)

FORAGE No. KY-17

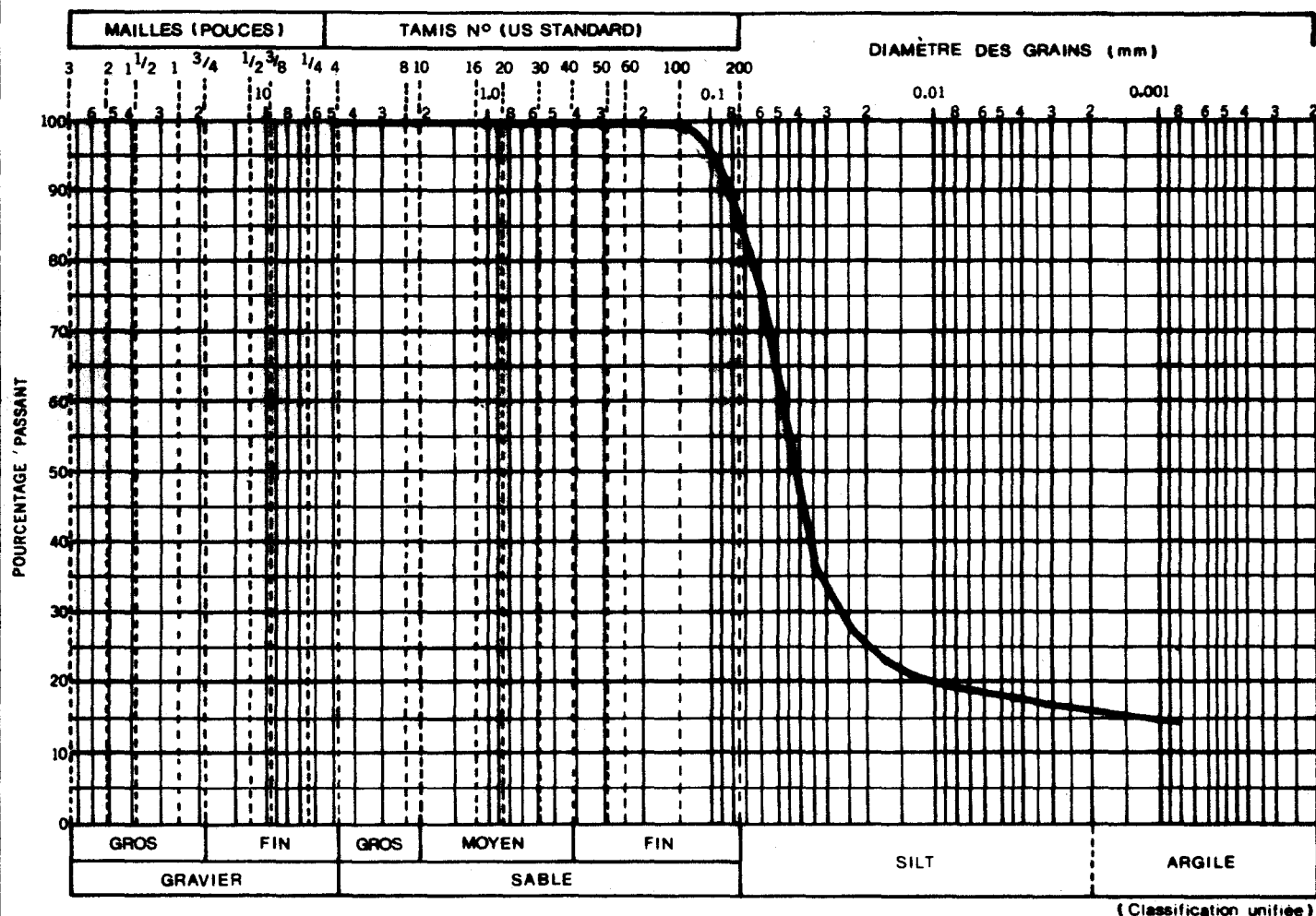
FEUILLE 1 DE 1

DATE 10 avr 11 1983

## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m<sup>3</sup>)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINÉ (kPa)  
(%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
ROD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

[illegible]

**COURBE GRANULOMÉTRIQUE**PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, MaliForage  
noEchantillon  
noProfondeur  
(m)

Description

KY-17

4SS

3,55 à 4,00

Silt, un peu d'argile,  
un peu de sable.

FORAGE No KY-18

FEUILLE 1 DE 1

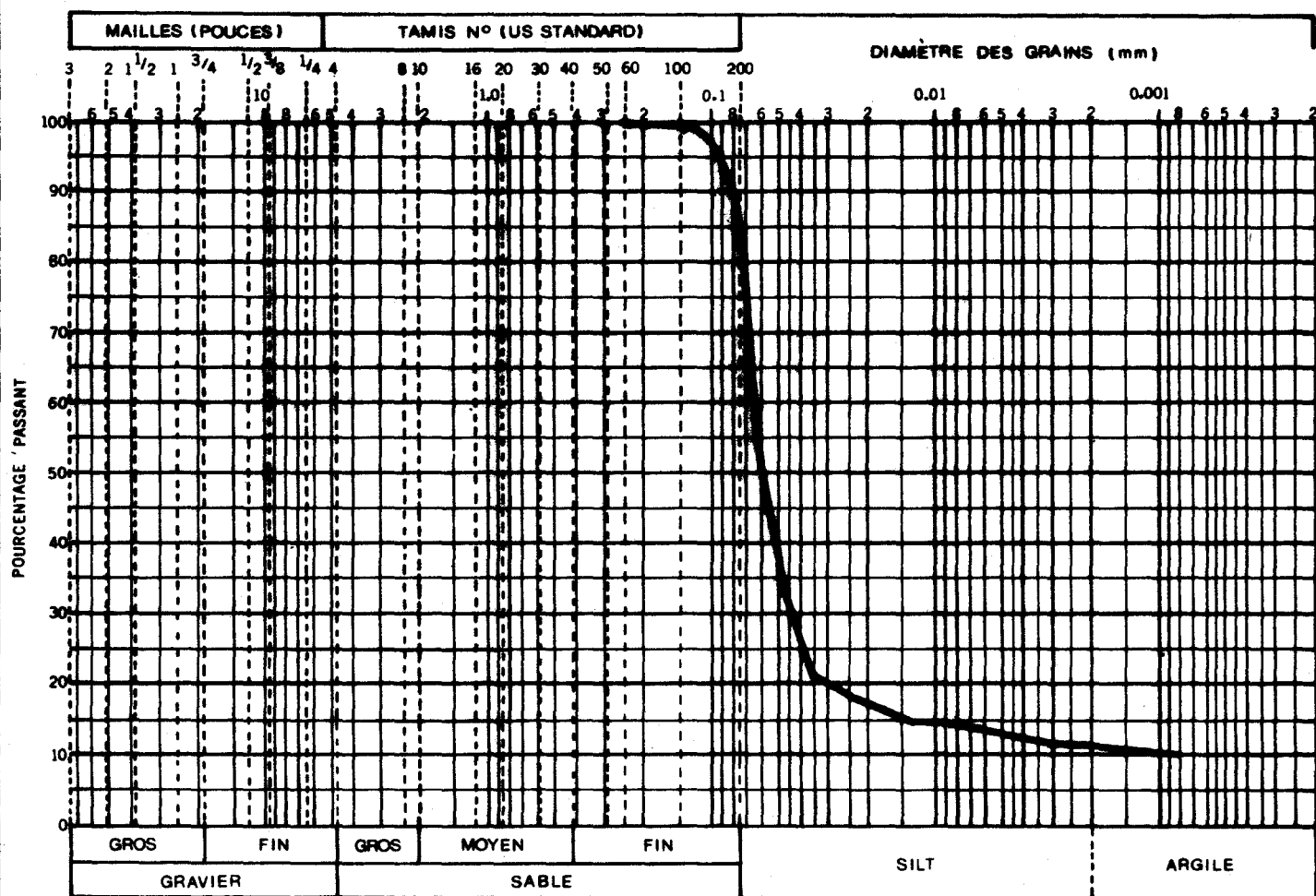
DATE 10 avril 1983

## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m³)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
(p) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
RQD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

## ESSAIS

[illegible]

**COURBE GRANULOMÉTRIQUE****PROJET** Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, MaliForage  
no

KY-18

Echantillon  
no

8SS

Profondeur  
(m)

7,55 à 8,00

Description

Silt, un peu de  
sable, un peu  
d'argile.



