

REPUBLIQUE DU SENEGAL  
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL

59

**SOCIETE DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET INDUSTRIEL  
SODAGRI**

## **AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU BASSIN DE L'ANAMBE**

AMENAGEMENT DE PREMIERE ET DEUXIEME PHASES

OUVRAGES HYDRAULIQUES  
GENIE CIVIL

# **AVANT PROJET DETAILLE**

## **4. GEOLOGIE ET GEOTECHNIQUE**



ELECTROWATT  
INGENIEURS - CONSEILS S.A.  
ZURICH - DAKAR

SEPTEMBRE 1981

REPUBLIQUE DU SENEGAL  
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL

SOCIETE DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET INDUSTRIEL  
SODAGRI

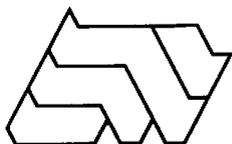
AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU BASSIN  
DE L'ANAMBE

AMENAGEMENT DE PREMIERE ET DEUXIEME PHASES

OUVRAGES HYDRAULIQUES  
GENIE CIVIL

**AVANT PROJET DETAILLE**

**4. GEOLOGIE ET GEOTECHNIQUE**



ELECTROWATT  
INGENIEURS – CONSEILS S.A.  
ZURICH – DAKAR

SEPTEMBRE 1981

## TABLE DES MATIERES

=====

	Page
<u>A. INTRODUCTION</u>	
1. OBJET ET BUT DES ETUDES	A - 1
2. SITUATION GEOGRAPHIQUE DES PROJETS, ACCESSIBILITE	A - 2
2.1. Situation géographique	A - 2
2.2. Accessibilité	A - 2
2.2.1. Barrage de Niandouba	A - 2
2.2.2. Barrage de garde	A - 2
2.2.3. Barrage du confluent	A - 3
3. HISTORIQUE DES TRAVAUX D'INVESTIGATION	A - 4
4. TRAVAUX EFFECTUES	A - 5
 <u>B. GEOLOGIE REGIONALE</u>	
1. SITUATION GEOLOGIQUE GENERALE	B - 1
2. LITHOLOGIE	B - 3
2.1. Le Continental Terminal	B - 3
2.2. Les alluvions	B - 3
2.3. Les latérites	B - 4
2.3.1. Latérite en blocs	B - 4
2.3.2. Latérite conglomératique	B - 4
2.3.3. Latérite graveleuse	B - 5
2.3.4. Latérite limono-sableuse	B - 5
3. MORPHOLOGIE	B - 6
4. HYDROGEOLOGIE	B - 7
4.1. Les formations superficielles	B - 7
4.2. Le Crétacé	B - 7
5. SEISMICITE	B - 8

C. BARRAGE DU CONFLUENT

1. TYPE D'OUVRAGE ENVISAGE	C - 1
2. TRAVAUX DE RECONNAISSANCE	C - 1
2.1. Géophysique	C - 2
2.1.1. Méthode d'investigation	C - 2
2.1.2. Résultats	C - 2
2.2. Sondages mécaniques	C - 2
2.2.1. Méthode	C - 2
2.2.2. Résultats	C - 3
2.3. Sondages manuels	C - 4
2.4. Essais de laboratoire	C - 4
3. CONDITIONS GEOLOGIQUES ET GEOTECHNIQUES DU SITE	C - 5
3.1. Introduction	C - 5
3.2. Géologie du site	C - 5
3.2.1. Structure	C - 5
3.2.2. Description des matériaux de la fondation	C - 6
3.2.2.1. Le Continental Terminal	C - 6
3.2.2.2. Latérites	C - 6
3.2.2.3. Alluvions	C - 7
3.3. Hydrogéologie	C - 8
4. MATERIAUX DE CONSTRUCTION	C - 9
4.2. Remblais de la digue	C - 9
4.2.1. Matériau fin, corps homogène	C - 9
4.2.2. Gravier latéritique, couche de protection	C - 10
4.2.3. Rip-rap	C - 12
4.2.3.1. Latérites	C - 12
4.2.3.2. Carrières du Niokolo-Koba	C - 13
5. EVALUATION GEOTECHNIQUE	C - 14
5.1. Fondation	C - 14
5.2. Matériaux de construction	C - 15

C. BARRAGE DU CONFLUENT

1. TYPE D'OUVRAGE ENVISAGE	C - 1
2. TRAVAUX DE RECONNAISSANCE	C - 1
2.1. Géophysique	C - 2
2.1.1. Méthode d'investigation	C - 2
2.1.2. Résultats	C - 2
2.2. Sondages mécaniques	C - 2
2.2.1. Méthode	C - 2
2.2.2. Résultats	C - 3
2.3. Sondages manuels	C - 4
2.4. Essais de laboratoire	C - 4
3. CONDITIONS GEOLOGIQUES ET GEOTECHNIQUES DU SITE	C - 5
3.1. Introduction	C - 5
3.2. Géologie du site	C - 5
3.2.1. Structure	C - 5
3.2.2. Description des matériaux de la fondation	C - 6
3.2.2.1. Le Continental Terminal	C - 6
3.2.2.2. Latérites	C - 6
3.2.2.3. Alluvions	C - 7
3.3. Hydrogéologie	C - 8
4. MATERIAUX DE CONSTRUCTION	C - 9
4.2. Remblais de la digue	C - 9
4.2.1. Matériau fin, corps homogène	C - 9
4.2.2. Gravier latéritique, couche de protection	C - 10
4.2.3. Rip-rap	C - 12
4.2.3.1. Latérites	C - 12
4.2.3.2. Carrières du Niokolo-Koba	C - 13
5. EVALUATION GEOTECHNIQUE	C - 14
5.1. Fondation	C - 14
5.2. Matériaux de construction	C - 15

D. BARRAGE DE NIANDOUBA

1. TYPE D'OUVRAGE ENVISAGE	D - 1
2. TRAVAUX DE RECONNAISSANCE	D - 1
2.1. Géophysique	D - 2
2.1.1. Méthode d'investigation	D - 2
2.1.2. Résultats	D - 2
2.2. Sondages mécaniques	D - 2
2.2.1. Méthode	D - 2
2.2.2. Résultats	D - 2
2.3. Sondages manuels	D - 2
2.4. Essais de laboratoire	D - 2
3. CONDITIONS GEOLOGIQUES ET GEOTECHNIQUES DU SITE	D - 3
3.1. Introduction	D - 3
3.2. Géologie du site	D - 3
3.2.1. Structure	D - 3
3.2.2. Description des matériaux de la fondation	D - 4
3.3. Hydrogéologie	D - 5
4. MATERIAUX DE CONSTRUCTION	
4.1. Besoins	D - 6
4.2. Remblais de la digue	D - 6
4.2.1. Matériau fin, corps homogène	D - 6
4.2.2. Gravier latéritique, couche de protection et drains	D - 8
4.2.3. Rip-rap	D - 8
4.2.3.1. Latérites	D - 9
4.2.3.2. Carrières de Niokola Koba	D - 9
5. EVALUATION GEOTECHNIQUE	D - 10
5.1. Fondation	D - 10
5.2. Matériaux de construction	D - 11

E. BARRAGE DE GARDE

---

1. TYPE D'OUVRAGE ENVISAGE	E - 1
2. TRAVAUX DE RECONNAISSANCE	E - 1
2.1. Géophysique	E - 1
2.1.1. Méthode d'investigation	E - 1
2.1.2. Résultats	E - 2
2.2. Sondages mécaniques	E - 2
2.2.1. Méthode	E - 2
2.2.2. Résultats	E - 2
2.3. Sondages manuels	E - 2
2.4. Essais de laboratoire	E - 2
3. CONDITIONS GEOLOGIQUES ET GEOTECHNIQUES DU SITE	E - 3
3.1. Introduction	E - 3
3.2. Géologie du site	E - 3
3.2.1. Structure	E - 3
3.2.2. Description des matériaux de la fondation	E - 3
3.2.3. Stations de pompage	E - 4
3.3. Hydrogéologie	E - 5
4. MATERIAUX DE CONSTRUCTION	E - 6
4.1. Besoins	E - 6
4.2. Remblais de la digue	E - 6
4.2.1. Matériau fin, corps homogène	E - 6
4.2.2. Gravier latéritique, couche de protection	E - 7
4.2.3. Rip-rap	E - 7
5. EVALUATION GEOTECHNIQUE	E - 8

## LISTE DES ANNEXES

=====

### A.1. Situation générale des projets

C.1. Barrage du confluent. Situation géologique 1 : 5000

C.2.1. Barrage du confluent. Profil de sondage S1

C.2.2. Barrage du confluent. Profil de sondage S2

C.3. Barrage du confluent. Profil géologique 1 : 2000/200

C.4. Barrage du confluent. Zones d'emprunt 1 : 10'000

D.1. Barrage de Niandouba. Situation géologique 1 : 10'000

D.2.1. Barrage de Niandouba. Profil de sondage S1

D.2.2. Barrage de Niandouba. Profil de sondage S2

D.2.3. Barrage de Niandouba. Profil de sondage S3

D.2.4. Barrage de Niandouba. Profil de sondage S4

D.3. Barrage de Niandouba. Profil géologique 1 : 2000 / 200

D.4. Barrage de Niandouba. Zones d'emprunt

E.1 Barrage de garde. Situation géologique 1 : 5000

E.2.1. Barrage de garde. Profil de sondage S1

E.2.2. Barrage de garde. Profil de sondage S2

E.2.3. Barrage de garde. Profil de sondage S3

E.3. Barrage de garde. Profil géologique 1 : 2000/200

E.4. Barrage de garde. Zones de blocs latéritiques

APPENDICES

=====

App. 1 : Rapport géophysique

App. 2 : Description géologique des puits

App. 3 : Résultats des essais de laboratoire

A. INTRODUCTION

A. INTRODUCTION

=====

1. OBJET ET BUT DES ETUDES

Le projet d'aménagement du bassin de l'Anambé comporte au stade final une infrastructure composée de trois barrages en terre qui sont :

- le barrage du confluent sur la Kayanga
- le barrage de Niandouba sur la Kayanga
- le barrage de garde sur l'Anambé

avec leurs structures connexes (évacuateur de crues, vidanges de fond, stations de pompage) ainsi que d'un réseau de canaux d'irrigation.

Le but des études géologiques et géotechniques est la livraison de données aussi complètes que possible sur les conditions de fondation, stabilité et étanchéité des retenues ainsi que sur les zones d'emprunt potentielles pour les matériaux de construction.

## 2. SITUATION GEOGRAPHIQUE DES PROJETS, ACCESSIBILITE

### 2.1. Situation géographique

La situation géographique des projets est donnée dans l'annexe A1, Situation générale des projets 1 : 100'000

### 2.2. Accessibilité

La zone des projets dont l'agglomération de Kounkané représente le centre, est accessible par la route nationale Dakar - Tambacounda - Velingara - Kounkané - Siguinchor qui est revêtue et carrossable en toutes saisons.

#### 2.2.1. Barrage de Niandouba

Le site de Niandouba rive droite est accessible par une piste de 16 km aisément carrossable en saison sèche.

Actuellement, la rive gauche du site n'est accessible - par des véhicules - que par un large détour de 55 km : Kounkané - Pont de Wassadou - Pahour - Manato - site; ce dernier tronçon a été aménagé en février 1980 pour l'exécution des sondages.

#### 2.2.2. Barrage de garde

Les deux extrémités de la digue sont accessibles par des pistes de 3 à 4 km parallèles au cours de l'Anambé.

2.2.3. Barrage du confluent

L'accès au site rive gauche se fait par Kounkané - Koulindiala - Pont de Niapo (12 km). En saison sèche, la rive gauche du site est atteignable en traversant l'Anambé en amont de la confluence. Une autre possibilité pour la rive gauche est la piste Kounkané - Saré Bassé - Bamako (13 km).

L'état actuel du pont de Niapo ne permet son franchissement que par des véhicules légers.

### 3. HISTORIQUE DES TRAVAUX D'INVESTIGATION

Les recherches géologiques et géotechniques sur les sites ont fait l'objet de 3 campagnes de terrain :

- Juillet - Août 1978 : Etudes géologiques préliminaires sur les sites de barrage potentiels dans la région
- Mai - Juillet 1979 : Etudes géologiques et géotechniques sur le site de Niandouba. Prospection de zones d'emprunt
- Janvier - Avril 1980 : Etudes géologiques et géotechniques sur les 3 sites sélectionnés - Niandouba, barrage du confluent, barrage de garde - et sur le tracé des canaux principaux. Prospection par puits, forages, traîné électrique.

#### 4. TRAVAUX EFFECTUES

Dans l'ensemble, les travaux d'investigation ont été menés conformément aux termes de référence. Certaines modifications ont été rendues nécessaires à cause des conditions locales et à la suite des résultats des investigations préliminaires.

Le détail des travaux effectués sera donné dans les chapitres suivants; on ne retiendra ici que les méthodes d'investigation qui ont été engagées :

- levé géologique des sites de barrages et sur le tracé des canaux principaux
- sondages manuels (puits) exécutés par du personnel engagé sur place
- sondages mécaniques avec essais in situ (Lefranc et SPT), effectués par l'entreprise SASIF-Dakar
- campagnes de géophysique sur les sites de barrage par l'Institut de Géophysique de l'Université de Lausanne
- Essais de laboratoire sur échantillons non remaniés effectués par le Laboratoire CEREEQ, Dakar
- Essais de laboratoire sur échantillons remaniés effectués par le Laboratoire de la SODAGRI à Dakar
- Essais de laboratoire sur échantillons remaniés effectués par le Laboratoire de Géotechnique de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich (Suisse)

B. GEOLOGIE REGIONALE

## B. GEOLOGIE REGIONALE

### 1. SITUATION GEOLOGIQUE GENERALE

Le Sénégal oriental se divise géologiquement en deux zones :

- zone du socle affleurant
- zone du bassin sédimentaire secondaire - tertiaire sénégalais.

Le socle ancien affleure à l'est d'un vaste arc de cercle qui va de Bakel sur le fleuve Sénégal à la frontière guinéenne au sud de Vélingara.

Formé de roches intrusives et de métasédiments, le socle est d'âge précambrien. Vers l'ouest, il est déprimé par le jeu de la tectonique et forme le bassin sédimentaire qui affecte la majeure partie du Sénégal, et qui est comblé par une série lacunaire qui va du Crétacé au Pliocène.

La région du projet est située en bordure sud-est du bassin sédimentaire, à environ 30 km du socle affleurant, c'est-à-dire dans une région transitoire où la topographie du sous-bassement cristallin est irrégulière, comme l'attestent les résultats des forages d'eau entrepris dans le bassin de l'Anambé (cf. rapport EWI d'avril 1979 : Prospection des ressources en eau souterraines du bassin de l'Anambé).

Les formations qui forment la couverture actuelle sont attribuées au Mio-Pliocène; elles recouvrent en discordance les dépôts marins crétacés et tertiaires et sont constituées par des dépôts continentaux détritiques qui marquent le terme ultime du comblement du bassin sédimentaire sénégalais, d'où leur nom de Continental Terminal (abrév. CT).

Les formations du Continental Terminal forment donc l'environnement géologique des différents ouvrages prévus dans le cadre de l'aménagement du bassin de l'Anambé.

A une période qualifiée de récente à actuelle, les couches supérieures du CT ont été l'objet de deux phénomènes qui sont :

- a) l'altération et la formation de bancs ou zones de latérites, qui résultent du lessivage des argiles et la concentration d'oxydes métalliques divers
- b) le ruissellement et l'érosion, avec le dépôt d'alluvions au voisinage des cours d'eau actuels ainsi que le remaniement local des horizons superficiels du CT et le dépôt d'amas colluvionnaires.

## 2. LITHOLOGIE

On se bornera ici à décrire les principaux faciès du Continental Terminal ainsi que ceux des dépôts récents à actuels, puisque seuls ces deux ensembles sont concernés par la construction des ouvrages prévus.

### 2.1. Le Continental Terminal

Le Continental Terminal est un ensemble de formations sédimentaires, détritiques, présentant une grande variété de faciès. Il se présente sous la forme d'un empilement de lentilles ou strates discontinues, constituées de matériaux meubles, parfois légèrement cimentés. Les types de faciès rencontrés sont les suivants :

- Grès blancs peu cimentés
- Argiles limoneuses raides, avec localement des rognons de silex
- Sables fins limoneux et limons sableux
- Limons argileux.

En surface, le CT est souvent remanié; il apparaît alors sous la forme de limons argileux, de sables fins limoneux, bariolés, contenant de nombreux nodules ferrugineux.

### 2.2. Les alluvions

Les alluvions sont de deux types : dans le lit des rivières (Kayanga et Anambé), on a des sables clairs, de grain fin à grossier, propres, sans cohésion et relativement perméables. Ces sables sont entrelardés et souvent recouverts par des sédiments de décantation à granulométrie fine,

limons argileux, sables fins fortement limoneux; dans les zones marécageuses apparaissent des sédiments gris foncés à noirs, à forte teneur en matière organique, cohésifs et plastiques constitués d'argiles et de limons, leur épaisseur est généralement faible (env. 1 m).

### 2.3. Les latérites

Le terme de "latérite" recouvre un certain nombre de types granulométriques différents, qui sont inventoriés ci-dessous. Ces différents types ont en commun leur teinte rougeâtre, leur forte teneur en oxydes de fer et leur position géographique puisqu'ils forment la croûte superficielle des collines et plateaux non érodés par l'action des cours d'eau récents.

#### 2.3.1. Latérite en blocs

Ce type se rencontre sur les collines et principalement sur leur bordure; les blocs proviennent de la désagrégation d'une ancienne cuirasse latéritique d'épaisseur variant entre 0.3 m et 1 m. Les blocs, d'un diamètre compris entre 0.1 et 0.6 m sont généralement parallélipipédiques. Les blocs sont constitués d'un mélange d'oxydes divers (surtout fer et manganèse) et de grains de quartz. La texture est celle d'une roche scoriacée et vacuolaire ressemblant à un basalte vésiculaire. Les blocs ont une dureté et une résistance à l'abrasion qui peuvent être qualifiées de moyenne; leur friabilité est faible.

#### 2.3.2. Latérite conglomératique

Il s'agit d'une roche hétérogène, possédant une trame dure formant une véritable ossature, composée d'oxydes de fer et de grains de quartz. Les mailles du réseau sont remplies par des matériaux meubles, sables, limons, argiles. La latérite conglomératique est friable.

### 2.3.3. Latérite graveleuse

Dans ce type, la fraction graveleuse est du même type que celui décrit sous 2.3.1. et représente 80 à 90 % du volume; le gravier est anguleux à subarrondi et partiellement friable. La fraction fine est constituée de sables et de limons argileux rouges.

### 2.3.4. Latérite limono-sableuse

C'est la latérite commune utilisée pour la construction des remblais routiers. La granulométrie varie entre le sable fin limoneux et le limon sableux et argileux. Les teneurs en argiles sont très variables (entre 10 et 30 %).

La distribution spatiale des latérites est très irrégulière. Les carrières qui jalonnent la route Velingara-Kounkané montrent que, sur quelques dizaines de mètres, on peut passer d'un type à l'autre. Les observations faites permettent toutefois de dégager quelques règles générales :

- la latérite en bloc est une formation superficielle qui n'a pas d'extension en profondeur
- le gravier latéritique est toujours associé à la latérite en blocs. Ces deux types ont une extension limitée et sont concentrés dans certaines zones des flancs de collines
- la latérite conglomératique forme des horizons superficiels étendus, dont l'épaisseur peut dépasser 8 m. C'est ce type qui forme le sous-bassement des collines et des plateaux
- la latérite limono-argileuse a une extension très large. On la rencontre comme couche d'altération du continental terminal et de la latérite conglomératique.

### 3. MORPHOLOGIE

Dans la zone étudiée, les traits morphologiques sont peu marqués : le relief ondule sans abrupt entre les cotes IGN 15.0 m et 60.0 m. Le relief actuel correspond à un modelé d'érosion fluviale où les latérites, par leur plus grande résistance à l'érosion, jouent le rôle principal. Ainsi, les zones alluviales sont toujours bien marquées dans la topographie, parce que délimitées par une rupture de pente marquant la présence du talus latéritique.

Les dépôts alluvionnaires ont une faible extension; ils sont en général limités aux abords immédiats de l'Anambé et de la Kayanga et forment une terrasse basse à bord d'érosion bien marqué. Ces dépôts sont discontinus et correspondent souvent à des méandres.

#### 4. HYDROGEOLOGIE

Dans la zone étudiée, on distingue 2 systèmes ou ensembles aquifères distincts :

- a) les formations superficielles
- b) le Crétacé

##### 4.1. Les formations superficielles

Les terrains du Continental terminal et les alluvions baignent dans une nappe dite superficielle dont les caractéristiques sont les suivantes :

- la surface piézométrique est réglée par la Kayanga
- la couverture de terrains non saturés varie entre 1.0 et 10.0 m
- en raison de la granulométrie fine des terrains aquifères, les écoulements sont faibles
- l'aquifère est hétérogène et fortement anisotrope.

L'aquifère superficiel est exploité manuellement par les habitants qui utilisent l'eau pour l'alimentation et pour abreuver le bétail.

A cause de ses caractéristiques hydrogéologiques, l'aquifère superficiel ne se prête pas à une exploitation mécanisée.

##### 4.2. Le Crétacé

Les horizons sableux du Crétacé constituent le réservoir d'eau potable principal du Sénégal et sont exploités en plusieurs points, notamment à Vélingara. L'exploitation de ces aquifères nécessite des puits profonds, ceux-ci sont relativement peu nombreux et les aquifères du Crétacé avec en particulier leur mécanisme de renouvellement sont encore mal connus.

## 5. SEISMICITE

La côte ouest de l'Afrique est une région à faible sismicité. Les quelques séismes recensés se situent dans la presqu'île du Cap Vert (Dakar 1832, 1836, 1862) et sur le grand accident tectonique orienté nord-sud affectant le soubassement cristallin de Podor à Kolda (Linguère 1937, Podor 1942). Le 29.3.1954, un séisme a été ressenti à Tambacounda. Ces secousses étaient toutes d'intensité faible (1 à 2, échelle Richter).

La région des projets peut être considérée comme stable du point de vue de la sismicité.

C. BARRAGE DU CONFLUENT

C. BARRAGE DU CONFLUENT

=====

1. TYPE D'OUVRAGE ENVISAGE

En raison de la faible hauteur du barrage, qui ne dépasse pas 12.0 m, de la nature de la fondation et des matériaux de construction disponibles, à proximité, le seul type d'ouvrage économiquement réalisable est une digue homogène.

2. TRAVAUX DE RECONNAISSANCE

Les travaux de reconnaissance ont été effectués durant les mois de février et mars 1980. Les travaux ont consisté en :

- levé géologique du site
- campagne géophysique
- 25 sondages manuels (puits)
- 2 sondages mécaniques avec essais in situ (standard penetration test et essais Lefranc)
- essais de laboratoire.

Le levé géologique ainsi que la situation des sondages font l'objet de l'annexe C1.

## 2.1. Géophysique

### 2.1.1. Méthode d'investigation

Le site a été prospecté par la méthode du traîné électrique, dispositif Schlumberger, à 3 longueurs de ligne (AB 24 m, 36 m, 60 m), qui permet d'obtenir en chaque point de mesure la valeur de la résistivité apparente de trois tranches de terrain d'épaisseur égale à un tiers environ de la longueur de ligne.

### 2.1.2. Résultats

Les résultats sont consignés dans le rapport de géophysique donné en annexe à la fin du présent rapport, sous la forme de cartes d'équirésistivité et de profils de résistivité.

## 2.2. Sondages mécaniques

### 2.2.1. Méthode

Les sondages ont été effectués avec une machine rotative et à l'eau. L'extraction des carottes a été réalisée à l'aide d'un carottier à double parois de  $\emptyset$  8 cm, dont les performances dans les terrains cohésifs ont été excellentes. Dans les terrains sans cohésion (sables), le matériel a été extrait à la soupape; avec ce procédé, les taux de récupération sont faibles, de l'ordre de 20 % en moyenne.

Les échantillons intacts (non remaniés) ont été prélevés à l'aide de l'appareillage standard APM, par battage.

Les essais SPT ont été effectués selon les normes édictées par Terzaghi; la sonde SPT a été battue sur une longueur totale de 45 cm et le nombre de coups relevé pour trois tranches de 15 cm chacune.

Les essais Lefranc, en raison de la faible perméabilité des terrains rencontrés, n'ont pas pu être réalisés en régime permanent avec un débit prélevé ou infiltré maintenu constant. La procédure d'essai a été la suivante :

- levage du tubage de 0.15 m pour ménager une cavité d'infiltration au fond du forage
- remplissage du tubage avec de l'eau
- mesure de l'abaissement du niveau d'eau en fonction du temps.

Les mesures lors de l'essai sont faciles à réaliser et peu sujettes à des erreurs; par contre on n'a aucun contrôle de la stabilité de la cavité, ni de son éventuel colmatage en cours d'essai. Les valeurs calculées de la perméabilité doivent en conséquence être considérées comme indicatives.

### 2.2.2. Résultats

Le levé des sondages figure en annexe C2.

### 2.3. Sondages manuels

Les sondages manuels ont été effectués par du personnel engagé sur place. Le but des sondages manuels était de préciser la nature des terrains superficiels dans la zone de la fondation ainsi que de prospecter et d'échantillonner des zones d'emprunts potentielles. Le levé des puits figure en appendice 2.

### 2.4. Essais de laboratoire

Les essais de laboratoire ont consisté en des essais d'identification et des essais mécaniques sur des échantillons prélevés dans les sondages et dans les puits. Les résultats des essais sont consignés en appendice 3.

### 3. CONDITIONS GEOLOGIQUES ET GEOTECHNIQUES DU SITE

#### 3.1. Introduction

Les conditions géologiques du site sont représentées sous la forme d'une carte géologique au 1 : 5000<sup>e</sup> (cf. annexe C1) et d'un profil géologique au 1 : 2000 / 200<sup>e</sup> (cf. annexe C3).

#### 3.2. Géologie du site

##### 3.2.1. Structure

Les formations détritiques du Continental Terminal forment l'essentiel de l'environnement géologique du site.

Sur rive droite, elles forment une série de collines abruptes, à couverture latéritique, orientées est-ouest et culminant à la cote 60 m. La colline qui servira d'appui droit au barrage, culmine à la cote 38.16 m IGN (nouvelle mensuration, février 1980).

Sur rive gauche, le Continental Terminal est arasé, probablement remanié en surface et forme un plateau entouré par la boucle de la Kayanga. La Kayanga coule sur ses propres alluvions, déposées dans un ancien chenal d'érosion asymétrique, évasé sur la rive gauche; le fond du chenal est à la cote 10 IGN environ (sondage S2).

Le lit actuel de la Kayanga se trouve à la cote IGN 15 m; il est creusé dans les anciennes alluvions et est flanqué de deux terrasses alluviales. Sur rive gauche un ancien chenal de crue, parallèle à la Kayanga, rempli de sédiments fins a été repéré.

### 3.2.2. Description des matériaux de la fondation

#### 3.2.2.1. Le Continental Terminal (abrég. CT)

Le CT est une formation sédimentaire, détritique résultant de la désagrégation, de l'altération puis du transport par des rivières anciennes de matériaux prélevés au bouclier africain qui affleure en bordure du bassin sénégalais. Sur le site, le CT peut être divisé en deux horizons bien distincts : au sommet, formant la colline sur rive droite et une partie de l'évacuateur de crue sur rive gauche, on trouve des sables fins limoneux, des limons sableux caractérisés par la présence de nodules riches en hématite et limonite donnant un aspect bariolé beige-rouge typique. Ce matériau est faiblement à moyennement argileux, généralement cohésif et peu plastique. La perméabilité est faible, estimée à moins de  $10^{-4}$  cm/sec. La limite inférieure de cette formation se trouve à la cote 14 IGN; elle repose sur des grès peu cimentés, blanc-rosé, rencontrés dans les sondages S1 et S2; l'épaisseur reconnue est d'environ 20 mètres. Le matériau a été récupéré par soupape à l'état de sable fin à grossier, essentiellement composé de grains de quartz. Les valeurs des essais SPT effectués dans ces grès sont généralement élevées et indiquent une grande compacité. Pour des charges inférieures à  $2 \text{ kg/cm}^2$ , ce matériel peut être considéré comme indéformable.

La perméabilité, calculée à partir d'essais d'infiltration ponctuels du type Lefranc varie avec le grain et se situe entre  $10^{-3}$  et  $10^{-4}$  cm/sec.

#### 3.2.2.2. Latérites

La couverture latéritique de la colline sur rive droite est stratifiée par le jeu des phénomènes d'altération, de lessivage et de transport mécanique. La coupe se présente comme suit :

- a) en surface, le sol est recouvert par des blocs épars, anguleux ou arrondis, de texture rocheuse. On trouve des grès fins, des grès

grossiers ainsi que des conglomérats à éléments gréseux. Les particules constitutives du grès sont le quartz pour plus de 90 % et des nodules ferrugineux arrondis. D'autres blocs sont constitués par une masse scoriacée, vacuolaire à grain très fin, riche en oxydes métalliques.

Une partie des blocs est recouverte d'une pellicule lisse et brillante d'oxydes de fer, qui les rend particulièrement résistants à l'érosion.

Les blocs non-enduits présentent une porosité élevée, due aux nombreuses cavités vacuolaires. La perméabilité en petit est faible.

- b) dessous, c'est-à-dire sur les premiers 0.6 - 1.0 m, on observe une couche parallèle à la topographie, constituée par un gravier fin à grossier, anguleux, lui-même composé de morceaux de latérite à texture rocheuse, accompagné d'une fraction fine (limon argileux et sableux) représentant environ 10 à 20 % du volume.

Au pied des collines, on trouve des accumulations de gravier moyen à grossier latéritique arrondi, dont presque tous les éléments sont recouverts de l'enduit ferrugineux cité plus haut.

- c) les graviers latéritiques reposent sur des limons argileux et sableux rouge-ocre; c'est la latérite commune utilisée pour les routes, Elle passe graduellement aux limons bariolés du CT dont elle représente le niveau d'altération.

### 3.2.2.3. Alluvions

Trois types d'alluvions ont été rencontrés sur le site, formant le remplissage de l'ancien chenal érodé de la Kayanga. Les plus anciennes et aussi les plus importantes par le volume sont constituées de sables blancs sans cohésion, limoneux essentiellement quartzitiques, homogènes, de grain généralement fin à très fin contenant des passées plus grossières et même graveleuses comme dans le sondage S2.

Les sables blancs sont recouverts par des alluvions généralement fines et hétérogènes, typiques de sédiments de crues, il s'agit de limons sableux et argileux, de sables fins fortement limoneux. Ce matériel est légèrement cohésif et peu ou pas plastique. L'épaisseur est faible sur rive droite, où l'on passe très vite au CT ; sur rive gauche, l'épaisseur est de 1 à 3 m.

Enfin, le chenal étroit sur rive gauche est rempli par des limons argileux gris très homogènes, cohésifs et plastiques, sur une épaisseur de plus de 3 m. Un matériel identique tapisse le lit actuel de la Kayanga.

### 3.3. Hydrogéologie

La nappe a été rencontrée dans P24, S1 et S2, à des profondeurs respectives de 3.9 m, 5.0 m et 1.1 m. A partir de ces mesures, la surface piézométrique de la nappe peut être construite avec sûreté dans la zone des alluvions; au-delà, cette surface a été extrapolée (cf. annexe C3).

L'aquifère principal, dans l'épaisseur de terrain reconnue, est constitué par les sables clairs alluviaux et par les grès fins à moyens du CT. Les perméabilités varient entre  $10^{-3}$  et  $10^{-4}$  cm/sec. et peuvent être qualifiées de faibles.

Sur rive droite, ainsi que sur rive gauche, dans la zone de CT affleurant, l'aquifère est recouvert par des formations beaucoup moins perméables ( $10^{-4}$  -  $10^{-6}$  cm/sec); comme le niveau statique de la nappe se trouve en partie dans ce matériel, il en résulte que la nappe est semi-captive.

L'allure de la surface piézométrique montre que la nappe est réglée par la Kayanga, dans laquelle elle se décharge. En période de hautes eaux, il est probable que la tendance s'inverse et que la nappe est alimentée partiellement par des infiltrations de la Kayanga.

Dans la zone des alluvions et dans les grès, les vitesses de circulation sont faibles, de l'ordre de quelques cm par jour.

#### 4. MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Les zones d'emprunt sont représentées en annexe C.4.

##### 4.1. Besoins

Les besoins en matériaux de construction sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Structure	Matériau	Volume
Corps homogène	Sable limoneux à limon sableux	$39,5 \cdot 10^3 \text{ m}^3$
Protection, transition	Gravier moyen à grossier	$7,8 \cdot 10^3 \text{ m}^3$
Rip - rap	Gravier à blocs, à granulométrie étalée	$3,6 \cdot 10^3 \text{ m}^3$

##### 4.2. Remblais de la digue

###### 4.2.1. Matériau fin, corps homogène

Le levé des puits effectué sur la rive gauche montre la grande hétérogénéité du matériau : horizontalement et verticalement, les variations dans la granulométrie sont rapides. Prise comme un ensemble, à l'exception des petits chenaux remplis de limons argileux (cf.annexe C1), la couche d'alluvions et de CT + remanié formant la couverture de la rive gauche présente les caractéristiques suivantes :

- les granulométries varient dans un spectre relativement étroit, il s'agit de limons argileux et sableux. La partie sableuse est généralement fine et la fraction argileuse généralement plus grande que 20 %.
- Le matériau présente une cohésion généralement faible et une plasticité faible à moyenne
- Les perméabilités in-situ sont de l'ordre de  $10^{-3}$  à  $10^{-5}$  cm/sec. Après compactage, les perméabilités ne devraient pas dépasser  $10^{-5}$  cm/sec.

Il résulte que le matériau du corps homogène du barrage peut-être extrait sur rive gauche, à proximité immédiate de l'ouvrage ; deux méthodes sont envisageables, soit un décapage sur une grande surface par exemple sur l'évacuateur de crues; soit une extraction dans un périmètre confiné, comme celui reconnu par les puits P17 à P23 et représenté dans les annexes C1 et C4.

#### 4.2.2. Gravier latéritique, couche de protection

La couche de protection a les fonctions suivantes :

- a) parement aval : protéger le talus aval contre les dégradations dues aux précipitations (ravinement)
- b) parement amont : offrir une couche de transition entre le corps homogène à granulométrie fine et le rip-rap ou enrochement à granulométrie grossière.

Les collines sises dans l'axe du barrage, à l'ouest de celui-ci, sont susceptibles de fournir suffisamment de gravier latéritique. Comme il a été expliqué dans le chapitre 3.2.2.2, la latérite graveleuse forme une chape de 0.3 à 0.5 m d'épaisseur.

La granulométrie, si l'on ne tient pas compte des nombreux blocs qui jonchent la surface, est étalée et varie entre 0.2 et 30 cm. La répartition en pourcentage du volume des différentes classes granulométriques

a été évaluée (observations sur le terrain) :

Fraction	< 2 mm	:	environ 5 - 10 %
Fraction	2 - 5 mm	:	environ 15 - 20 %
Fraction	5 - 50 mm	:	environ 50 - 60 %
Fraction	50 - 100 mm	:	environ 5 - 10 %
Fraction	> 100 mm	:	environ 5 %

Le gravier est généralement anguleux et provient de la désagrégation de la cuirasse latéritique, ou des plus gros blocs. Le faible pourcentage de fines (< 2 mm) montre que, parvenu dans ces classes de granulométrie, le gravier latéritique est relativement stable du point de vue de la friabilité ou de la désagrégation.

Pour le parement aval, ce gravier peut être employé tel quel, la pente du parement étant de 1 : 3, c'est-à-dire ± égale à la pente des collines où la couverture de gravier est parfaitement stable (ni glissement, ni ravinement).

Pour le talus amont, c'est-à-dire pour la couche de transition, le gravier doit être débarrassé de la fraction inférieure à 2 mm et éventuellement de la fraction supérieure à 10 cm.

Une membrane en non-tissé étant prévue entre le corps homogène et la couche de transition, il n'est pas nécessaire de dimensionner la couche de transition selon la règle des filtres et donc de procéder à des opérations poussées de tamisage avant la mise en place.

Les zones d'emprunt potentielles sont représentées à l'annexe C4; elles serviront éventuellement de zone d'emprunt pour le barrage de garde, dans la 2<sup>ème</sup> phase.

Remarque : qualitativement, le gravier latéritique ne possède pas la résistance d'une roche cristalline ou même d'un calcaire massif; il faut compter avec la désagrégation d'une partie du matériel lors des opérations

d'extraction et de mise en place. Les produits de la désagrégation mécanique se rangeront dans la catégorie des sables limoneux.

#### 4.2.3. Rip-rap

L'enrochement du rip-rap est destiné à protéger le talus amont contre l'action des vagues. Le rip-rap doit présenter les caractéristiques suivantes :

- a) granulométrie étendue,  $\emptyset$  5 à 50 cm
- b) constituants rocheux, denses, résistants à l'abrasion, non fracturés

Dans la région du site, il n'existe aucune roche répondant totalement à ces critères, ni à l'affleurement, ni à une profondeur rendant une exploitation envisageable.

Le choix se fera entre les alternatives suivantes :

- a) utilisation des blocs de latérites en surface et de la fraction grossière ( $> 5$  cm) du gravier latéritique
- b) exploitation des carrières de roches cristallines du Niokolo Koba

##### 4.2.3.1. Latérites

Les gisements de latérite graveleuse représentés dans l'annexe C4 sont susceptibles de fournir les 3'600 m<sup>3</sup> de matériel avec toutefois une granulométrie plus serrée, ne dépassant que rarement 25 cm. La fraction grossière est à collecter dans les zones à blocs (cf. annexe C4) qui sont la plupart du temps dispersées et qui n'ont pas toutes été reconnues. Les zones figurées sur la carte sont à même de fournir 300 à 400 m<sup>3</sup> de blocs de diamètre variant de 0.4 à 1.0 m.

D'autres gisements importants de blocs latéritiques existent à 5 km du site, qui peuvent servir d'appoint en cas de non suffisance des gisements représentés à l'annexe C4. Ces gisements d'appoint sont localisés dans l'annexe E4.

La résistance à l'abrasion des blocs de latérite est moyenne; les blocs sont dans leur grande majorité poreux à vacuolaires. Il faut compter avec une désagrégation partielle durant la phase de mise en place et avec une érosion lente durant le service. Ces deux phénomènes ne semblent pas devoir être de nature à exclure le matériel latéritique pour la confection du rip-rap.

#### 4.2.3.2. Carrières du Niokolo-Koba

Cependant, au cas où l'exploitation des latérites s'avérerait impossible à cause de la trop mauvaise qualité des matériaux, une autre possibilité s'offre pour les graviers et les blocs. Il s'agit des carrières de "rhyolites" exploitées pour la construction des routes à l'entrée du parc national du Niokolo-Koba, quelques kilomètres après avoir traversé le village de Mansa Dala.

La roche de composition granitique est massive et s'exploite à l'explosif. Deux stations de concassage sur place permettent d'obtenir également des graviers de granulométries diverses. Les réserves sont importantes et dépassent en volumes les besoins pour les digues.

## 5. EVALUATION GEOTECHNIQUE

Ce chapitre est basé sur les résultats des essais de laboratoire (appendice 3) ainsi que sur les résultats des essais in situ effectués dans les sondages (annexes C2.1 et C2.2).

### 5.1. Fondation

Du point de vue géotechnique, la fondation peut être divisée en 3 zones principales (cf. annexe 3).

- a) Les "limons bariolés gris et rouille", formant la couverture du site sur rive droite et sur rive gauche, d'une épaisseur de 8 m sur rive gauche et de 6 à 12 m (colline) sur rive droite.