PLANCHE N° A-38

1599-0

FD-302 (Rev. 11-27-70) KY-19

FEUILLE 1 DE 1

TUBAGE

DATE 9 avril 1983

## EAU

## ESSAIS

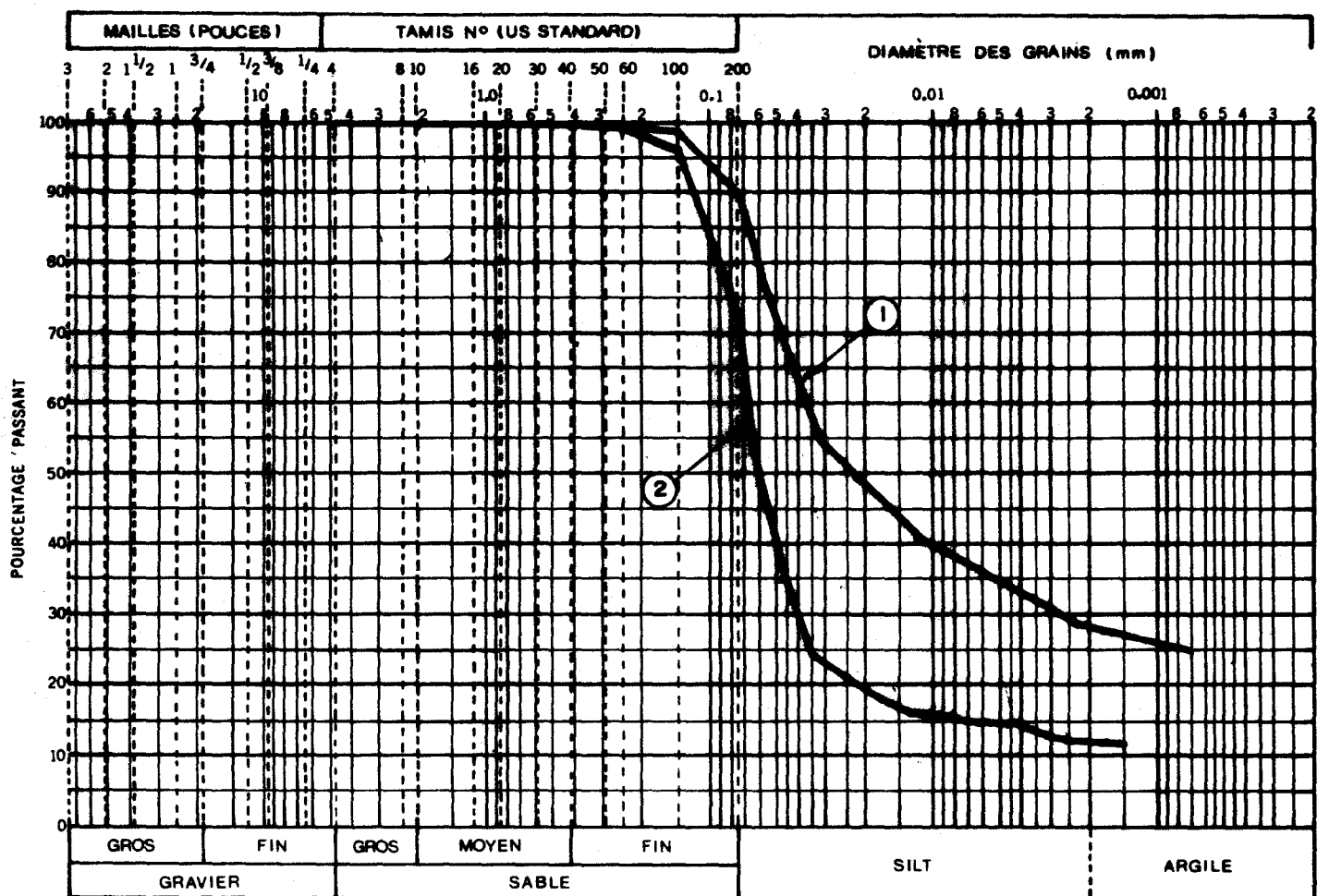
## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m<sup>3</sup>)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
(%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
RQI INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

## PÉNÉTRATION DYNAMIQUE (coups/0.3 m)

## ESSAIS

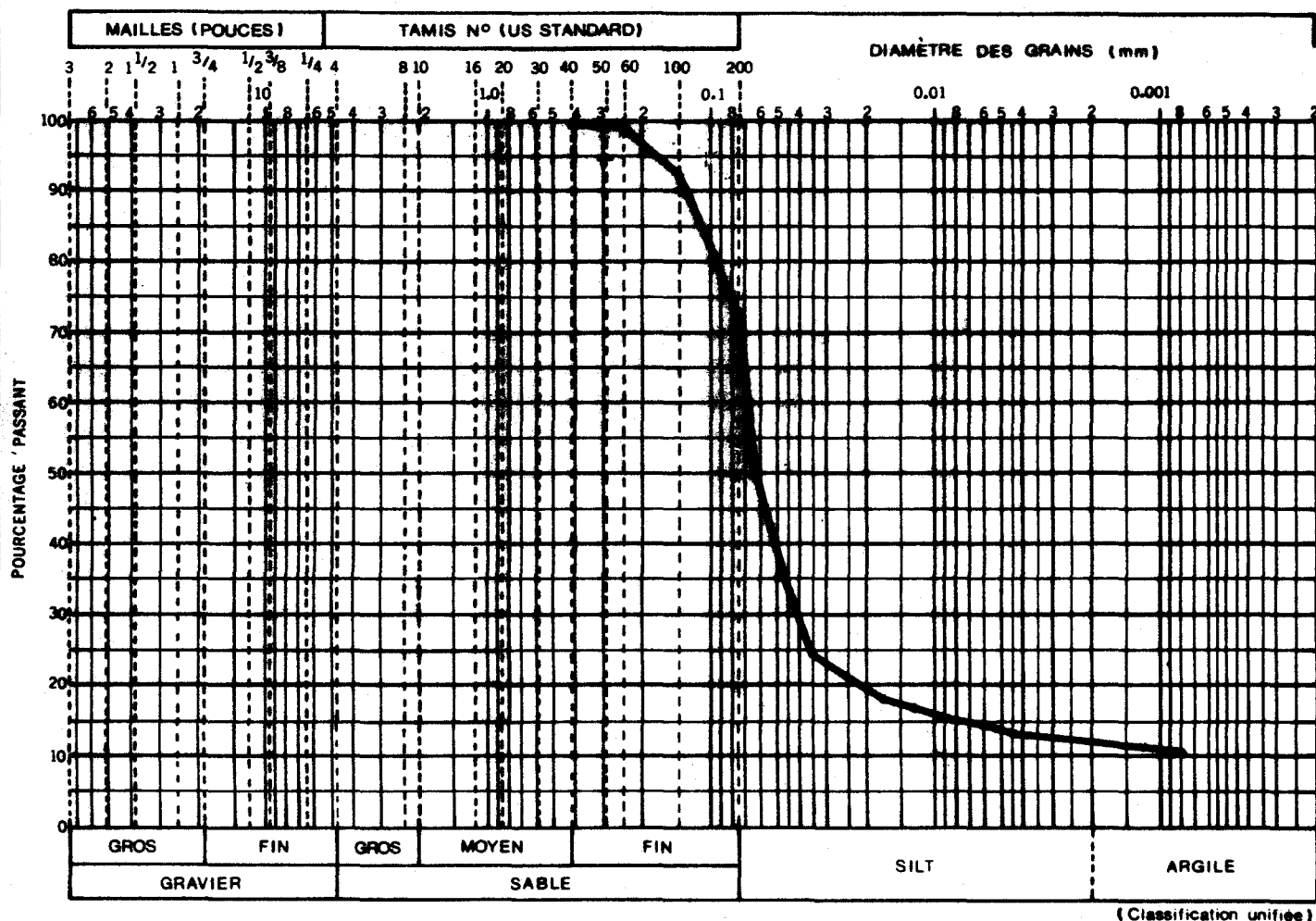
[illegible]

**COURBES GRANULOMÉTRIQUES****PROJET** Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, Mali

(Classification unifiée)

Courbe no	Forage no	Echantillon no	Profondeur (m)	Description
①	KY-19	1SS	0,55 - 1,00	Silt argileux, traces de sable.
②	KY-19	5SS	4,55 - 5,00	Silt sableux, un peu d'argile.



**COURBE GRANULOMÉTRIQUE****PROJET** Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, MaliForage  
no

KY-20

Echantillon  
no

6SS

Profondeur  
(m)

5,55 à 6,00

Description

Silt sableux, un peu  
d'argile.

No 1599-0

FORAGE N°        KY-21

FEUILLE 1 DE 1

TUBAGE          BW

DATE 8 avril 1983

**EAU**

## ESSAIS

## ESSAIS

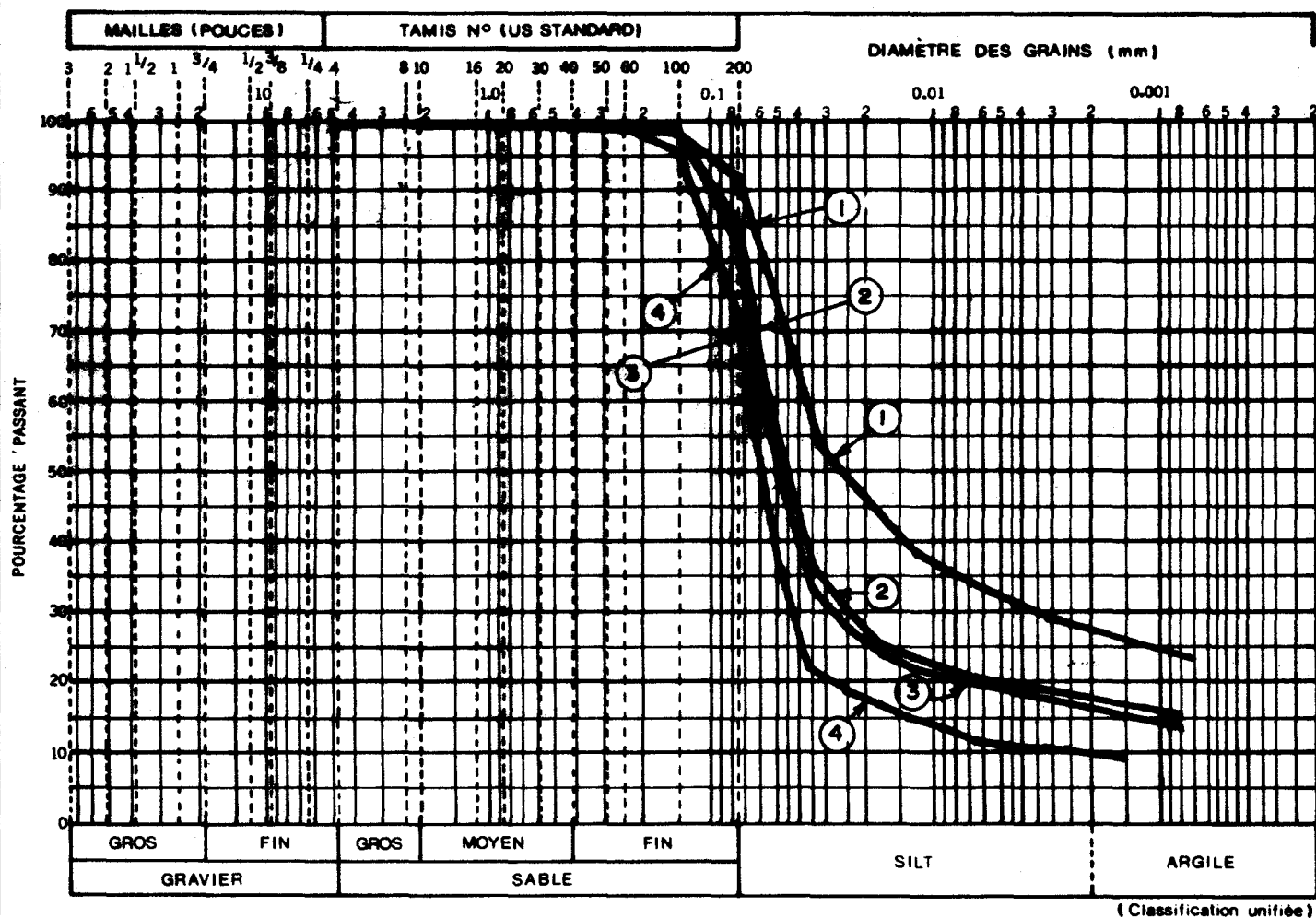
N	INDICE DE PENETRATION STANDARD (coups/0.3 m)
K	PERMEABILITE (cm/s)
V	RESISTANCE AU SCISSOMETRE (kPa)
V <sub>R</sub>	SCISSOMETRE SUR SOL REMANIE (kPa)
V <sub>L</sub>	SCISSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)
T	CONE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)
T <sub>R</sub>	CONE TOMBANT, SOL REMANIE (kPa)
P	ESSAI PRESSIOMETRIQUE

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m<sup>3</sup>)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
(%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
ROD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

[illegible]

**COURBES GRANULOMÉTRIQUES**

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, Mali



(Classification unifiée)

Courbe no	Forage no	Echantillon no	Profondeur (m)	Description
①	KY-21	2SS	1,55 à 2,00	Silt argileux, traces de sable.
②	KY-21	4SS	3,55 à 4,00	Silt, un peu d'argile, un peu de sable.
③	KY-21	5SS	4,55 à 5,00	Silt, un peu de sable, un peu d'argile.
④	KY-21	6SS	5,55 à 6,00	Silt sableux, traces d'argile.

FORAGE N°        KY-22

FEUILLE 1 DE 1

DATE 7 avril 1983

## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m<sup>3</sup>)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
(%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
ROD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

[illegible]

FORAGE N° KY-23

FEUILLE 1 DE 1

DATE 5 avril 1983

## ESSAYS

N	INDICE DE PENETRATION STANDARD (coups/0,3 m)
K	PERMEABILITE (cm/s)
V	RESISTANCE AU SCISSOMETRE (kPa)
V <sub>R</sub>	SCISSOMETRE SUR SOL REMANIE (kPa)
V <sub>L</sub>	SCISSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)
T	CONE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)
P	CONE TOMBANT, SOL REMANIE (kPa)
R	ESSAI PRESSIOMETRIQUE

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m<sup>3</sup>)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
(%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
RQD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

[illegible]