Les caractéristiques géotechniques de ce matériau sont les suivantes :

% argile	:	31 - 35 %
% limon	:	17 - 31 %
% sable	:	39 - 50 %
% gravier	:	0 %
$\rho_d$	:	1.79 t/m <sup>3</sup>
WL	:	24 - 29 %
IP	:	14 - 17 %
USCS	:	CL
k	:	5 · 10 <sup>-5</sup> cm/sec (in situ, essai Lefranc) 9 · 10 <sup>-6</sup> cm/sec (oedomètre)
Cc	:	0.040
ME	:	170 kg/cm <sup>2</sup>
SPT - N30	:	56 au-dessus du niveau hydrostatique 20 en-dessous du niveau hydrostatique

- b) Le remplissage alluvial de la Kayanga composé principalement de sables fins à moyens, généralement sans cohésion, avec quelques lentilles de limons argileux.

Les caractéristiques de ces sables sont en moyenne les suivantes :

% argile	:	1 %
% limon	:	1 - 5 %
% sable fin	:	2 % - 75 %
% sable moyen	:	21 %
USCS	:	SP
k	:	$5 \cdot 10^{-4}$ cm/sec (essais in situ)
SPT N30	:	74

- c) Le soubassement, reconnu par le sondage S2, avec les caractéristiques suivantes :

% argile	:	2 %
% limon	:	2 %
% sable fin à moyen	:	89 - 56 %
% sable grossier	:	8 - 42 %
USCS	:	SP
k	:	$10^{-3} - 10^{-4}$ cm/sec

## 5.2. Matériaux de construction

### Corps homogènes

Les essais effectués dans les matériaux prévus pour le corps homogène donnent les paramètres suivants :

% argile	:	25 à 46 %
% limon	:	40 %
% sable	:	3 à 32 %
% gravier	:	0 à 13 %
USCS	:	CL
WL	:	28 à 34 %
IP	:	9 à 15 %

Essais Proctor :  $w_{opt}$  12.5 %  
 $\gamma_{dmax}$  1.9 t/m<sup>3</sup>  
Indice de compressibilité  $C_c$  : 0.04  
 $k$  :  $10^{-9}$  cm/sec  
Essai triaxial  $\varphi'$  : 36°  
 $c'$  : 0.8 kg/cm<sup>2</sup>

Remarque : Les essais triaxiaux donnent des valeurs de  $\varphi'$  et  $c'$  par trop optimistes. Leur interprétation a été rendue difficile d'abord à cause des difficultés rencontrées lors de la saturation des échantillons et ensuite par une évolution des déformations observées rendant difficile la détermination des contraintes de rupture. En conséquence, il est proposé d'introduire un facteur de sécurité dans les paramètres mesurés pour les calculs de stabilité.

D. BARRAGE DE NIANDOUBA

## D. BARRAGE DE NIANDOUBA

=====

### 1. TYPE D'OUVRAGE ENVISAGE

Le choix du type de barrage a été orienté par la nature et le volume des matériaux de construction disponibles. L'absence de matériaux graveleux perméables ou de roche permettant de fabriquer des enrochements implique l'utilisation des limons relativement imperméables dans la plus large mesure possible. Le barrage sera donc une digue homogène avec drain central.

### 2. TRAVAUX DE RECONNAISSANCE

Les travaux de reconnaissance ont consisté, dans une première phase, à étudier deux variantes d'implantation du barrage et à reconnaître des zones d'emprunts potentielles. Ceci a été fait de mai à juillet 1979, au moyen de puits d'une profondeur de 4 à 8 mètres, implantés le long des axes des variantes de barrage et dans les zones d'emprunts. Au total, 52 puits ont été creusés et échantillonnés.

En mars 1980, 4 sondages ont été implantés sur l'axe du site retenu, qui ont permis de préciser la structure et les propriétés de la fondation. En complément des sondages, une campagne de géophysique, du même type que celle menée au barrage du confluent a été effectuée.

## 2.1. Géophysique

### 2.1.1. Méthode d'investigation

La zone de la fondation a été prospectée par la méthode du traîné électrique, dispositif Schlumberger, à 3 longueurs de ligne (AB 24, 36, 60 m).

### 2.1.2. Résultats

Les résultats sont consignés dans le rapport de géophysique donné en appendice 1 , sous la forme de cartes d'équirésistivité et de profils de résistivité.

## 2.2. Sondages mécaniques

### 2.2.1. Méthode

Prière de se référer au chiffre 2.2.1. du chapitre C.

### 2.2.2. Résultats

Le levé des sondages figure en annexe D 2.

## 2.3. Sondages manuels

La situation des puits est représentée dans l'annexe D1, et leur profil géologique dans l'appendice 2.

## 2.4. Essais de laboratoire

Les résultats des essais d'identification et des essais mécaniques effectués sur des échantillons prélevés dans les puits et les sondages sont répertoriés en appendice 3.

### 3. CONDITIONS GEOLOGIQUES ET GEOTECHNIQUES DU SITE

#### 3.1. Introduction

Les conditions géologiques du site sont représentées dans les annexes D1 (situation des sondages) et D3 (profil géologique 1 : 2000 / 200<sup>e</sup>).

#### 3.2. Géologie du site

##### 3.2.1. Structure

A l'endroit du site, la vallée de la Kayanga a une largeur de 700 m environ et présente un profil asymétrique, avec une pente très douce sur rive droite et abrupte sur rive gauche, due à la présence de la cuirasse latéritique.

Sur rive droite, la fondation est située pour une bonne part dans un méandre de la Kayanga; celle-ci s'écoule dans un chenal d'érosion à bords nets.

La fondation est constituée par les formations du Continental Terminal; celui-ci est recouvert aux abords et dans le lit de la Kayanga par des sédiments fluviatils. La colline, qui forme l'appui sur rive gauche, est constituée par une épaisse couche de latérite graveleuse; son flanc est tapissé d'éboulis latéritique.

La stratification dans le Continental Terminal est subhorizontale; le Continental Terminal montre une structure d'anciens chenaux comblés, principalement au voisinage du lit actuel de la Kayanga.

### 3.2.2. Description des matériaux de la fondation

On décrira ici les différents matériaux en commençant par les plus anciens.

La coupe du Continental Terminal est donnée par les sondages S3 et S4. Le profil reconnu débute par des argiles compactes, consolidées, à débit millimétrique, de couleur verdâtre; elles ont été rencontrées à - 16.9 m dans S2 et - 12.3 m dans S4. Le fait qu'elles soient consolidées indique peut-être un âge plus ancien - éventuellement Eocène - que les dépôts du CT. Elles sont recouvertes par un banc de latérite dure, compacte, graveleuse, à matrice limono-argileuse, de faible épaisseur. Au-dessus, viennent des limons sableux bariolés, compacts, contenant des nodules ferrugineux dispersés; il s'agit ici sans doute d'une ancienne surface topographique, les limons bariolés représentant un horizon de latérite remaniée. Ces limons, rencontrés dans S4 sur rive gauche et S1 sur rive droite, n'apparaissent pas dans S2; il semble que l'on a eu affaire ici à un très ancien cours de la Kayanga, comblé par des dépôts sableux, indurés, à texture de grès. Ce dernier matériau a été rencontré dans PG7, S4, S2, PD6, S1 et PD7 et correspond à une importante phase de dépôt du Continental Terminal. Ces grès ont une teinte claire car constitués essentiellement de grains de quartz se rangeant dans la catégorie des sables fins à moyens; la fraction fine, qui sert de matrice, est limono-argileuse.

Sur rive gauche, les grès sont surmontés par des limons argileux bariolés à nodules ferrugineux; la coupe se termine par une épaisse cuirasse latéritique (S3 et PG5). On peut supposer la même succession vers le puits PD13 sur rive droite. Entre ces deux zones, l'érosion a entamé le CT jusque vers la partie supérieure des grès. Les matériaux déposés ou accumulés sur cette surface sont divers : sur la rive gauche, le flanc de la colline est formé d'éboulis latéritique graveleux avec des intercalations sableuses d'origine alluviale (S4); sur rive droite, jusque au-delà de S1, des limons sableux et argileux recouvrent les grès et font place progressivement à des sables fins limoneux et argileux jusqu'aux alentours de PD13 où la cuirasse latéritique affleure. Enfin, entre S1 et S4, les

sédiments récents de la Kayanga constitués de limons argileux gris, plastiques, forment une couverture superficielle peu épaisse.

### 3.3. Hydrogéologie

La nappe phréatique a été atteinte dans les sondages S1, S2 et S4, à des profondeurs respectives de 7.9 m , 4.7 m et 1.5 m. Lors des travaux de forage, le puits PG7 était sec. On voit sur le profil géologique (cf annexe D3) que la surface piézométrique de la nappe culmine au droit de la Kayanga, montrant ainsi que la Kayanga s'infiltré. On notera qu'au barrage du confluent on avait observé le phénomène inverse.

L'aquifère principal est constitué par les grès clairs du CT, qui selon les essais Lefranc présentent des perméabilités comprises entre  $10^{-4}$  et  $10^{-3}$  cm/sec.

La faible perméabilité des terrains sus-jacents ( $< 10^{-5}$  cm/sec) indique qu'en période de hautes eaux, la nappe phréatique doit être légèrement captive, principalement entre S1 et S2.

#### 4. MATERIAUX DE CONSTRUCTION

##### 4.1. Besoins

Les besoins en matériaux de construction sont donnés dans le tableau qui suit :

Structure	Matériau	Volume (m <sup>3</sup> )
Corps en alluvions fines	Sables limoneux à limons sableux	486'000
Drains	Graves et pierres latéritiques Ø 5-100 mm	70'000
Couche de protection parement aval	Gravier, pierres, blocs latéritiques	29'000
Rip-rap	Graves, pierres, blocs de rhyolite	62'000

##### 4.2. Remblais de la digue

###### 4.2.1. Matériau fin, corps homogène

Le levé géologique et les essais en laboratoire ont montré l'hétérogénéité des matériaux en rive droite aussi bien qu'en rive gauche de la Kayanga; horizontalement et verticalement, les variations dans la granulométrie sont rapides, sans pour autant que les limites entre les différentes couches ou lentilles soient bien définies.

En rive gauche, les matériaux rencontrés dans les puits PP1, PP2, PP5 et PP6 (cf. annexe D1) correspondent, dans l'ensemble, à des limons sableux et des sables limoneux dont les proportions varient de la manière suivante :

argile	:	6 - 32 %
limon	:	33 - 76 %
sable	:	7 - 56 %
graviers	:	0 - 18 %

Dans l'ensemble, les faisceaux granulométriques sont assez étroits et la proportion d'argile n'excède que rarement 20 %.

Le matériau présente une cohésion et une plasticité faibles à moyennes.

Les perméabilités in situ mesurées à différentes profondeurs dans les puits varient le plus souvent entre  $10^{-3}$  et  $10^{-5}$  cm/sec. Cependant une fois compactés, ces matériaux ne devraient pas avoir des perméabilités supérieures à  $10^{-5}$  cm/sec d'autant plus qu'une macroporosité est nettement visible dans ce type de dépôts.

Il résulte, des courbes granulométriques et des propriétés déterminées en laboratoire, que ces matériaux pourraient être utilisés pour le corps homogène de la digue. Si elle était exploitée sur une épaisseur de 3 m, la zone d'emprunt située sur rive gauche fournirait  $1.2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  (cf. annexe D4).

Sur rive droite, les matériaux situés entre les puits de reconnaissance PD4, PD2, PD3, PD1, PD8, PD9 et PD10 (cf. annexe D1) présentent les caractéristiques suivantes : en dehors de PD8, où le sol est homogène sur 7 m de profondeur et correspond à des limons (53 - 60 %) argileux (15 - 25 %) et sableux (11 - 25 %), les matériaux sont plus hétérogènes, allant des sables limoneux par endroit graveleux (grains de latérites) à des limons sableux.

La cohésion et la plasticité sont généralement faibles à moyennes, et les perméabilités in-situ comprises entre  $10^{-3}$  et  $10^{-5}$  cm/sec; après compactage, elles ne devraient pas dépasser  $10^{-5}$  cm/sec.

La zone d'emprunt figurée sur rive droite, se situe directement à l'amont de la digue. Elle se limite au N par le lit de la Kayanga, puis suit le fond d'un marigot. Au Sud, elle s'arrête aux latérites rencontrées dans les puits PD15, PD18, PD11 et PD 17 (cf annexe D1). Le volume de matériaux exploitables pour le corps homogène est d'environ  $1.7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  (épaisseur 3 m).

#### 4.2.2. Gravier latéritique, couche de protection et drains

La couche de protection du parement aval de la digue aura pour fonction de protéger le talus contre les dégradations dues aux précipitations (ravinement) et servira de couche de transition avec le matériau à granulométrie fine du corps homogène.

Dans ce but, on utilisera du gravier et des blocs latériques. La granulométrie pourra être étendue (jusqu'à 50 cm de diamètre), avec, en surface, les plus gros blocs.

Les matériaux seront prélevés dans les couches latéritiques, soit en rive droite, soit en rive gauche (cf.annexe D4). Les fractions inférieures à 2 mm et supérieures à 50 cm seront éliminées, mais les gros blocs pourraient être utilisés pour le rip-rap du parement amont au cas où l'on renoncerait aux rhyolites (cf. 4.2.3.2.).

Pour les drains, le diamètre des grains sera compris entre 5 et 100 mm. Les fractions inférieures et supérieures à ces diamètres seront éliminées. Le matériau sera également prélevé dans les latérites.

Remarque : de façon générale, il semble que la latérite soit plus compacte et résistante sur rive gauche que sur rive droite. Le relief topographique y est plus prononcé et les affleurements sous forme de bancs massifs de 2-3 m d'épaisseur et de quelques dizaines de mètres de largeur, y sont plus nombreux. Pour ces raisons, les bancs et les blocs de latérites coiffant les collines situées à l'aval de la digue sur rive gauche devraient être exploités comme matériau de rip-rap.

#### 4.2.3. Rip-Rap

L'enrochement du rip-rap est destiné à protéger le talus amont contre l'action des vagues. Le matériau qui sera utilisé devra présenter les caractéristiques suivantes :

- granulométrie étendue,  $\emptyset$  5 - 50 cm
- constituants rocheux, denses, résistants à l'abrasion, non fracturés.

Dans la région du site, il n'existe pas de roche répondant entièrement à ces critères, ni à l'affleurement, ni à une profondeur rendant une exploitation possible.

Le choix se fera entre les 2 types de matériau suivants :

- utilisation de blocs de latérites en surface et de la fraction grossière du gravier latéritique
- exploitation des carrières de roches cristallines du Niokolo Koba.

#### 4.2.3.1. Latérites

Les gisements de latérites graveleuses représentées sur l'annexe D4 sont susceptibles de fournir les volumes de matériau nécessaires pour les drains, la zone de protection du parement aval et éventuellement le rip-rap. La fraction grossière est à collecter dans les zones à blocs plus ou moins dispersés en surface et dans les affleurements de latérite massive. Pour le reste, sables, graviers et pierres, on exploitera les premiers mètres de couche latéritique qui coiffent les collines.

Il faudra cependant compter avec une désagrégation partielle durant l'exploitation et le transport et tenir compte du fait que les blocs peuvent, par place, être très poreux et vacuolaires et souvent aussi friables.

#### 4.2.3.2. Carrières de Niokola Koba

Le matériau de rip-rap prévu pour le parement amont de la digue proviendra, très probablement, des carrières de "rhyolite" situées à l'entrée du parc national du Niokola-Koba (cf. barrage du confluent, chapitre c, paragraphe 4.2.3.2.). Cette rhyolite est une roche compacte, dure, résistante à l'abrasion, peu fracturée, qui devrait parfaitement convenir comme matériau de protection du parement amont de la digue et résister beaucoup mieux que les blocs de latérite, à la désagrégation des blocs due à leur transport et à leur mise en place ainsi qu'à l'action des vagues et des variations du niveau d'eau de la retenue.

## 5. EVALUATION GEOTECHNIQUE

### 5.1. Fondation

Les matériaux de la fondation sont semblables à ceux rencontrés sur le site du barrage du confluent; la première couche épaisse de 6 à 12 m est constituée de limons argileux et d'argiles limoneuses présentant les caractéristiques suivantes :

% argile	:	30 - 45 %
% limon	:	40 - 50 %
% sable	:	10 - 30 %
% gravier	:	-
WL	:	28 - 42 %
IP	:	19 - 19 %
k	:	$5 \cdot 10^{-4}$ à $5 \cdot 10^{-5}$ cm/sec

La couche intermédiaire de sables fins, rencontrée dans S1, S2 et S4 fait partie des classes USCS SP et SC, avec des pourcentages d'argile variant entre 5 % (SP) et 20 % (SC) et avec, pour la fraction fine, des plasticités moyennes (10 - 15 %).

Ces sables ont des perméabilités relativement faibles  $1 \cdot 10^{-4}$  à  $5 \cdot 10^{-4}$  cm/sec, due à leur teneur en fines et également à leur compacité ( $N_{30} > 30$ ).

Le sous-bassement, au moins dans la région du lit de la Kayanga, est constitué par des argiles feuilletées raides. Les quelques analyses granulométriques effectuées (cf. appendice 3) montrent des teneurs en argile variant entre 40 et 60 % et une fraction sableuse importante (10 - 33 %). Les limites d'Atterberg extrêmement élevées (WL = 107 %!) ne sont pas représentatives du comportement de ces argiles, puisque pour réaliser l'essai il a fallu détruire la structure du matériau qui est très compact ( $\rho = 2.1 \text{ t/m}^3$ ).

L'essai à l'oedomètre livre les données suivantes :

$$C_c = 0.23$$

$$M_E = 120 \text{ kg/cm}^2 \text{ (pour } \Delta \sigma \text{ de } 2.0 \text{ kg/cm}^2 \text{ à } 10 \text{ kg/cm}^2 \text{)}.$$

Pression de consolidation =  $2.6 \text{ kg/cm}^2$ , ce qui, étant donné la profondeur de prélèvement, montre que ces argiles sont normalement consolidées.

L'essai a en outre montré que ces argiles sont gonflantes (pression de gonflement =  $1.01 \text{ kg/cm}^2$ ). La pression de gonflement mesurée est inférieure à la contrainte verticale induite par le barrage et n'est donc pas de nature à provoquer des soulèvements de la fondation.

## 5.2. Matériaux de construction

Les matériaux prévus pour le corps homogène du barrage ont les caractéristiques suivantes (cf. aussi appendice 2) ceci pour la zone d'emprunt située sur la rive gauche de la Kayanga (Puits PP1, PP2, PP5 et PP5, cf. annexe D4).

% argile	:	5 - 33 %
% limon	:	38 - 70 %
% sable	:	0 - 53 %
% gravier	:	0 - 5 %
uscs	:	CL
WL	:	19 - 33 %
IP	:	5 - 12 %

Pour les matériaux de la zone d'emprunt située sur rive droite de la Kayanga (cf. annexe D4), les caractéristiques sont les suivantes :

% argile	:	15 - 34 %
% limon	:	25 - 50 %
% sable	:	30 - 45 %
% gravier	:	0 %
$\gamma_s$	:	1.80 t/m <sup>3</sup>
WL	:	22 - 38 %
IP	:	8 - 20 %
uscs	:	CL
k	:	10 <sup>-6</sup> cm/s (oedomètre)
Cc	:	0.04
ME	:	160 kg/cm <sup>2</sup>
Essai Proctor	:	Wopt 9.5 %
		$\gamma_{dmax}$ 2.05 t/m <sup>3</sup>
Essai triaxial	:	$\psi'$ : 27°
		C' : 1.1 kg/cm <sup>2</sup>

E. BARRAGE DE GARDE

## E. BARRAGE DE GARDE

=====

### 1. TYPE D'OUVRAGE ENVISAGE

Là également, la faible hauteur du barrage et la nature des matériaux de construction disponibles conduit à proposer une digue homogène.

### 2. TRAVAUX DE RECONNAISSANCE

La digue de garde étant un ouvrage mineur de par ses dimensions, les conditions de fondation n'ont été étudiées que par 1 sondage (S1), implanté dans le lit de l'Anambé. 2 autres sondages (S2 et S3) ont été placés sur les sites prévus pour les stations de pompage afin d'en connaître la structure géologique. Les investigations ont été complétées par l'exécution de 21 puits, destinés à reconnaître la nature des terrains superficiels et à déceler d'éventuels chenaux anciens remplis de sable. Toute la région de la fondation a en outre fait l'objet d'une campagne de géophysique.

#### 2.1. Géophysique

##### 2.1.1. Méthode d'investigation

La zone de fondation a été prospectée par la méthode du trainé électrique, dispositif Schlumberger, à 3 longueurs de ligne (AB 24, 36, 60 m).

### 2.1.2. Résultats

Les résultats sont consignés dans le rapport de géophysique donné en appendice sous la forme de cartes d'équirésistivité et de profil de résistivité.

## 2.2. Sondages mécaniques

### 2.2.1. Méthode

Les indications sur les sondages mécaniques ont été données dans le chapitre C, au paragraphe 2.2.1.

### 2.2.2. Résultats

Le levé des sondages figure en annexe E2.

### 2.3. Sondages manuels

21 puits ont été creusés. La situation des puits est donnée en annexe E1, le levé du profil géologique en appendice 2.

### 2.4. Essais de laboratoire

Les résultats des essais d'identification et des essais mécaniques effectués sur les échantillons prélevés dans les sondages ainsi que dans les puits sont répertoriés en appendice 3.

### 3. CONDITIONS GÉOLOGIQUES ET GEOTECHNIQUES DU SITE

#### 3.1. Introduction

Les conditions géologiques du site sont représentées dans les annexes E1 (situation géologique 1 : 5000e) et E3 (profil géologique 1 : 2000/200e).

#### 3.2. Géologie du site

##### 3.2.1. Structure

L'Anambé s'écoule dans une vallée largement évasée, à très faible relief, marquée en bordure par une légère rupture de pente qui correspond au passage de la zone alluviale à la zone de Continental Terminal en place, coiffée par la cuirasse latéritique.

Dans la zone alluviale, la cuirasse latéritique a été érodée et transportée par l'Anambé, les horizons supérieurs du Continental Terminal ont été remaniés et partiellement recouverts par des sédiments de crues à granulométrie fine datant de l'époque récente.

L'Anambé étend son cours actuel sur un ancien chenal rempli de sédiments d'origine alluviale.

##### 3.2.2. Description des matériaux de la fondation

Le profil général du Continental Terminal sur le site de la digue de garde ressemble de près à celui du site de Niandouba; on y retrouve les argiles verdâtres - probablement éocènes -, les grès clairs ainsi que les limons argileux et sables limoneux bariolés. Ces derniers constituent l'essentiel

de la fondation sur les deux rives. Ils reposent sur un niveau de sables verdâtres, de grain moyen, limoneux, très compacts (S1 et S3); ces sables coiffent en discordance des argiles vertes, feuilletées, compactes, à délits millimétriques dans le sondage S1, et des grès clairs, durs, de grain fin à moyen dans S3.

Les limons bariolés sont localement recouverts par des dépôts récents, reliques d'anciennes crues ; on a ainsi des limons argileux plastiques vers P15, P3, P4 et P5 et des sables fins argileux et limoneux vers P6, P7, vers P11, P12, et P13 et vers P16 et S3.

Ces dépôts superficiels sont peu épais, 2 m au maximum, sauf au site de la station de pompage de la rive gauche où ils forment le remplissage d'un ancien chenal (S2).

L'ancien chenal de l'Anambé, reconnu par le sondage S1 montre un remplissage fait de sables clairs, fins à grossiers, sans cohésion, relativement compacts, et perméables, pouvant contenir des lentilles de limons argileux (S1). Le puits P8 indique qu'un chenal plus récent a été creusé dans les sables et remplis par des limons argileux.

### 3.2.3. Stations de pompage

Les sites des stations de pompage ont été reconnus par les sondages S2 et S3.

Dans le sondage S3, les sables verdâtres décrits plus haut sont recouverts par une épaisse cuirasse latéritique; il s'agit ici du type graveleux, compact, avec une matrice argilo-limoneuse rouge et quelques passées argileuses. Cette latérite a une texture rocheuse mais est faiblement cimentée. Elle affleure environ 200m au sud-ouest de S3. La latérite est recouverte par 2.5 m de limons sableux et argileux bariolés, surmontés par 1 m de sable fin à moyen sans cohésion d'origine alluviale.

Dans S2, le profil débute par des sables fins limoneux et argileux représentant le remplissage d'un ancien chenal d'une profondeur reconnue de

4.5 m. Les sables sont recouverts par une mince bande de latérites graveleuses remaniées; ils reposent sur les limons et sables fins bariolés du CT, lesquels sont entrecoupés par une épisode de sables fins à moyens limoneux avec une mince - 0.5 m - croûte latéritique au sommet.

### 3.3. Hydrogéologie

La nappe phréatique a été atteinte dans les sondages S1, S2 et S3 à des profondeurs respectives de 3.2 m, 10.6 m et 5.8 m. L'aquifère principal est constitué par les sables alluviaux qui remplissent le chenal de l'Anambé et qui ont une perméabilité selon les essais Lefranc de  $5.10^{-4}$  cm/s. Dans les limons et sables fins limoneux bariolés du CT, les perméabilités sont beaucoup plus faibles ( $10^{-5}$  à  $10^{-6}$  cm/sec) et les vitesses de circulation de l'ordre de quelques cm par jour.

#### 4. MATERIAUX DE CONSTRUCTION

##### 4.1. Besoins

Les besoins en matériaux de construction sont donnés dans le tableau qui suit :

Structure	Matériau	Volume
Corps en alluvions fines	Sables limoneux à limons sableux	$156 \cdot 10^3 \text{ m}^3$
Couches de protection	Gravier latéritique	$27 \cdot 10^3 \text{ m}^3$
Rip-rap	Pierres, blocs de latérite	$2 \cdot 10^3 \text{ m}^3$

##### 4.2. Remblais de la digue

###### 4.2.1. Matériau fin, corps homogène

Le levé géologique des puits creusés sur l'axe de la digue a montré que la majeure partie des dépôts de surface est constituée aussi bien sur rive droite que sur rive gauche, de limons sableux ou de sables limoneux bariolés gris et rouille, à nodules ferrugineux et contenant souvent une teneur élevée en argile. Les analyses granulométriques effectuées sur 17 échantillons prélevés entre 0.8 et 3.7 m de profondeur, montrent que le pourcentage des diverses fractions granulométriques varient entre les extrêmes suivants :

argiles	:	14.9 à 47.1 %
limons	:	12.2 à 53.7 %
sables	:	18.7 à 68.5 %
graviers	:	0 à 22.7 %

Il faut noter cependant, que la teneur moyenne en argile dépasse souvent 30 %, celle en limons est de l'ordre de 25 % et celle en sable proche de 40 %; la fraction graveleuse, elle, est généralement nulle.

Pris dans leur ensemble, ces matériaux conviennent parfaitement pour le corps homogène. Ils seront extraits directement sur place à l'endroit même où seront excavés les chenaux de prise d'eau pour la station de pompage. On évitera seulement de prendre les matériaux remplissant le lit de l'Anambé, qui sont, pour l'essentiel, des sables à quartz fins à grossiers, relativement propres, reconnus dans les puits P17 et P8 et dans le sondage S1. Les volumes à excaver pour les chenaux amont et aval dépassent de beaucoup le volume du corps homogène de la digue.

#### 4.2.2. Gravier latéritique, couche de protection

La couche de protection a les fonctions suivantes :

- protéger les talus amont et aval contre les dégradations dues aux précipitations (ravinement) et contre les fluctuations du niveau de retenue.

Les collines sises de part et d'autre de l'Anambé sont susceptibles de fournir, dès la cote 25 m environ, les quantités de gravier latéritique requises. Les fractions trop fines (argilo-limoneuses) et trop grossières seront éliminées. Si nécessaire, les blocs seront utilisés pour le rip-rap du parement amont.

#### 4.2.3. Rip-rap

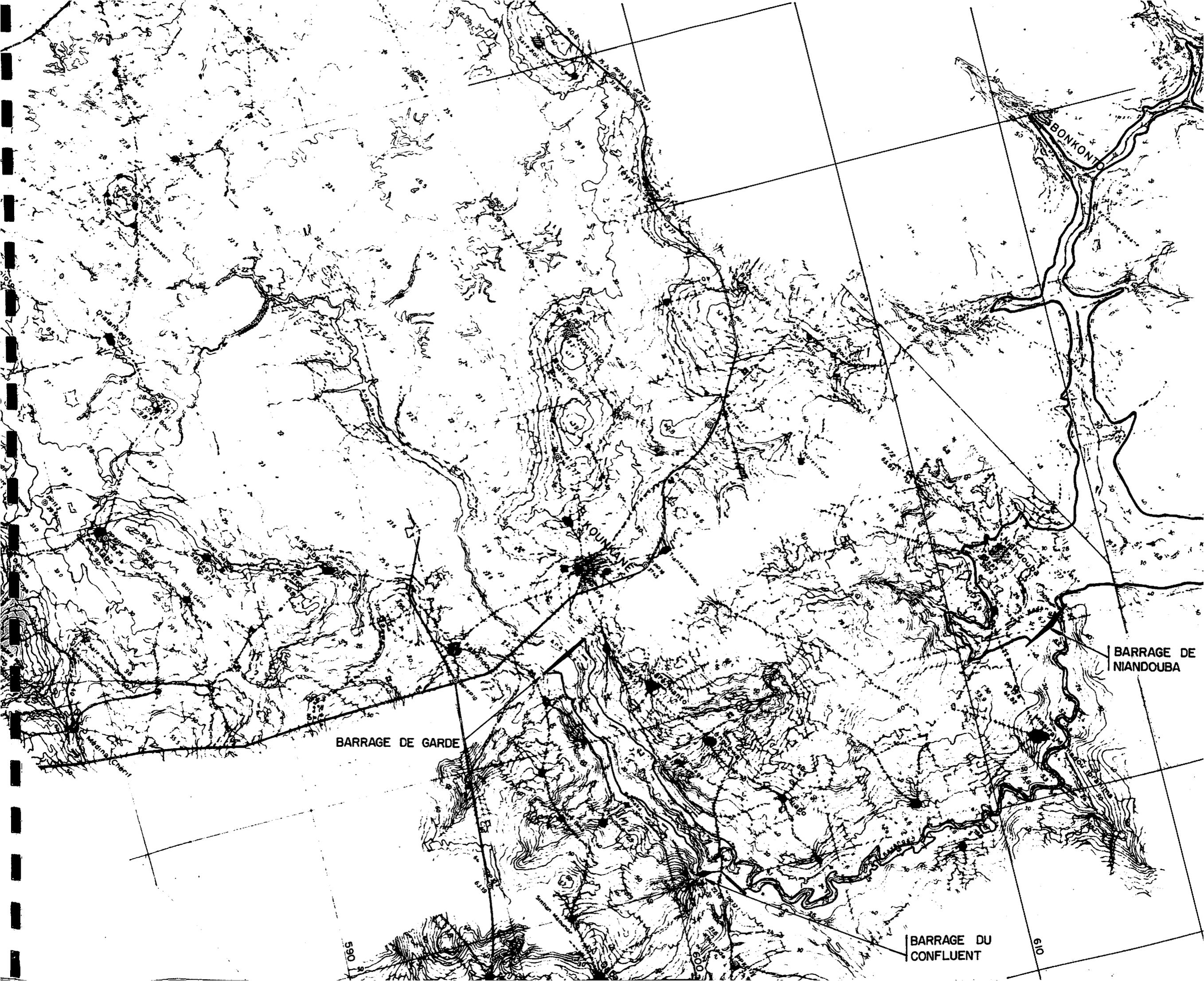
L'enrochement du rip-rap est destiné à protéger les chenaux d'amenée d'eau à la station de pompage, à proximité de l'ouvrage d'entrée. On pourra également l'utiliser pour les gabions du déversoir. Dans ce but, le matériau utilisé devra avoir une granulométrie étendue, être résistant à l'abrasion, dense et non fracturé. Bien que la latérite ne satisfasse que partiellement à ces critères, on utilisera pour le rip-rap des blocs de latérite dure provenant des zones mentionnées à l'annexe E4.

## 5. EVALUATION GEOTECHNIQUE

La zone d'emprunt étant très proche du site du barrage (en effet, elle est constituée du chenal reliant le lit de l'Anambé aux stations de pompage), les sols la constituant sont très semblables à ceux de la fondation du barrage.

Les caractéristiques géotechniques de ces matériaux se situent dans les fourchettes suivantes :

% argile	: 10 - 30 %
% limon	: 5 - 30 %
% sable	: 35 - 55 %
% gravier	: 0 %
$\gamma_d$	: 2.10 t/m <sup>3</sup>
WL	: 28 - 32 %
IP	: 19 - 22 %
uscs	: CL
k	: 10 <sup>-5</sup> cm/s (oedomètre)
Cc	: 0.07
ME	: 90 kg/cm <sup>2</sup>
Essai Proctor	: Wopt 8.6 %
	: $\gamma_{dmax}$ 2.12 t/m <sup>3</sup>
Essai triaxial	: $\psi'$ 36°
	: c' 0.2 kg/cm <sup>2</sup>



BONKONTO

KOUNKANTO

BARRAGE DE GARDE

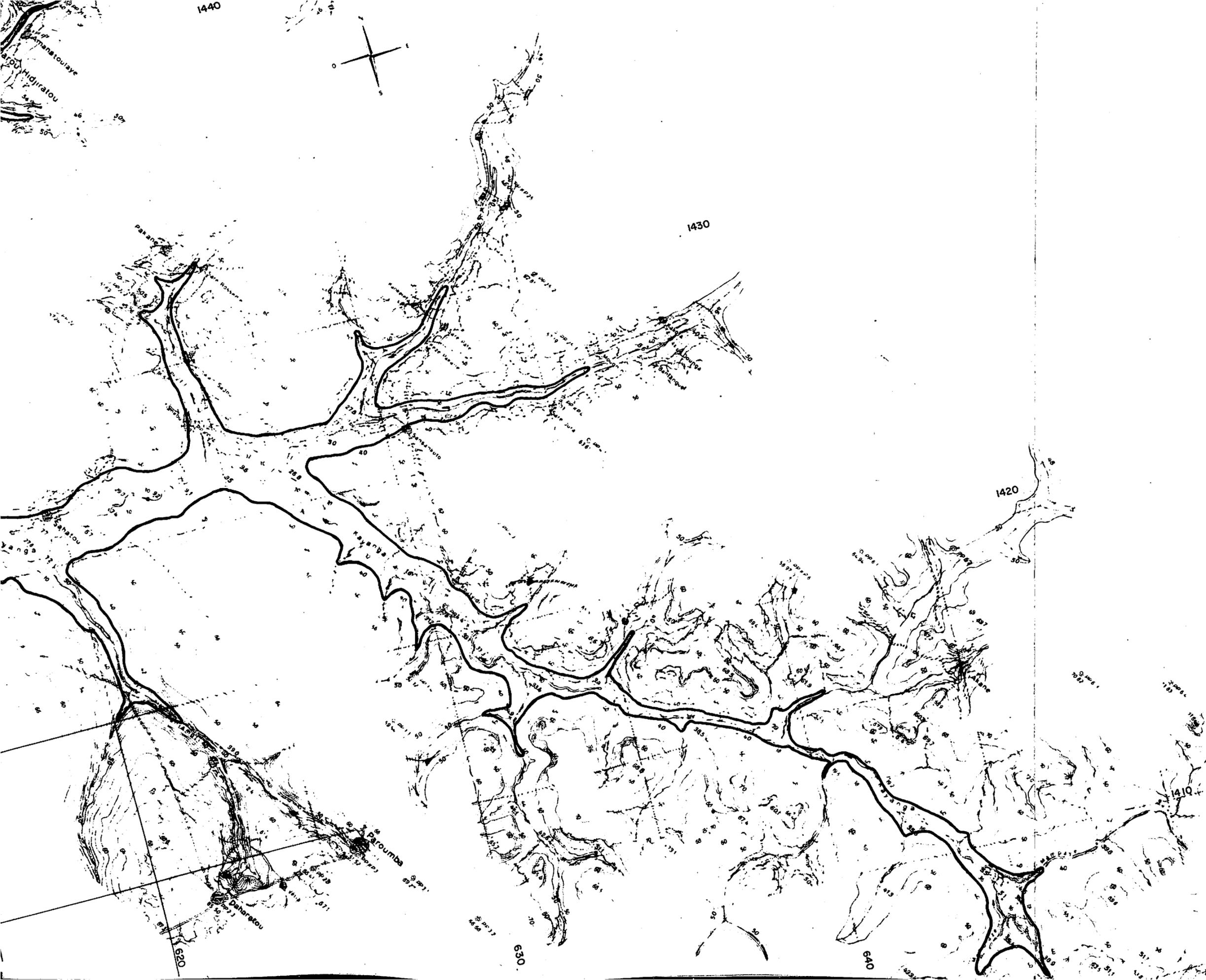
BARRAGE DE NIANDOUBA

BARRAGE DU CONFLUENT

560

600

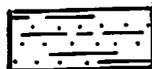
610



REPUBLIQUE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL SODAGRI			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
SITUATION GENERALE DES PROJETS			
 ELECTROWATT INGENIEURS-CONSEILS S.A. ZURICH - DAKAR		Dess. ZUAN Cont. VSA	
ECHELLE 1:100'000	DATE JAN.81	NUMERO DU PLAN 6158 - 224383	ANNEXE A1



**LEGENDE**



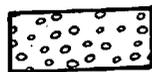
LIMON ARGILEUX, GRIS COHESIF, A SABLE FIN ARGILEUX  
SEDIMENT DE DECANTATION



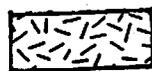
SABLE FIN A MOYEN, BEIGE-CLAIR, LIMONEUX, LEGEREMENT ARGILEUX,  
FAIBLEMENT COHESIF, A LIMON TRES FORTEMENT SABLEUX, ALLUVIONS



SABLE FIN A MOYEN, BLANC LIMONEUX, SANS COHESION, ALLUVIONS



GRAVIER LATERITIQUE. Ø 0.2 A 30cm, AVEC PREDOMINANCE DE LA FRAC-  
TION 0.4-5cm LEGEREMENT LIMONEUX ET SABLEUX PERMEABLE



LIMON ARGILEUX BARIOLE GRIS ET ROUGE, A DELITS MILLIMETRIQUES  
HORIZONTALS, TANTOT SABLEUX TANTOT ARGILEUX, COHESIF, CONTINENTAL  
TERMINAL REMANIE SUR RIVE GAUCHE



SONDAGE AVEC NUMERO D'ORDRE



SONDAGE EQUIPE D'UN PIEZOMETRE



PUITS AVEC NUMERO D'ORDRE



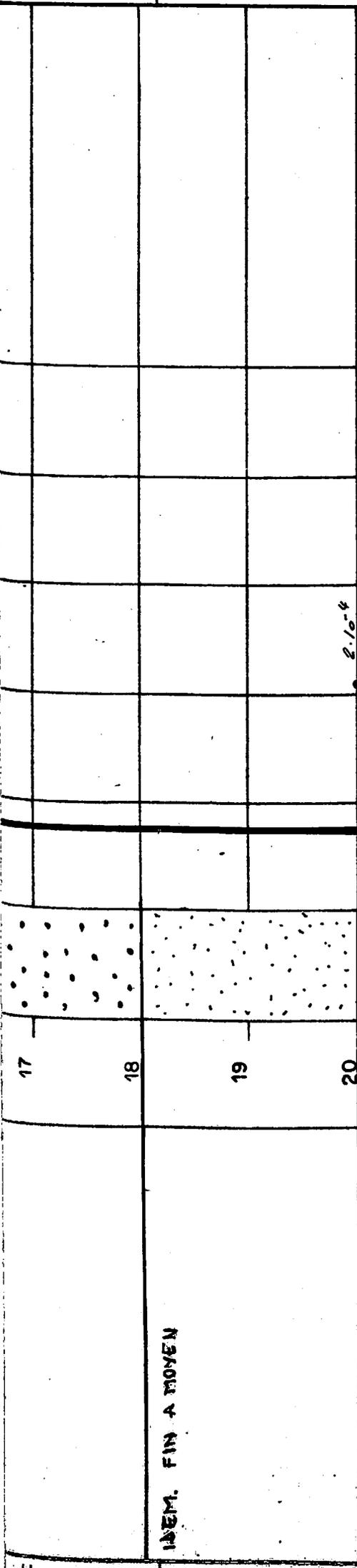
PRELEVEMENT DE GRAVIER LATERITIQUE

REPUBLIQUE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL S O D A G R I			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
BARRAGE DU CONFLUENT SITUATION GEOLOGIQUE			
 ELECTROWATT INGENIEURS-CONSEILS S.A. ZURICH - DAKAR			DESS Moussa COOP ASA
ECHELLE	DATE	NUMERO DU PLAN	
1:5000	MARS 80	6158	209012C1-