FORAGE N° KY-24

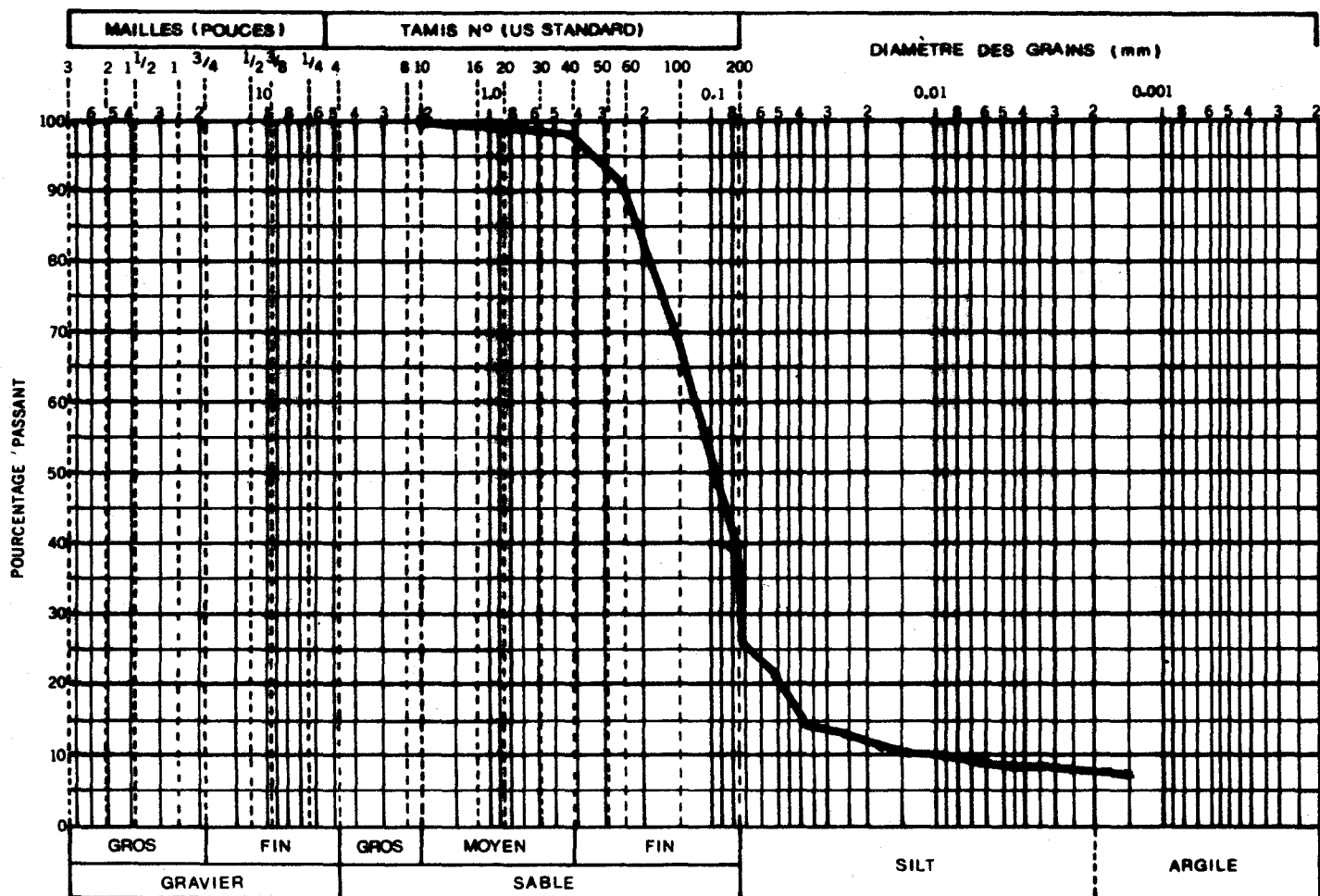
FEUILLE 1 DE 1

DATE 23 avril 1983

## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m<sup>3</sup>)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
( $\epsilon_v$ ) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
RQD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

[illegible]

**COURBE GRANULOMÉTRIQUE**PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, MaliForage  
noEchantillon  
noProfondeur  
(m)

Description

KY-24

3SS

5,55 à 6,00

Sable fin silteux, traces  
d'argile.

(Classification unifiée)

PLANCHE N° A-48

FORAGE N°            KY-25

FEUILLE 1 DE 1

TUBAGE            BW           

DATE 7 avril 1983

## ESSAIS

**NIVEAU D'EAU**

### ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON

BON      REMANIE      PERDU

N	INDICE DE PENETRATION STANDARD (coups/0,3 m)
K	PERMEABILITE (cm/s)
V <sub>R</sub>	RESISTANCE AU SCISSOMETRE (kPa)
V <sub>L</sub>	SCISSOMETRE SUR SOL REMANIE (kPa)
V <sub>I</sub>	SCISSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)
C	CONE TOMBANT. SOL INTACT (kPa)
T	CONE TOMBANT. SOL REMANIE (kPa)
P	ESSAI PRESSIOMETRIQUE

## ESSAIS

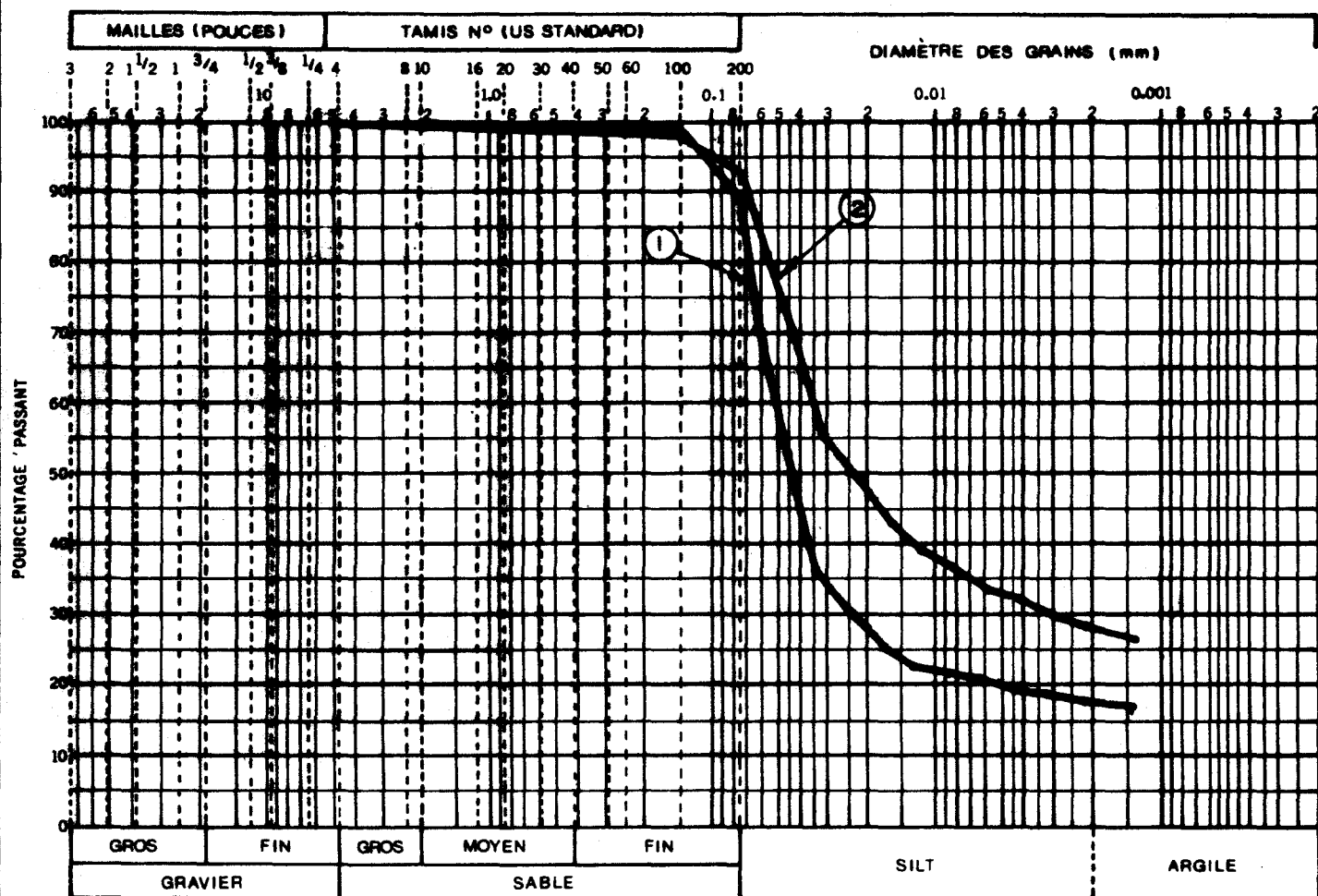
AG	ANALYSE GRANULOMETRIQUE
Y	POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m <sup>3</sup> )
U	COMPRESSION SIMPLE (kPa)
Q	TRIAIXIAL NON DRAINE (kPa)
( $\epsilon_p$ )	DEFORMATION A LA RUPTURE
C	CONSOLIDATION
ROQ	INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

### COUPE GÉOLOGIQUE

[illegible]