LITHOLOGIE	PROFON- DEUR (m)	LOG GRAPHI- QUE	PIEZO.	TUBAGE	SPT N15	PERMEABI- LITE LEFRANC k (cm/s)	ECHAN- TILLON	CLASSIFI- CATION USCS	REMARQUES		
SABLE FIN, LIMONEUX, GRIS-BEIGE, LEGEREMENT ARGILEUX, LEGEREMENT COHESIF. ALLUVIONS DE CRUES.	0.0						X 0.0-0.8		0.0-0.8 SOUPAPAGE		
LIMON ARGILEUX, BARILE, ROUGE ET GRIS, HOMOGENE EN GRAND, HETEROGENE EN PETIT AVEC LITS 1 A 2mm ARGILE ROUGE OU SABLE FIN CLAIR STRATIFICATION FINE, SUBHORIZONTALE PARFOIS PLOYEE (REMANIEMENT) COHESIF, LEGEREMENT PLASTIQUE CONTINENTAL TERMINAL.	1								X 0.8-1.5		0.8-7.0 CAROTTAGE
	2						19 27 29	$2.7 \cdot 10^{-6}$	X 1.5-1.95		
	3								X 3.0-3.5		BATTAGE APM (COUPS/10cm) 5/12/14/19/29.
	4							$4.6 \cdot 10^{-5}$			
SABLE FIN A MOYEN, LIMONEUX, SANS COHESION, OCRE	5										NE 22.02.80 - 15.83 (14N)
	6						9 10 10				
	6.5										
SABLE FIN ET LIMON GRIS-CLAIR LEGEREMENT ARGILEUX, LEGEREMENT COHESIF. TRES HOMOGENE	7							$4 \cdot 10^{-6}$	X 7.0-7.5		7.0 - 15.0 SOUPAPAGE
	7.5										
SABLE FIN A MOYEN BRUN-OCRE LEGEREMENT LIMONEUX, RELATIVEMENT PROPRE. SANS COHESION.	8								X 8.0-8.5		
	8.5							$1.8 \cdot 10^{-5}$			
SABLE MOYEN A GROSSIER AVEC PART DE SABLE FIN ET LIMON, SANS COHESION.	9										
	10								X 9.9-10.0		
	11							$5 \cdot 10^{-5}$			AQUIFERE PRINCIPAL POUR LA TRANCHE DE 0.0 - 15.0m
FIN DU SONDAJE 15.00	12								X 11.0-12.0		
	13				12 13 13						
	14										
FIN DU SONDAJE 15.00	15					$5 \cdot 10^{-5}$	X 14.0-15.0				
	16				14 15 15						



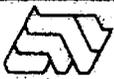
LITHOLOGIE	PROFON- DEUR (m)	LOG GRAPHI- QUE	PIEZO.	TUBAGE	SPT N15	PERMEABI- LITE LEFRANC k (cm/s)	ECHAN- TILLON	CLASSIFI- CATION USCS	REMARQUES
SABLE FIN LIMONEUX, BEIGE-BRUN, LEGEREM. ARGILEUX, LEGEREMENT COHESIF EN SUR- FACE, VASE GRISE SECHE.	0.5	— x — x — x —							0.0-4.0 SOUPAPAGE
SABLE A QUARTZ FIN, LIMONEUX, BLANC, SANS COHESION. ALLUVIAL.	1	x x x x x					X 0.5-2.0		NE 25.01.80
	2	x x x x x							
	3	x x x x x					X 2.2-3.0		
SABLE A QUARTZ, FIN A MOYEN, DEVE- NANT PLUS GROSSIER VERS LE BAS, AVEC 5-10% NODULES LATERITIQUES ARRONDIS, Ø 4mm. BLANC SANS COHESION ALLUVIAL.	4	x x x x x			$\frac{10}{26}$ 150	• $3 \cdot 10^{-9}$		X 3.45-4.0	
LIMON ARGILEUX AVEC SABLE FIN, GRIS COHESIF, PLASTIQUE ALLUVIAL (SEDIMENT DE FIN DE CRUE)	4.8	x x x x x					X 4.0-4.5		4.0-6.0 CAROTTAGE BATTAGE APM (COUPS/10cm) 3/4/8/9/12
SABLE FIN LIMONEUX, LEGEREMENT ARGILEUX, JAUNE ET GRIS AVEC TACHES ROUILLE (NODULES FERUGINEUX ALTERES) COMPACT. CONTINENTAL TERMINAL REMANIE.	5	x x x x x					X 5.0-5.2		
	6	x x x x x							
SABLE, EVENTUELLEMENT GRES PEU CON- SOLIDE, FIN A MOYEN, LEGEREMENT, LIMO- NEUX, QUARTZEUX, BLANC.	7	x x x x x			$\frac{15}{10}$ 129	• $5 \cdot 10^{-4}$		X 6.5-7.0	6.0-20.0 SOUPAPAGE
	8	x x x x x							
	9	x x x x x							
SABLE, EVTL. GRES PEU CONSOLIDE MOYEN A GROSSIER, LEGEREMENT LIMONEUX, QUARTZEUX BLANC.	9.5	x x x x x			$\frac{9}{12}$ 113	• $4 \cdot 10^{-5}$			
SABLE OU GRES BLANC COMME CI-DES- SUS. GRAIN FIN.	10	x x x x x							
IDEM, FIN A MOYEN	11	x x x x x							
IDEM, FIN PROPRE	12	x x x x x					X 11.0-12.0		
IDEM, MOYEN A GROSSIER	13	x x x x x			$\frac{15}{12}$ 114	• $2 \cdot 10^{-3}$			
	14	x x x x x							
	15	x x x x x				• $2 \cdot 10^{-3}$			
	15.5	x x x x x			$\frac{19}{29}$ 133				
IDEM. GROSSIER	16	x x x x x					X 15.5-16.0		
	17	x x x x x							
	18	x x x x x							
IDEM. FIN A MOYEN	19	x x x x x							
	20	x x x x x				• $2 \cdot 10^{-4}$			
FIN DU SONNAGE 20.0m.					$\frac{10}{18}$ 130				

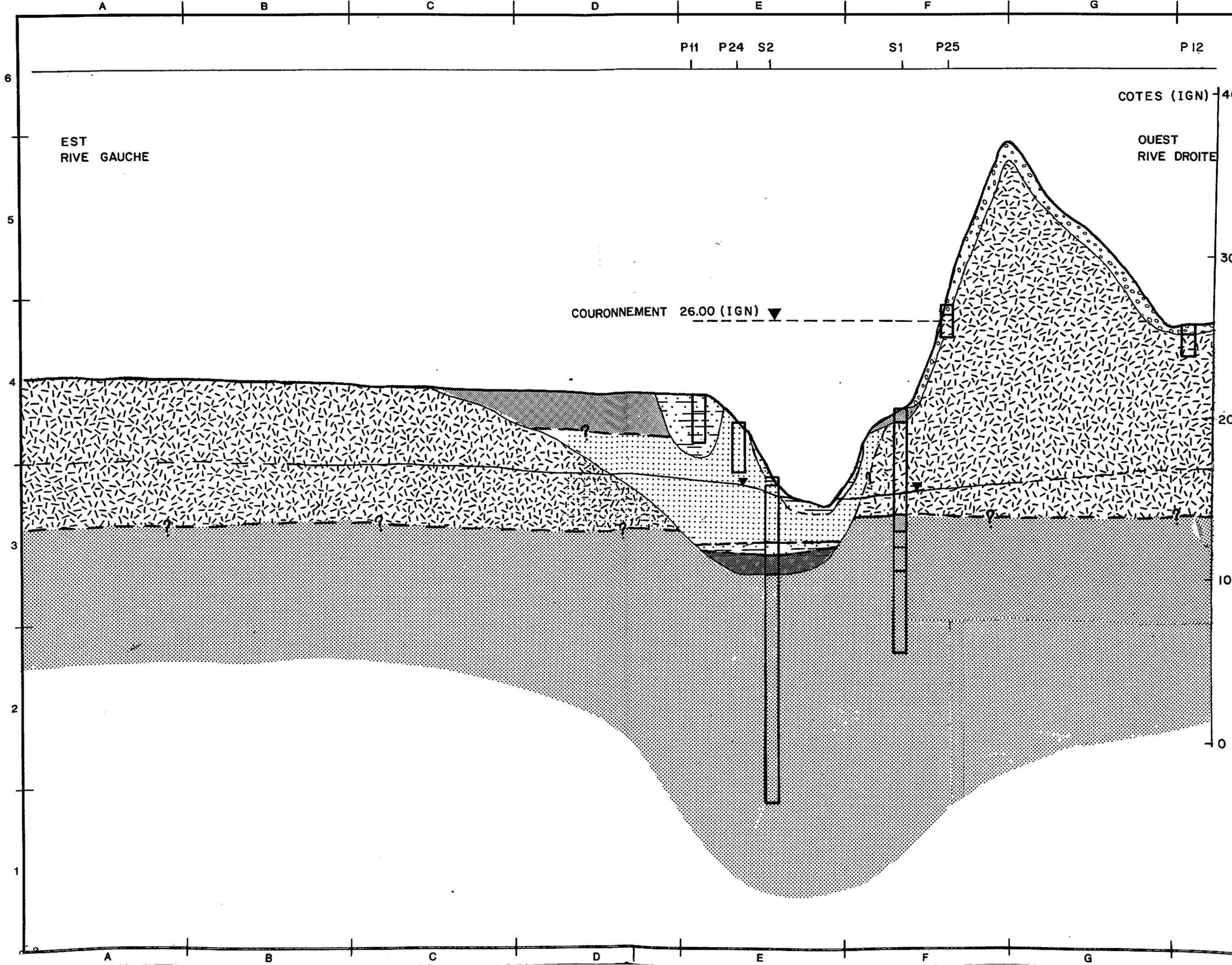


SONDAGE N° : S2  
 COORDONNEES : 600.990 / 1420.325  
 ALTITUDE (IGN) : ~ 16.3  
 PROFONDEUR (m) : 20  
 PIEZOMETRE ø (mm) : -  
 ALTITUDE PIEZO (IGN) : -  
  
 TYPE DE SONDAGE : ROTATIF  
 MACHINE : XCH- 60  
 ENTREPRISE : SASIF  
 DATE : 22-25.02.80

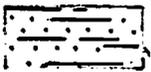
LEGENDE :

- X ECHANTILLON REMANIE
- ☒ ECHANTILLON APM
- ∇ NIVEAU D'EAU STATIQUE
- T PIEZOMETRE , CREPINE
- ESSAI DE PERMEABILITE

REPUBLIQUE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL SODAGRI			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
BARRAGE DU CONFLUENT PROFIL DE SONDAGE			
		<b>ELECTROWATT          INGENIEURS-CONSEILS S.A.          ZURICH - DAKAR</b>	
ECHELLE	DATE	NUMERO DU PLAN	ANNEXE
1:50	AVRIL 80	6158-209015C2-2	DENS: Mousse COM: NSA:



LEGENDE



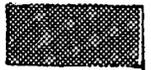
LIMON ARGILEUX, GRIS, COHESIF, A SABLE FIN ARGILEUX  
SEDIMENT DE DECANTATION.



SABLE FIN A MOYEN, BEIGE-CLAIR, LIMONEUX, LEGEREMENT ARGILEUX,  
FAIBLEMENT COHESIF, A LIMON TRES FORTEMENT SABLEUX, ALLUVIONS.



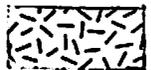
SABLE FIN A MOYEN, BLANC LIMONEUX, SANS COHESION, ALLUVIONS.



SABLE FIN LIMONEUX, BARIOLE GRIS ET ROUILLE, COMPACT, CONTINENTAL  
TERMINAL REMANIE.



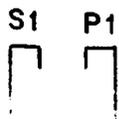
GRAVIER LATERITIQUE Ø 0.2 A 30 cm, AVEC PREDOMINANCE DE LA FRAC-  
TION 0.4-5cm LEGEREMENT LIMONEUX ET SABLEUX, PERMEABLE.



LIMON ARGILEUX BARIOLE GRIS ET ROUGE, A DELITS MILLIMETRIQUES HO-  
RIZONTAUX, TANTOT SABLEUX TANTOT ARGILEUX, COHESIF. CONTINENTAL  
TERMINAL. REMANIE SUR RIVE GAUCHE.



SABLES FINS LIMONEUX DEVENANT GROSSIERS VERS LE BAS, COMPACTS  
DURS, EVENTUELLEMENT. GRES PEU CIMENTE.



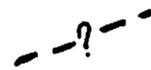
SONDAGE, RESP. PUIIS, AVEC NUMERO D'ORDRE.



NIVEAU DE LA NAPPE PHREATIQUE. (FEVRIER 1980)

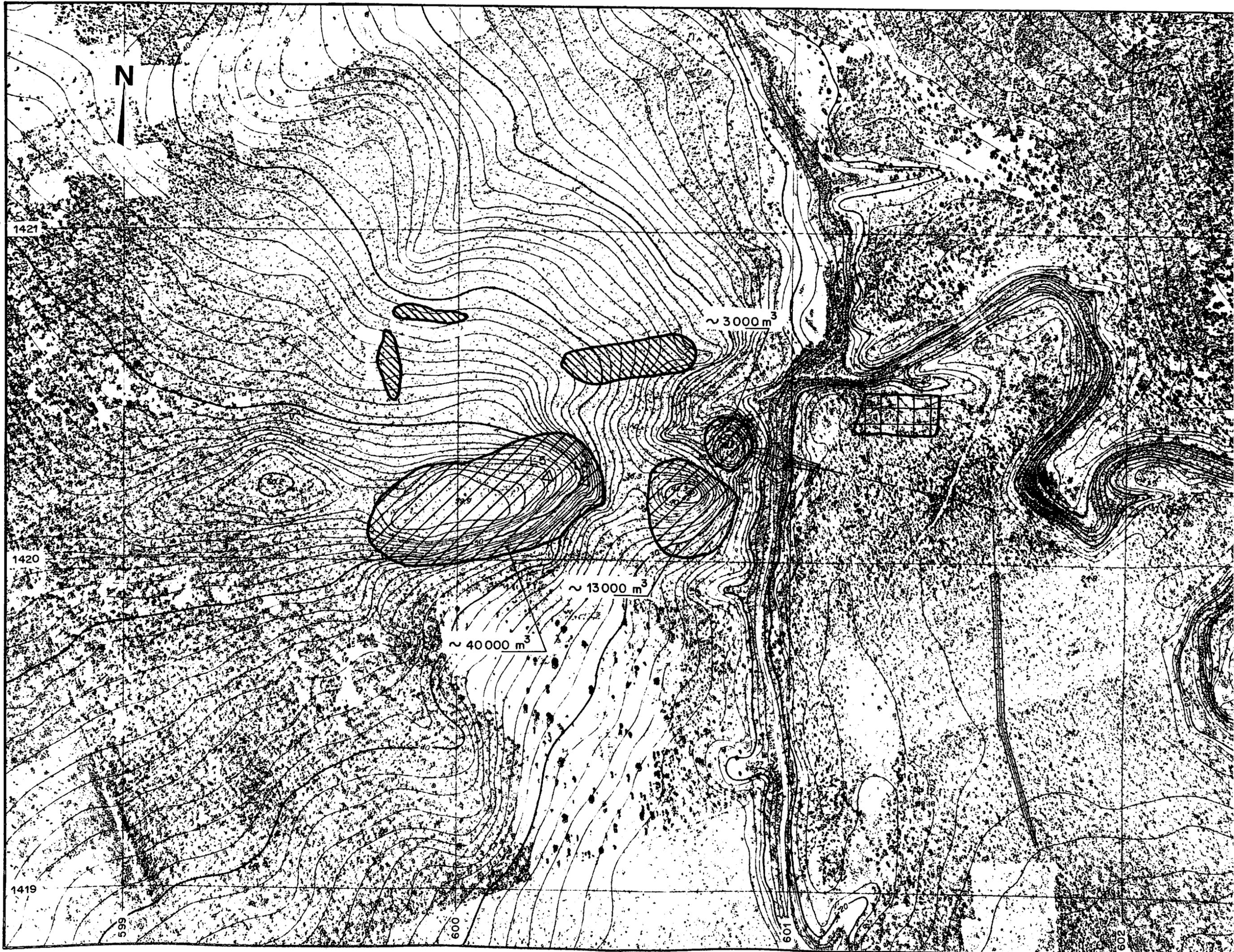


LIMITE LITHOLOGIQUE



LIMITE LITHOLOGIQUE EXTRAPOLEE OU SUPPOSEE

REPUBLIQUE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL SODAGRI			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
BARRAGE DU CONFLUENT PROFIL GEOLOGIQUE			
 ELECTROWATT INGENIEURS-CONSEILS S.A. ZURICH - DAKAR			DESS <b>MOUSSO</b> COCH VISA
ECHELLE 1:2000/200	DATE MARS 80	NUMERO DU PLAN 6158-209011	ANNEXE C3



N

1421

1420

1419

599

600

601

602

~ 3000 m<sup>3</sup>

~ 13000 m<sup>3</sup>

~ 40000 m<sup>3</sup>



LEGENDE



ZONE D'EMPRUNT POUR MATERIEL DU CORPS HOMOGENE



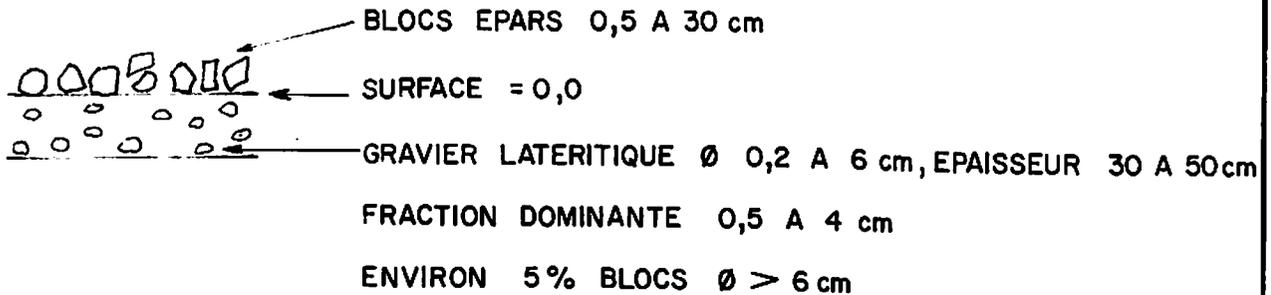
BLOCS DE LATERITE Ø 0,4 A 1,0 m



GRAVIER LATERITIQUE Ø 0,2 A 30 cm

FRACTION PREDOMINANTE Ø 0,5 A 5 cm

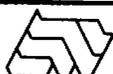
COUPE TYPE DE LA ZONE LATERITIQUE



REPUBLIQUE DU SENEGAL  
 MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL  
 SODAGRI

AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE

BARRAGE DU CONFLUENT  
 ZONES D'EMPRUNTS



ELECTROWATT  
 INGENIEURS-CONSEILS S.A.  
 ZURICH - DAKAR

DESS DGMB

CONT

VISA

ECHELLE

1:10'000

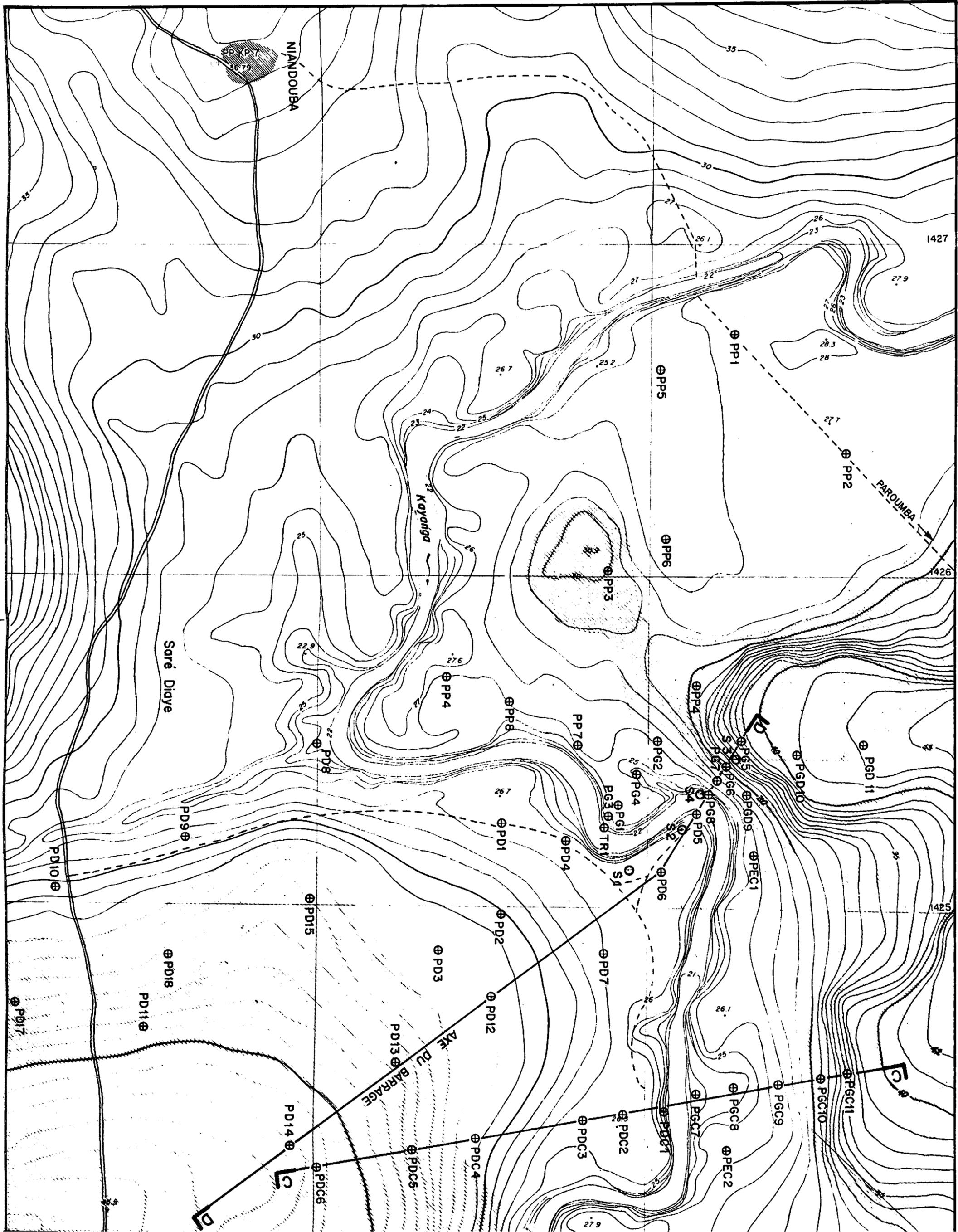
DATE

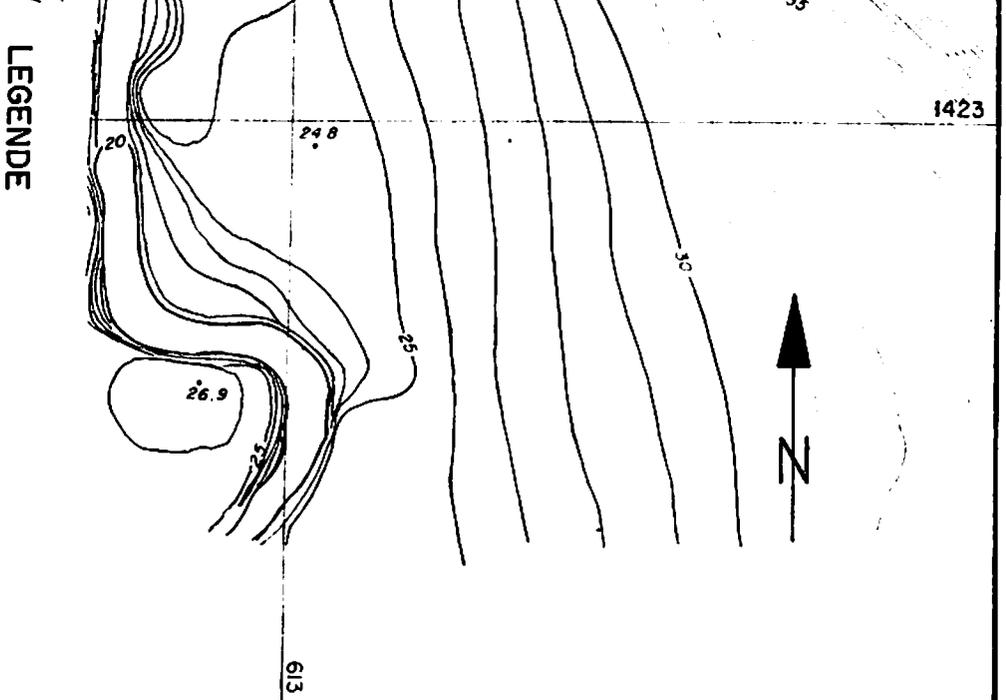
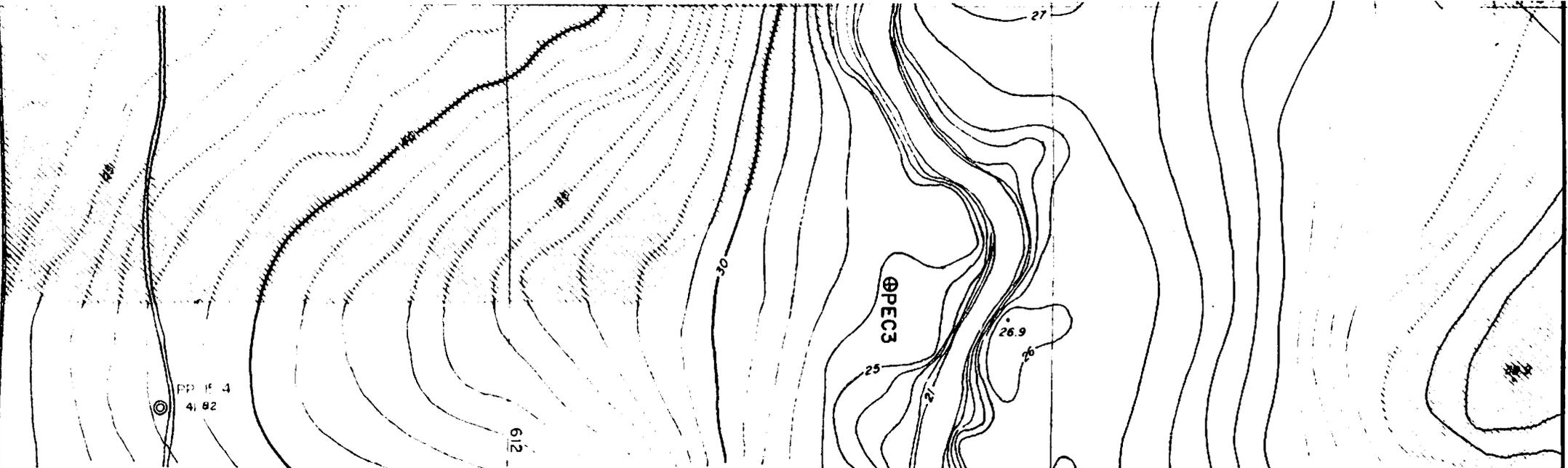
JUIN 80

NUMERO DU PLAN

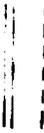
6158 - 207154C4

ANNEXE





**LEGENDE**

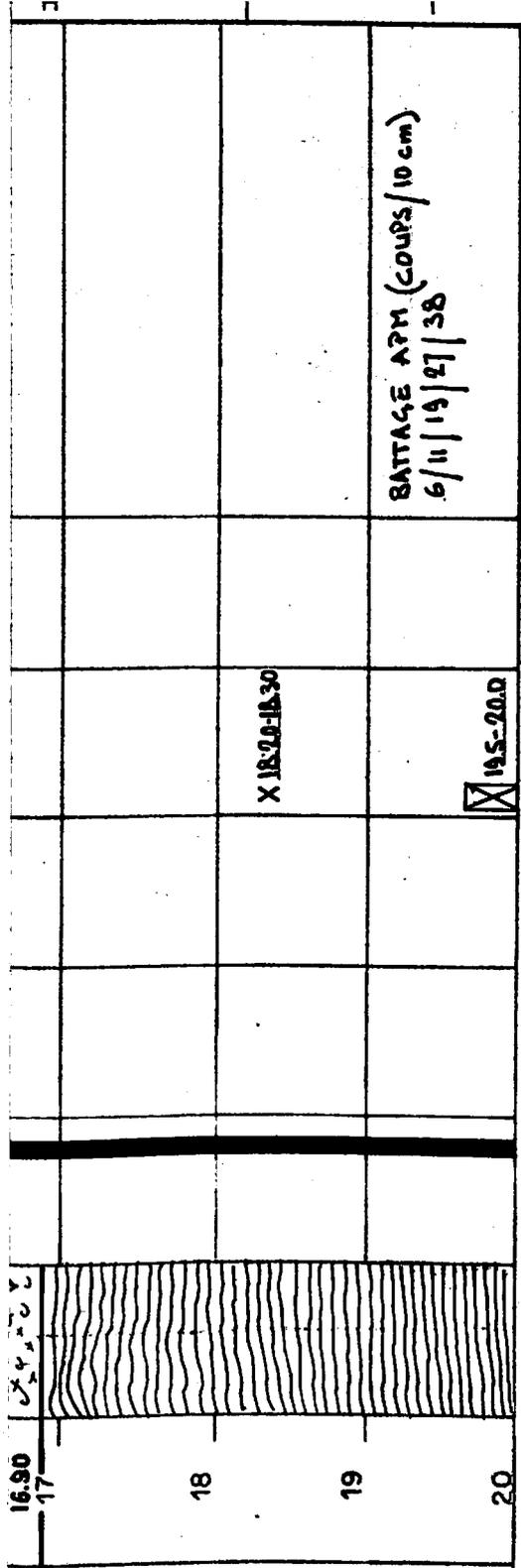
- SONDAGE ET SON NUMERO ○
- PUTS ET SON NUMERO ⊕
- LATERITES 
- DEPOTS ALLUVIONAIRES 
- PROFIL GEOLOGIQUE 
- PISTES DVACCES 

ELECTROWATT INGENIEURS-CONSEILS S A ZURICH LAHAR		Moussso	
AMENAGEMENT		BASSIN DE LANAMBE	
BARRAGE DE MIANDOUBA			
SITUATION GEOLOGIQUE			
1:10,000	JUL 79	6 1 5 8	22 4 3 8 2 0 1





LITHOLOGIE	PROFON- DEUR (m)	LOG GRAPHI- QUE	PIEZO.	TUBAGE	SPT N15	PERMEABL. LITE LEFRANC k (cm/s)	ECHAN- TILLON	CLASSIFI- CATION USCS	REMARQUES
LIMON FORTEMENT ARGILEUX AVEC SABLE FIN, BEIGE-BRUN, COHESIF, PLASTIQUE COLLANT, SEDIMENT DE CRUES	1	X I X Y I X					X 0.7-0.9		0.0-9.45 CAROTTAGE
LIMON ARGILEUX AVEC SABLE FIN BARIOLÉ, GRIS ET ROUILLE AVEC NODULES FERRUGINEUX ALTERES COMPACT, RAIDE CONTINENTAL TERMINAL, REMANIE.	2.10	X I X Y I X					X 2.10-2.50		
	3	X I X Y I X							
	4	X I X Y I X							
	5	X I X Y I X					X 4.70-5.0		NE. 15.03.80
	6	X I X Y I X					X 5.60-5.90		
	7	X I X Y I X					• 5.10 <sup>-4</sup>		
	8	X I X Y I X					X 7.60-7.90		
	8.60	X I X Y I X							
SABLE FIN, LIMONEUX, GRIS-BEIGE, DUR COMPACT, DENSE	9	X I X Y I X							
	9.55	X I X Y I X					• 7.5.10 <sup>-4</sup>		
SABLE BLANC FIN A MOYEN LIMONEUX EVENTUELLEMENT GRES, PEU CIMENTE	10	X I X Y I X							9.45-12.05 CAROTTAGE, PUIS RECUPERATION A LA SOUPAPE
	11	X I X Y I X					X 9.55-10.55		
	12	X I X Y I X							
SABLE FIN LIMONEUX, LEGEREMENT ARGI- LEUX, TRES LEGEREMENT COHESIF.	12.05	X I X Y I X							
	12.50	X I X Y I X					• 1.10 <sup>-4</sup>		
SABLE BLANC FIN A MOYEN SANS COHESION (SOUPAPE!) EVENTUELLEMENT GRES PEU CIMENTE.	13	X I X Y I X							
	14	X I X Y I X					X 12.50-13.0		
	15	X I X Y I X							
GRES FIN GRIS-CLAIR, HOMOGENE DUR	15	X I X Y I X							
	16	X I X Y I X					X 14.60-14.80		
GRAVIER LATERITIQUE MOYEN A GROS- SIER, SABLE FIN LIMONEUX BRUN, SANS COHESION.	16	X I X Y I X							15.0-16.0 MATERIEL MELANGE RECUPERATION A LA SOUPAPE 40% RECUPERATION
GRAVIER FIN A MOYEN FORTEMENT LIMONEUX ET ARGILEUX, CIMENTE DUR, COMPACT	16.50	X I X Y I X							
15.0-16.5 LATERITE HETEROGENE		X I X Y I X							
LIMACHELLE DEBRIS DE COQUILLES		X I X Y I X							



(CALCITE) DANS LIMON ARGILEUX  
 ARGILE VERT-CLAIR, FEUILLETEE A  
 DELITS MILLIMETRIQUES, HOMOGENE,  
 RAIDE (CONSOLIDEE) STRATIFICATION  
 HORIZONTALE. EVENTUELLEMENT  
 EOCENE.

FIN DU SONDAGE 20.0m

SONDAGE N° : S 2  
 COORDONNEES : 613.105./ 1425 235.  
 ALTITUDE (IGN) : ~24.7  
 PROFONDEUR (m) : 20  
 PIEZOMETRE ø (mm) : -  
 ALTITUDE PIEZO (IGN) : -

TYPE DE SONDAGE : ROTATIF  
 MACHINE : XCH-60  
 ENTREPRISE : SASIF  
 DATE : 13-15.03.80

LEGENDE :

- X ECHANTILLON REMANIE
- ☒ ECHANTILLON APM
- ∇ NIVEAU D'EAU STATIQUE
- T PIEZOMETRE , CREPINE
- ESSAI DE PERMEABILITE

REPUBLIQUE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL SODAGRI			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
BARRAGE DE NIANDOUBA PROFIL DE SONDAGE			
		<b>ELECTROWATT</b> <b>INGENIEURS-CONSEILS S.A.</b> <b>ZURICH - DAKAR</b>	
ECHELLE	DATE	NUMERO DU PLAN	ANNEXE
1:50	AVRIL 80	6158-20901502-2	MOUSSO

1		2		3		4		5		6	
LITHOLOGIE	PROFON- DEUR (m)	LOG GRAPHI- QUE	PIEZO.	TUBAGE	SPT N15	PERMEABILITE LEFRANC k (cm/s)	ECHAN- TILLON	CLASSIFI- CATION USCS	REMARQUES		
GRAVIER LATÉRIQUE ANGLEUX, Ø 0,2- 5cm AVEC PEU DE SABLE LIMONEUX	0,5	0 0 0 0 0 0 7 0							0,0-4,0 CAROTTAGE PUIS RECUPÉRATION A LA SOUPE		
SABLE MOYEN LIMONEUX LÉGEREMENT ARGIL- LEUX ROUGE, LATÉRIQUE SANS COHESION	1	. .							0,0-7,35 CUIBASSE LATÉRIQUE REMANIÉ AVEC INTERCALATION DE SABLES ALLUVIAUX.		
GRAVIER LATÉRIQUE MOYEN À GROSSIER Ø 0,4-7,0cm	2 2,20	. . . . . 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0							2,20-4,30 RECUPERATION 20%		
SABLE MOYEN À GROSSIER, TRÈS LÉGERE- MENT LIMONEUX ET ARGILEUX, ROUGE, LATÉRIQUE, SANS COHESION	3	?									
LIMON ARGILEUX AVEC SABLE FIN BARRÉ GRIS ET ROUGE, STRATIFICATION SUB-HORIZONTALE, COHESIF, FAIBLE PLASTICITÉ	4 4,30	. . . . . x x - x x x x y y - y y y y - x - x y					X 2,20-4,30		4,0-4,80 CAROTTAGE		
SABLE MOYEN LATÉRIQUE, AVEC ~ 2% GRAVIER FIN SANS COHESION	5 5,95	. . . . . 0 0 . . . . . . . . . . 0 . . . . . 0 . . . . .			155 160 158				4,80-7,00 CAROTTAGE PUIS RECUPÉRATION A LA SOUPE		
GRAVIER LATÉRIQUE FIN À GROSSIER, Ø JUSQU'À 6cm MATRICE LIMONO-ARGILEUSE	6 7 7,35	0 0 0 x x x x							7,00-10,00 CAROTTAGE 7,35-10,00 CONTINENTAL TERMINAL EN PLAKE		
LIMON FORTÉMENT ARGILEUX AVEC SABLE FIN BARRÉ GRIS ET ROUGE COHESIF PLASTIQUE LOCALEMENT FEUILLETÉ AVEC STRATIFICATION SUB-HORIZONTALE; DENTRITES DE MANÈGE SUR LES SURFACES, DENSE, COMPACT, CONSOLIDÉ.	8 9 10	x x - x x x x - x x x x - x x x x - x x x x - x x			161 167 138		X 7,60-7-90				
FIN DU SONDAGE 10,00 m	11 12 13 14 15 16						X 9,0-9,50		10,00 NIVEAU DE LA NAPPE NON ATTEINT		

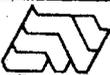
SONDAGE N° : S3  
 COORDONNEES : 613.275 / 1425.445  
 ALTITUDE (IGN) : ~ 35.7  
 PROFONDEUR (m) : 10  
 PIEZOMETRE ø (mm) : -  
 ALTITUDE PIEZO (IGN) : -

TYPE DE SONDAGE : ROTATIF  
 MACHINE : XCH-60  
 ENTREPRISE : SASIF  
 DATE : 17-19.03.80

LEGENDE :

- X ECHANTILLON REMANIE
- ☒ ECHANTILLON APM
- ∇ NIVEAU D'EAU STATIQUE
- T PIEZOMETRE , CREPINE
- ESSAI DE PERMEABILITE

17 18 19 20

REPUBLIQUE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL SODAGRI			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
BARRAGE DE NIANDOUBA PROFIL DE SONDAGE			
 ELECTROWATT INGENIEURS-CONSEILS S.A. ZURICH - DAKAR			DES <b>Moussou</b> COM USA
ECHELLE 1:50	DATE AVRIL 80	NUMERO DU PLAN 6158-20901502-3	AINDRE

LITHOLOGIE	PROFON- DEUR (m)	LOG GRAPHI- QUE	PIEZO.	TUBAGE	SPT N15	PERMEABI- LITE LEFRANC k (cm/s)	ECHAN- TILLON	CLASSIFI- CATION USCS	REMARQUES
LIMON ARGILEUX GRIS COHESIF ALLUVION DE GRUES	0.6	x - x x x x							0.0 - 15.0 CAROTTAGE
LIMON TRES ARGILEUX, GRIS AVEC ~ 10% DE GRAVILLON LATERITIQUE φ 5mm COHESIF, PLASTIQUE	1	x - x - x - x - x					X.05-08		
GRAVIER LATERITIQUE FIN A MOYEN φ JUSQUA 2cm, ARRONDI MATRICE ARGILO- LIMONEUSE, SABLEUSE, BARRILEE, GRIS ET ROUGE, COHESIVE.	2	o x - - o o x o o							
	3	o x o - o o o o o							
	3.70	o x o - o o o o o							
LIMON ARGILEUX GRIS, COHESIF PEU PLASTIQUE	3.85	x x - x x							
GRES BLANC MOYEN A GROSSIER, DUR CIMENTE PAR LIMON ARGILEUX.	4	.							
	5	.					X.40-5.0		
GRES BLANC FIN A MOYEN LIMONEUX COMPACT, DUR.	6	.							
	6.50	.							
GRES FIN A GROSSIER GRIS-CLAIR AVEC MATRICE LIMONEUSE ET ARGILEUSE DURE φ GRAINS JUSQU'A 3 mm	7	.					X.65-6.8		
	7.50	.							
LIMON TRES PORTEMENT ARGILEUX AVEC SABLE FIN A MOYEN, BARRILEE GRIS ET ROUILLE COHESIF, PLASTIQUE	8	y   y   y   y   -   -   -   -   y   y   y   y							
	9	y   y   y   y					X.82-8.5		
	9.20	y   y   y   y							
GRAVIER LATERITIQUE φ 0.2-1cm ARRONDI DANS MATRICE ARGILE-LIMONEUSE ROUGE. COHESIF, PLASTIQUE	9.60	o x o - o o o x o							
GRAVIER LATERITIQUE MOYEN A GROSSIER φ JUSQU'A 4cm DANS MATRICE SABLEU- SE ET LIMONEUSE EN PARTIE LESSIVEE PAR LE SOUPAPAGE	10	x o x o x o o x o							
	11	x o x o x o o x o							
	12	x o x o x o o x o							
GRAVIER LATERITIQUE COMME 8.6-12.0 JUSQUA 1cm DE φ	12.30	x o x o x o o x o							
ARGILE FEUILLETEE BEIGE A DELITS MIL- LIMETRIQUES, STRATIFICATION HORIZONTALE RAIDE COMPACTEE, EYTL. EOLENE	13						X.12.7-13.0		
SABLE FIN RICHE EN MANGANESE VIOLET									
ARGILE FEUILLETEE VERTE A DELITS MILLIMETRIQUES RAIDE CONSOLIDEE DE 13.80 A 14.0 SABLE VERT, CLAYGONEUX	14						X.13.3-13.6		
	15								
FIN DU SONDAGE 15.0 m									
	16								

NE. 22.03.80

9  
12  
15

4.4 · 10<sup>-4</sup>

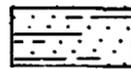
12  
15  
19



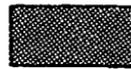
NORD-EST

RIVE GAUCHE

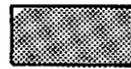
LEGENDE :



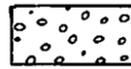
LIMON ARGILEUX GRIS A BEIGE, COHESIF, PLASTIQUE, SEDIMENT DE CRUES (DECANTATION).