**COURBES GRANULOMÉTRIQUES**

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, Mali



FORAGE NO. KY-26

FEUILLE 1 DE 1

DATE 8 avril 1983

## ESSAIS

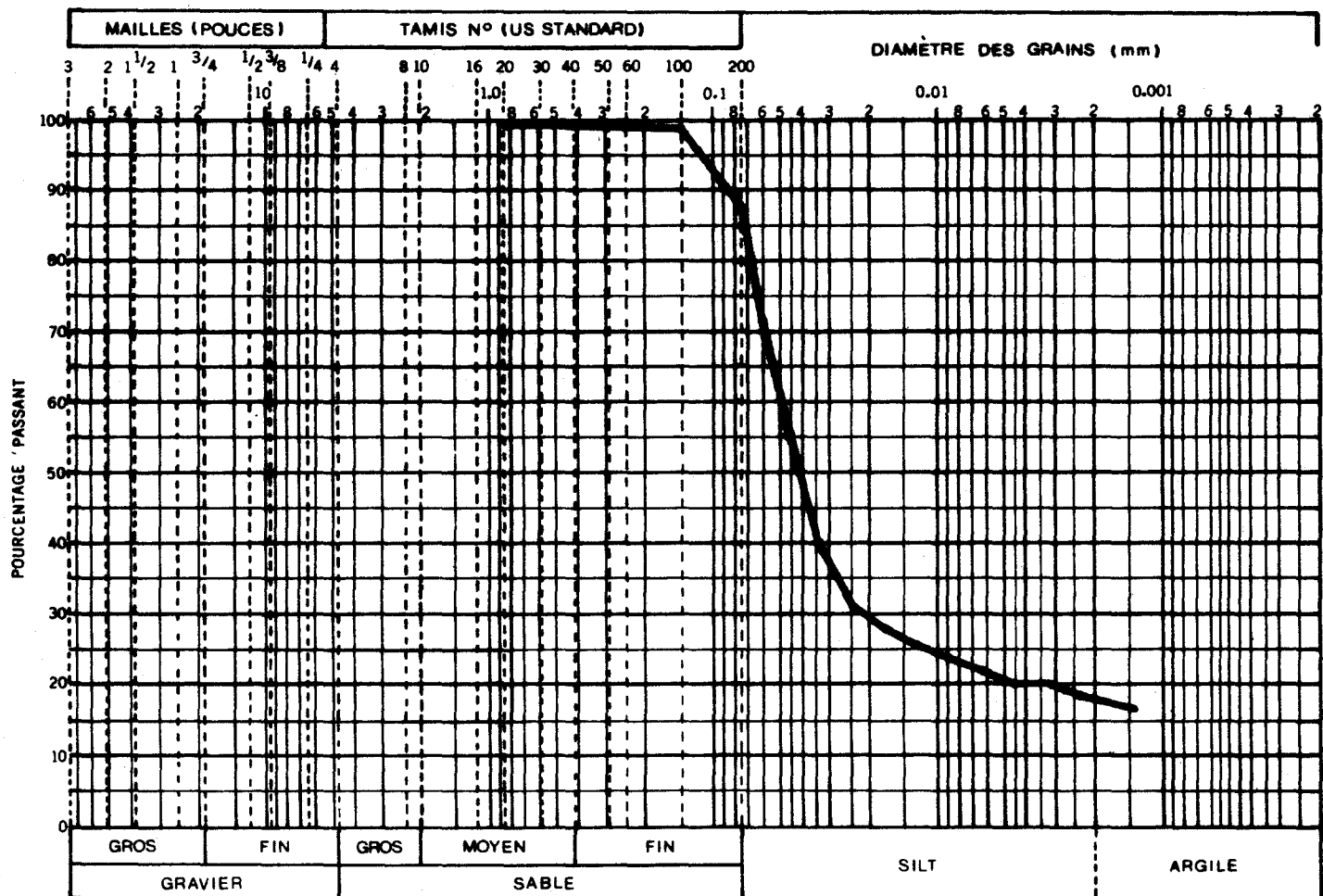
N	INDICE DE PENETRATION STANDARD (coups/0.3 m)
K	PERMEABILITE (cm/s)
V	RÉSISTANCE AU SCISSOMETRE (kPa)
V <sub>R</sub>	SCISSOMETRE SUR SOL REMANIE (kPa)
V <sub>L</sub>	SCISSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)
T	CÔNE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)
T <sub>R</sub>	CÔNE TOMBANT, SOL REMANIE (kPa)
P	ESSAI PRESSIOMETRIQUE

**ESSAIS**

AG	ANALYSE GRANULOMETRIQUE
Y	POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m <sup>3</sup> )
U	COMPRESSION SIMPLE (kPa)
Q	TRIAXIAL NON CRAINTE (kPa)
( $\epsilon_p$ )	DEFORMATION A LA RUPTURE
C	CONSOLIDATION
ROD	INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

## ÉCHANTILLONS

[illegible]

**COURBE GRANULOMÉTRIQUE**PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, MaliForage  
no

KY-26

Echantillon  
no

3SS

Profondeur  
(m)

2,55 à 3,00

(Classification unifiée)  
DescriptionSilt, un peu  
d'argile, traces de  
sable.

PLANCHE N° A-52

FORAGE N° KY-27

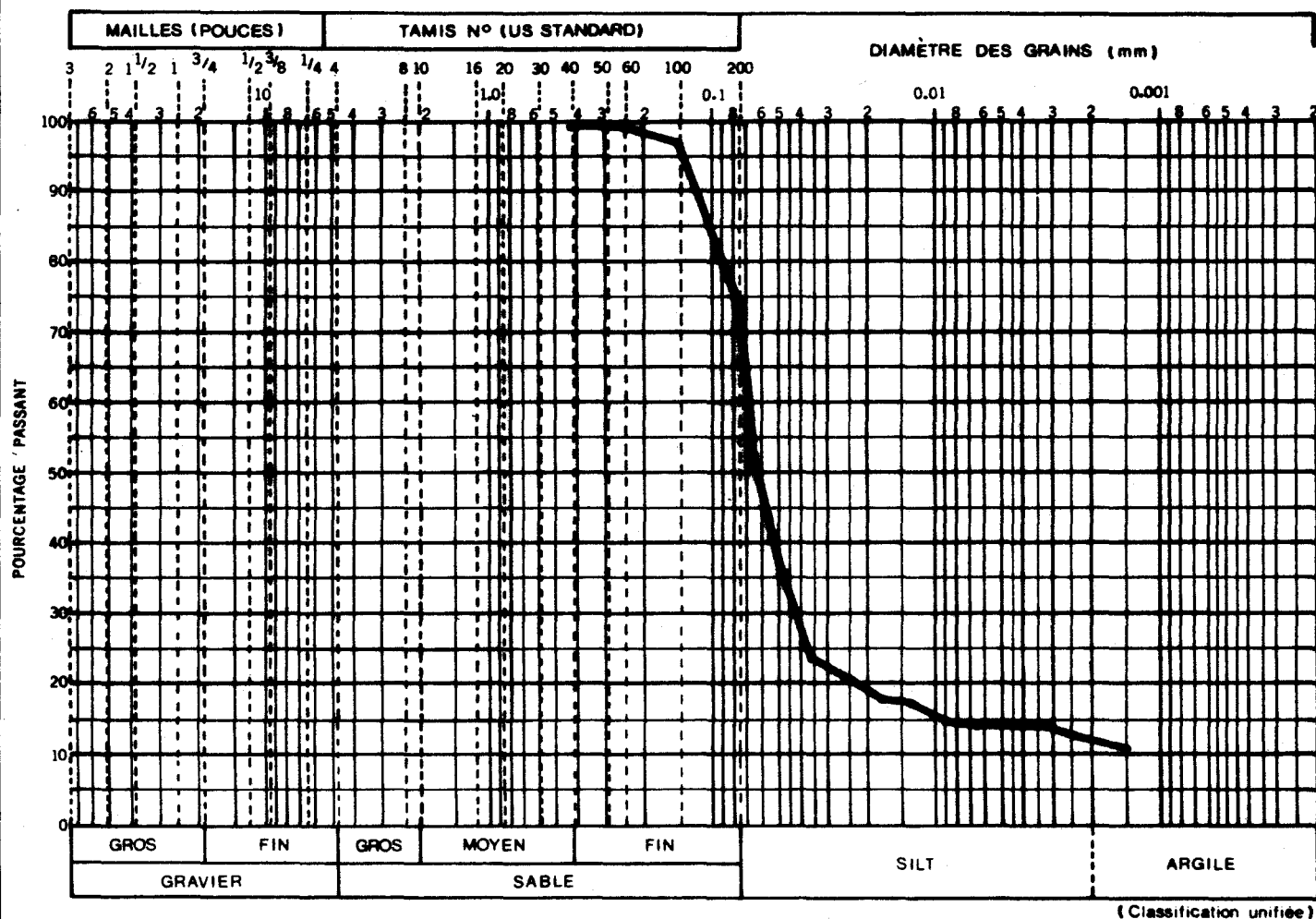
FEUILLE 1 DE 1

DATE 9 avril 1983

## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m<sup>3</sup>)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
(%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
ROD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

[illegible]

**COURBE GRANULOMÉTRIQUE**PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, MaliForage  
no

KY-27

Echantillon  
no

6SS

Profondeur  
(m)

5,55 à 6,00

Description

Silt sableux, un  
peu d'argile.



FORAGE N° KY-28FEUILLE 1 DE 1

DATE 10 avril 1983

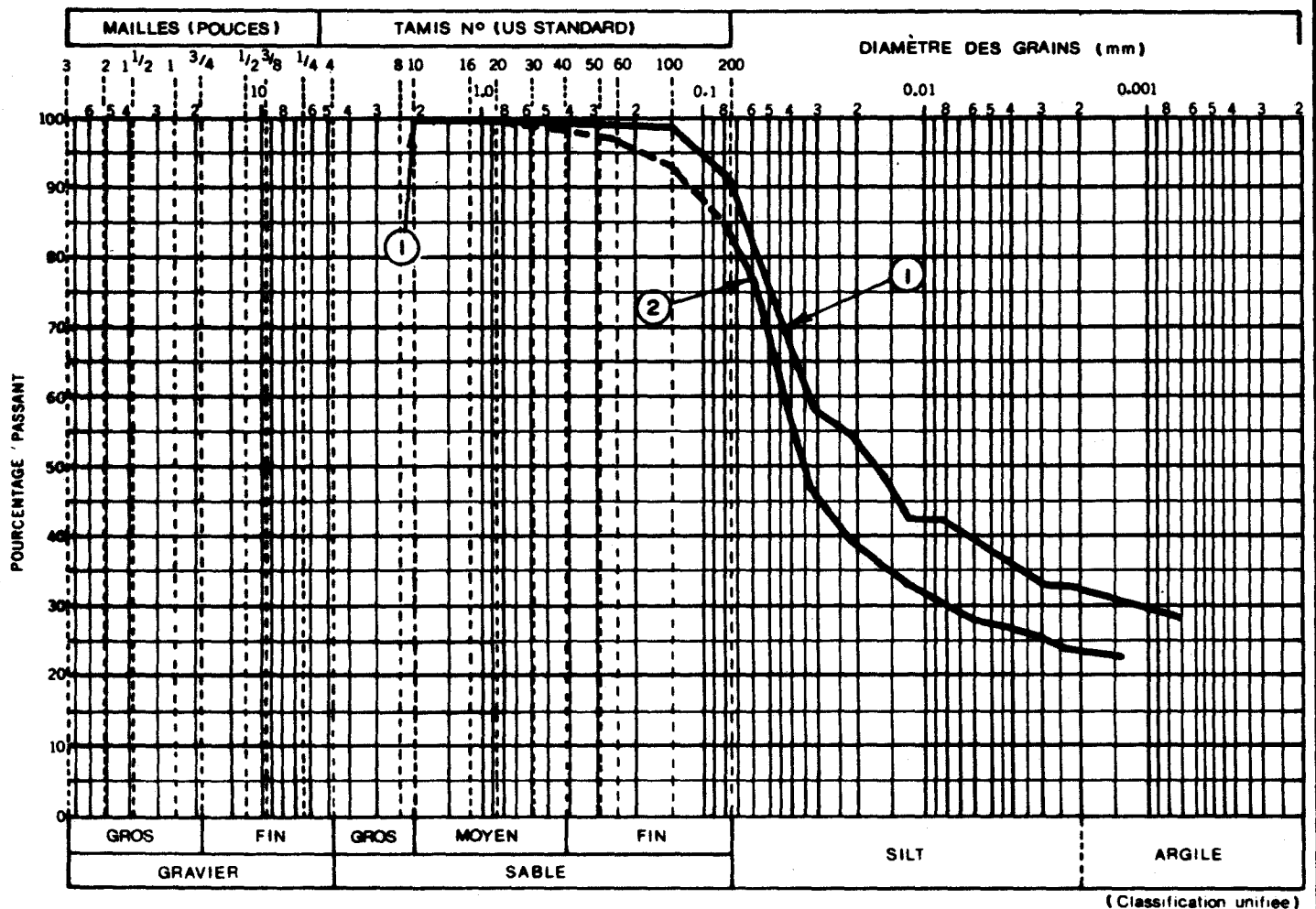
## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m³)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
(%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
RQD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

[illegible]

**COURBES GRANULOMÉTRIQUES**

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, Mali



Courbe no	Forage no	Echantillon no	Profondeur (m)	Description
①	KY-28	1SS	0,55 à 1,00	Silt argileux, traces de sable.
②	KY-28	4SS	3,55 à 4,00	Silt argileux, un peu de sable.

## PLANCHE N° A-56

FORAGE № KY-29

FEUILLE 1 DE 1

TUBAGE            BW           

DATE 11 avril 1983

## ESSAIS

N	INDICE DE PENETRATION STANDARD (coups/0,3 m)
K	PERMEABILITE (cm/s)
V	RESISTANCE AU SCISSOMETRE (kPa)
V <sub>R</sub>	SCISSOMETRE SUR SOL REMANIE (kPa)
V <sub>L</sub>	SCISSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)
T	CONE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)
T <sub>R</sub>	CONE TOMBANT, SOL REMANIE (kPa)
P	ESSAI PRESSIOMETRIQUE

### ESSAIS

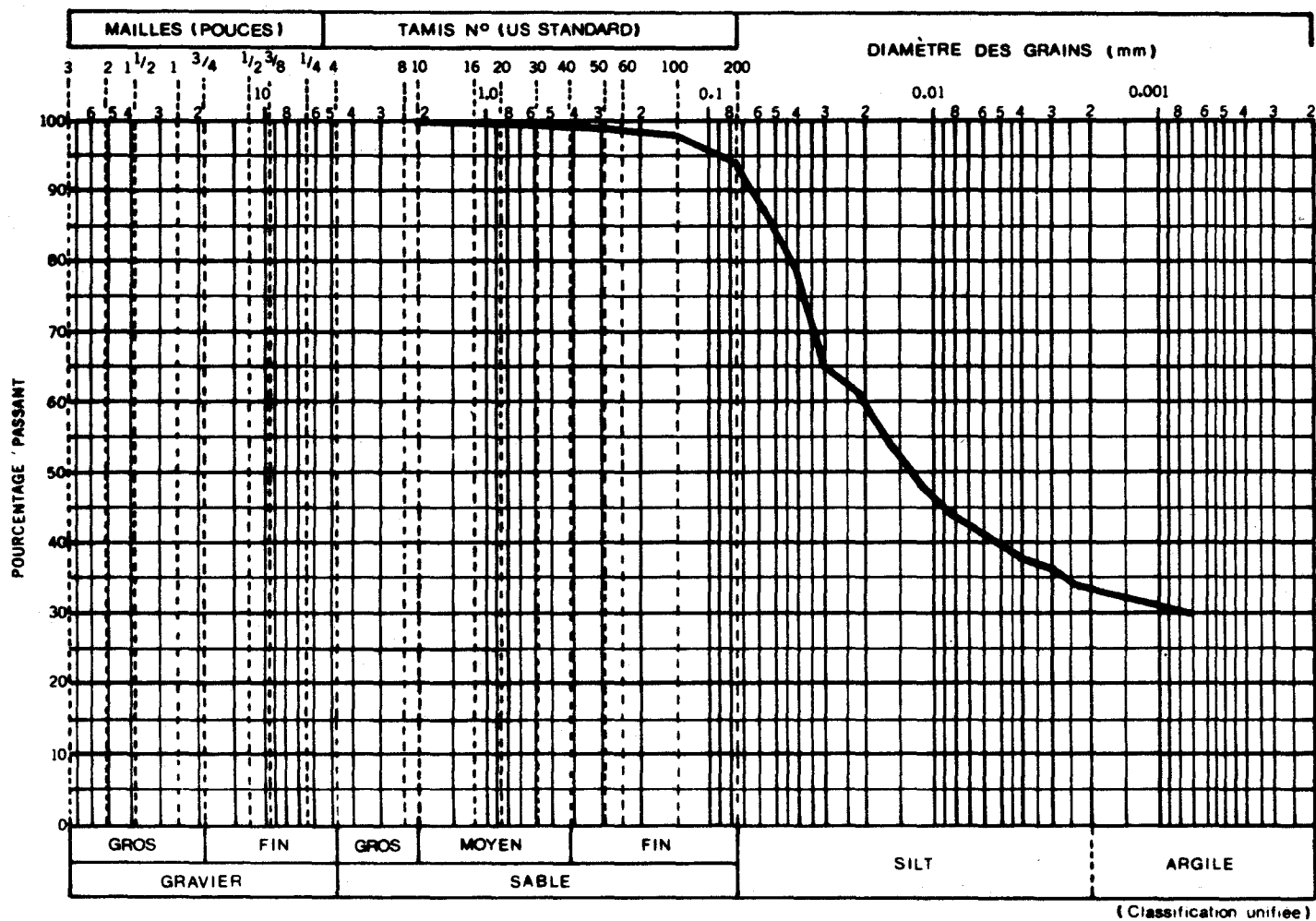
AG	ANALYSE GRANULOMETRIQUE
Y	POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m <sup>3</sup> )
U	COMPRESSION SIMPLE (KPa)
Q	TRIAxIAL NON DRAINE (KPa)
(%)	DEFORMATION A LA RUPTURE
C	CONSOLIDATION
ROD	INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

## ÉCHANTILLONS

[illegible]

**COURBE GRANULOMÉTRIQUE**

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, Mali

Forage  
no

KY-29

Echantillon  
no

1SS

Profondeur  
(m)

0,55 à 1,00

Description

Silt argileux, traces de  
sable.