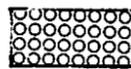
LIMON SABLEUX ET ARGILEUX, BARIOLE, BEIGE ROUILLE AVEC NODULES FERRUGINEUX LEGEREMENT A MOYENNEMENT COHESIF, CONTINENTAL TERMINAL REMANIE.



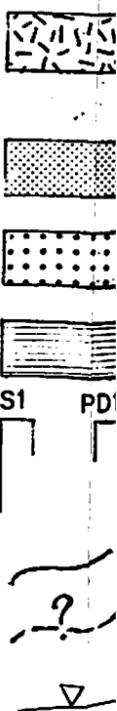
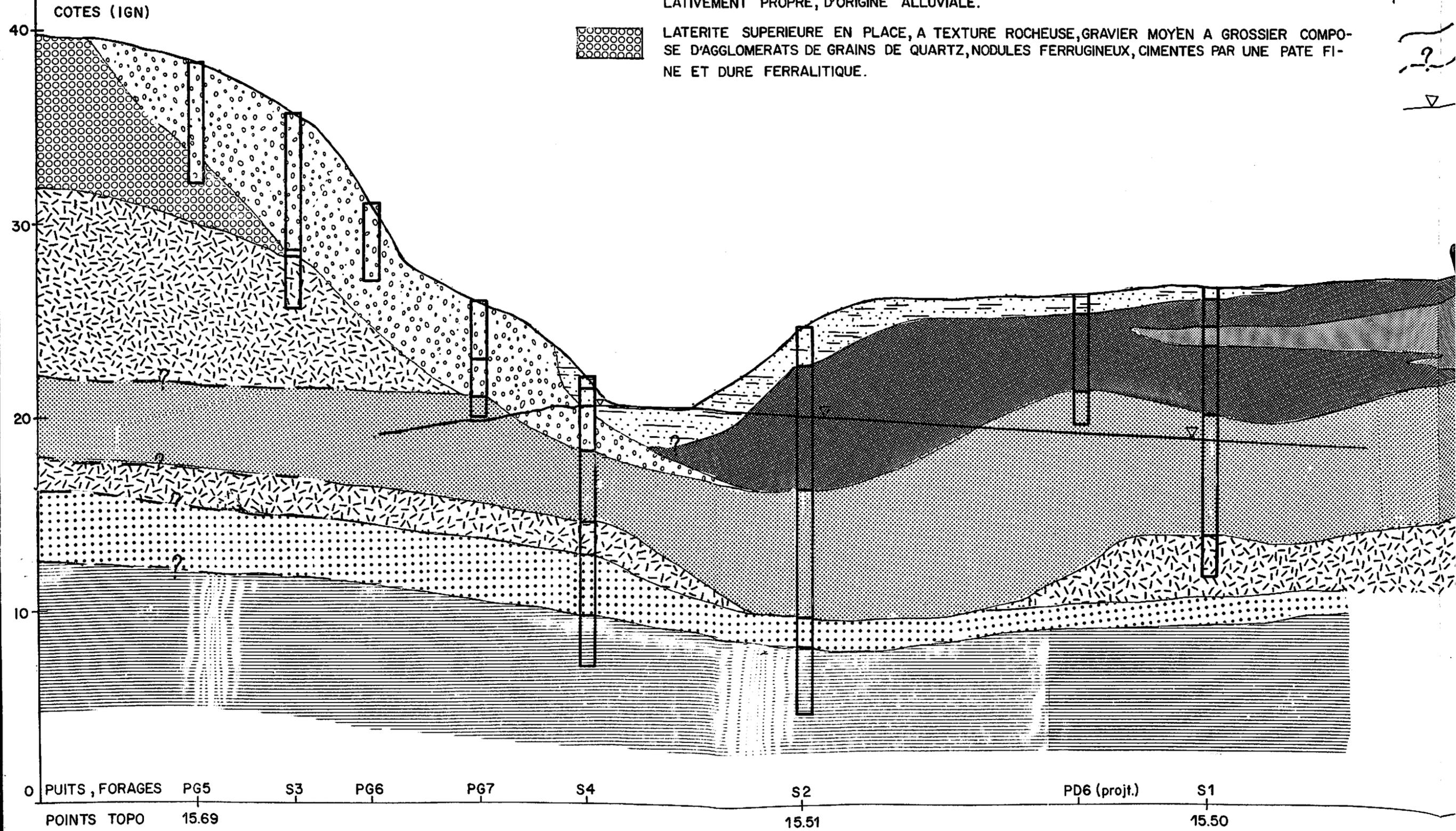
SABLE FIN A MOYEN LIMONEUX ET ARGILEUX A NODULES FERRUGINEUX, FAIBLEMENT COHESIF, CONTINENTAL TERMINAL REMANIE.



EBOULIS LATERITIQUE, GRAVELEUX Ø 0.2 A 30cm, AVEC NETTE PREDOMINANCE DE LA FRACTION 0.4-5cm, SABLO-LIMONEUX, INTERCALATIONS DE SABLE MOYEN A GROSSIER, LATERITIQUE, RELATIVEMENT PROPRE, D'ORIGINE ALLUVIALE.



LATERITE SUPERIEURE EN PLACE, A TEXTURE ROCHEUSE, GRAVIER MOYEN A GROSSIER COMPOSE D'AGGLOMERATS DE GRAINS DE QUARTZ, NODULES FERRUGINEUX, CIMENTES PAR UNE PATE FINE ET DURE FERRALITIQUE.



LIMON BARIOLE GRIS-BEIGE ET ROUILLE MOYENNEMENT A FORTEMENT ARGILEUX, A DELITS ARGILEUX MILLIMETRIQUES ET LENTICULAIRES, AVEC SABLE FIN, COHESIF, PLASTIQUE, RAIDE, COMPACT, PEU COMPRESSIBLE, CONTINENTAL TERMINAL.

SABLE FIN A GROSSIER, COMPACT. EVENTUELLEMENT GRES PEU CIMENTE, QUARTZEUX, LEGEREMENT LIMONEUX ET ARGILEUX, DUR, FAIBLE COMPRESSIBILITE.

LATERITE INFERIEURE, GRAVELEUSE, DURE, COMPACTE, A MATRICE LIMONO-ARGILEUSE

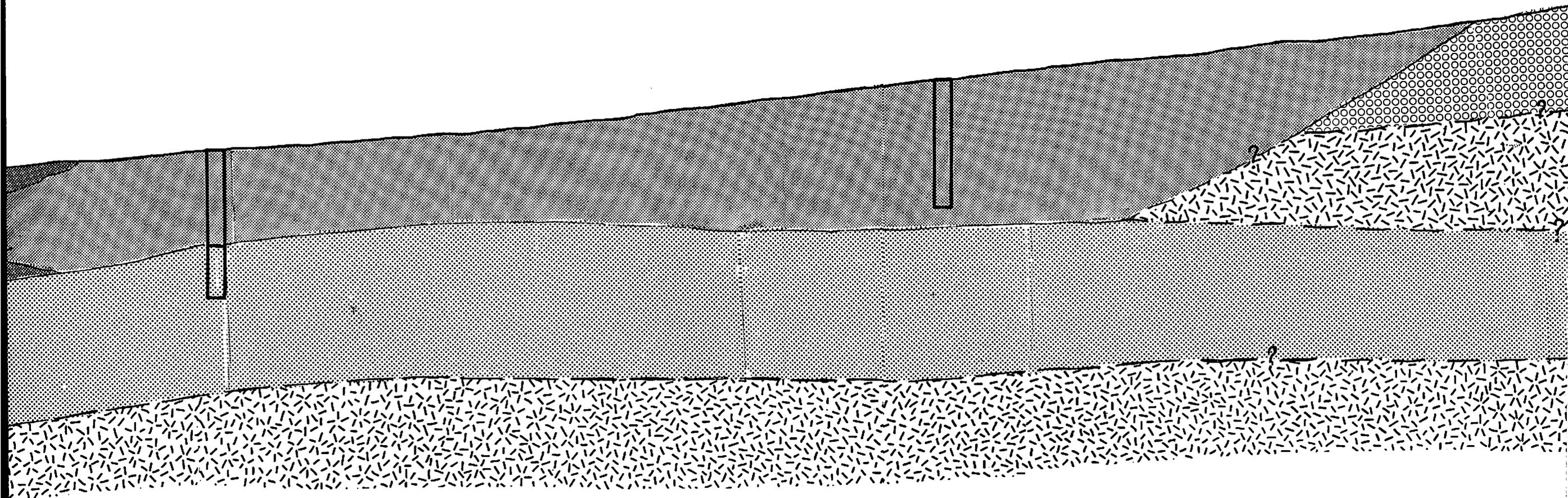
ARGILE FEUILLETEE VERTE, A DELITS MILLIMETRIQUES, TRES HOMOGENE, COMPACTE, RAIDE, CONSOLIDEE AVEC QUELQUES INTERCALATIONS DE SABLES GLAUCONIEUX, EVTL. EOCENE.

SONDAGE, RESP. PUIS AVEC NUMERO D'ORDRE

LIMITE LITHOLOGIQUE

LIMITE LITHOLOGIQUE EXTRAPOLEE OU SUPPOSEE

SURFACE PIEZOMETRIQUE (ETAT DE MARS 1980)



PD7 (proj.)

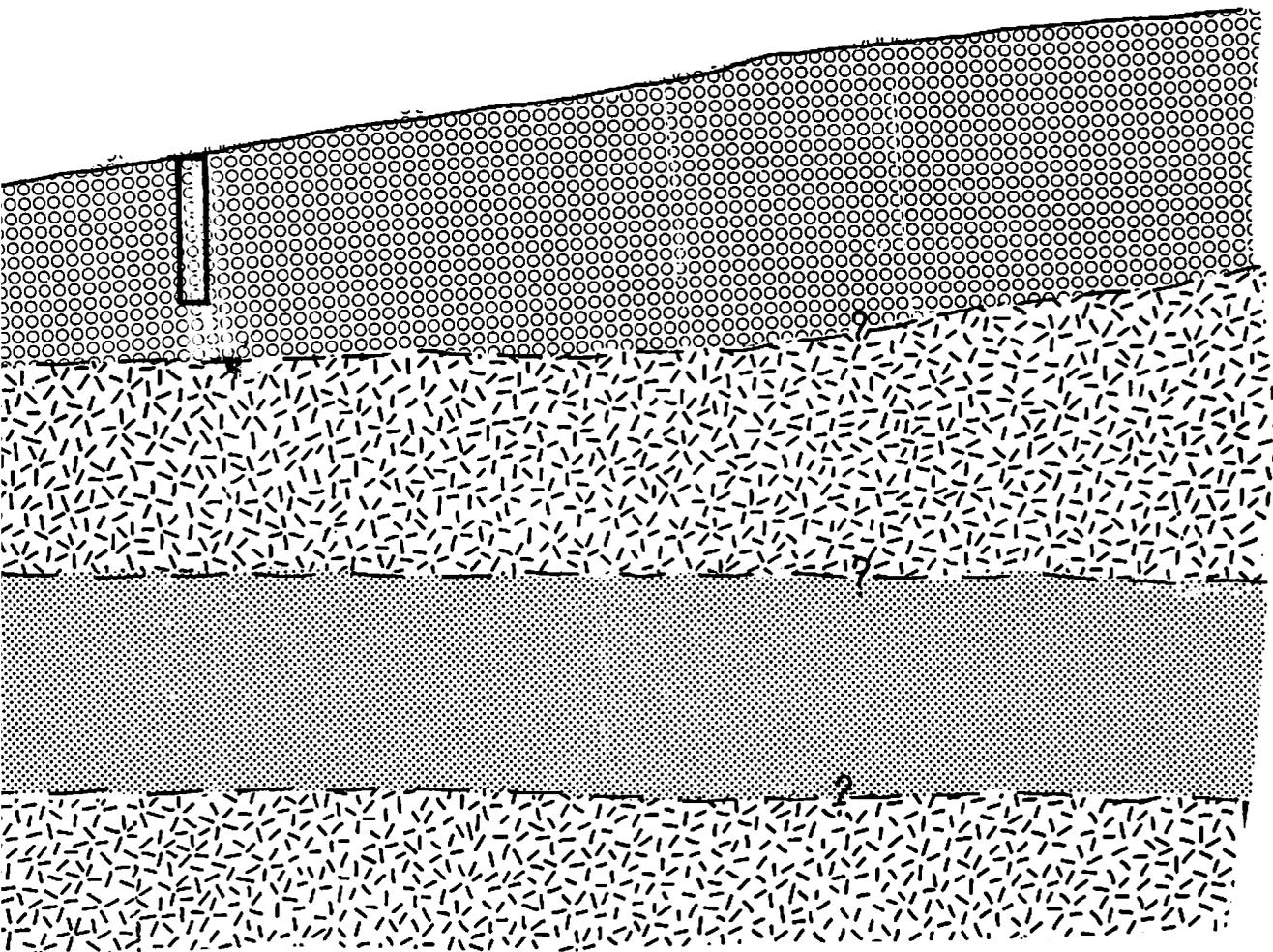
15.48

PD12 (proj.)

15.47

SUD - OUEST

RIVE DROITE



PD13

REPUBLIQUE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPEMENT RURAL SODAGRI			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
BARRAGE DE NIANDOUBA			
PROFIL GEOLOGIQUE DANS L'AXE			
 ELECTROWATT INGENIEURS-CONSEILS S.A. ZURICH - DAKAR			DESS MD-BD
			CON1
			VISA
ECHELLE	DATE	NUMERO DU PLAN	ANNEXE
1:2000/200	AVRIL 80	6158 - 209013	D3

~120000 m<sup>3</sup>

~96000 m<sup>3</sup>

~156000 m<sup>3</sup>

~170000 m<sup>3</sup>

KAYANGA

Sare-Djaye

Niandouba

PP KP 7  
© 36 78

2310

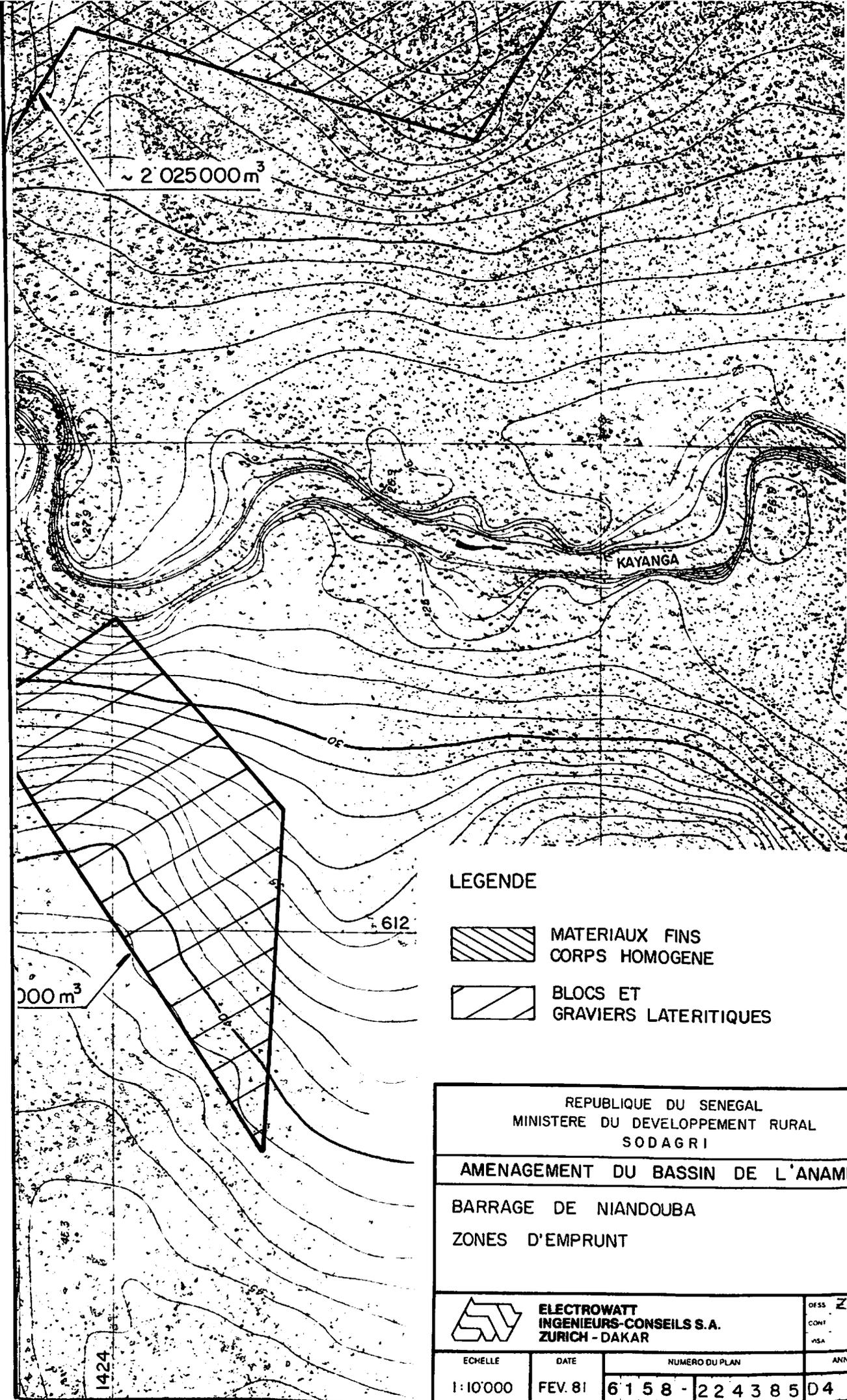
N

1427

1426

1425

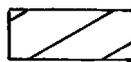




LEGENDE



MATERIAUX FINS  
CORPS HOMOGENE

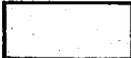
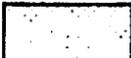
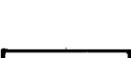


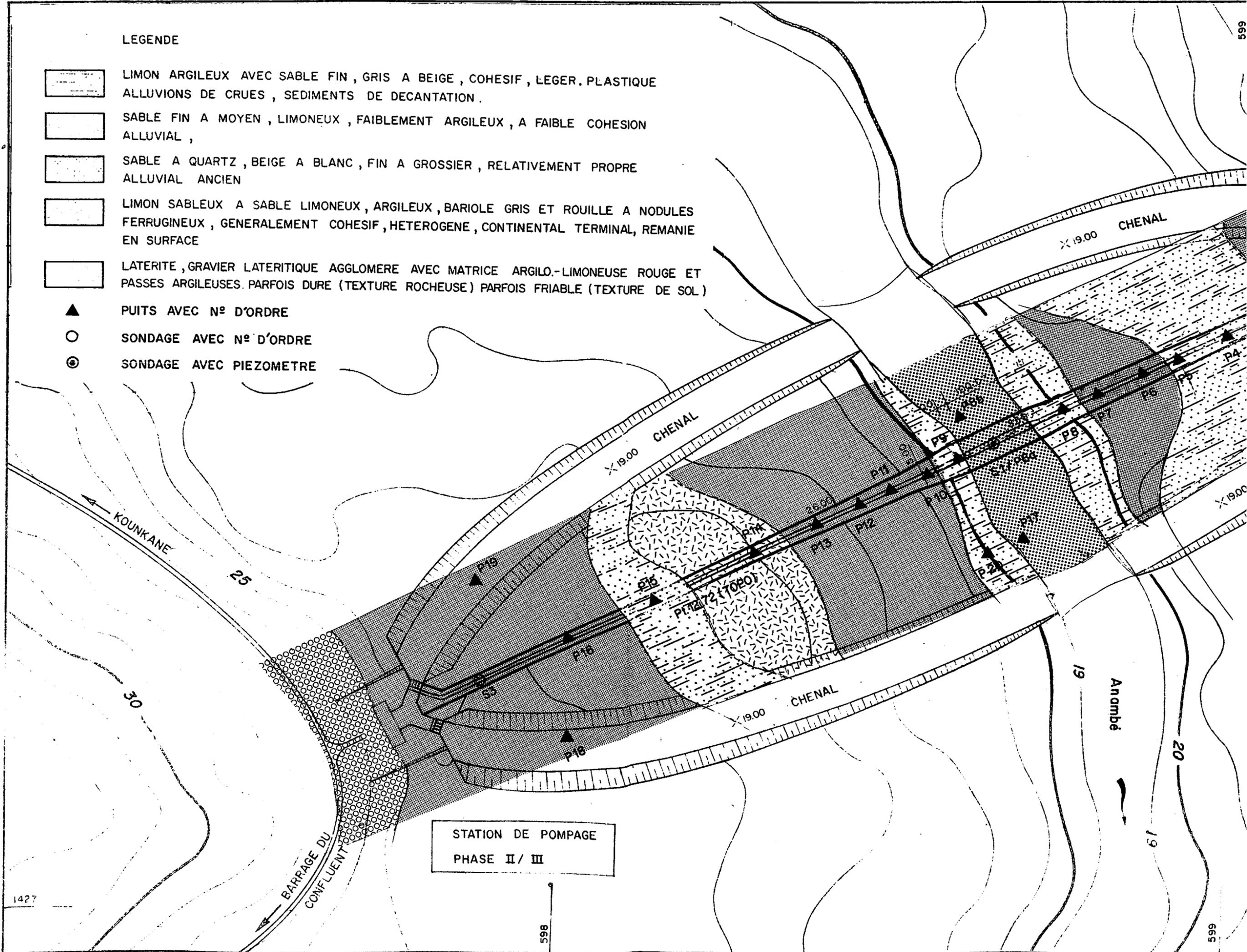
BLOCS ET  
GRAVIERS LATERITIQUES

REPUBLIQUE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL SODAGRI			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
BARRAGE DE NIANDOUBA ZONES D'EMPRUNT			
 <b>ELECTROWATT</b> INGENIEURS-CONSEILS S.A. ZURICH - DAKAR			DESS <i>ZUAN</i> CONT VISA
ECHELLE	DATE	NUMERO DU PLAN	ANNEXE
1:10'000	FEV. 81	6 1 5 8 - 2 2 4 3 8 5	D 4

1424

LEGENDE

-  LIMON ARGILEUX AVEC SABLE FIN , GRIS A BEIGE , COHESIF , LEGER. PLASTIQUE ALLUVIONS DE CRUES , SEDIMENTS DE DECANTATION .
-  SABLE FIN A MOYEN , LIMONEUX , FAIBLEMENT ARGILEUX , A FAIBLE COHESION ALLUVIAL ,
-  SABLE A QUARTZ , BEIGE A BLANC , FIN A GROSSIER , RELATIVEMENT PROPRE ALLUVIAL ANCIEN
-  LIMON SABLEUX A SABLE LIMONEUX , ARGILEUX , BARIOLE GRIS ET ROUILLE A NODULES FERRUGINEUX , GENERALEMENT COHESIF , HETEROGENE , CONTINENTAL TERMINAL, REMANIE EN SURFACE
-  LATERITE , GRAVIER LATERITIQUE AGGLOMERE AVEC MATRICE ARGILO.-LIMONEUSE ROUGE ET PASSES ARGILEUSES. PARFOIS DURE (TEXTURE ROCHEUSE) PARFOIS FRIABLE (TEXTURE DE SOL)
-  PUIITS AVEC N° D'ORDRE
-  SONDAGE AVEC N° D'ORDRE
-  SONDAGE AVEC PIEZOMETRE

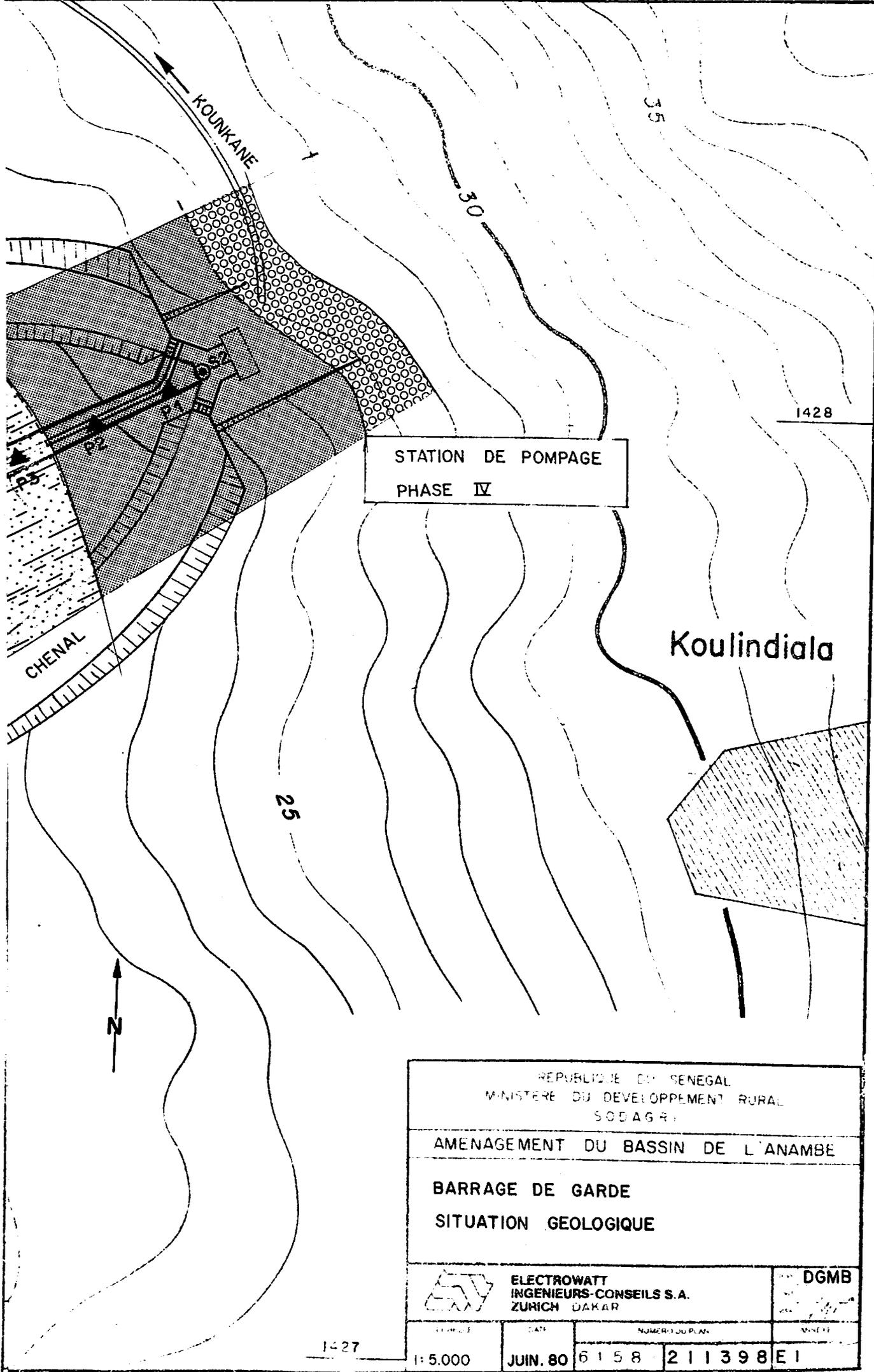


1427

598

665

599



STATION DE POMPAGE  
PHASE IV

1428

Koulindiala



REPUBLIQUE DU SENEGAL  
MINISTÈRE DU DEVELOPPEMENT RURAL  
SODAGR

---

AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE

---

BARRAGE DE GARDE  
SITUATION GEOLOGIQUE



ELECTROWATT  
INGENIEURS-CONSEILS S.A.  
ZURICH DAKAR

DGMB

1427

ÉCHELLE	DATE	NUMÉRO DU PLAN		ANNÉE
1:5.000	JUIN. 80	6158	211398E1	







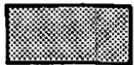




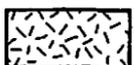


LEGENDE

- 

 LIMON ARGILEUX AVEC SABLE FIN , GRIS A BEIGE , COHESIF , LEGEREMENT PLASTIQUE ALLUVIONS DE CRUES , SEDIMENTS DE DECANTATION .
- 

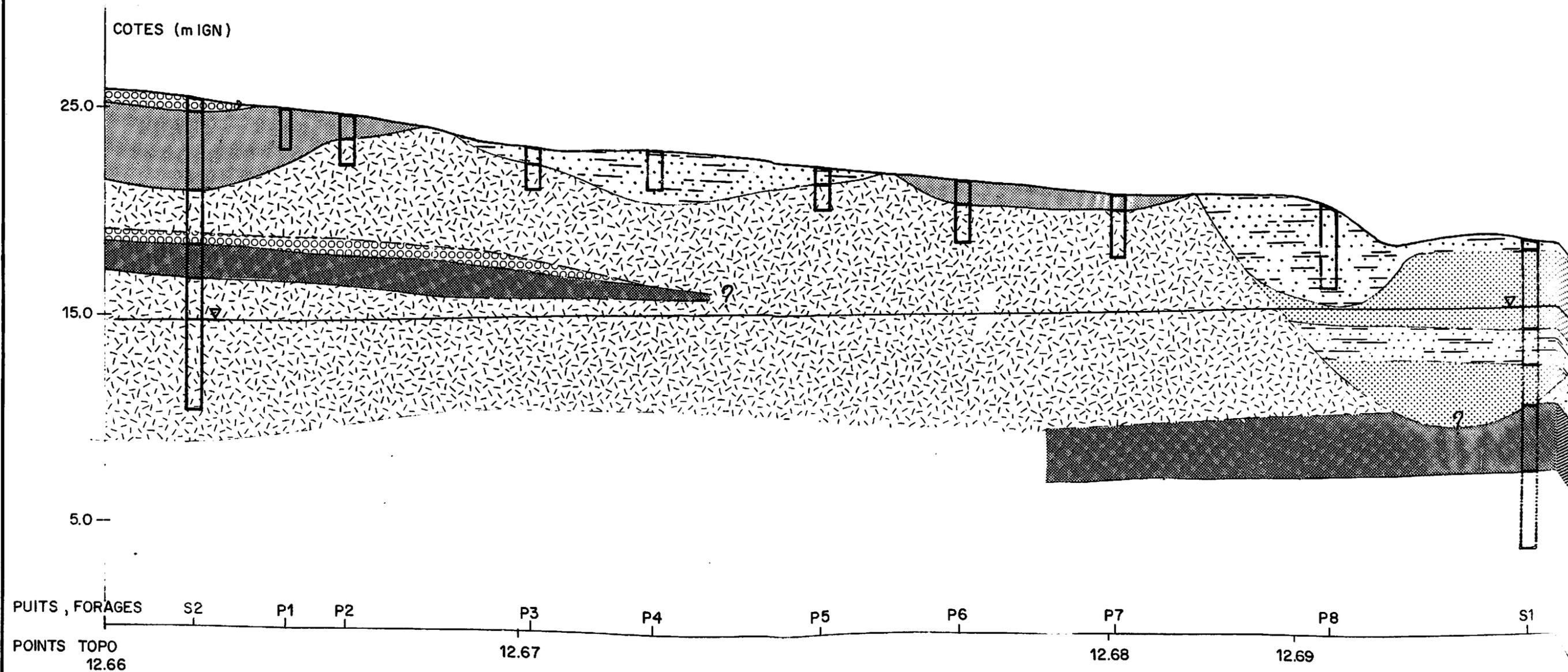
 SABLE FIN A MOYEN , LIMONEUX , FAIBLEMENT ARGILEUX , A FAIBLE COHESION ALLUVIAL
- 

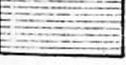
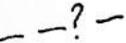
 SABLE A QUARTZ , BEIGE A BLANC , FIN A GROSSIER , RELATIVEMENT PROPRE ALLUVIAL ANCIEN
- 

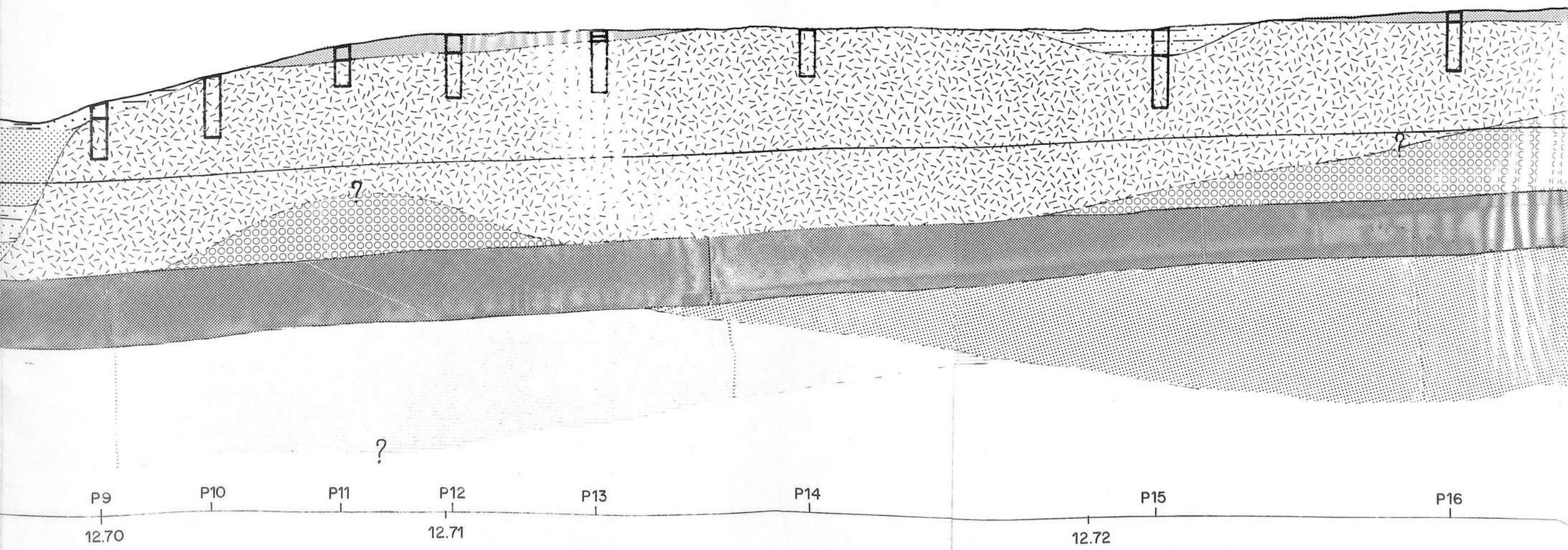
 LIMON SABLEUX A SABLE LIMONEUX , ARGILEUX , BARIOLE GRIS ET ROUILLE A NODULES FERRUGINEUX , GENERALEMENT COHESIF , HETEROGENE , CONTINENTAL TERMINAL , REMANIE EN SURFACE
- 

 LATERITE , GRAVIER LATERITIQUE AGGLOMERE AVEC MATRICE ARGILO.-LIMONEUSE ROUGE ET PASSES ARGILEUSES . PARFOIS DURE (TEXTURE ROCHEUSE) PARFOIS FRIABLE (TEXTURE DE SOL)

NORD-EST  
RIVE GAUCHE

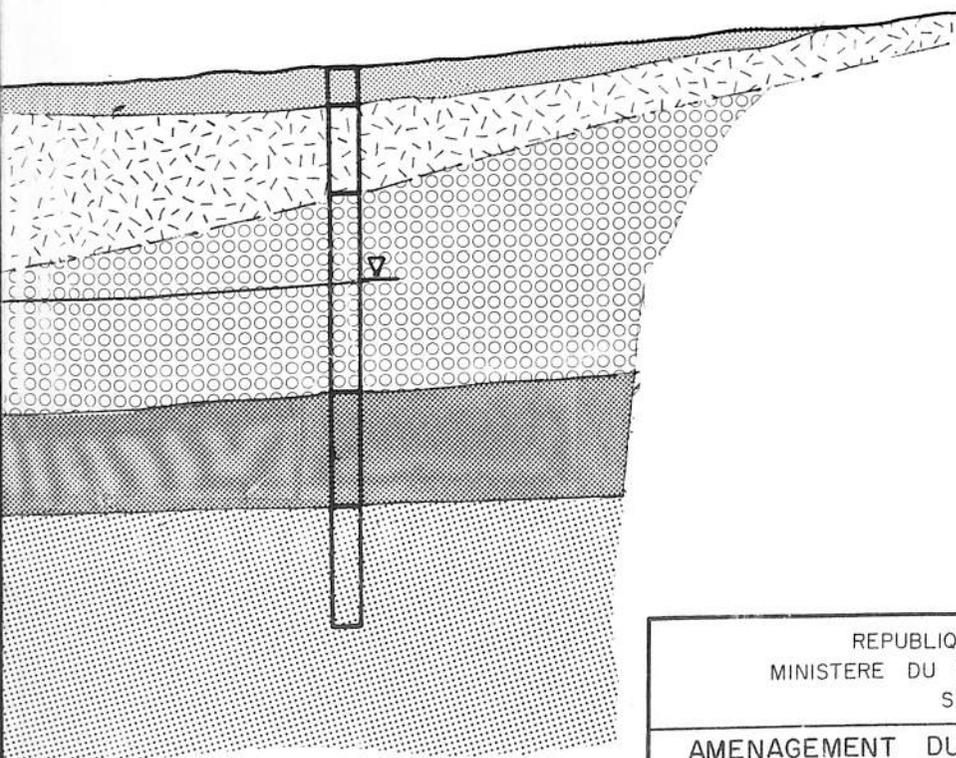


-  SABLE FIN A MOYEN , LIMONEUX ET ARGILEUX , VERDATRE , LENTICULAIRE , AVEC DELITS FINS , ARGILEUX
-  GRES FIN A MOYEN , BLANC , QUARTZEUX , A LENTILLES LIMONO - FERRUGINEUSES , DUR , CIMENTE , INDEFORMABLE .
-  ARGILE LIMONEUSE VERTE , FEUILLETEE , A ROGNONS DE SILEX , STRATIFICATION SUB-HORIZONTALE , EOCENE ( ? )
-  SONDAGE , RESP. PUIITS AVEC NUMERO D'ORDRE
-  SURFACE PIEZOMETRIQUE ( ETAT DE MARS 1980 )
-  LIMITE GEOLOGIQUE
-  -- ? -- IDEM , EXTRAPOLEE OU SUPPOSEE .