FORAGE No.            KY-30

FEUILLE 1 DE 1

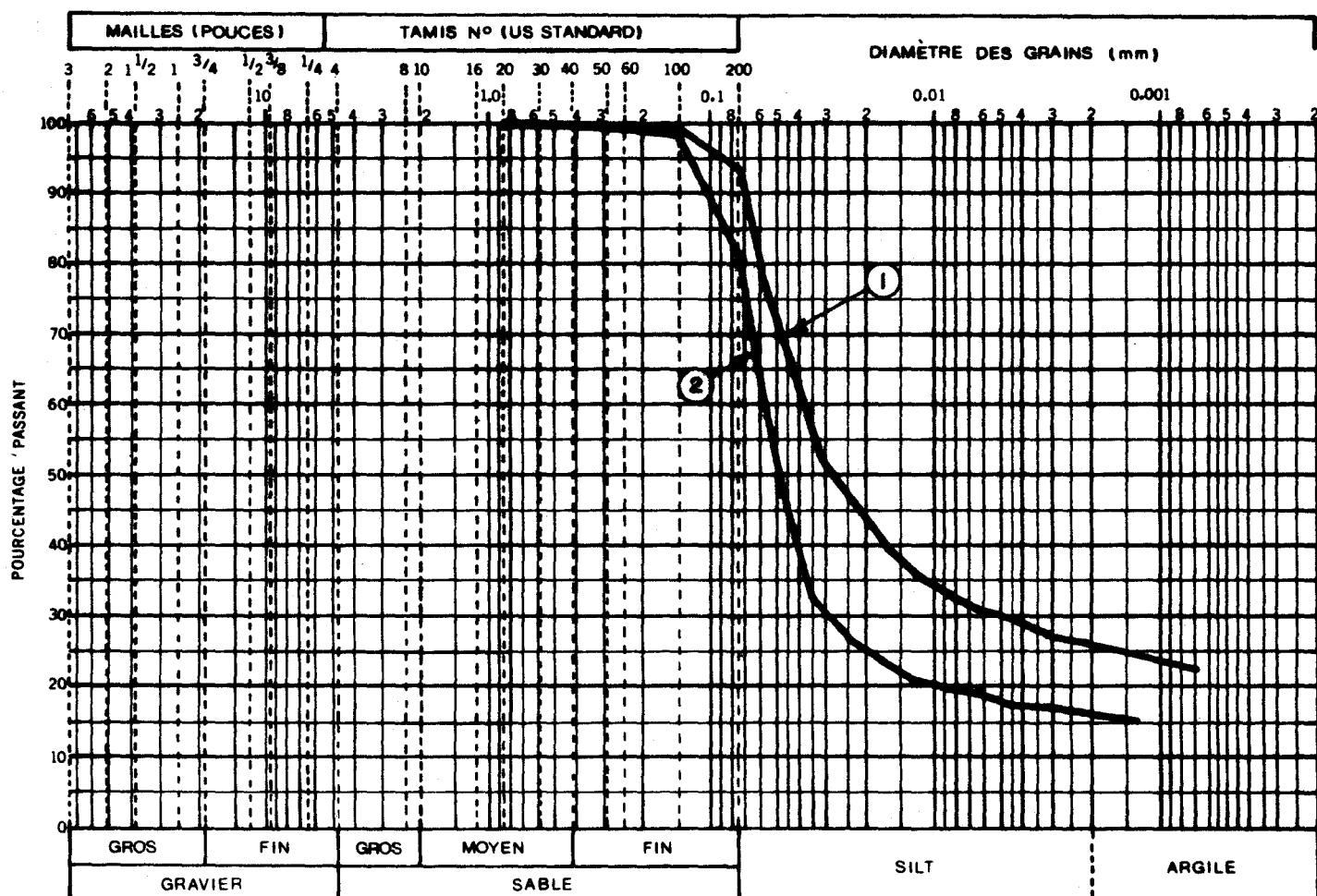
DATE 12 avril 1983

## ESSAIS

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
 γ POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (KN/m³)  
 U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
 Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
 (%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
 C CONSOLIDATION  
 RQI INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

## ESSAIS

[illegible]

**COURBES GRANULOMÉTRIQUES**PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, Mali

Courbe no	Forage no	Echantillon no	Profondeur (m)	Description
①	KY-30	4SS	3,55 à 4,00	Silt argileux, traces de sable.
②	KY-30	9SS	8,55 à 9,00	Silt, un peu d'argile, un peu de sable.

(Classification unifiée)

FORAGE N° KY-31

FEUILLE 1 DE 1

TUBAGE BW

DATE 17 avril 1983

**EAU**

### NIVEAU D'EAU

## ESSAIS

N	INDICE DE PENETRATION STANDARD (coups/0.3 m)
K	PERMEABILITE (cm/s)
V	RESISTANCE AU SCISSOMETRE (kPa)
V <sub>R</sub>	SCISSOMETRE SUR SOL REMANIE (kPa)
V <sub>L</sub>	SCISSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)
T	CÔNE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)
T <sub>R</sub>	CÔNE TOMBANT, SOL REMANIE (kPa)
P	ESSAI PRESSIOMETRIQUE

## ESSAIS

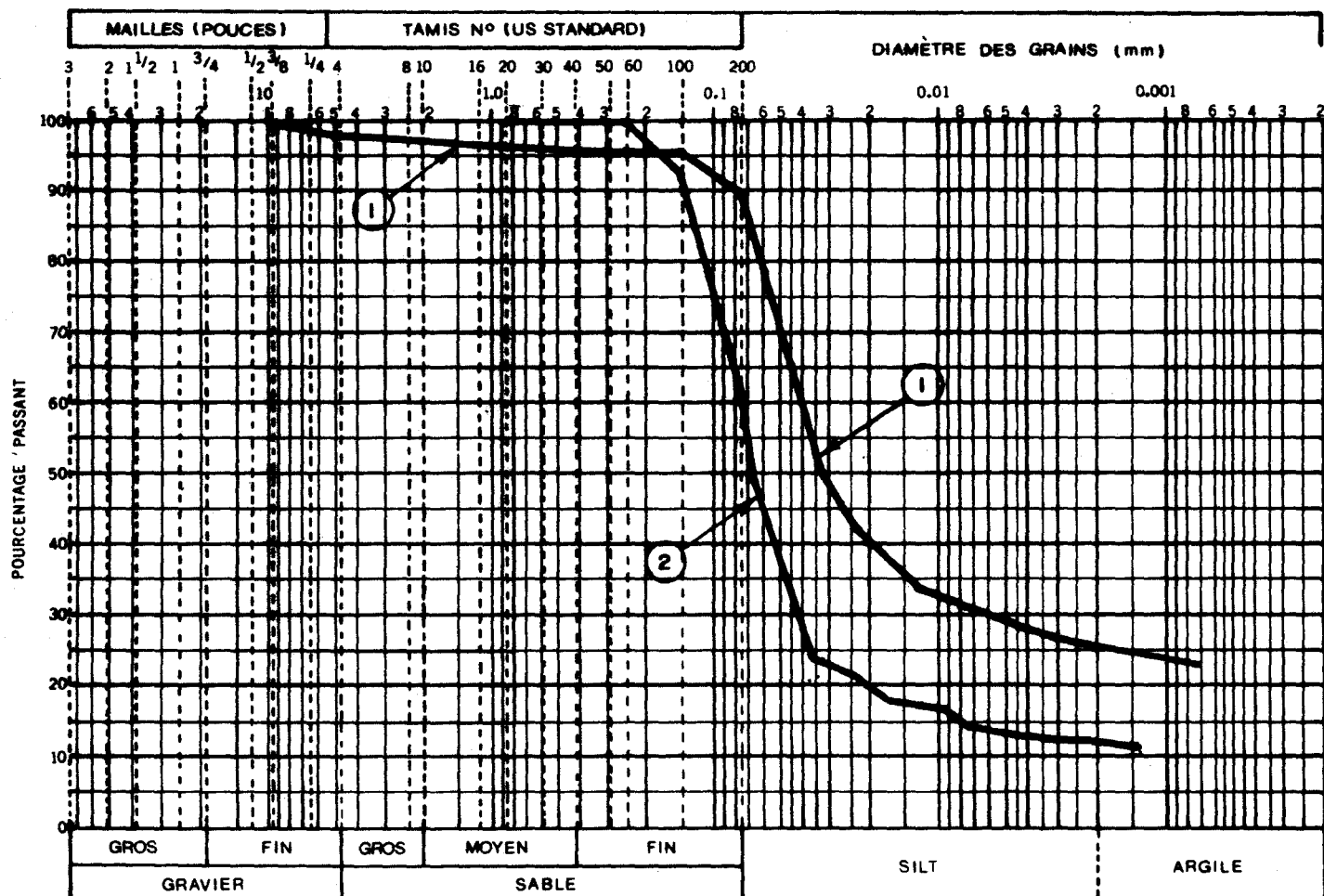
AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m<sup>3</sup>)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
( $\epsilon_v$ ) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
RQD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

## ÉCHANTILLONS

PROF. (m)	ELEV. (m)	DESCRIPTION	STRAT.	EAU	ECHANTILLONS				RESISTANCE AU CISAILEMENT (kPa)								ESSAIS			
					ETAT	NO & TYPE	REC (%)	VR	VL	U	T	R	Wp	W	WL					
0	30.69	SURFACE DU TERRAIN							20	40	60	80	100	120	Wp — W — WL					
1		Silt argileux brun, traces de sable, compacité moyenne.			X	1 SS 100									N=26					
2	29.49	Silt brun, un peu d'argile, un peu de sable, compacité moyenne devenant lâche en profondeur.			X	2 SS 100									N=25					
3					X	3 SS 100									N=12					
4					X	4 SS 100									N=9					
5	26.39	Silt sableux brun, un peu d'argile, compacité lâche.			X	5 SS 100									N=9					
6	24.69	Fin du forage.			X	6 SS 100									N=4					

**COURBES GRANULOMÉTRIQUES**

PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, Mali



Courbe no	Forage no	Echantillon no	Profondeur (m)	Description (Classification unifiée)
①	KY-31	1SS	0,55 à 1,00	Silt argileux, un peu de sable, traces de gravier.
②	KY-31	6SS	5,55 à 6,00	Silt et sable fin, un peu d'argile.



FORAGE N° KY-32

FEUILLE 1 DE 1

TUBAGE BW

DATE 17 avril 1983

## EAU

**NIVEAU D'EAU**

## ESSAIS

## ESSAIS

### ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON

N	INDICE DE PENETRATION STANDARD (coups/0.3 m)
K	PERMEABILITE (cm/s)
V <sub>R</sub>	RESISTANCE AU SCISSOMETRE (kPa)
V <sub>L</sub>	SCISSOMETRE SUR SOL REMANIE (kPa)
F	SCISSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)
T	CONE TOMBANT. SOL INTACT (kPa)
P	CONE TOMBANT. SOL REMANIE (kPa)
R	ESSAI PRESSIOMETRIQUE

AG	ANALYSE GRANULOMETRIQUE
Y	POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m <sup>3</sup> )
U	COMPRESSION SIMPLE (kPa)
Q	TRIAxIAL NON DRAINE (kPa)
(%)	DEFORMATION A LA RUPTURE
C	CONSOLIDATION
RQD	INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

**BON**

☐

12

### ÉCHANTILLONS

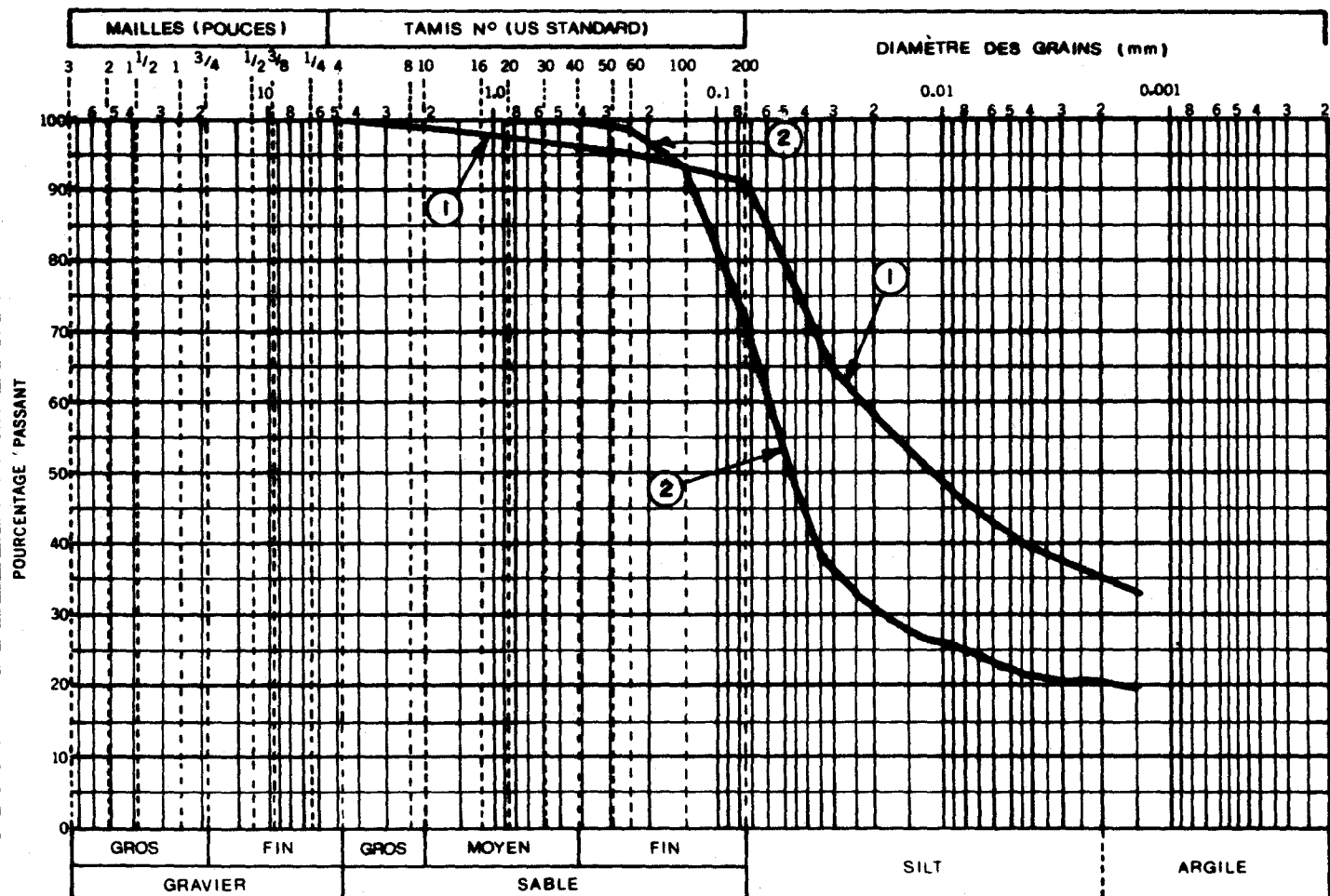
PÉNÉTRATION DYNAMIQUE (coups/0.3 m)

## ESSAIS

W TENEUR EN EAU (%)  
 $W_p$  LIMITE DE PLASTICITE  
 $W_L$  LIMITE DE LIQUIDITE

20 40 60 80

[illegible]

**COURBES GRANULOMÉTRIQUES**PROJET Ports et escales du fleuve Sénégal, site portuaire de Kayes, Mali

Courbe no	Forage no	Echantillon no	Profondeur (m)	Description (Classification unifiée)
①	KY-32	2SS	1,55 à 2,00	Silt et argile, traces de sable.
②	KY-32	5SS	4,55 à 5,00	Silt sablo-argileux.

1599-0

FORAGE No. KY-33

FEUILLE 1 DE 1

TURBAGE	BW
---------	----

DATE 23 avril 1983

**EAU**

**ESSA18**

## ESSAIS

N	INDICE DE PÉNÉTRATION STANDARD (coups/0.3 m)
K	PERMEABILITÉ (cm/s)
V	RÉSISTANCE AU SCISSOMETRE (kPa)
V <sub>R</sub>	SCISSOMETRE SUR SOL REMANIE (kPa)
V <sub>L</sub>	SCISSOMETRE DE LABORATOIRE (kPa)
I	CÔNE TOMBANT, SOL INTACT (kPa)
T	CÔNE TOMBANT, SOL REMANIE (kPa)
P	ESSAI PRESSIOMETRIQUE

AG ANALYSE GRANULOMETRIQUE  
Y POIDS VOLUMIQUE DU SOL HUMIDE (kN/m<sup>3</sup>)  
U COMPRESSION SIMPLE (kPa)  
Q TRIAXIAL NON DRAINE (kPa)  
(%) DEFORMATION A LA RUPTURE  
C CONSOLIDATION  
ROD INDICE DE QUALITE DE LA ROCHE

### ÉCHANTILLONS

## PÉNÉTRATION DYNAMIQUE (coups/0.3 m)

**FSSA15**

W	TENEUR EN EAU (%)
W <sub>p</sub>	LIMITE DE PLASTICITE
W <sub>l</sub>	LIMITE DE LIQUIDITE

[illegible]