- NOTES 1° LE PROFIL A ETE CONSTRUIT EN TENANT COMPTE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE GEOPHYSIQUE (LATERITES ENTRE P9 ET P12)
- 2° LA COUCHE SUPERFICIELLE - 0.05 A 0.15m - COLLUVIALE , ARGILO - LIMONEUSE , N'A PAS ETE REPRESENTEE

SUD - OUEST  
RIVE DROITE



S3  
12.73

REPUBLICHE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL SODAGRI			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
BARRAGE DE GARDE PROFIL GEOLOGIQUE			
 <b>ELECTROWATT INGENIEURS-CONSEILS S.A. ZURICH - DAKAR</b>			DESS DGMB CONT VISA
ECHELLE	DATE	NUMERO DU PLAN	ANNEXE
1:2000/200	JUIN 80	6 1 5 8 - 2 0 7 1 5 3	E 3

LEGENDE



ZONE DE PRELEVEMENT POSSIBLE DE BLOCS LATERITE DURE Ø 0,3 A 100 cm -  
- POUR ENROCHEMENTS BARRAGE DE GARDE OU BARRAGE DU CONFLUENT

597

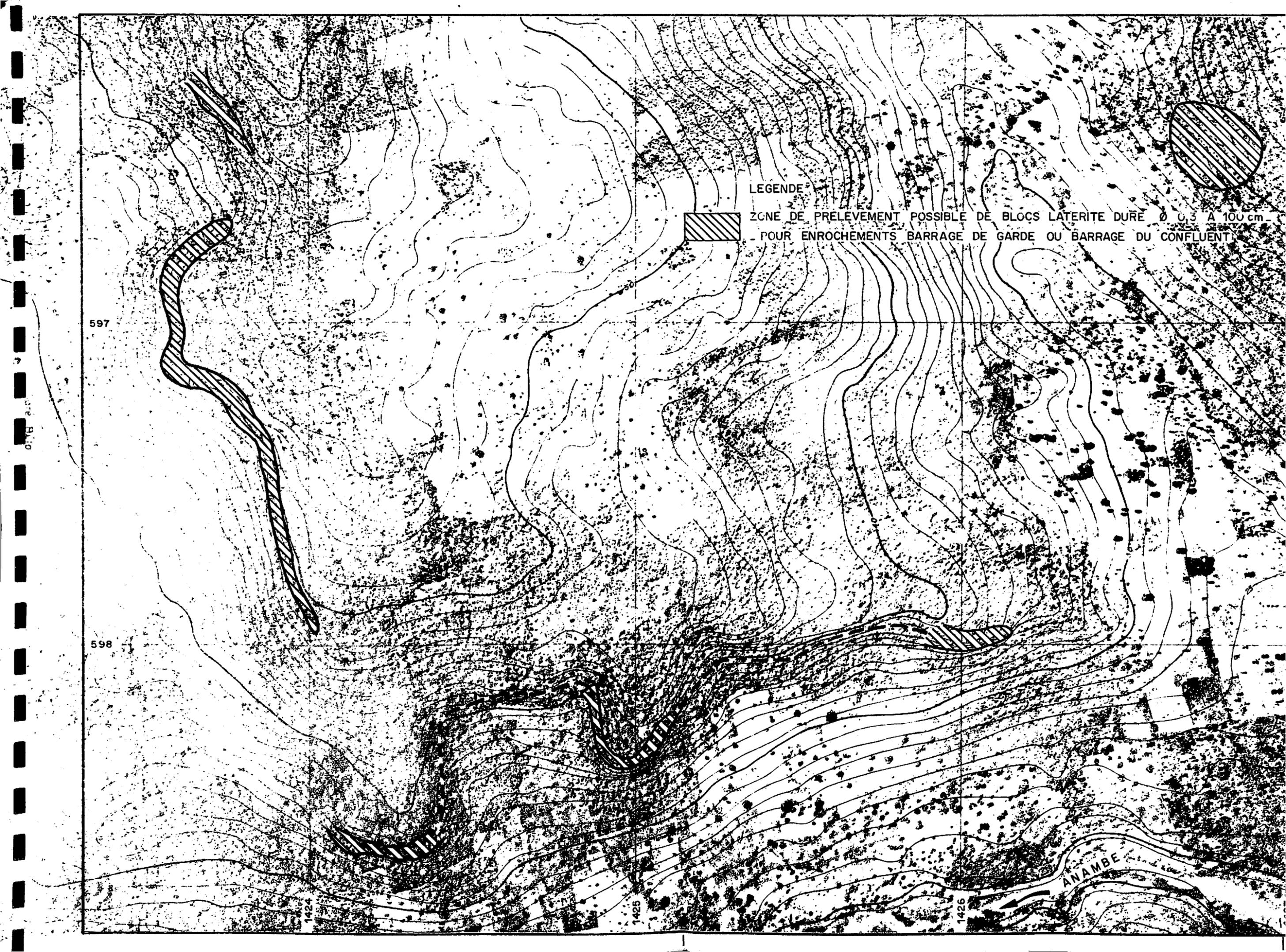
598

ANAMBE

1424

1425

1426





REPUBLIQUE DU SENEGAL  
 MINISTERE DU DEVELOPEMENT RURAL  
 SODAGRI

AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE

BARRAGE DE GARDE  
 ZONES DE BLOCS LATERITIQUES



ELECTROWATT  
 INGENIEURS-CONSEILS S.A.  
 ZÜRICH - DAKAR

DESS DGMB  
 COOP  
 VSA

ECHELLE	DATE	NUMERO DU PLAN		ANNEXE
1:10 000	JUIN 80	6 1 5 8 -	2 0 7 1 5 5	E 4

Appendice 1

GEOPHYSIQUE

**ETUDE GEOELECTRIQUE**

**BASSIN DE L'ANAMBE  
REPUBLIQUE DU SENEGAL**

**INSTITUT DE GEOPHYSIQUE  
UNIVERSITE DE LAUSANNE**

**Mars 1980**

# **Gelectric**

---

Responsable:  
Prof. C. Meyer de Stadelhofen  
Directeur de :  
INSTITUT DE GEOPHYSIQUE  
UNIVERSITE DE LAUSANNE  
Rue de l'Université 5  
1005 LAUSANNE (Suisse)  
tel. 0.21 444 285

## **R A P P O R T**

**concernant**

**UNE ETUDE GEOPHYSIQUE DE TROIS SITES DE BARRAGE AU SENEGAL**

Institut de Géophysique  
Université de Lausanne

11 mars 1980

## ETUDE GEOPHYSIQUE DE TROIS SITES DE BARRAGE AU SENEGAL

### I - INTRODUCTION

A la demande de Monsieur le Docteur Hurreck, d'Electrowatt, nous avons exécuté trois études géoélectriques sur des sites de barrage au Sénégal (voir planche 0).

Le but de ces études est de guider une campagne de forages mécaniques, en particulier de diminuer le nombre des forages nécessaires à une bonne compréhension de la géologie des sites retenus pour la construction.

### II - LA METHODE UTILISEE

Nous avons établi sur chaque zone trois cartes des résistivités apparentes avec trois longueurs de lignes différentes (AB = 24 m, AB = 36 m et AB = 60 m).

Chacune de ces cartes exprime de façon synthétique la composition du sous-sol pour une tranche de terrain donnée. Soit approximativement, pour les longueurs de lignes citées ci-dessus, la tranche de 0 à 8 mètres de profondeur, la tranche de 0 à 12 mètres et la tranche de 0 à 20 mètres.

### III - LES PRINCIPES DE L'INTERPRETATION

La méthode utilisée permet une interprétation essentiellement qualitative. Celle-ci doit s'appuyer sur les données fournies par les informations de la géologie de surface et sur celles recueillies dans les puits.

Dans une région comme celle qui nous intéresse ici, trois principes président à l'interprétation des données électriques. Ces principes sont les suivants :

- Dans les terrains hydratés, la porosité est d'autant plus grande que les résistivités mesurées sont basses.
- Dans les terrains meubles et hydratés, les perméabilités sont d'autant plus fortes que les résistivités mesurées sont hautes.
- En un point donné, une rapide diminution de la résistivité de la surface (AB = 24 m) vers la profondeur (AB = 60 m) est l'indice d'une forte perméabilité superficielle.

Dans le bassin de l'Anambé, les principales formations rencontrées sont : les limons argileux, les limons sableux, les sables et les latérites.

#### IV - PRESENTATION DES RESULTATS

Pour chacun des sites étudiés, nous présentons quatre planches. Trois des planches sont constituées par les cartes d'équirésistivité qui servent de base à l'interprétation, la quatrième planche reproduit un profil des résistivités, obtenu dans l'axe des ouvrages projetés.

#### V - INTERPRETATION DES RESULTATS

##### A) Barrage du confluent

A l'est et à l'ouest de l'ouvrage projeté, des résistivités supérieures à 700 ohms-m soulignent la présence de latérites consolidées (région des points B et B' sur la planche III). A l'ouest de B', la couverture s'épaissit, il s'agit probablement de sables latéritiques renfermant localement des résidus argileux.

La comparaison des planches I, II et III permet d'observer un chenal superficiel à remplissage sablo-limoneux entre D et D' sur la planche I. Un chenal plus ancien et plus profond apparaît entre C et E sur la planche III. Il serait intéressant de placer un forage en E, c'est en ce point que semble passer l'ancien chenal le plus profond.

Le profil de résistivités reporté sur la planche IV permet d'observer des chutes de résistivités en E et en D. Ces zones conductrices, donc très poreuses, sont provoquées par des remplissages limono-sableux. En E, il s'agit du chenal ancien et profond, en D du chenal récent superficiel.

##### B) Barrage de Niandouba

Ici encore, on peut observer les latérites résistantes sur les deux rives (B et B' sur la planche VII). Sur rive droite, les latérites s'amincissent et passent progressivement à des sables latéritiques lorsqu'on descend en dessous de la cote 30 mètres.

La comparaison des planches V, VI et VII montre que cette cuirasse repose sur des sables relativement perméables.

Le point C de la planche VII attire l'attention sur une formation très poreuse, probablement sablo-limoneuse.

L'examen du profil reporté sur la planche VIII montre qu'un chenal à remplissage sablo-limoneux s'est formé très anciennement en C, puis que ce chenal s'est déplacé au cours des âges vers D et E. C'est dans sa partie ancienne et profonde que ce chenal est le plus limoneux, il devient nettement plus sableux près de la surface.

### C) Barrage de Garde

Ce site est particulièrement intéressant; on y remarque sur rive droite, à une certaine profondeur, un long éperon électriquement résistant (planche XI, points A à B). Cet éperon est probablement constitué par des latérites plus ou moins altérées. Ce barrage profond est interrompu par le lit de l'Anambé. Cependant, on retrouve les latérites sur rive gauche au point C.

Les très basses résistivités observées sous l'Anambé marquent la présence de limons très poreux.

L'examen des cartes plus superficielles, principalement l'examen de la planche IX, permet de voir que l'éperon latéritique que nous avons mentionné a été entaillé très vraisemblablement par un ancien lit de la rivière. C'est ainsi qu'entre les latérites repérées en H et I, on peut observer en G des résistivités caractéristiques des sables limoneux.

Les hautes résistivités mesurées en E peuvent être attribuées soit à un amas de sables, soit à un résidu latéritique.

Sur rive gauche, en surface, F et F' marquent la présence de sables latéritiques reposant sur les sables limoneux.

L'examen du profil reporté sur la planche XII confirme et précise certains points. Ainsi, on peut penser que :

- B, B' et B'' correspondent à des latérites.
- L'augmentation des résistivités en C attire l'attention sur ce qui pourrait être un reliquat latéritique.
- La dépression des résistivités superficielles en D accompagne la présence d'un chenal peu profond recoupant l'éperon latéritique. Ce chenal montre un remplissage sablo-limoneux.
- Le point E, situé à l'est du lit actuel, correspond à une baisse des résistivités qui souligne la présence de limons très conducteurs (très poreux), mis à jour ou déposés dans un ancien cours de l'Anambé.
- La remontée progressive des résistivités vers l'est marque le passage à des sables et des sables latéritiques.

CONCLUSIONS GENERALES

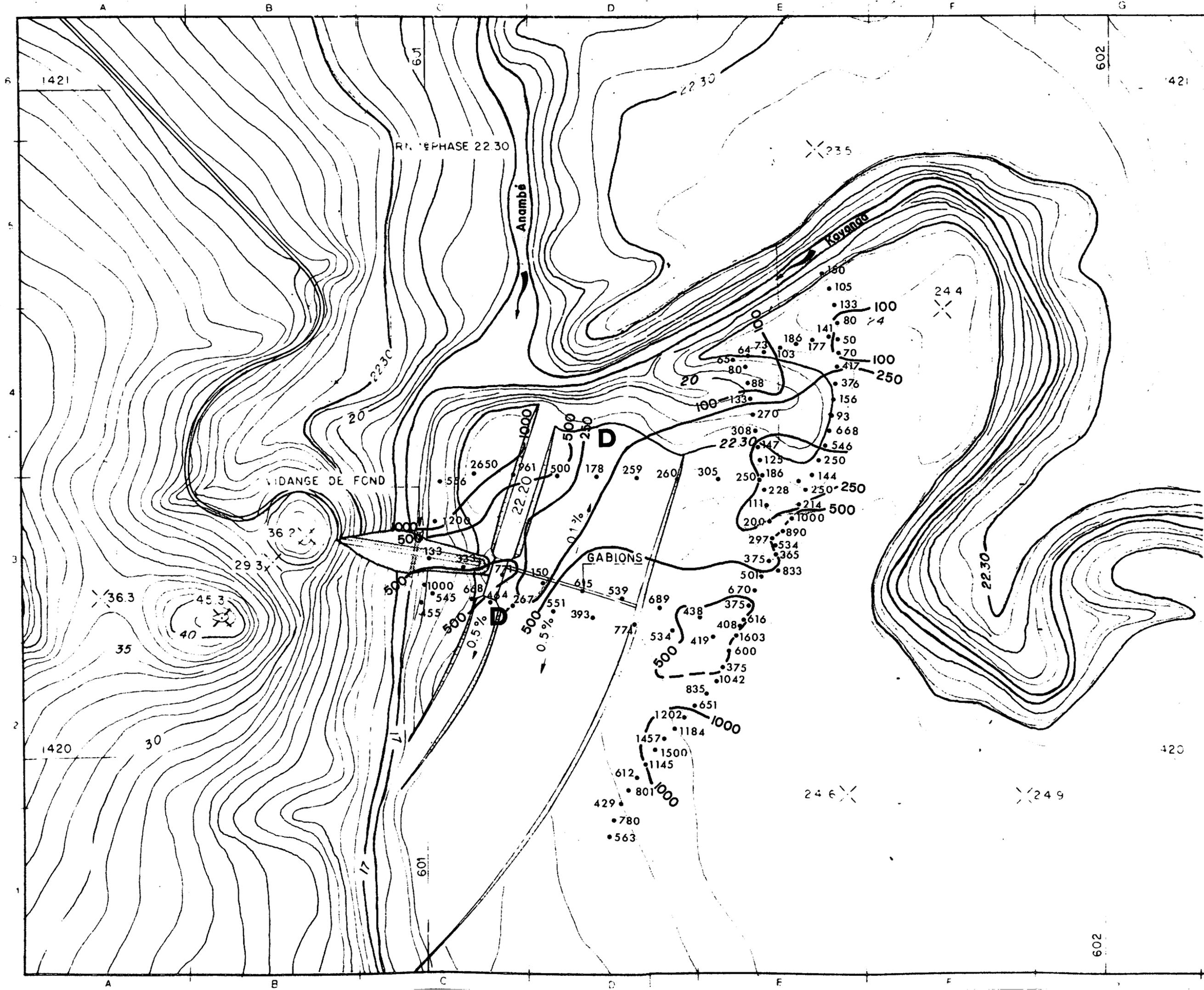
Le but premier de nos mesures est de délimiter des surfaces où les formations du proche sous-sol restent semblables à elles-mêmes. En effet, les plages d'égales résistivités pour une profondeur donnée sont sensiblement des plages d'égale lithologie.

Cette remarque rend plus précieuses les informations fournies par les forages mécaniques. En effet, grâce aux cartes de résistivités, ces observations ponctuelles peuvent être étendues à de vastes surfaces.

De plus, par une interprétation qualitative, nous avons essayé d'attirer l'attention sur quelques points particulièrement remarquables, méritant un examen plus approfondi par sondages mécaniques.

Nous espérons par ces deux approches avoir facilité la tâche des géologues et des ingénieurs.

Le Directeur de l'Institut  
C. Meyer de Stadelhofen



H I K L

6

Barrage du Confluent  
 Carte de résistivité  
 PI 1 AB = 24 m.

6

6  
5  
4  
3  
2  
1

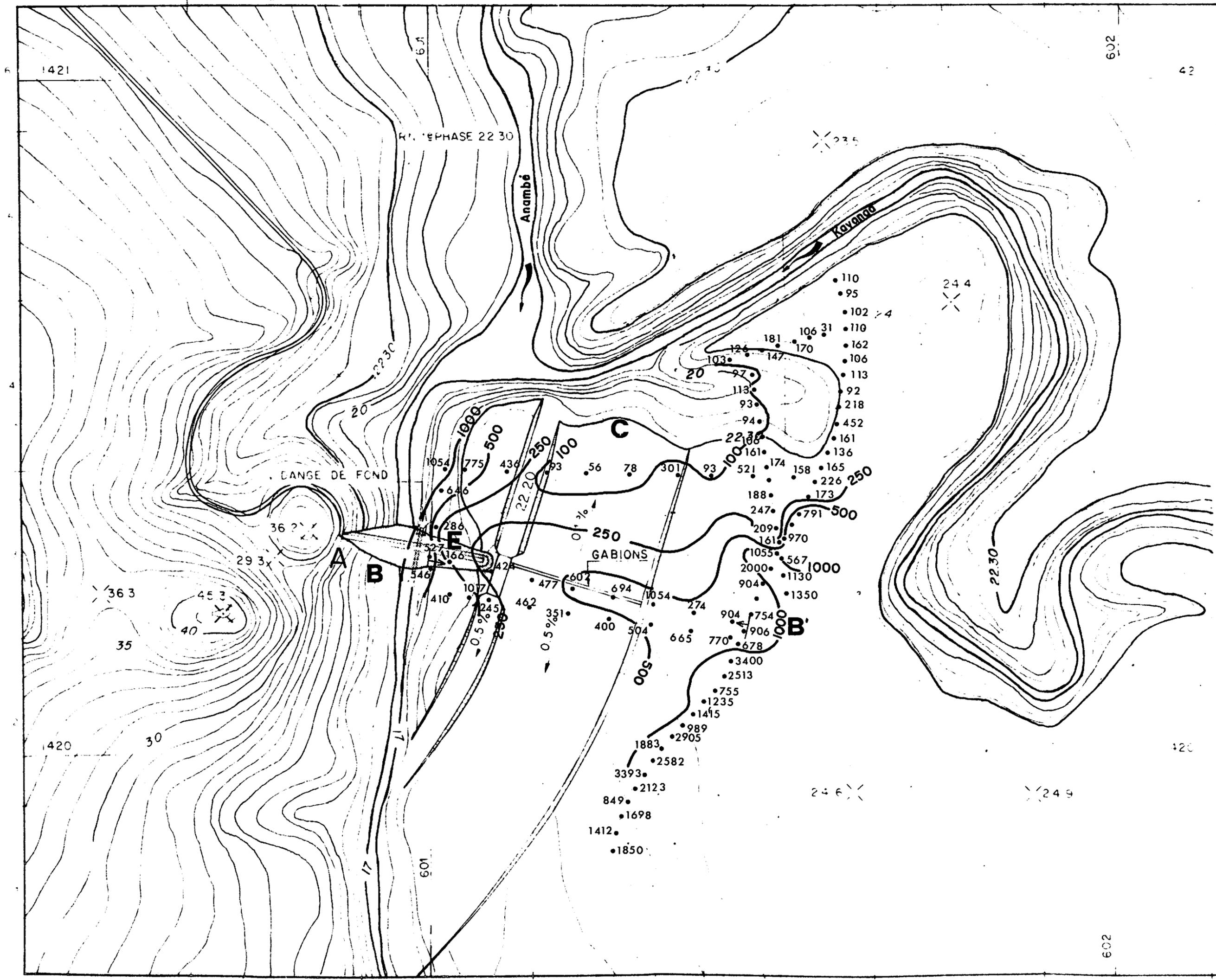
6  
6  
4  
3  
2  
1

REPUBLIQUE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL SODAGRI			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
BARRAGE DU CONFLUENT SITUATION			
 <b>ELECTROWATT</b> <b>INGENIEURS-CONSEILS S.A.</b> <b>ZURICH - DAKAR</b>			DES <b>Moussa</b> CONT VCA
ECHELLE 1 5000	DATE NOV. 79	NUMERO DU PLAN 6158 - 211399	ANNEXE 9 - 15



Barrage du Confluent  
Carte de résistivité  
PI II AB = 36 m.

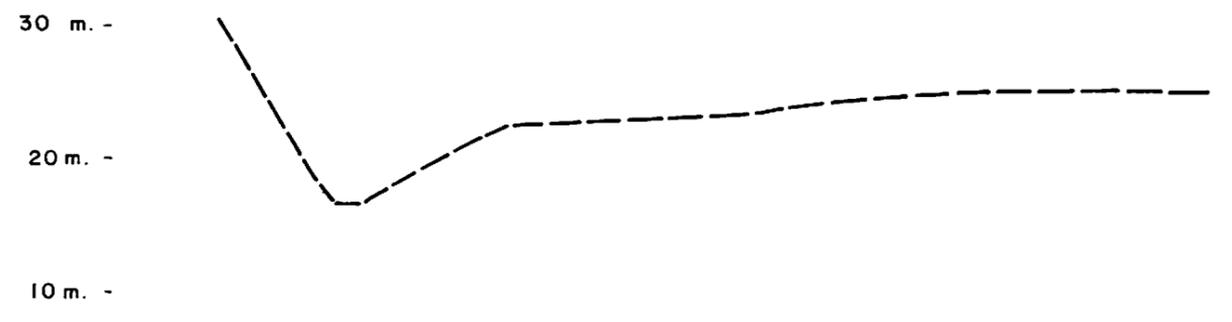
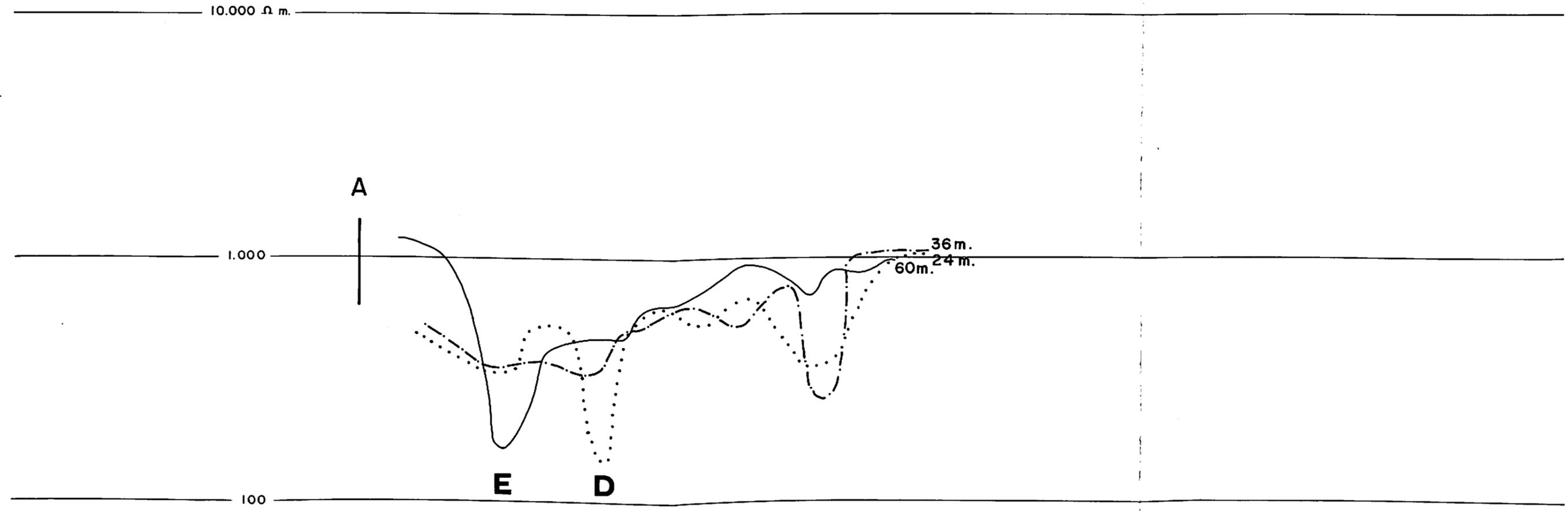
REPUBLIQUE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL SODAGRI			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
BARRAGE DU CONFLUENT SITUATION			
		ELECTROWATT INGENIEURS-CONSEILS S.A. ZURICH - DAKAR	
ECHELLE		DATE	NUMERO DU PLAN
1/5000	NOV. 79	6158 - 211399	ANNEXE 9 - 15

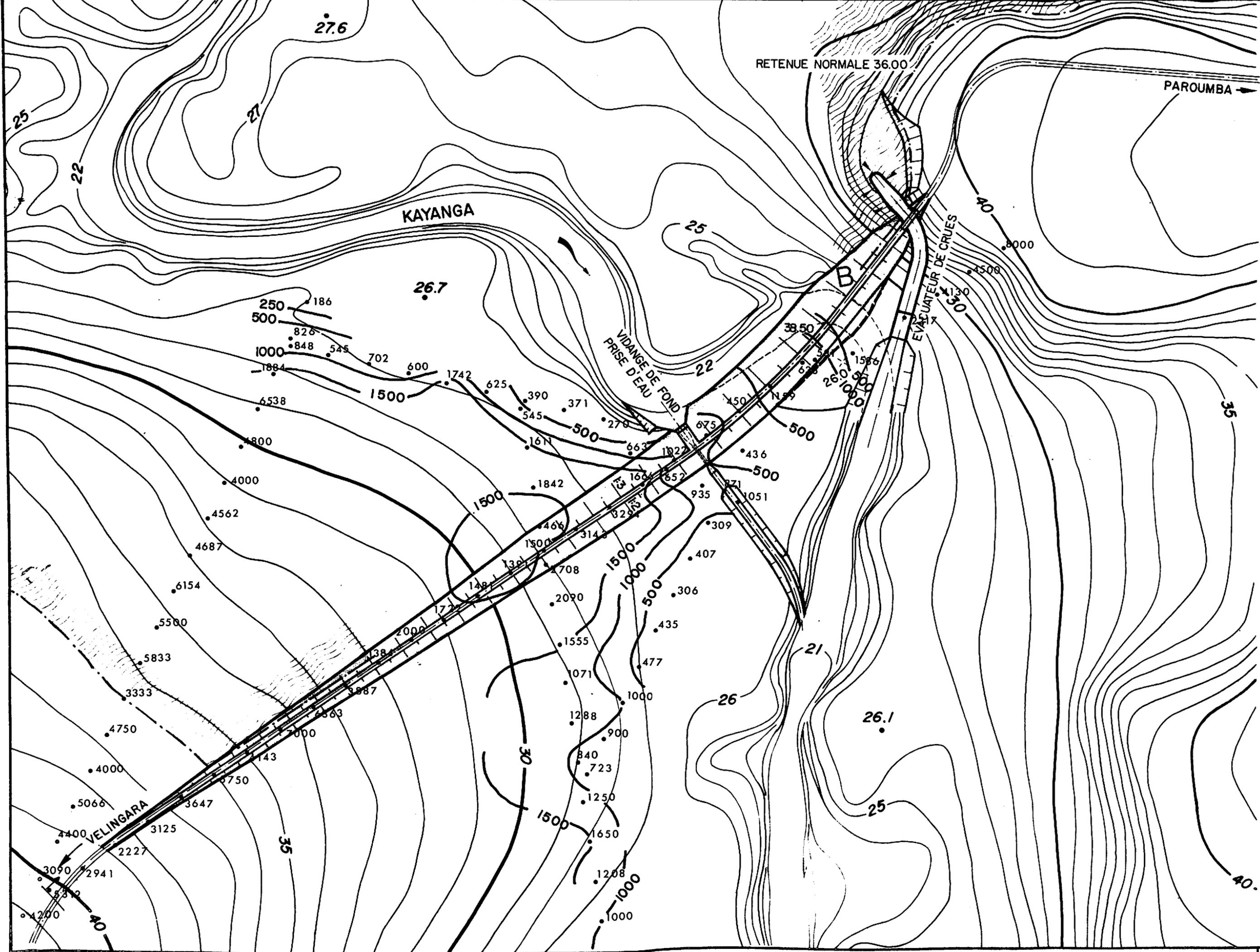


Barrage du Confluent  
Carte de résistivité  
PI III AB = 60 m.

REPUBLIQUE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL SODAGRI			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
BARRAGE DU CONFLUENT SITUATION AB = 60 m.			
 ELECTROWATT INGENIEURS-CONSEILS S.A. ZURICH - DAKAR			DESS <b>Moussa</b> CONT VISA
ECHELLE	DATE	NUMERO DU PLAN	
1/5000	NOV. 79	6158 - 211399	9 - 15

Barrage du Confluent  
Profil de résistivité  
PI IV Ech. 1: 5.000





Barrage de Niandouba

Carte de résistivité

PI V

AB = 24 m.

25

REPUBLIQUE DU SENEGAL  
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL  
SODAGRI

AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE

BARRAGE DE NIANDOUBA  
SITUATION DES OUVRAGES



ELECTROWATT  
INGENIEURS-CONSEILS S.A.  
ZURICH - DAKAR

DESS MC

CONT

VSA

ECHELLE

DATE

NUMERO DU PLAN

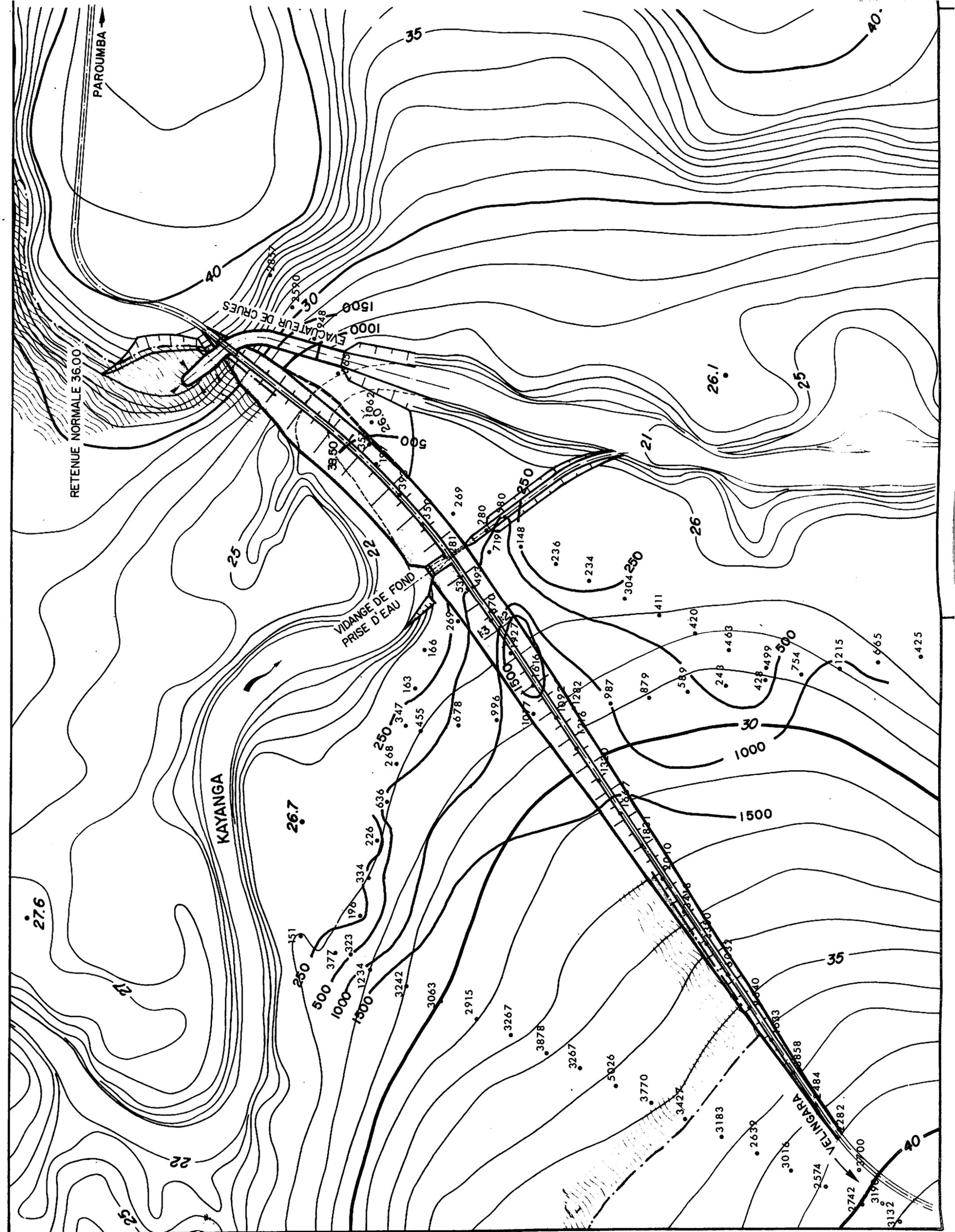
ANNEXE

1:5000

22.9.79

6 1 5 8 - 2 0 7 1 3 5

9 - 8



Barrage de Niandouba  
 Carte de résistivité  
 PI VI AB = 36 m.

25

3132

REPUBLIQUE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL SODAGRI			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
BARRAGE DE NIANDOUBA SITUATION DES OUVRAGES			
	ELECTROWATT INGENIEURS-CONSEILS S.A. ZURICH - DAKAR		DESG MC CONT VSA <i>[Signature]</i>
	ECHELLE 1:5000	DATE 22.9.79	NUMERO DU PLAN 6158-207135



Barrage de Niandouba  
 Carte de résistivité  
 PI VII AB = 60m.

25

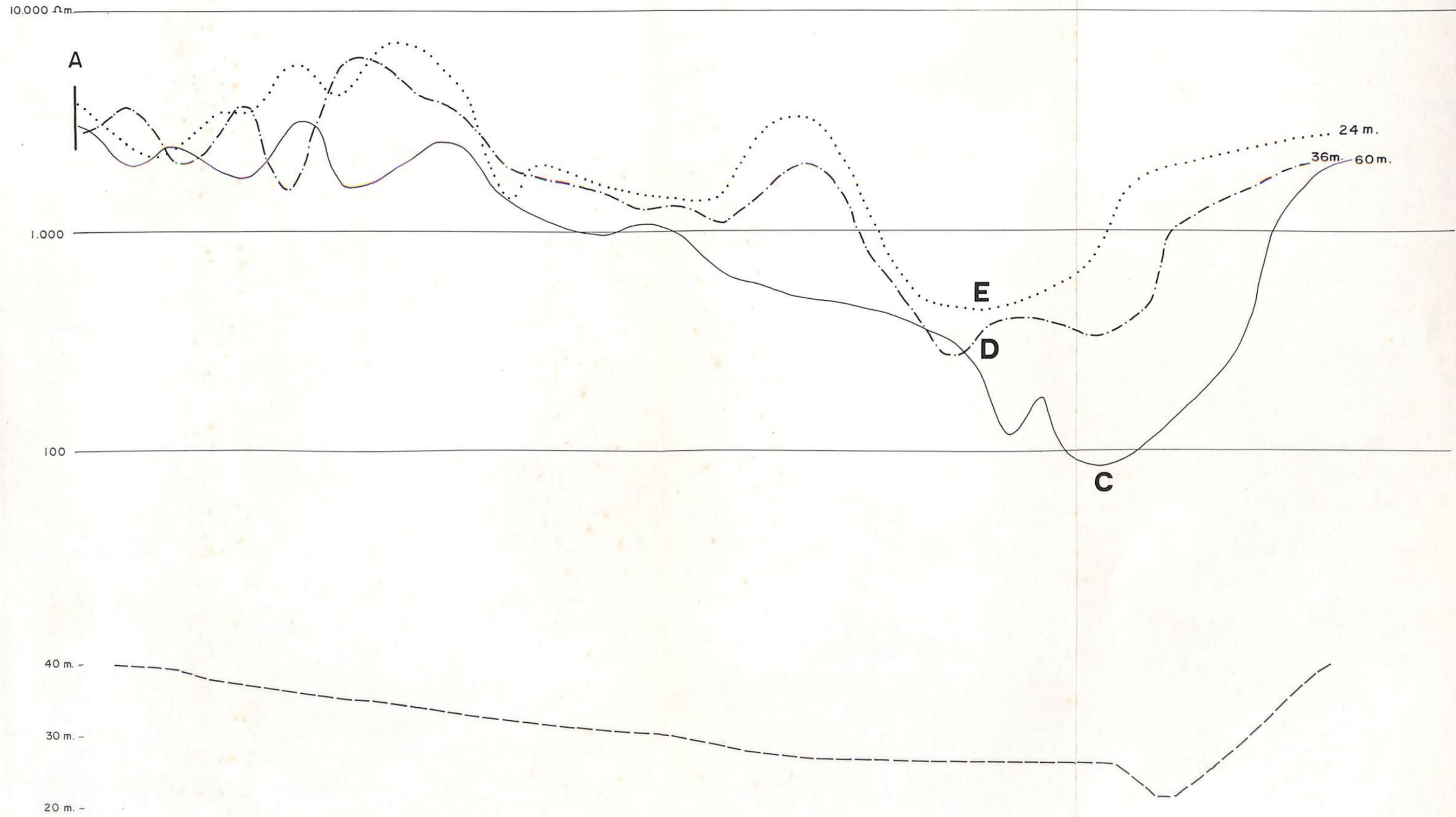
2

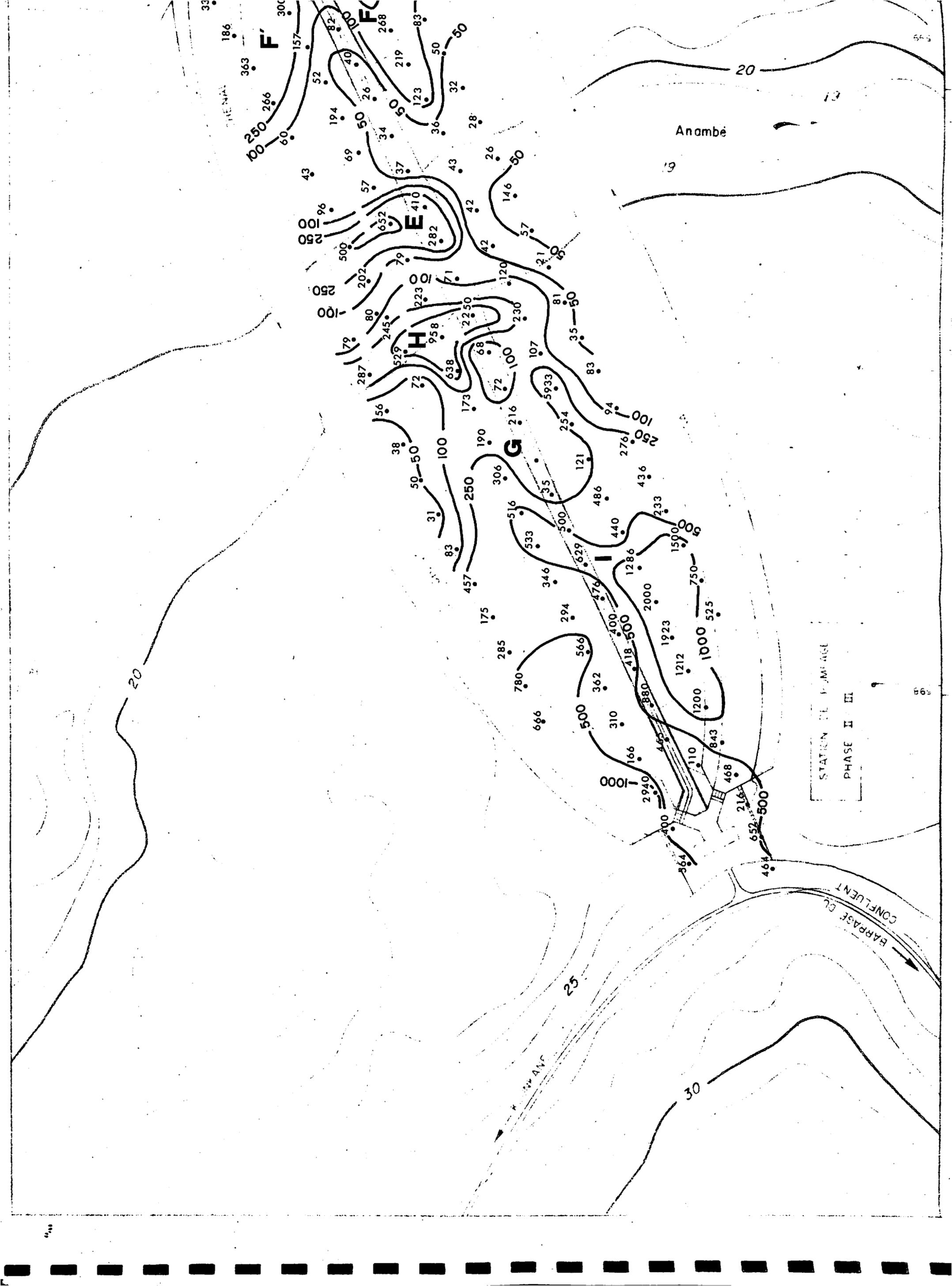
23

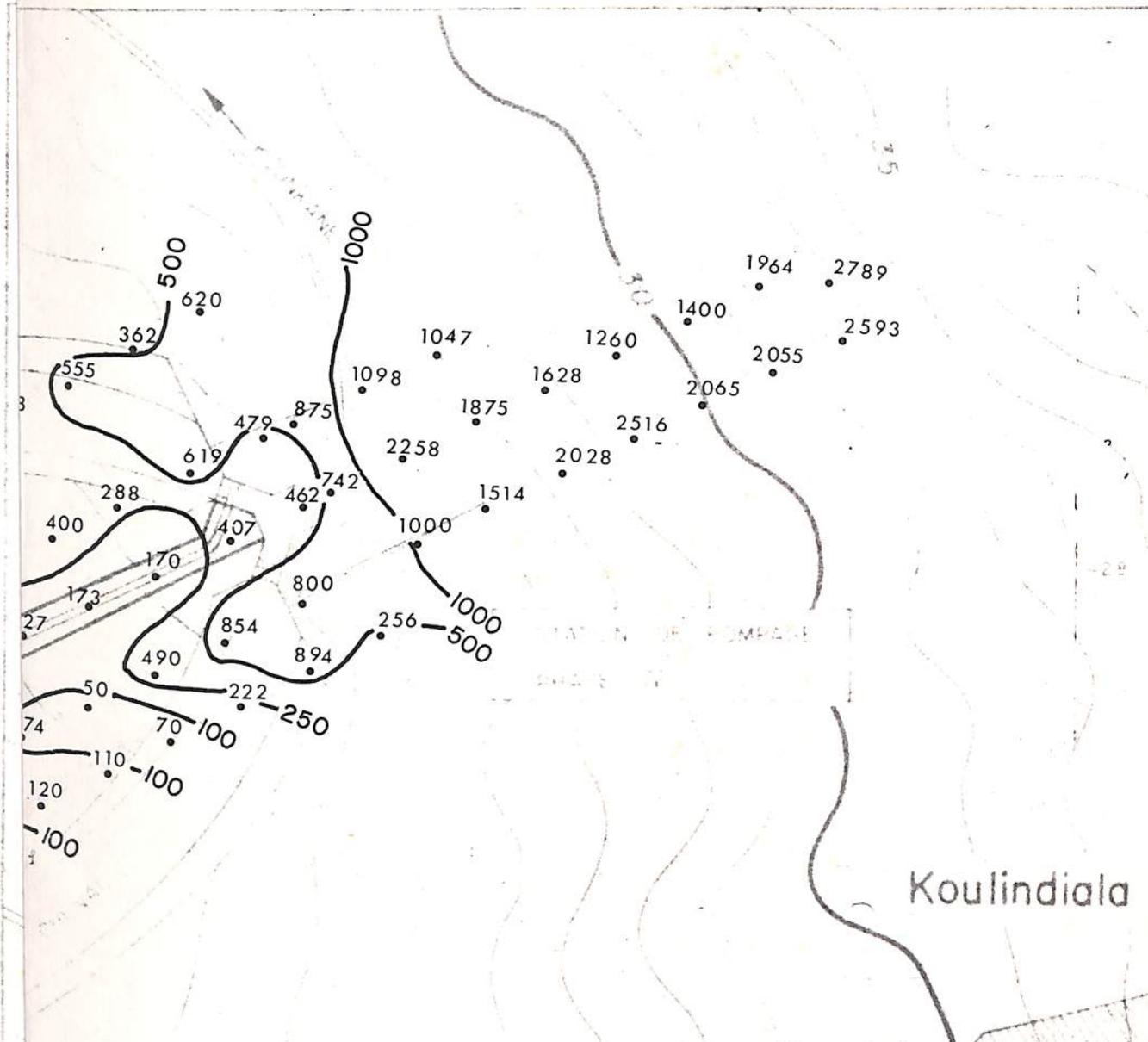
87

REPUBLIQUE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL SODAGRI			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
BARRAGE DE NIANDOUBA SITUATION DES OUVRAGES			
		ELECTROWATT INGENIEURS-CONSEILS S.A. ZURICH - DAKAR	
ECHELLE 1:5000		DATE 22.9.79	
NUMERO DU PLAN 6158 - 207135		ANNEE 9-8	

Barrage de Niandouba  
Profil de résistivité  
PI VIII Ech. 1: 5.000



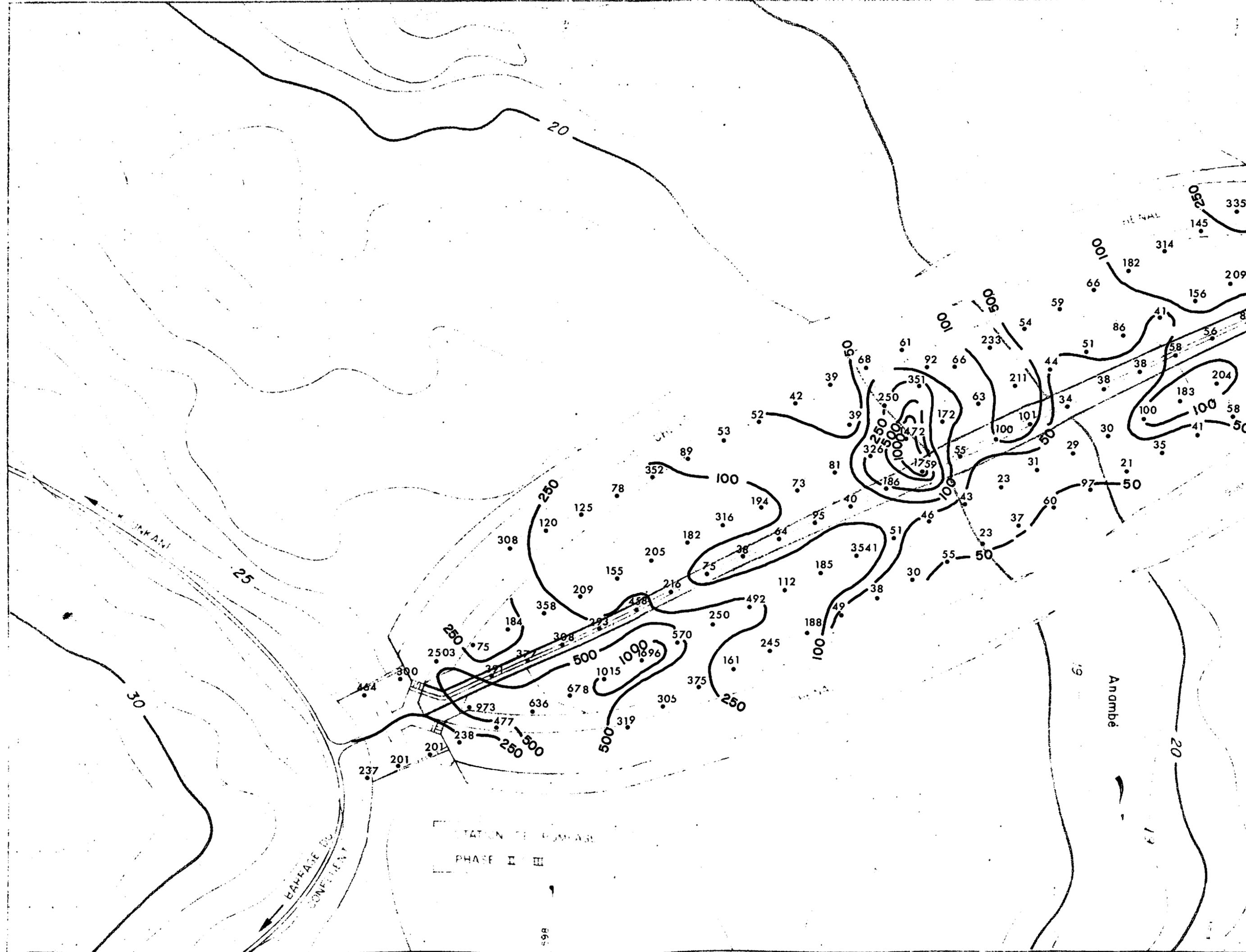




25

**Barrage de Garde**  
**Carte de résistivité**  
**PI IX AB = 24 m.**

AMÉNAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
BARRAGE DE GARDE			
SITUATION			
 <b>ELECTROWATT</b> <b>INGÉNIEURS-CONSEILS S.A.</b> <b>ZÜRICH SUISSE</b>			Moussé
5000	NOV. 79	615-8	211398 9-18

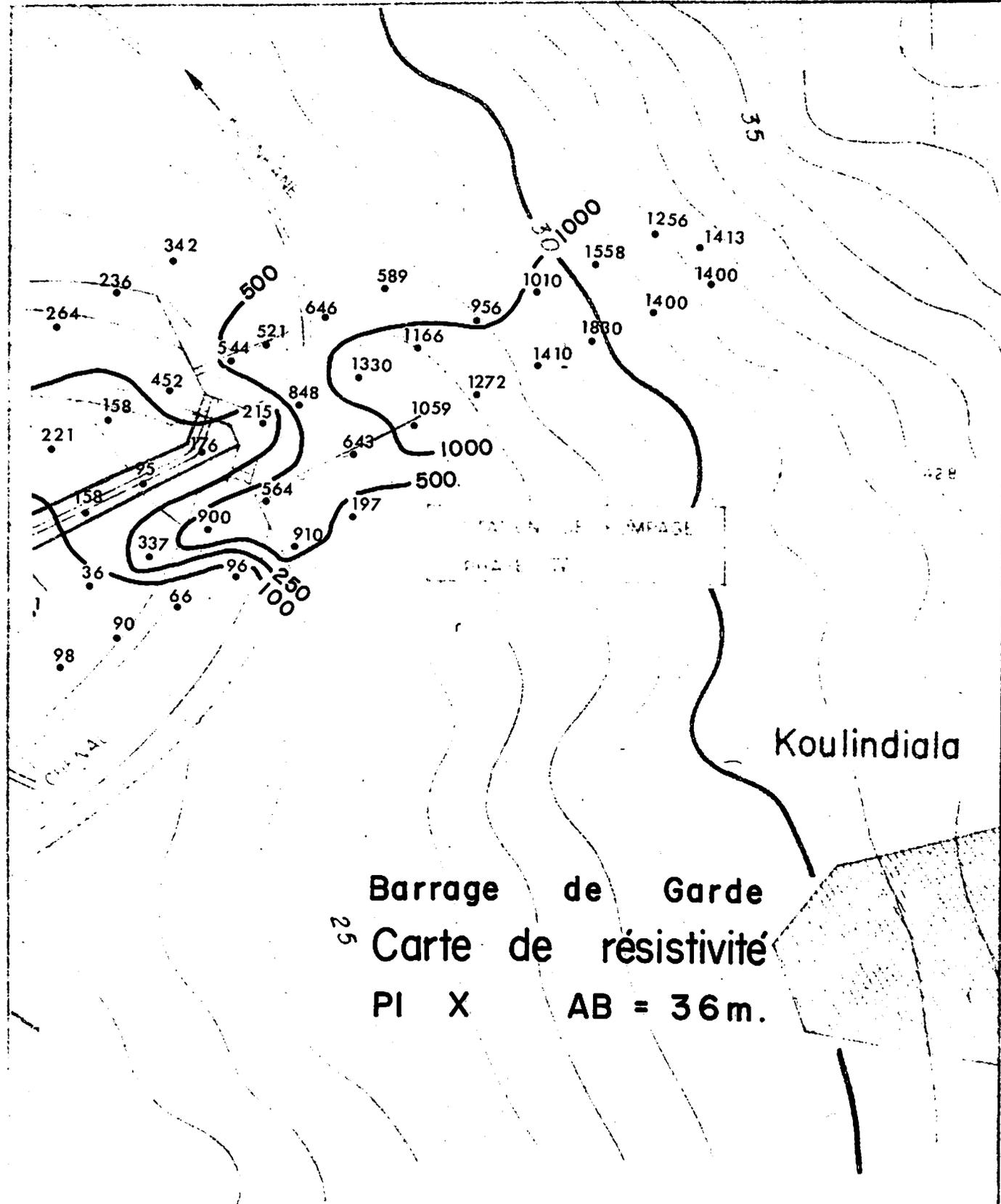


STATION DE POMPAGE  
PHASE II III

Anambé

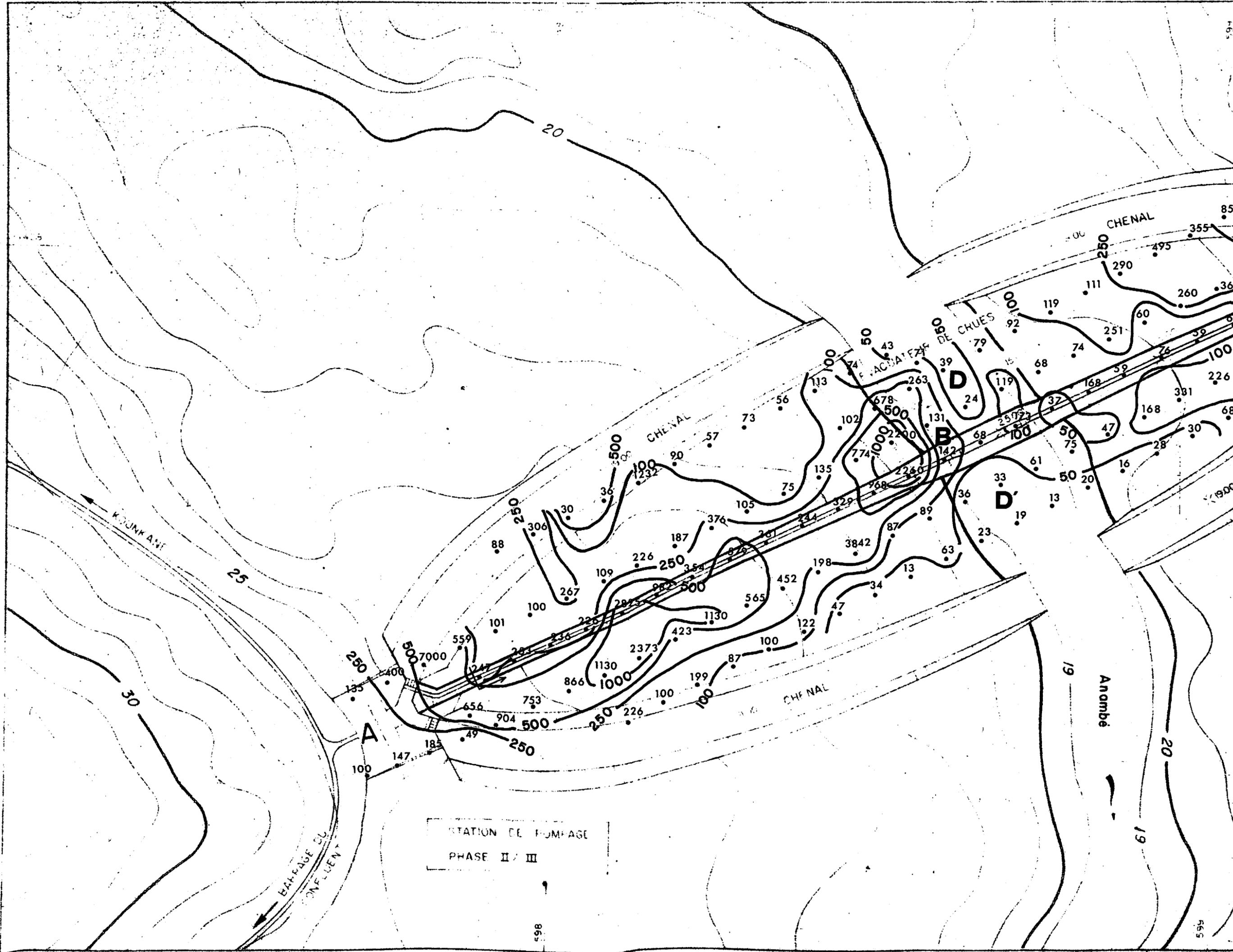
BAFFAIE DU CONFINEMENT

BAFFAIE DU CONFINEMENT



25  
**Barrage de Garde**  
**Carte de résistivité**  
**PI X AB = 36m.**

BARRAGE DE GARDE			
SITUATION			
ELECTROWATT INGENIEURS CONSEILS S A ZURICH			Moussa
NO. 19	F. 19	211398	9-18



STATION DE POMPAGE  
PHASE II / III

KOUKANE

BARRAGE DU  
CONFLUENT

CHENAL

FACILITÉS DE CHUES

Anambé

CHENAL

CHENAL

A

B

D

D'

865

555

465

858

355

495

290

111

260

368

65

100

226

68

30

1900

19

20

19

19

19

19

19

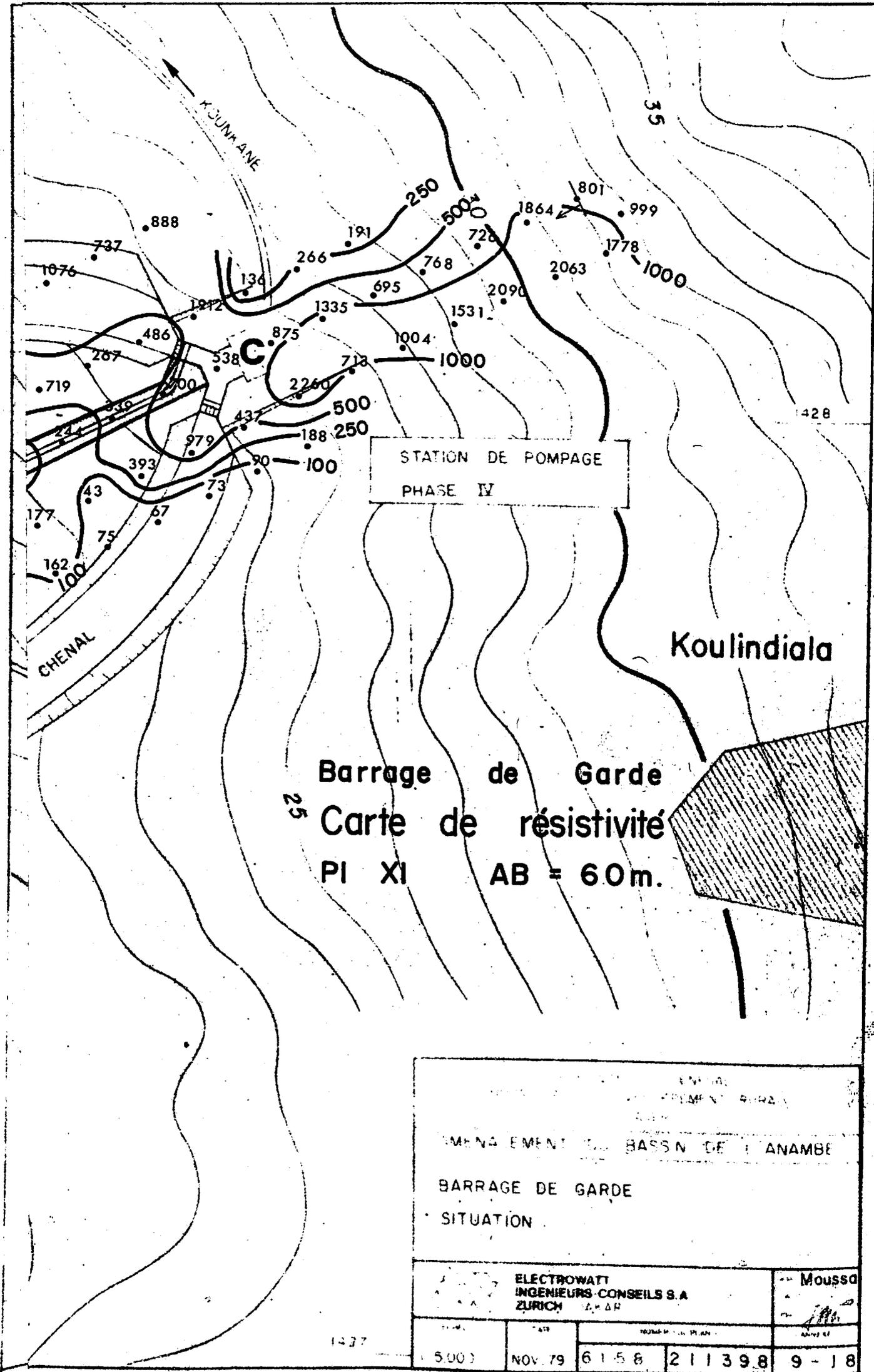
19

19

19

19

19

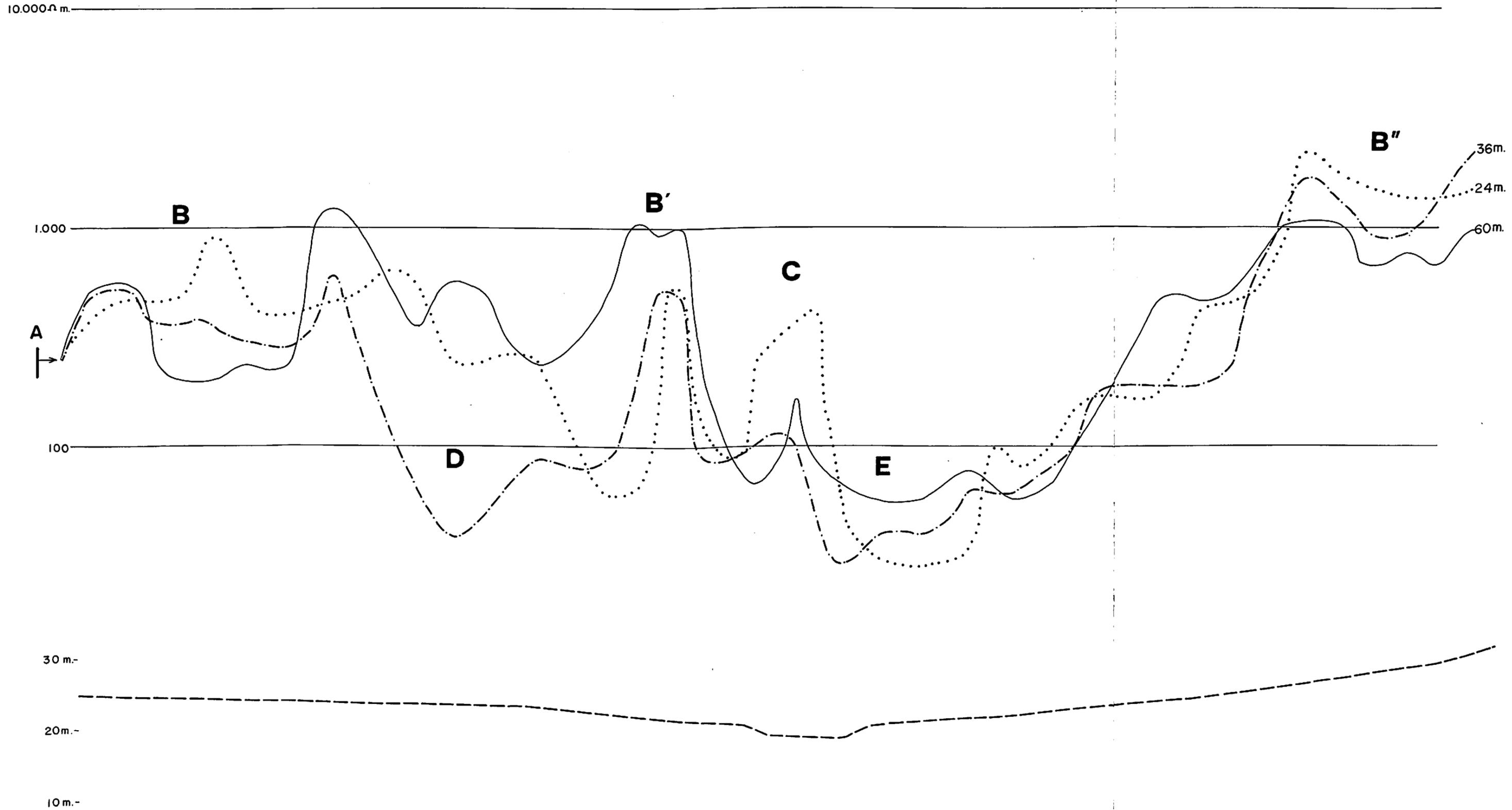


Barrage de Garde  
 Carte de résistivité  
 PI XI AB = 6.0m.

EMBALEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE  
 BARRAGE DE GARDE  
 SITUATION

ELECTROWATT INGENIEURS-CONSEILS S.A. ZÜRICH		Moussa	
5003	NOV. 79	6158	211398
		9-18	

Barrage de Garde  
Profil de résistivité  
PI XII Ech. 1: 5.000



Appendice 2

DESCRIPTION GEOLOGIQUE DES PUIITS

## BARRAGE DU CONFLUENT

---

### Description géologique des puits (Profondeurs en m)

- P1 0,0 - 1,5 Limon et sable fin gris, argileux. Racines jusqu'à 1.2 m. Légèrement cohésif, très peu plastique. Fissures de retrait. Sec.  
 $K \approx 10^{-5}$  cm/sec.
- 1,5 - 1,8 Limon argileux gris, avec sable fin. Légèrement cohésif  
Très peu plastique. Humide  
 $K \approx 10^{-5}$  cm/sec.
- 0,0 - 1,8 Alluvions de crues.
- P2 0,0 - 2,0 Sable beige-clair à nodules rouille finement gréseuses facilement désagrégables. Grain fin à moyen, limoneux, < 5 % argile. Très faible cohésion. Homogène, compact, sec.  
Matériel alluvial certain  
 $K \approx 10^{-4}$  cm/sec.
- P3 0,0 - 1,8 Même matériel que dans P2.
- P4 0,0 - 1,0 Sable beige-clair, comme dans P2.
- 1,0 - 2,0 Limon argileux et finement sableux, compact, sec, dur. Cohésif. Peu plastique.  
 $K \approx 10^{-5}$  cm/sec.
- P5 0,0 - 0.75 Sable beige, limoneux et argileux, légèrement cohésif  
 $K \approx 10^{-4}$  cm/sec.
- 0,75-2.0 Comme 0.0 - 0.75 avec nombreux nodules de latérite complètement altérés.  
CT.

- P6 0.0 - 0,3 Limon finement sableux, beige avec taches rouille (nodules latéritiques compl. altérés), légèrement argileux et cohésif.  
K <  $10^{-5}$  cm/sec.  
CT remanié
- 0,3 - 0.8 Sable limoneux fin à moyen, faiblement argileux, sans cohésion.  
Alluvial (?)
- 0.8 - 1.8 Limon et sable fin argileux, lég. cohésif, lég. plastique. Poreux (fouisseurs, racines)  
K <  $10^{-4}$  cm/sec.  
Sec. Fissures de retrait jusqu'à 1.20 m.
- P7 0.0 - 0.05 Limon sableux et argileux avec matière organique.  
Gris foncé.
- 0.05-0.65 Sable fin limoneux brun-beige, sans cohésion  
K <  $10^{-4}$  cm/sec. Alluvial.
- 0.65-1.15 Comme 0.05 - 0.65, lég. argileux.
- 1.15-2.0 Sable gris et rouille, fin à moyen, lég. argileux, lég. cohésif.  
K  $\approx 10^{-5}$  cm/sec.
- P8 0.0 - 0.3 Sable fin et limon, lég. argileux avec taches rouille.
- 0.3 - 0.7 Sable fin limoneux beige, peu cohésif, très homogène.  
K <  $10^{-5}$  cm/sec. Alluvial.
- 0.7 - 1.8 Sable et limon argileux avec taches rouilles. Dès 1.6 m présence de blocs anguleux de latérite dure, finement gréseuse,  $\emptyset$  10 cm.  
CT.
- P9 0.0 - 0.2 Limon sableux et argileux gris foncé avec mat. organique.
- 0.2 - 1.3 Sable fin limoneux et lég. argileux; faible cohésion, plasticité  $\sim 0$ , homogène.
- 1.3 - 1.8 Comme 0.2 - 1.30, avec nombreux nodules de latérite complètement altérés.  
K <  $10^{-5}$  cm/sec.

- P10 0.0 - 1.8 Sable fin avec limon légèrement argileux. Nodules de latérite altérés augmentent en nombre et en taille avec la profondeur. Sec. Cohésion faible.  
 $K < 10^{-4}$  cm/sec.
- P11 0.0 - 1.8 Limon et sable fin, argileux, beige clair, cohésif, faiblement plastique.  
 $K < 10^{-4}$  cm/sec.
- 1.8 - 3.0 Limon argileux beige clair, cohésif, lég. plastique. Collant. Susceptible de tasser !
- P12 0.0 - 0.15 Colluvion. Sable fin à grossier, graveleux, limoneux et argileux. Gris et rouge.
- 0.15-0.6 Gravier sableux et limoneux, argileux, avec blocs  $\emptyset$  jusqu'à 50 cm. Eléments anguleux. Matrice : limon sableux et argileux rouge. Peu perméable.
- 0.6 - 2.0 Limon argileux rouge (latérite), sableux, localement graveleux (nodules). Cohésif, plastique. Homogène.
- P12a Profil identique à P12 :
- 0.0 - 0.2 Colluvion
- 0.2 - 0.7 idem P12 (0.15 - 0.6)
- 0.7 - 2.0 idem P12 (0.6 - 2.0).
- P13 0.0 - 0.4 Sable fin, limoneux et légèrement argileux avec quelques blocs anguleux de latérite à texture rocheuse et gravillon latéritique sec, cohésion nulle à faible  
 $K < 10^{-3}$  cm/sec.  
Alluvial.
- 0.4 - 0.8 Eboulis latéritique.  
Gravier fin à grossier, anguleux, avec blocs jusqu'à  $\emptyset$  25 cm, mélangé à alluvions fines comme 0.0 - 0.4.
- 0.8 - 1.15 Limon et sable fin, argileux, peu plastique, gris avec nombreuses taches rouille (nodules de latérite). Légèrement cohésif. Homogène.  
 $K < 10^{-4}$  cm/sec.  
Racines jusqu'à - 0.8 m.

- P14 0.0 - 0.05 Limon sableux et argileux gris foncé avec matière organique.
- 0.05 - 0.95 Limon sableux et argileux à nodules de latérite rouille  
Légèrement cohésif.  
 $K < 10^{-5}$  cm/sec.
- 0.95 - 2.0 Limon argileux beige avec sable fin, très homogène.  
Légèrement cohésif et plastique.  
 $K < 10^{-5}$  cm/sec.
- P15 0.0 - 0.05 Limon sableux et argileux gris foncé avec matière organique.
- 0.05 - 0.7 Limon avec sable fin, argileux, gris-brun, avec nodules de latérite complètement altérés. Cohésif, légèrement plastique.  
 $K < 10^{-5}$  cm/sec.
- 0.7 - 2.0 Limon argileux, avec sable fin, gris, cohésif, légèrement plastique. Très homogène.
- 0.0 - 2.0 m Alluvions de crues.
- P16 0.0 - 0.1 Limon sableux et argileux gris-foncé avec matière organique.
- 0.1 - 2.0 Limon gris et sable fin légèrement argileux, légèrement cohésif, très légèrement plastique. Très homogène.  
 $K < 10^{-5}$  cm/sec.
- P17 0.0 - 0.1 Limon sableux gris foncé avec matière organique.
- 0.1 - 1.9 Sable fin limoneux et argileux. Lég. cohésif, peu plastique, avec nodules lat. altérés augmentant en nombre avec la profondeur.  
CT.
- P18 0.0 - 0.1 Limon sableux gris foncé avec mat. organique.
- 0.1 - 2.0 Sable fin limoneux et lég. argileux beige-clair avec quelques nodules de latérite.  
CT remanié (?).

- P19 0.0 - 0.1 Sable limoneux et argileux gris-brun avec matière organique.
- 0.1 - 1.35 Sable beige-rose à grain fin avec limon et très peu d'argile. Cohésion faible à nulle. Plasticité 0.  
 $K < 10^{-5}$  cm/sec.
- 1.35 - 2.0 Sable limoneux et argileux gris à nombreux nodules de latérite. Légèrement cohésif, peu plastique.  
 $K < 10^{-5}$  cm/sec.
- P20 0.0 - 0.2 Limon sableux et argileux gris foncé avec matière organique.
- 0.2 - 0.9 Limon et sable fin, argileux, gris, lég. cohésif, peu plastique.
- 0.9 - 1.55 Comme 0.2 - 0.9 avec nombreux nodules de latérite complètement altérés.
- 1.55 - 2.0 Sable fin jaune et gris, limoneux, très légèrement argileux. Cohésion faible.  
 $K (0.0 - 2.0\text{ m}) \approx 10^{-4}$  cm/sec.
- P21 0.0 - 0.1 Limon argileux et sableux avec matière organique.
- 0.1 - 1.0 Sable limoneux et lég. argileux, jaune-beige, avec quelques nodules latéritiques. Cohésion nulle.  
 $K < 10^{-4}$  cm/sec.
- 1.0 - 2.0 Sable limoneux et argileux gris avec nombreux nodules de latérite.  
Homogène, lég. cohésif.  
 $K < 10^{-4}$  cm/sec.
- P22 0.0 - 0.07 Limon argileux avec mat. organique.
- 0.07 - 2.0 Sable fin, limoneux et argileux, lég. cohésif, très peu plastique. Gris et jaune (nodules latéritiques).

- P23 0.0 - 0.07 Limon argileux gris, avec mat. organique.
- 0.07 - 0.8 Sable fin, jaune-brun, limoneux, faiblement argileux.  
Cohésion nulle.  
 $K < 10^{-3}$  cm/sec. Alluvial.
- 0.8 - 2.0 Sable limoneux gris et rouille, lég. argileux, à  
nodules de latérite.  
 $K < 10^{-4}$  cm/sec.
- P24 0.0 - 3.10 Sable beige-clair à blanc, très homogène.  
Grain fin à moyen avec un peu de limon. Humide,  
cohésion nulle.  
 $K \approx 10^{-5}$  cm/sec.  
N.E. - 3.62 m.

## BARRAGE DE NIANDOUBA

---

### Description géologique des puits (profondeurs en m)

(Situation des puits, voir annexe D - 1)

#### a) Puits situés dans la zone d'emprunt, rive droite

<u>PD1</u>	0 - 0.6 m	limon gris
	0.6 - 1.2 m	limon argileux gris, $K = 10^{-4}$ cm/sec (0 - 1 m prof.)
	1.2 - 2.1 m	argile limoneuse bariolée grise, jaune et rouge
	2.1 - 3.2 m	matrice argileuse assez pure contenant des cailloux latéritiques, couleur ocre
	3.2 - 4.0 m	limon argileux ou argile limoneuse bariolée gris et ocre
	4.0 - 6.0 m	argile sableuse bariolée ocre et grise avec quelques cailloux de latérite.
<u>PD2</u>	0.0 - 0.8 m	terre limonø- argileuse rouge, avec 1 à 2 cailloux de quartz argileux (apport externe ?) $K = 10^{-3}$ cm/sec (0 - 1 m prof.)
	0.8 - 1.6 m	argile sableuse bariolée rouge et blanche
	1.6 - 2.4 m	argile sableuse bariolée blanche et rouge passant graduellement à
	2.4 - 3.8 m	sable argileux bariolé blanc et ocre
	Niv. stat. - 3.5 m	

PD3 0.0 - 0.9 m argile sableuse rouge brique  
K =  $10^{-3}$  cm/sec.  
0.9 - 2.6 m sable argileux rouge passant graduellement à  
2.6 - 3.2 m argile bariolée, dure et compacte, rouge et grise,  
avec quelques cailloux de latérite à la base  
Niveau statique : - 3.5 m

PD8 Niveau statique : 6.3 m (18.6.1979)  
0.0 - 3.0 m limons argileux et lég. sableux, beige clair à  
gris beige avec éléments ocres. Légèrement  
cimentés. Macroporosité. Passant à  
3.0 - 6.5 m Limons argileux, très légèrement sableux, beiges,  
jaunes, plus hétérogènes, avec taches d'oxydes  
de fer et par place imprégnations noires.  
6.5 - 7.5 m limons sableux et argileux, gris, plus homogènes.

PD9 0.0 - 3.0 m sable fin limoneux et argileux avec grains de  
quartz et grains de latérite brun rouille et ocres.  
Couleur beige brun en surface, puis beige rosé.  
K  $\approx 2 \cdot 10^{-3}$  cm/sec.  
3.0 - 5.0 m limons argileux et sableux, à grains ocres, de cou-  
leur grise et ocre puis sable limoneux et légèrement  
argileux gris à beige clair, avec grains bruns et  
violacés.

PD10 0.0 - 4.0 m sable limoneux et argileux beige-brun légèrement  
consolidé. Macroporosité. Puis sables fins à gros-  
siers, limoneux, beige clair, à grains ocres bruns  
et rosés.  
K  $\approx 10^{-3}$  cm/sec (0 - 1 m prof.)  
4.0 - 6.0 m Sables limoneux ou limons sableux, légèrement argi-  
leux, gris beige, à grains ocres et jaunes plus  
homogènes.

Remarque : Ces matériaux sont plus homogènes que ceux de PD9,  
avec peu ou pas d'éléments de latérite.

- PD11 0.0 - 4.0 m Sable et gravier latéritique, dur, beige à brun foncé, avec entre 1 et 3 m, latérite plus friable à grains bruns, ocres, rouges et parfois gris (argileux). Très hétérogène de composition. Macroporosité.
- PD15 0.0 - 4.0 m Latérite dure, graveleuse et sableuse beige-brun en surface, puis rouge-brun. Riche en quartz. Macroporosité. Plus tendre et argileuse dès 3 m.  $K = 10^{-3}$  cm/sec.
- PD16 0.0 - 1.0 m Limons sableux et argileux brun-beige à rosé, lég. cimenté, homogène. Macroporosité.  $K = 10^{-3}$  cm/sec.
- 1.0 - 2.0 m Sable limoneux et légèrement argileux beige à grains ocres, plus hétérogènes. Macroporosité.
- 2.0 - 4.0 m Sable limoneux et peu argileux, gris clair, à grains de latérite tendres, puis limons argileux et légèrement sableux plus homogènes, gris clair. Macroporosité.  $K = 10^{-3}$  cm/sec.
- PD17 0.0 - 1.5 m Latérite graveleuse et sableuse, dure, de couleur beige à grains rouge-brun très foncés, siliceux.  $K = 10^{-3}$  cm/sec.
- 1.5 - 4.0 m Latérite beige-brun + dure, hétérogène, à grains gris, ocres; rouges ± argileux.
- PD18 0.0 - 0.5 m Sable limoneux et argileux beige avec quelques grains de latérite. Macroporosité. Légèrement cimenté.  $K = 10^{-3}$  cm/sec.
- 0.5 - 4.0 m Latérite dure, riche en quartz, avec intercalations de latérite plus altérée et tendre. Composition hétérogène. Grains à pâte grise argileuse dès 3 m.  $K = 10^{-4}$  cm/sec (3.5 - 3.8 m prof.)

b) Puits situés dans zone d'emprunt, rive gauche

<u>TR1</u>	0.0 - 2.6 m	argile limoneuse légèrement sableuse, grise-ocre à taches couleur rouille, spécialement à l'endroit des racines, qui descendent jusqu'à 2.5 m $K = 10^{-3}$ cm/sec (0 - 0.5 m prof.)
	2.6 - 2.7 m	sable très fin, gris-beige
	2.7 - 3.7 m	sable limoneux gris clair-beige
	3.7 - 4.7 m	limon peu argileux gris clair
<u>PG1</u>	0.0 - 1.4 m	terre sableuse, limoneuse, beige foncé $K = 10^{-4}$ cm/sec (0 - 1.1 m prof.)
	1.4 - 4.3 m	sable très fin ou limon, beige clair
<u>PG2</u>	0.0 - 0.6 m	limon argileux gris $K = 10^{-3}$ cm/sec
	0.6 - 3.0 m	cuirasse latéritique
<u>PP1</u>	0.0 - 0.5 m	Sable fin à moyen limoneux et argileux beige-brun, avec quelques grains de quartz.
	0.5 - 3.0 m	Sable + fin, + limoneux et argileux. Hétérogène à grains jaunes, bruns, ocres, gris, + sableux, et grains de latérite. Assez cimenté. Macroporosité.
	3.0 - 6.0 m	Limons sableux et argileux de couleur jaune à ocre, pâte grise, cimenté, macroporosité. Passées de grains de latérite.
<u>PP2</u>	0.0 - 1.5 m	Limons argileux et lég. sableux, bariolés, beige rosé, légèrement cimentés. Macroporosité. Quelques grains d'oxydes de fer.

- 1.5 - 3.5 m      Limons sableux et argileux, à gros grains d'oxydes de fer, bien cimentés. Composition hétérogène de grains + sableux ou argileux gris, beiges, jaunes, ocres ou rouges. Imprégnations noires. Macroporosité.
- 3.5 - 6.0 m      Sables fins limoneux beige clair à gris beige, plus homogènes.
- PP3 0.0 - 0.85 m      Latérite dure de composition hétérogène, siliceuse, brun foncé à rouge. Macroporosité.
- PP4 0.0 - 1.5 m      Limons argileux et lég. sableux de couleur beige rosé puis bariolés. Peu ou pas cimentés. Macroporosité. Passant à :
- 1.5 - 6.0 m      Sables limoneux et légèrement argileux plus hétérogènes, à passées de grains latéritiques durs, contenant des grains à pâte grise, beige, jaune ocre, légèrement cimenté. Macroporosité.
- PP5 0.0 - 1.0 m      Terre végétale sableuse et argileuse, gris beige assez foncée.
- 1.0 - 4.0 m      Limons argileux puis sables limoneux et assez argileux beige bruns, assez homogènes, à grains bruns et ocres, devenant plus clairs en profondeur.
- PP6 0.0 - 0.5 m      Sables limoneux ou limons sableux, légèrement argileux, avec matière organique, beige-rosé. Macroporosité.
- 0.5 - 4.0 m      Sables limoneux et légèrement argileux, hétérogènes à grains gris-beige, ocres, à passées de grains latéritiques. Imprégnations noires. Légèrement cimentés. Macroporosité.

<u>PP7</u>	0.0 - 1.5 m	Limons sableux (ou sables fins limoneux) et argileux, gris beige, à taches roses. Assez homogènes, légèrement cimentés. Macroporosité. $K = 10^{-3}$ cm/sec.
	1.5 - 3.0 m	Sables fins à moyens limoneux et argileux plus hétérogènes, avec grains de latérite.
	3.0 - 4.0 m	Sables fins argileux beiges et ocres.
<u>PP8</u>	0.0 - 0.5 m	Sables limoneux et légèrement argileux beiges légèrement cimentés avec quelques grains rouges de latérite. Macroporosité.
	0.5 - 2.0 m	Sables limoneux et légèrement argileux beiges-rosé à rosés. $K = 10^{-3}$ cm/sec.
	2.0 - 4.0 m	Sables fins limoneux, beige-brun à ocre avec grains de latérite + durs. Imprégnations noires et pâte argileuse grise à 4 m.

c) Puits situés sur variante avale (profil c)

- PGC11 0.0 - 3.5 m Latérite dure, composée de blocs, de graviers et de sables, brun foncé. Macroporosité.
- 3.5 - 6.0 m Sable + limoneux et argileux beige-brun puis jaune beige, hétérogène, composé de grains ocres, gris, rosés et bruns (latérites). Légèrement cimenté, macroporosité.
- PGC10 0.0 - 2.0 m Gravier latéritique très dur et sable, brun  
 $K = 10^{-3}$  cm/sec (0 - 1 m prof.)
- 2.0 - 6.0 m Sable limoneux et très argileux, à grains beiges ocres, bruns, parfois gris très clair. Hétérogène, avec passées de grains tendres de latérite.  
Macroporosité, lég. cimenté.  
 $K = 10^{-4}$  cm/sec (2 - 3 m prof.)
- PGC9 0.0 - 3.0 m Sable assez limoneux et lég. argileux beige clair à jaune, à grains de latérites + friables bruns et ocres. Macroporosité. Légèrement cimenté  
 $K = 10^{-3}$  cm/sec.
- 3.0 - 5.0 m Sable limoneux gris beige, hétérogène, brun + foncé, contenant des grains de latérite et des grains à pâte argileuse grise et ocre (sableux)  
 $K = 10^{-4}$  cm/sec (4 - 4.5 m prof.)
- 5.0 - 6.0 m Sable argileux et limoneux gris plus homogène. Macroporosité. Taches d'oxydes de fer.
- PGC8 0.0 - 3.5 m Limons sableux ou sables limoneux lég. argileux, rosés, à grains de latérite, bien cimentés, + homogènes, avec imprégnations bruns-jaunes d'oxyde de fer. Macroporosité; passant à
- 3.5 - 5.6 m Limons sableux à pâte dominante gris-claire, avec taches ocres, plus homogènes.  
 $K = 10^{-4}$  cm/sec.

<u>PGC7</u>	0.0 - 1.0 m	Sables limoneux et argileux, lég. cimentés à grains beige, bruns, ocres, rosés. Macroporosité. $K = 10^{-3}$ cm/sec.
	1.0 - 6.0 m	Limons argileux et sableux beige-rosé, puis beiges, assez homogènes passant dès 3.5 m à des sables limoneux à grains ocres, gris, bruns par endroit, imprégnations rouges, Macroporosité. $K = 10^{-3}$ (2 - 3 m prof.) à $10^{-4}$ cm/sec (4 - 4.6 m prof.)
	6.0 - 8.0 m	Limons argileux et lég. sableux gris clair à petits grains ocres, homogènes. Macroporosité. $K = 10^{-5}$ cm/sec (6 - 7 m prof.).
<u>PDC1</u>	0.0 - 3.0 m	Sable limoneux et lég. argileux beige, contenant des grains de couleur ocre, grise, ou brique. Macroporosité. Passées de grains latéritiques durs à 2.5 m.
	3.0 - 6.0 m	Sable limoneux et légèrement argileux plus fin, bariolé, plus homogène beige. $K = 10^{-4}$ cm/sec.
<u>PDC2</u>	0.0 - 1.0 m	Sable fin à moyen légèrement limoneux ou argileux, beige-brun, à grains rosés, légèrement organique. $K = 10^{-4}$ cm/sec.
	1.0 - 3.0 m	Sable moyen à grossier, limoneux, bariolé, ocre, gris, brun, brique avec grains de latérite, légèrement cimenté, Macroporosité. $K = 10^{-3}$ cm/sec.
	3.0 - 4.5 m	Sable limoneux et argileux, beige ocre, puis beige-brun. Grains ocres et bruns tendres. $K = 10^{-5}$ cm/sec.
	4.5 - 6.0 m	Sable fin à moyen plus clair, jaune-beige et gris, plus homogène légèrement limoneux et argileux.

<u>PDC3</u>	0.0 - 0.5 m	Limons sableux et argileux gris. Macroporosité, légèrement organiques $K = 10^{-3}$ cm/sec.
	0.5 - 2.0 m	Sable limoneux et légèrement argileux, beige-rosé, plus hétérogène, légèrement cimenté.
	2.0 - 4.5 m	Sable limoneux ocre à pâte grise, légèrement cimenté. Grains de couleur brique et brune. Passées de grains latéritiques durs. Macroporosité. $K = 10^{-3}$ cm/sec.
	4.5 - 6.0 m	Sable limoneux et argileux beige foncé à ocre, à pâte argileuse grise. Grains de latérite .
<u>PDC4</u>	0.0 - 1.5 m	Sable beige-brun à beige jaune, argileux, lég. cimenté, contenant des grains de latérite. Macroporosité. $K = 10^{-3}$ cm/sec.
	1.5 - 6.0 m	Sable limoneux et légèrement argileux beige clair à beige rosé, et grains de latérite + durs à ocre. Hétérogène. Macroporosité. Passées graveleuses et sableuses de latérite dure. $K = 10^{-3}$ cm/sec (2 - 2.5 m prof) et $10^{-5}$ cm/sec (6 - 6.2 m prof).
<u>PDC5</u>	0.0 - 0.5 m	Sable limoneux, et légèrement argileux beige-brun. Macroporosité. Assez homogène. $K = 10^{-3}$ cm/sec.
	0.5 - 5.5 m	Graviers et sables latéritiques durs, beiges à brun foncé avec passées de sable limoneux beige, ocre, brun-rouge. Hétérogène. Macroporosité.
	5.5 - 6.0 m	Sable limoneux et argileux, à grains gris, ocres, beiges, bruns (latérite). Hétérogène. $K = 10^{-5}$ cm/sec (6 - 6.25 m prof.)
<u>PDC6</u>	0.0 - 3.5 m	Graviers sableux latéritiques, brun foncé, durs, hétérogènes, avec passées de grains ocres plus tendres. Macroporosité. $K = 10^{-3}$ cm/sec (0 - 0.5 m prof.)
	3.5 - 5.0 m	Sable latéritique + argileux, avec des grains gris, ocres, bruns, rouges. Hétérogènes. Macroporosité.

<u>PEC2</u>	0.0 - 0.5 m	Terre sableuse et argileuse beige-brune, homogène, à taches rosée, matières organiques. Macroporosité.
	0.5 - 2.0 m	Sable limoneux et argileux, bariolé gris-beige-rosé-ocre. Légèrement cimenté, hétérogène, matières organiques. Macroporosité.
	2.0 - 4.0 m	Sables argileux gris beige, à pâte grise et ocre rosé.
<u>PEC3</u>	0.0 - 1.0 m	Limons sableux et argileux gris beiges. Homogènes, très légèrement cimentés. Macroporosité.
	1.0 - 2.0 m	Sables fins à moyens limoneux et légèrement argileux beige-rosé, matière organique, plus hétérogènes.
	2.0 - 4.0 m	Sables fins à moyens beiges avec grains ocres limoneux et légèrement argileux, légèrement cimentés. Macroporosité.

d) Puits situés sur l'axe du barrage (profil D)

<u>PGD11</u>	0.0 - 6.0 m	Latérite dure, graveleuse et sableuse, beige-brune, siliceuse. Avec passées plus sableuses et limoneuses moins latéritiques (2.5 m; 4 m). $K = 10^{-3}$ cm/sec (0 - 0.5 m prof.)
<u>PGD10</u>	0.0 - 3.0 m	Latérite sableuse et graveleuse, dure, brun foncé. Macroporosité. $K = 10^{-3}$ cm/sec (0 - 0.5 m prof.)
	3.0 - 6.0 m	Sable + argileux, contenant des grains + durs gris, ocres, bruns, rosé. Macroporosité.
<u>PG5</u>	0.0 - 6.3 m	Latérite dure, brun très foncé. Riche en grains de quartz blancs ou transparents, corrodés, de 2-3 mm de diamètre. Passées plus argileuses et sableuses en intercalation.
<u>PG6</u>	0.0 - 4.0 m	Latérite dure, brun foncé, riche en grains de quartz. Pâte parfois violacée. Intercalations de niveaux plus tendres à éléments plus argileux rouges, beiges ou ocres.
<u>PGD9</u>	0.0 - 0.5 m	Sables légèrement limoneux beige foncé, avec grains de latérite $K = 10^{-3}$ cm/sec.
	0.5 - 3.0 m	Gravier et sable latéritique brun foncé, dur, hétérogène.
	3.0 - 6.0 m	Sables limoneux et argileux, très hétérogènes contenant des grains gris beige, rosés, ocres, et des grains de latérite. Macroporosité. Légèrement cimentés.
<u>PG7</u>	0.0 - 3.0 m	Graviers et sables latéritiques, durs, violacés, bruns et noirs. $K = 10^{-4}$ cm/sec (0 - 0.7 m prof.)

	3.0 - 5.0 m	Sable + argileux, hétérogène, à grains de couleur beige, gris, rouge ocre. Grains de latérite durs.
	5.0 - 6.0 m	Sables beige clair à ocre, légèrement argileux, avec imprégnations roses, avec des niveaux de sable gris clair à blanc. Niveau statique :-6.2 m (24.6.79).
<u>PG8</u>	0.0 - 3.0 m	Sables argileux et limoneux, avec graviers de latérite bruns foncés à violacés. Hétérogènes $K = 10^{-4}$ cm/sec (0 - 0.6 m prof.)
	3.0 - 4.0 m	Sables limoneux et légèrement argileux beige brun à grains de pâte grise, ocre. Assez homogènes. Niveau statique : - 3.65 m (6.6.79)
<u>PD5</u>	0.0 - 0.5 m	Limons peu argileux et sableux beiges, à taches d'oxydes de fer brunes et roses. $K = 10^{-3}$ cm/sec (0 - 1 m prof.)
	0.5 - 3.0 m	Sables fins à moyen, beiges, limoneux. Macroporosité.
	3.0 - 4.5 m	Sables moyens propres, puis sables plus fins, légèrement limoneux
	4.5 - 6.0 m	Limons + sableux et argileux, gris beige, avec taches limonitiques.
	6.0 - 7.0 m	Sables limoneux et argileux gris-beige puis gris. Niveau statique : -5.85 m (8.6.79).
<u>PD6</u>	0.0 - 1.0 m	Limons argileux, légèrement sableux, gris beige, assez hétérogènes, avec taches d'oxydes de fer. Légèrement cimentés, légèrement organiques $K = 10^{-3}$ cm/sec.
	1.0 - 5.0 m	Sables + limoneux, légèrement argileux, de couleur beige-ocre à rosé avec grains de latérite. Macroporosité. Bonne cohésion. Passant à des sables limoneux beiges à pâte grise.
	5.0 - 6.6 m	Sables fins à moyens, légèrement limoneux, uniformes, gris-beige, parfois ocres. $K = 10^{-4}$ cm/sec (7 - 7.6 m prof.) Niveau statique : -7.1 m (9.6.79)

<u>PD7</u>	0.0 - 1.0 m	Sable moyen à fin, limoneux, légèrement organique, gris beige, avec petits grains de latérite. $K = 10^{-3}$ cm/sec.
	1.0 - 4.5 m	Sable limoneux bariolé rose, beige, gris, passant à des sables limoneux et légèrement argileux gris, beiges, ocre avec grains de latérite.
	4.5 - 7.0 m	Sable limoneux plus grossier, moins cohésif, beige, ocre, gris. Niveau statique : -6.75 m (8.6.79).
<u>PD12</u>	0.0 - 1.5 m	Sable légèrement argileux, brun rouge, peu cimenté, contenant des grains de quartz, assez homogène. $k = 10^{-3}$ cm/sec.
	1.5 - 5.0 m	Sables limoneux et légèrement argileux gris beige, rosés avec grains de latérite. Macroporosité. Passant à des sables plus hétérogènes à gros grains de latérite. $K = 10^{-3}$ cm/sec (3 - 3.9 m prof.)
	5.0 - 6.0 m	Sable fin à moyen, limoneux, à pâte grise et ocre, de couleur brune. Grains de latérite. Macroporosité.
<u>PD13</u>	0.0 - 4.0 m	Gravier et sable latéritiques, beiges en surface, puis brun-rouge foncé. Hétérogène. Latérite + dure, à grains de couleur ocre, rouge, grise, beige. $K = 10^{-3}$ cm/sec (0 - 0.6 m prof.)
<u>PD14</u>	0.0 - 3.0 m	Latérite + dure et sableuse, brun foncé, riche en grains de quartz. Macroporosité. $K = 10^{-3}$ cm/sec (0 - 0.5 m prof.)
<u>PEC1</u>	0.0 - 0.5 m	Sables limoneux et argileux gris-beiges, légèrement rosés, homogènes. Macroporosité.
	0.5 - 2.5 m	Sables fins limoneux et argileux beiges avec grains bruns de latérite, assez hétérogène.
	2.5 - 4.0 m	Sables limoneux et argileux bariolés, gris beiges, à grains tendres bruns et ocres. Passées de grains latéritiques durs.

## BARRAGE DE GARDE

---

### Description géologique des puits (profondeurs en m)

- P1    0,0 - 2,0    Limon et sable fin, argileux, très peu plastique, lég. cohésif, gris. Racines nombreuses (→ porosité !) jusqu'à 1,0 m sec.  
Perméabilité  $\sim < 10^{-4}$  cm/sec. Alluvions de crues
- P2    0,0 - 1,15    Limon et sable fin comme dans P1, sec.  
1,15 - 2,4    Sable limoneux et argileux jaune rouille, lég. cohésif. Poreux (racines + fousseurs,  $\emptyset$  pores jusqu'à 2 mm). Humide.  $K \sim < 10^{-4}$  cm/sec. Fissures de retrait jusqu'à 1,2 m. CT remanié (?)
- P3    0,0 - 0,75    Limon sableux et argileux, sec, dur, avec fissures de retrait jusqu'à 1,3 m, lég. cohésif  
 $K \sim < 10^{-4}$  cm/sec. Alluvions de crues  
0,75 - 1,5    Sable limoneux fin, beige avec taches rouille (nodules de latérite altérés)  
CT remanié (?)  
1,5 - 2,0    Sable fin à moyen, limoneux, lég. argileux, cimenté, dur, avec  $\sim 3 - 5$  % gravillon  $\emptyset 4$  mm. Forte porosité  
 $K \approx 10^{-3}$  cm/sec.
- P4    0,0 - 2,0    Limon argileux gris, avec sable fin, plastique. Fissures de retrait jusqu'à 2,0 m  
± imperméable en petit

- P5 0,0 - 0,75 Limon argileux et sableux gris foncé. Cohésif, plastique. Alluvion de crue. Fissures de retrait nombreuses  
 $K \sim < 10^{-4}$  cm/sec.
- 0,75 - 2,0 Limon et sable fin argileux gris et rouille. Lég. cohésif et lég. plastique. Localement très poreux (racines, organismes fousseurs)  
 $K \sim < 10^{-4}$  cm/sec.  
Continental Terminal (remanié ?)
- P6 0,0 - 1,10 Sable fin, beige, limoneux avec quelques gravillons arrondis ( $\emptyset$  1 mm). Alluvion
- 1,10 - 3,0 Limon argileux et sableux gris et rouille (nodules latéritiques altérés). Cohésif, plastique  
 $K \sim < 10^{-4}$  cm/sec. CT
- P7 0,0 - 0,7 Sable fin limoneux, beige, lég. graveleux, lég. cohésif
- 0,7 - 3,0 Limon argileux gris et rouille, cohésif, plastique. CT
- P8 0,0 - 3,7 Limon argileux gris avec sable fin, homogène. Pas de stratification visible. Sédiment de crues.  
Cohésif, plastique. Teneur en sable augmentant avec la profondeur  
 $K < 10^{-5}$  cm/sec.
- P8a 0,0 - 0,6 Limon argileux gris avec sable fin, lég. cohésif, lég. plastique. Nombreuses fissures de retrait,  $\pm$  imperméable en petit. Alluvial
- 0,6 - 1,1 Sable fin à moyen, bien trié, rel. propre, sans cohésion. Humide (cohésion apparente). Alluvial
- 1,1 - 2,1 Sable fin gris, lég. limoneux avec quelques nodules latéritiques oxydés, sans cohésion, humide.  
N.E. 8.02,80 : - 2,0 m

Remarque : les sables de 0,6 à  $> - 2,1$  m n'offrent qu'une très faible résistance à l'érosion régressive (phénomène de renard)

<u>P8b</u>	0,0 - 0,2	Limon argileux et finement sableux, gris foncé. Cohésif, lég. plastique
	0,2 - 0,5	Sable fin, beige brun, limoneux, lég. argileux. Très faiblement cohésif, plasticité nulle
	0,5 - 0,95	Sable fin, beige clair, comme P8a (0,6 - 1,1 m)
<u>P9</u>	0,0 - 0,6	Limon argileux avec sable fin, gris. Alluvion de crues
	0,6 - 2,7	Limon argileux avec sable fin, cohésif, lég. plastique, Quelques blocs isolés de latérite à texture rocheuse, arrondis, Ø 15 cm Alluvial, éventuellement CT fortement remanié
<u>P10</u>	0,0 - 0,05	Limon argileux gris foncé, avec sable fin et matière organique
	0,05 - 2,8	Limon argileux avec sable fin, cohésif, peu plastique gris et jaune rouille. Homogène $K \sim < 10^{-4}$ cm/sec. CT
<u>P11</u>	0,0 - 0,1	Limon argileux brun avec mat. organique. Nombreuses grosses racines
	0,1 - 0,7	Sable fin limoneux, lég. argileux, lég. cohésif, gris beige. Alluvial
	0,7 - 2,0	Limon gris et rouille, argileux, finement sableux. Cohésif, lég. plastique. $K \sim < 10^{-4}$ cm/sec. CT

- P12 0,0 - 0,1 Limon sableux et argileux avec mat. organique.  
Grosses racines
- 0,1 - 0,9 Sable fin, limoneux, gris beige clair, comme  
P11 (0,1 - 0,7)
- 0,9 - 1,95 Limon argileux gris et rouille, avec sable fin  
à moyen, cohésif, lég. plastique. CT
- 1,95 - 3,0 Comme ci-dessus, mais plus forte teneur en sable  
et plus grande concentration des taches de rouille  
(nodules latéritiques altérés)
- 
- P13 0,0 - 0,05 Limon argileux gris foncé avec racines et mat.  
organique
- 0,05 - 0,2 Sable fin gris beige clair, limoneux, lég. argileux.  
Cohésion faible à nulle. Alluvial
- 0,2 - 0,5 Idem, avec quelques grains de latérite altérée  
Ø 1 cm, friables
- 0,5 - 2,9 Sable fin à moyen, fortement limoneux, argileux,  
gris et rouille. Nombreux grains de latérite  
altérés. CT
- 
- P14 0,0 - 0,05 Sable fin argileux et limoneux gris foncé avec  
mat. organique
- 0,05 - 0,9 Sable fin limoneux gris avec taches rouille. CT
- 0,9 - 2,3 Sable fin à grossier, limoneux, lég. argileux, lég.  
cohésif.  
 $K \sim < 10^{-3}$  cm/sec. Comme P13 (0,5 - 2,9). CT
- 
- P15 0,0 - 1,3 Limon argileux et sableux gris clair, homogène,  
lég. cohésif. Alluvial
- 1,3 - 2,8 Sable fin argileux et limoneux gris et rouille,  
avec nombreux nodules de latérite altérés. Lég.  
cohésif. Homogène.  
 $K \sim < 10^{-3}$  cm/sec.

<u>P16</u>	0,0 - 0,1	Sable fin limoneux gris foncé avec mat. organique
	0,1 - 0,5	Sable fin, beige brun, limoneux, lég. argileux. Cohésion faible, homogène
	0,5 - 2,9	Sable gris et rouille, fin à moyen, limoneux et argileux, lég. cohésif, localement lég. plastique (distribution anisotrope des minéraux des argiles). Nombreux nodules de latérite altérés
<u>P17</u>	0,0 - 0,3	Limon argileux avec sable fin, gris, cohésif, lég. plastique. Sédiment de crues
	0,3 - 1,2	Sable blanc, fin à grossier avec lentilles de sables moyen à grossier, propre. Perméable
	1,2 - 2,4	Sable fin à moyen, limoneux, très lég. argileux, très lég. cohésif (cohésion apparente due à teneur en eau) N.E. à - 2,05 m Eboulement régulier de 1,7 à 2,4 m
<u>P18</u>	0,0 - 0,4	Limon et sable fin gris beige clair, alluvial
	0,4 - 4,0	Sable fin et limon, lég. argileux, bariolé gris et rouille, lég. cohésif. CT
		<u>Note</u> : entre 0,0 et 2,3 m porosité importante due à organismes fouisseurs $\emptyset$ jusqu'à 0,5 cm
<u>P19</u>	0,0 - 0,5	Limon et sable fin gris beige clair. Alluvial
	0,5 - 3,2	Sable fin et limon argileux, bariolé, hétérogène, lég. cohésif. CT
	3,2 - 4,1	Sable fin à moyen, gris beige clair, limoneux, lég. argileux et cohésif. CT
<u>P20</u>	0,0 - 3,0	Limon argileux avec sable fin, homogène, bariolé, compact et cohésif. Très faible perméabilité

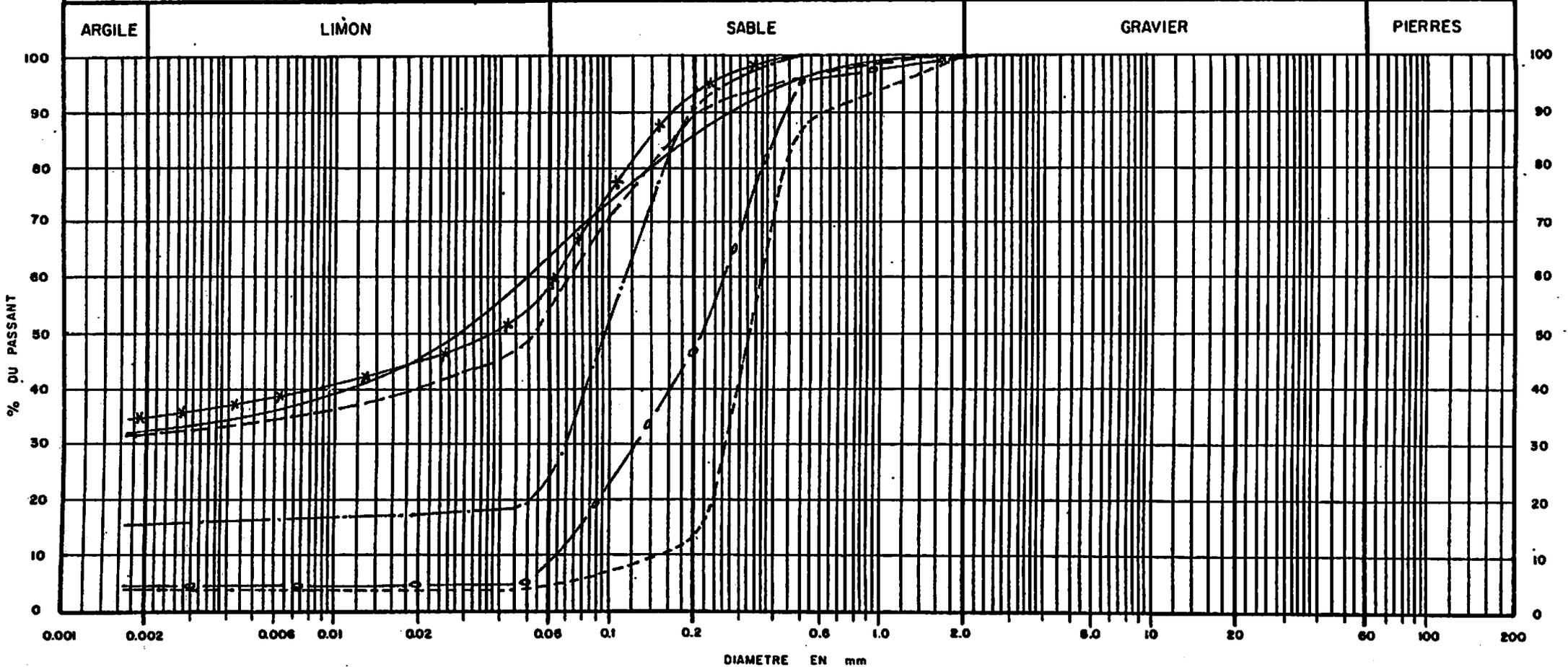
Résultats des essais de laboratoire

1. Granulométrie
  - barrage du confluent
  - barrage de Niandouba
  - barrage de garde
2. Essais 1979 (CEREEQ)
3. Essais 1980 (CEREEQ)
4. Essais 1981 ETH Zurich
5. Essais Proctor

I. GRANULOMETRIE

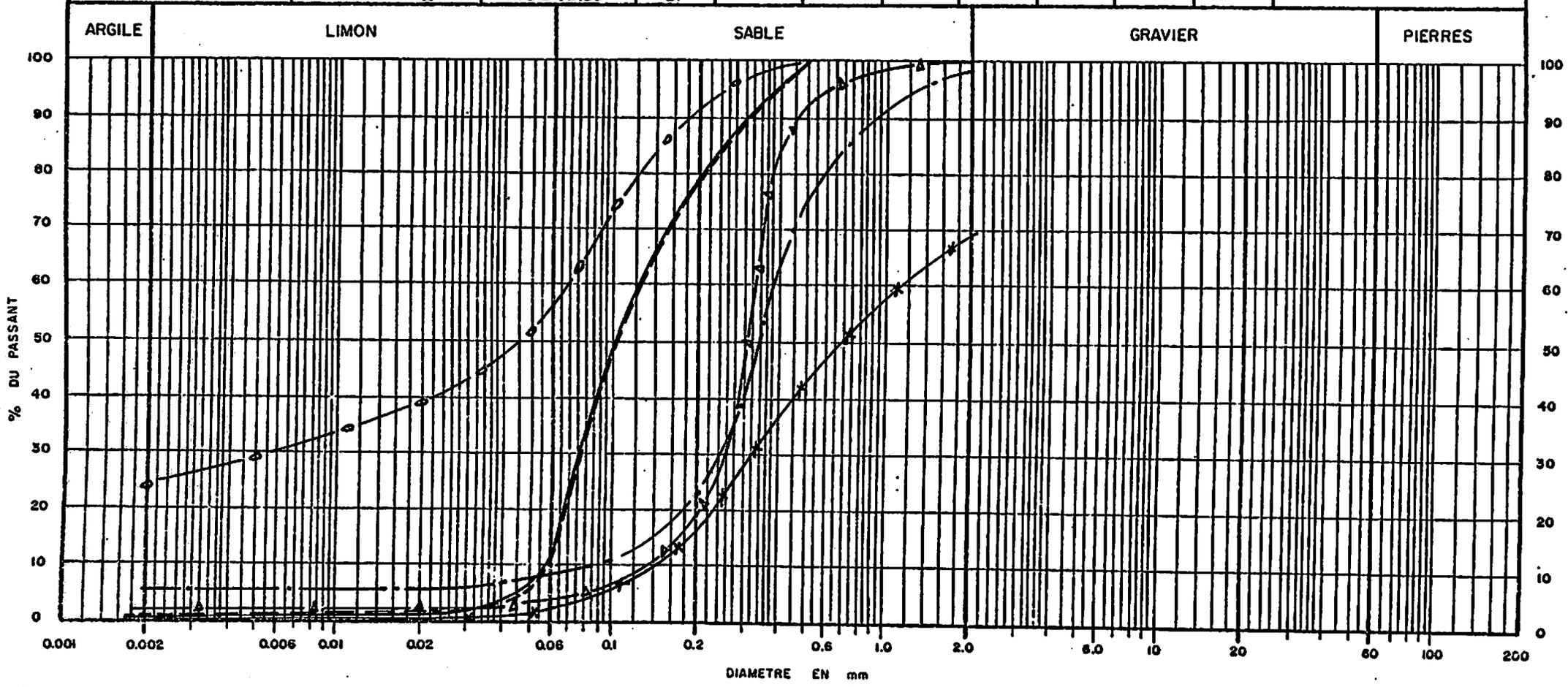
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>Barrage du Confluent</i>	<i>S1</i> ———	<i>0.0 - 0.8 m</i>	<i>CL</i>		<i>27</i>	<i>11</i>	<i>16</i>				
"	<i>S1</i> - - - -	<i>0.80 - 1.50</i>	<i>CL</i>		<i>24</i>	<i>10</i>	<i>14</i>				
"	<i>S1</i> — * —	<i>1.50 - 1.85</i>	<i>CL</i>		<i>23</i>	<i>12</i>	<i>17</i>				
"	<i>S1</i> — o —	<i>7.0 - 7.50</i>	<i>SC</i>		—	—	—				<i>Non Plastique</i>
"	<i>S1</i> — — —	<i>8.0 - 8.50</i>	<i>SC</i>		—	—	—				" "
"	<i>S1</i> - - - - -	<i>29 - 100</i>	<i>SC</i>		—	—	—				" "



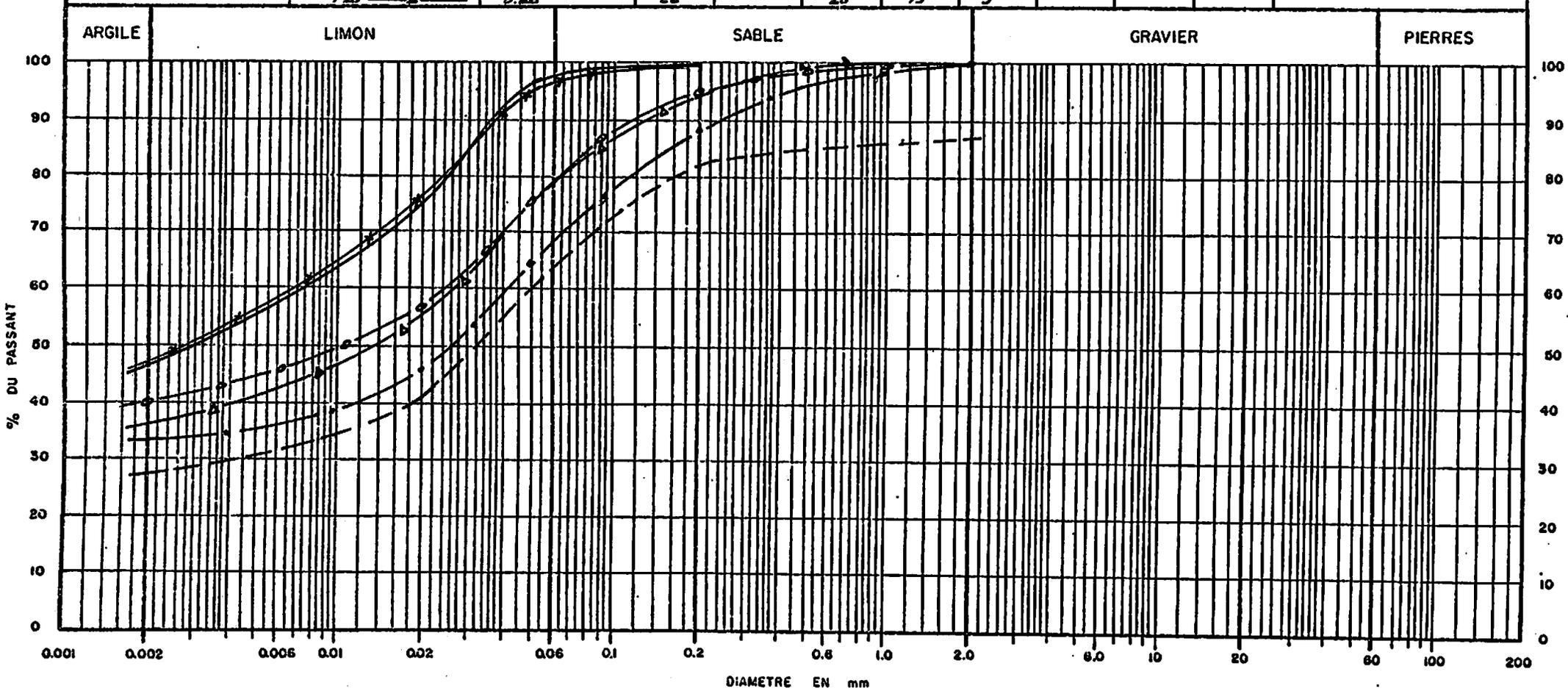
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>Barrage du Confluent</i>	S <sub>2</sub> ———	0.50 - 2.00 m	SM								
	S <sub>2</sub> - - - -	2.20 - 3.00	SM								
	S <sub>2</sub> — x —	3.15 - 4.00	SW								
	S <sub>2</sub> — o —	5.00 - 5.20	SM								
	S <sub>2</sub> — . —	6.50 - 7.00	SP								
	S <sub>2</sub> — Δ —	11.00 - 12.00	SP								



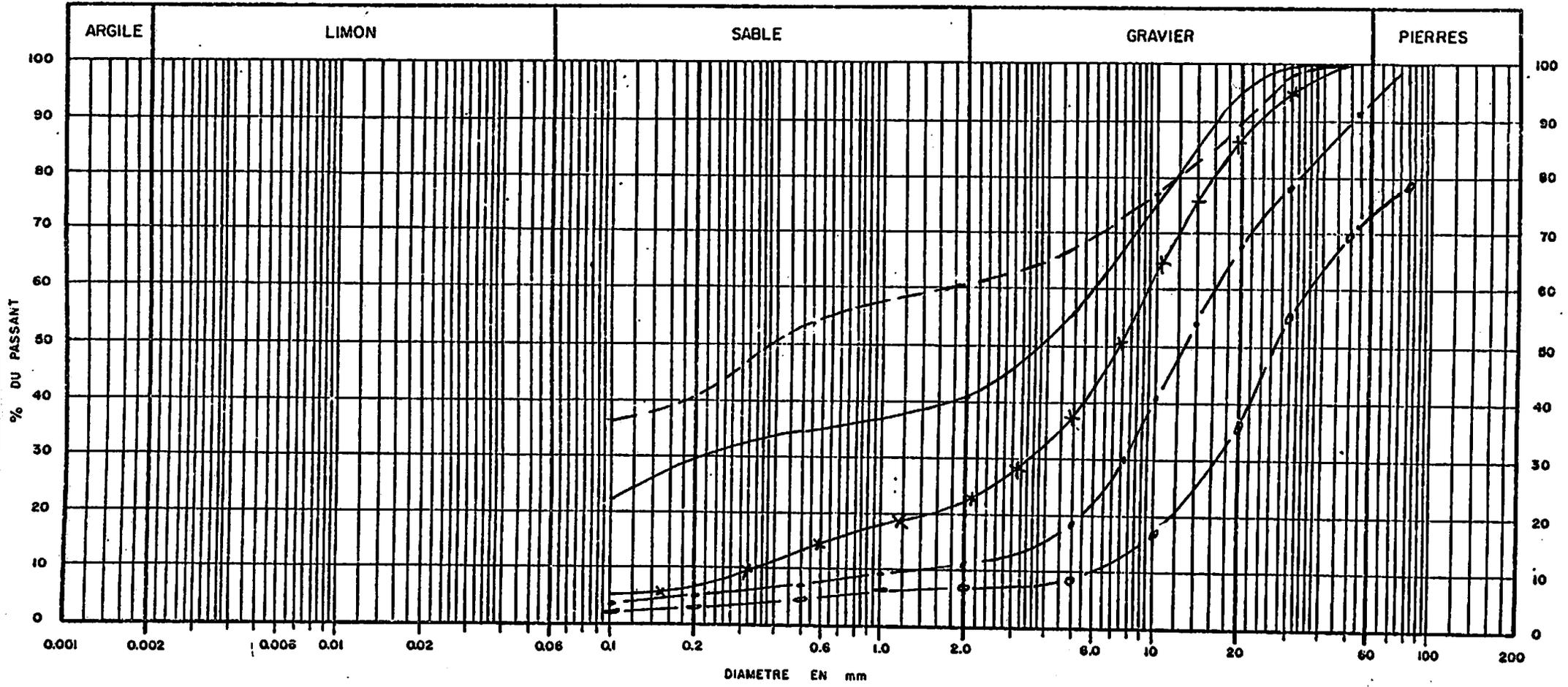
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>Barrage du confluent</i>	P18	0.30 - 1.80 m	CL		34	22	12				
	P19	0.30 - 1.00	CL		28	16	12				
	P20	0.40 - 0.90	CL		34	19	15				
	P21	0.30 - 1.40	CL		29	18	11				
	P22	0.80 - 1.5	CL		30	15	15				
	P23	0.60	CL		28	19	9				



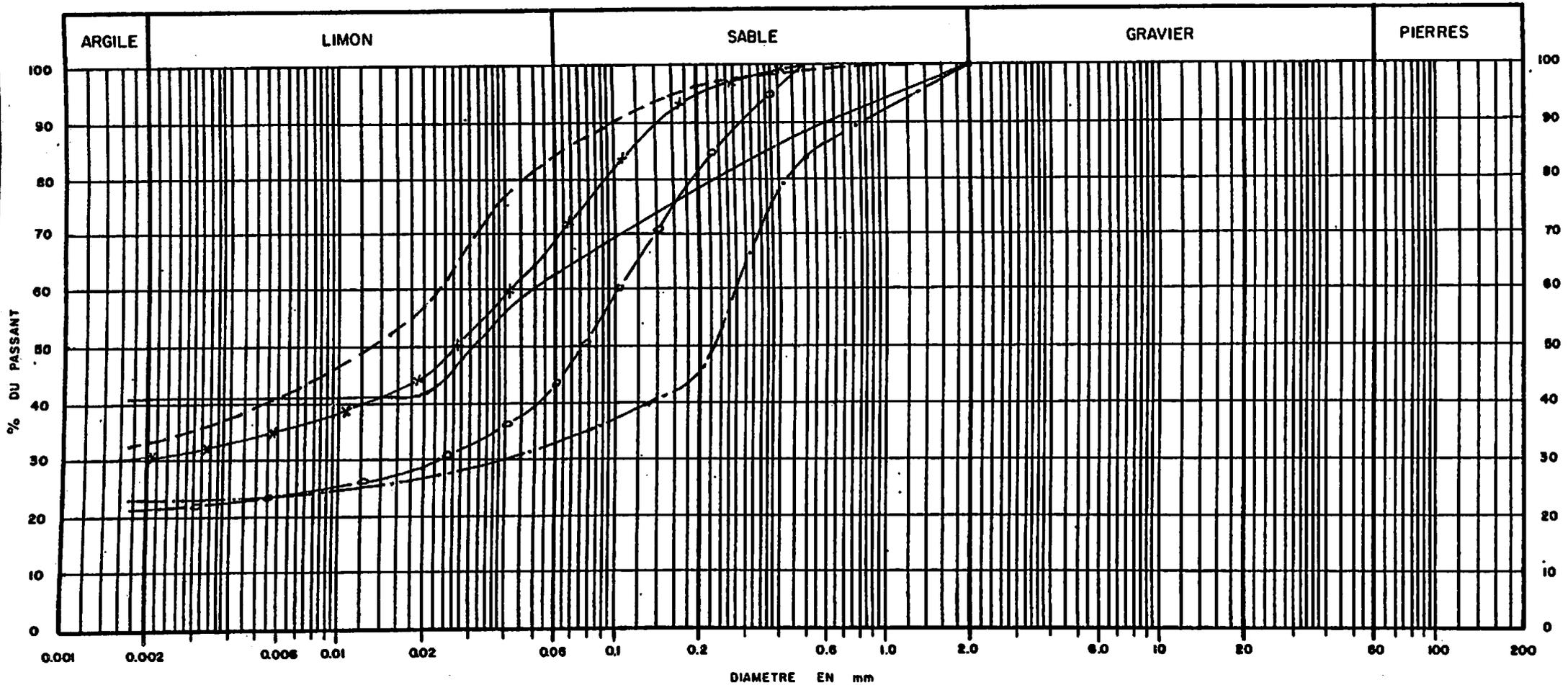
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>Barrage du Confluent</i>	L1 _____										
	L2 -----										
	L3 -----										
	L4 -----										
	L5 -----										



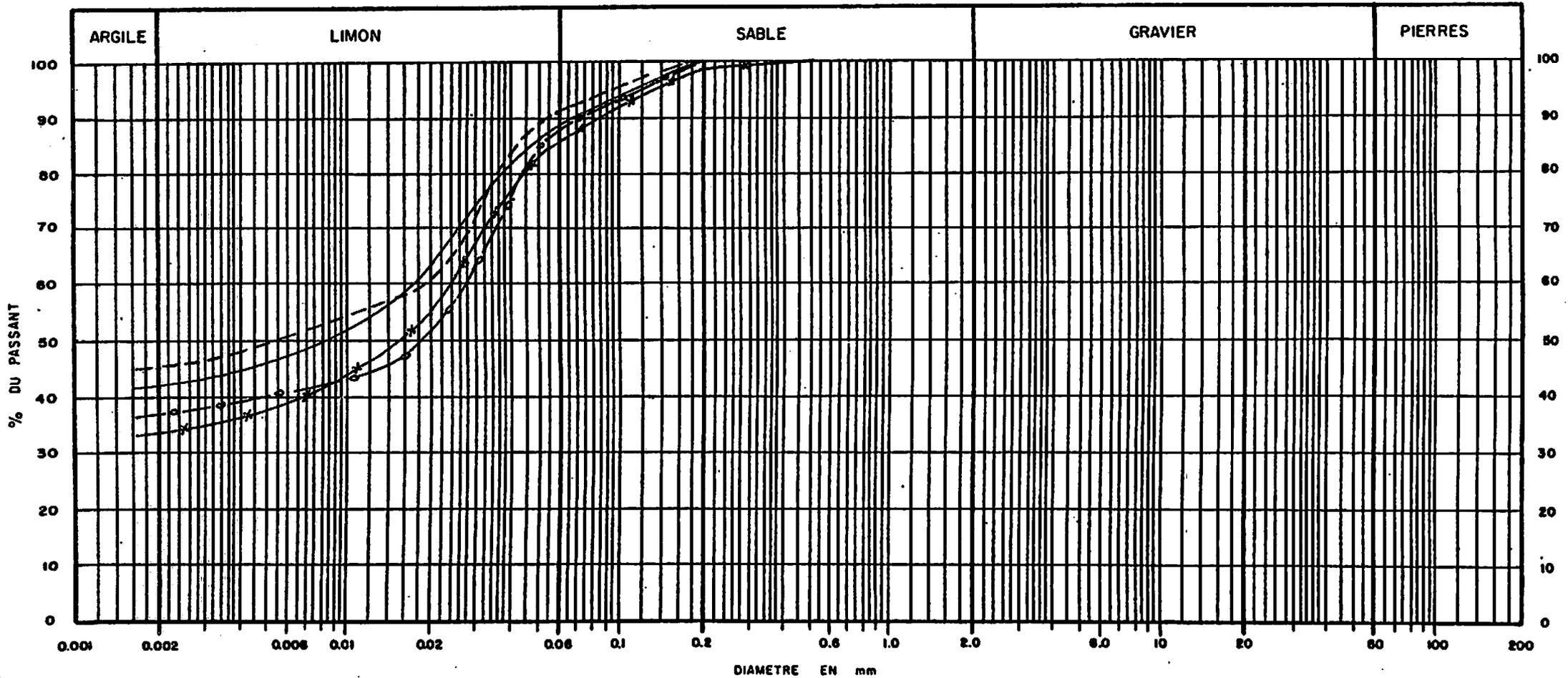
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>NIANDOURA</i>	<i>S1</i> ———	<i>2.0 - 3.0 m</i>	<i>CL</i>		<i>28</i>	<i>14</i>	<i>14</i>				
	<i>S1</i> - - - - -	<i>3.0 - 4.0</i>	<i>CL</i>		<i>25</i>	<i>10</i>	<i>15</i>				
	<i>S1</i> — x —	<i>4.05 - 5.0</i>	<i>CL</i>		<i>26</i>	<i>12</i>	<i>14</i>				
	<i>S1</i> — o —	<i>7.0 - 7.20</i>	<i>SC</i>		<i>30</i>	<i>16</i>	<i>14</i>				
	<i>S1</i> — · —	<i>11.0 - 11.25</i>	<i>SC</i>		<i>20</i>	<i>9</i>	<i>11</i>				



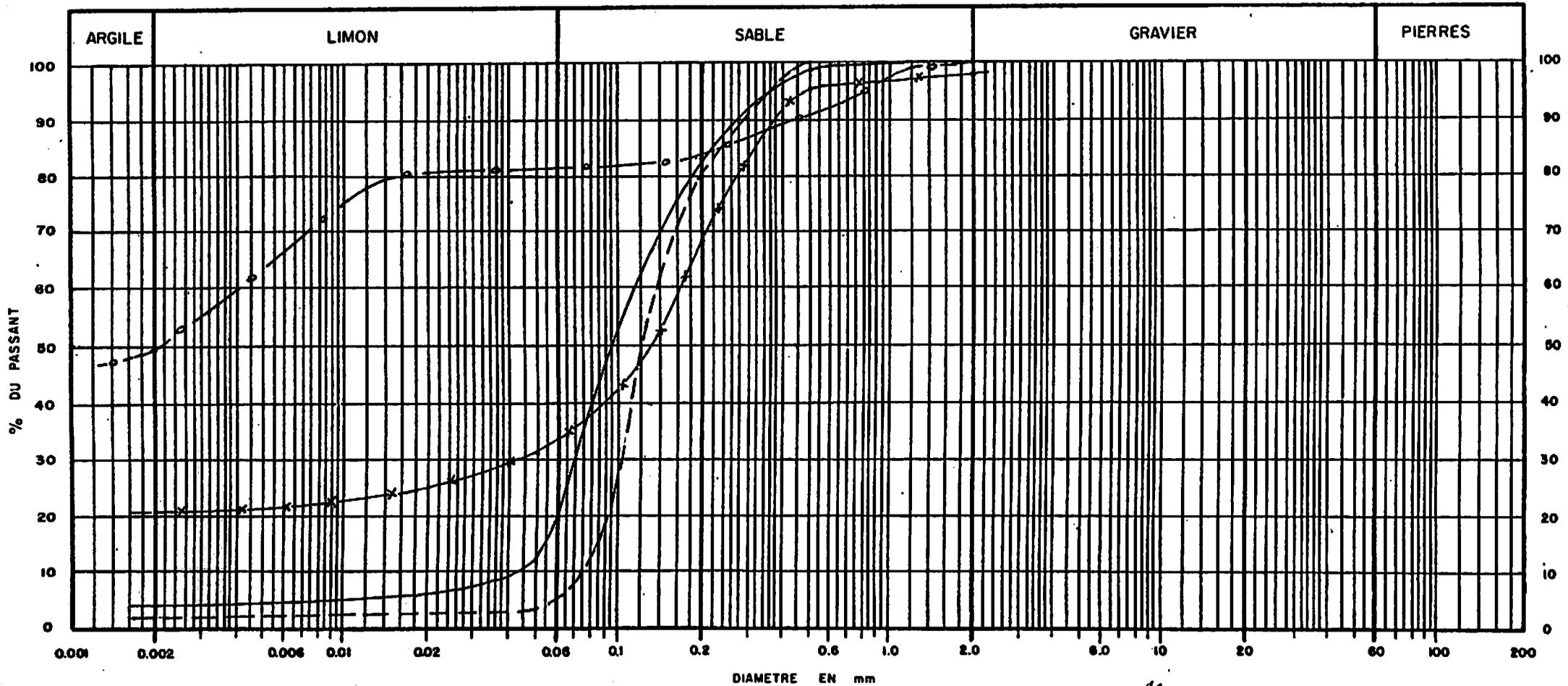
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>NIANDOUBA</i>	<i>S<sub>2</sub></i> ———	<i>0.7-0.9 m</i>	<i>CL</i>		<i>32</i>	<i>16</i>	<i>18</i>				
	<i>S<sub>2</sub></i> - - - -	<i>2.2-2.5</i>	<i>CL</i>		<i>34</i>	<i>16</i>	<i>18</i>				
	<i>S<sub>2</sub></i> —○—	<i>5.6-5.9</i>	<i>CL</i>		<i>42</i>	<i>20</i>	<i>22</i>				
	<i>S<sub>2</sub></i> —x—	<i>7.6-7.9</i>	<i>CL</i>		<i>37</i>	<i>15</i>	<i>22</i>				



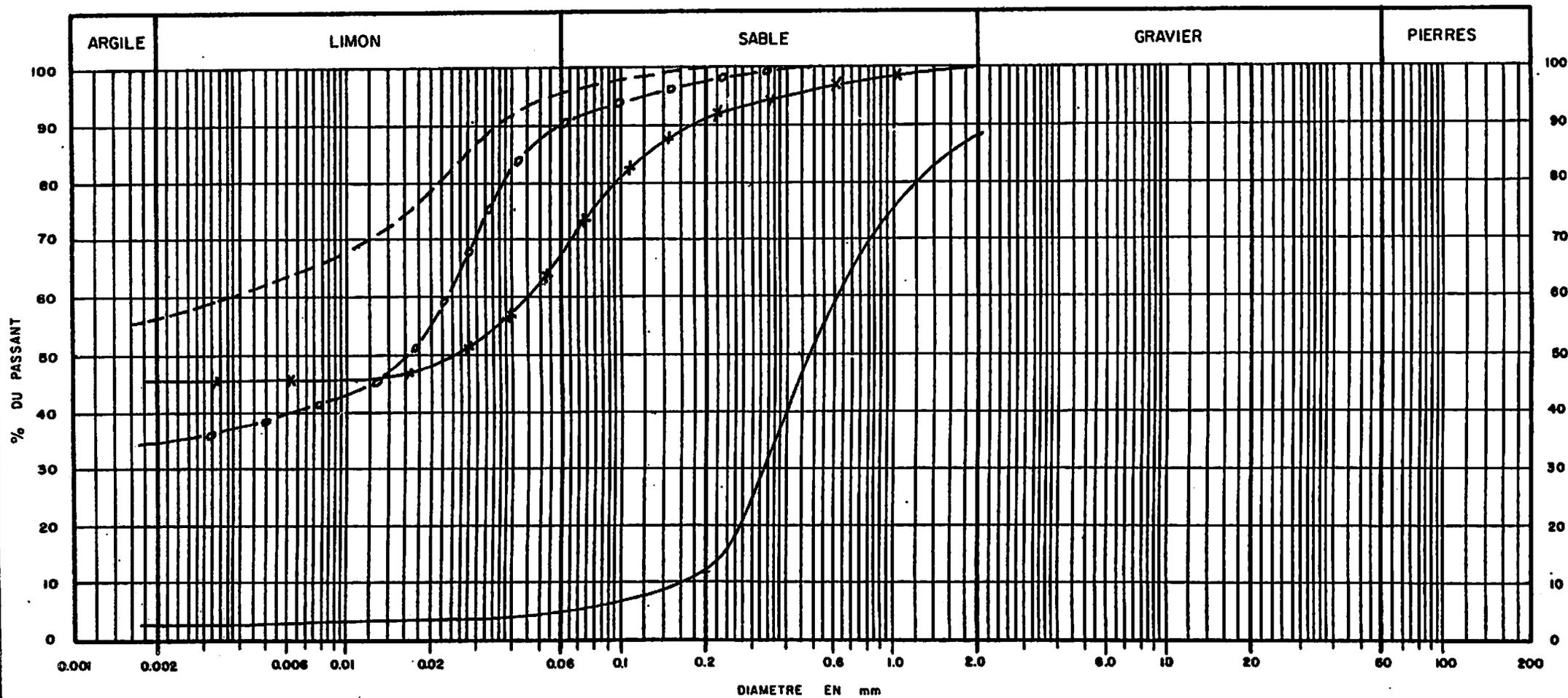
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>NIANDOURA</i>	<i>S<sub>2</sub> ———</i>	<i>9.55 - 10.55 m</i>	<i>SM</i>		—	—	—				<i>Non Plastique</i>
	<i>S<sub>2</sub> - - - -</i>	<i>12.5 - 13.0</i>	<i>SP</i>		—	—	—				" "
	<i>S<sub>2</sub> —*—</i>	<i>14.6 - 14.3</i>	<i>SC</i>		<i>21</i>	<i>11</i>	<i>10</i>				
	<i>S<sub>2</sub> —•—</i>	<i>18.2 - 18.3</i>	<i>CH</i>		<i>96</i>	<i>44</i>	<i>52</i>				



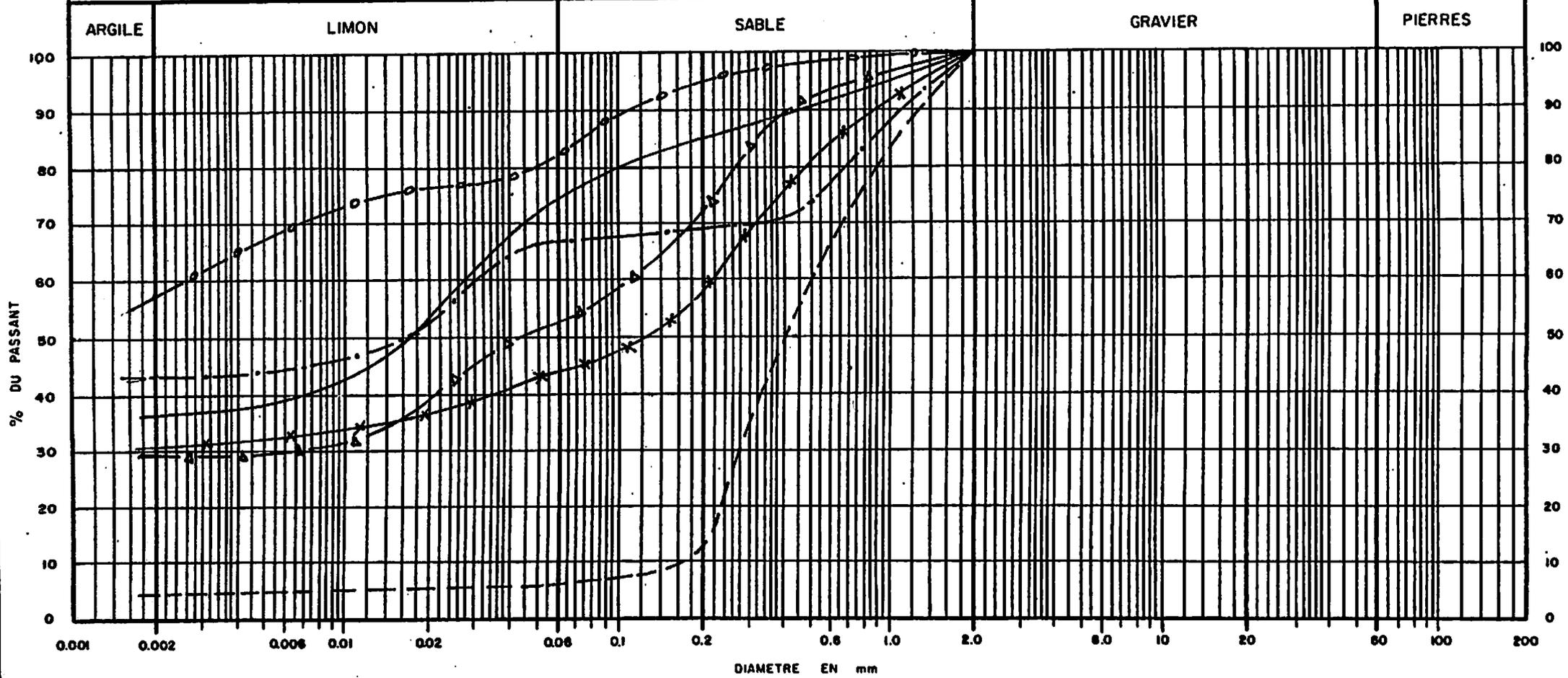
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
NIANDOUBA	S <sub>3</sub> ———	2.2 - 4.3 m	SP		—	—	—				Non Plastique
	S <sub>2</sub> - - - -	4.7 - 5.0	CL		38	16	22				
	S <sub>3</sub> — * —	7.6 - 7.9	CL		35	16	21				
	S <sub>3</sub> — o —	9.0 - 9.5	CL		27	15	12				



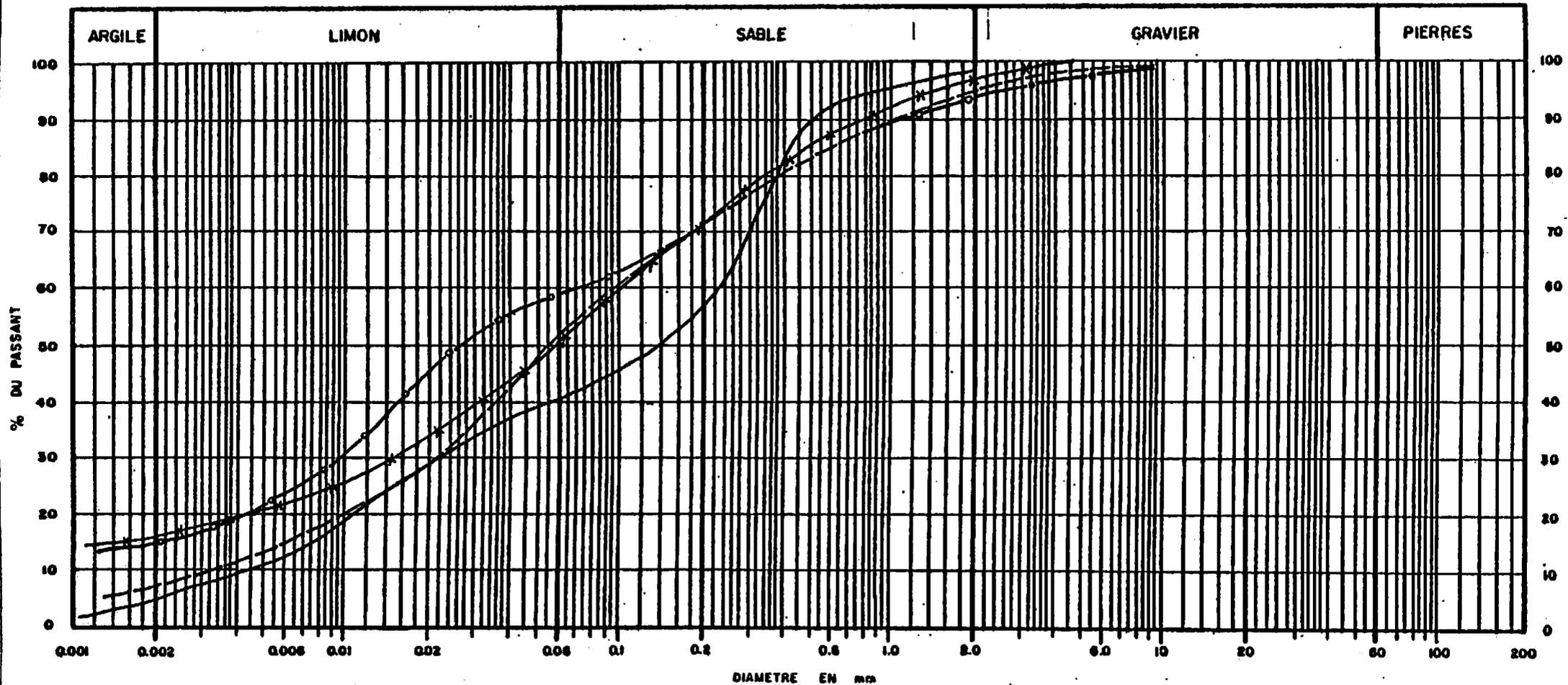
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>NIANDOUBA</i>	<i>S<sub>4</sub></i> ———	<i>0.5 - 0.8 m</i>	<i>CL</i>		<i>29</i>	<i>13</i>	<i>16</i>				
	<i>S<sub>4</sub></i> - - - - -	<i>4.0 - 5.0</i>	<i>SP</i>		—	—	—				<i>Non Plastique</i>
	<i>S<sub>4</sub></i> — * — —	<i>6.5 - 6.8</i>	<i>SC</i>		<i>30</i>	<i>11</i>	<i>19</i>				
	<i>S<sub>4</sub></i> — o — —	<i>8.2 - 8.5</i>	<i>CL</i>		<i>42</i>	<i>18</i>	<i>24</i>				
	<i>S<sub>4</sub></i> — . — —	<i>12.7 - 13.0</i>	<i>CH</i>		<i>80</i>	<i>36</i>	<i>44</i>				
	<i>S<sub>4</sub></i> — Δ — —	<i>13.3 - 13.6</i>	<i>CH</i>		<i>62</i>	<i>25</i>	<i>37</i>				



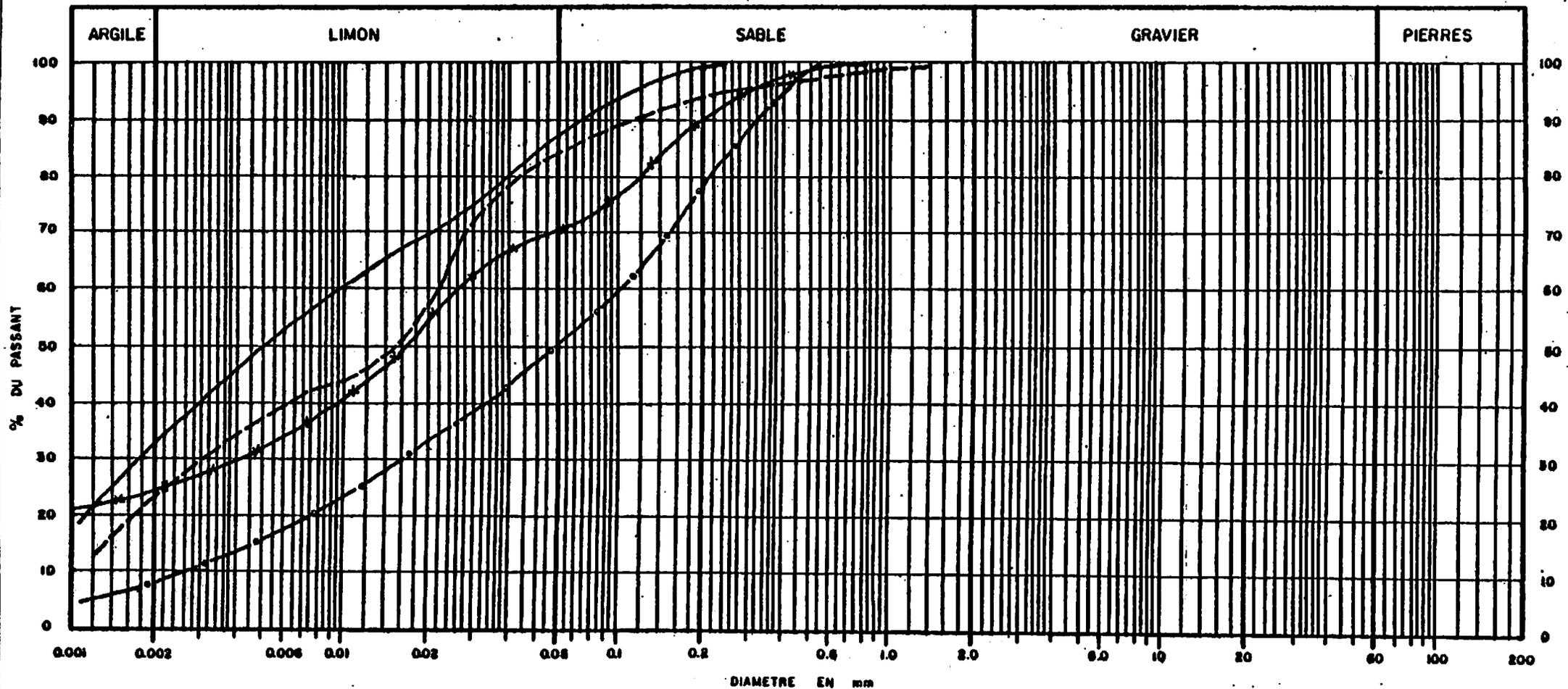
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
NIANDOUBA	PP1 ———	0.50 m	SI1		25	15	10				
	PP1 - - - -	3.50	CL		30	17	12				
	PP1 ———	4.50	CL		24	12	12				
	PP1 —●—	6.00	CL		26	16	12				



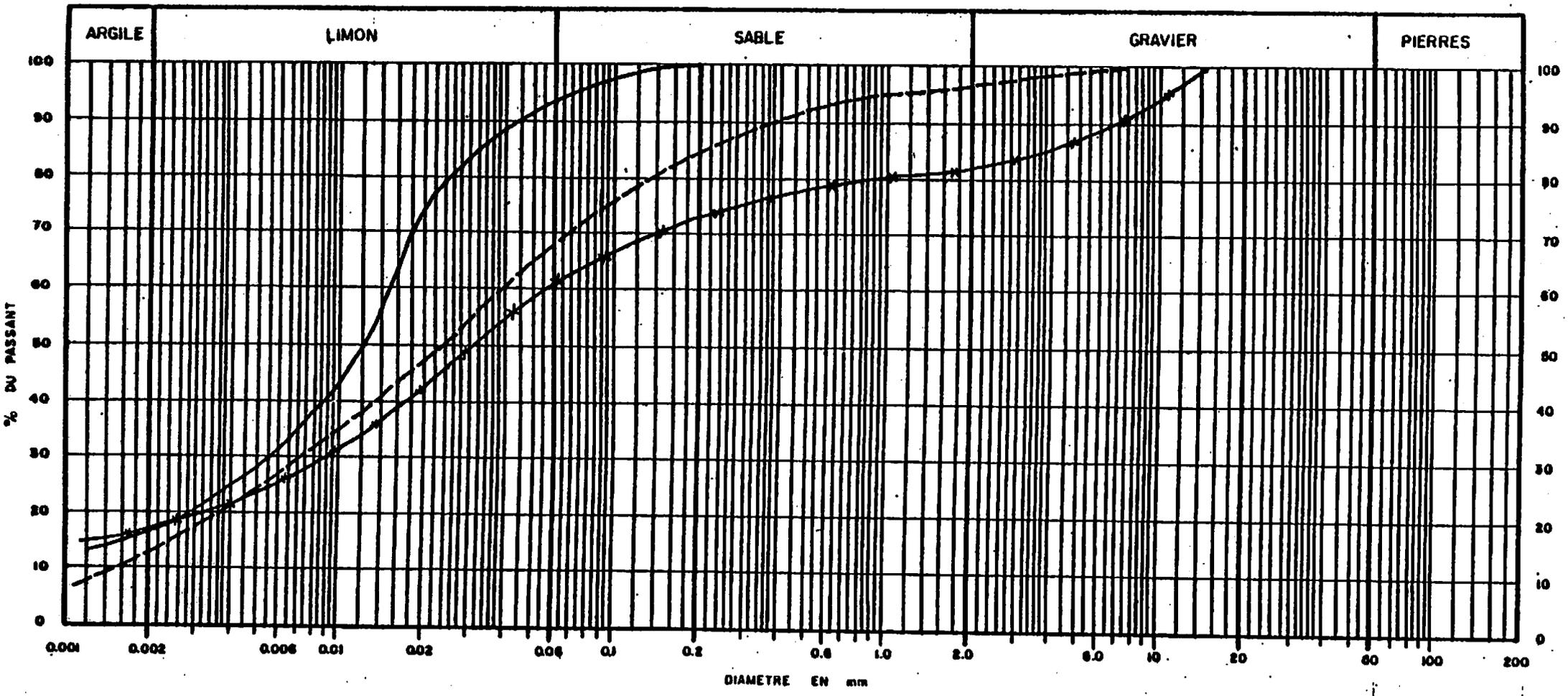
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<b>NIANDOUBA</b>	PP <sub>2</sub> ———	0.50 m	CL		31	20	11				
	PP <sub>2</sub> ———	3.50	CL		27	16	11				
	PP <sub>2</sub> ———	4.50	CL		21	12	9				
	PP <sub>2</sub> ———	6.00	CL		19	14	5				



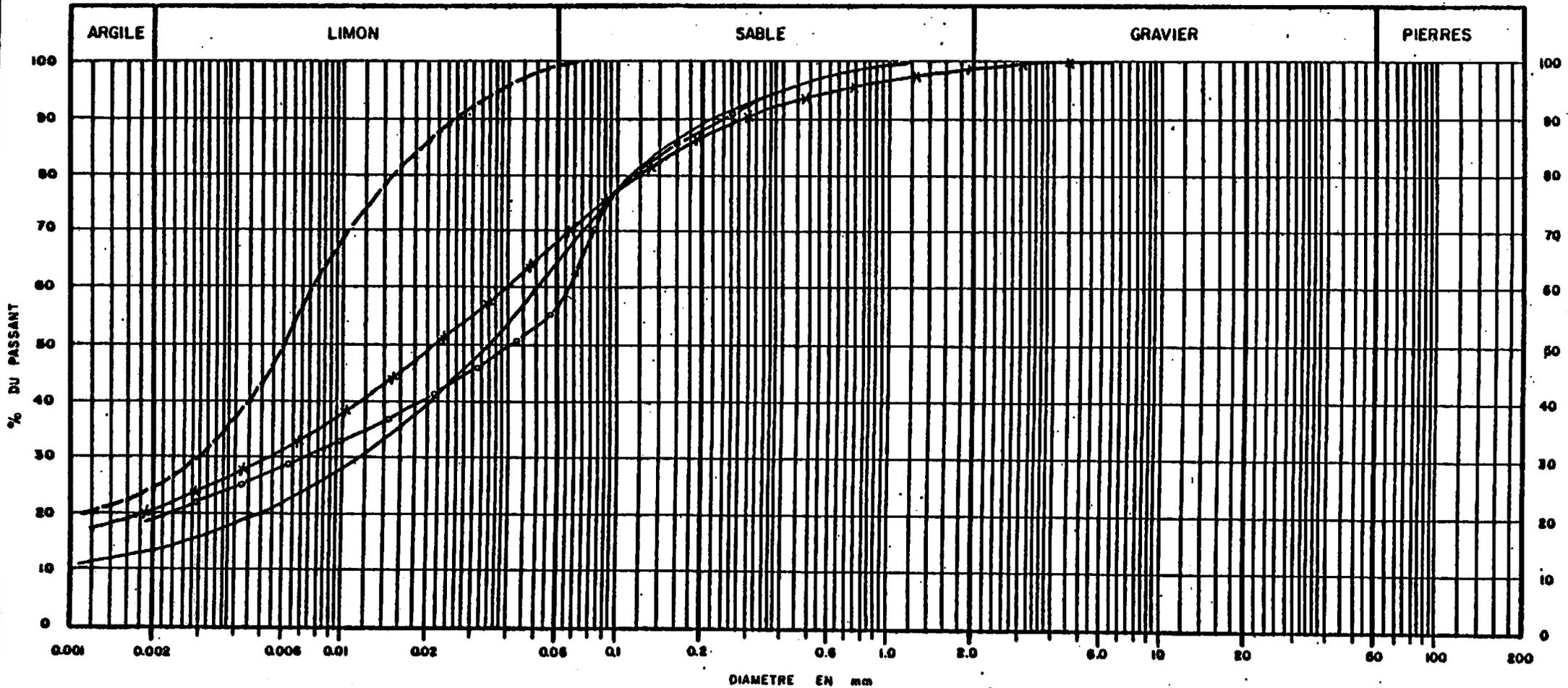
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
NIANDOUBA	PP <sub>1</sub> ———	2.50 m	CL		33	22	11				
	PP <sub>2</sub> - - - - -	2.50	CL		29	19	11				
	PP <sub>3</sub> ———	4.50	CL		28	16	12				



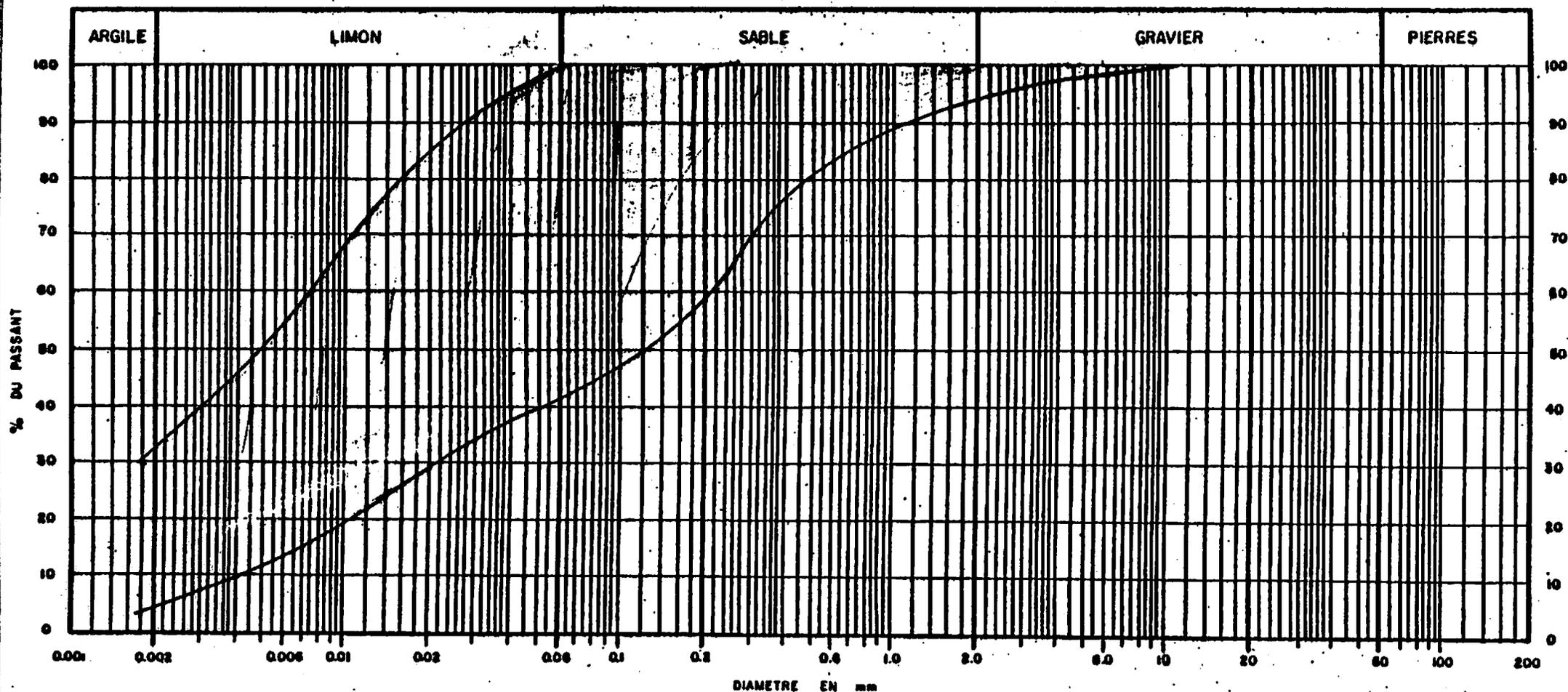
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>NIANBOUBA</i>	<i>AP5 --- ---</i>	<i>2.00 m</i>	<i>CL</i>								
	<i>AP5 --- ● ---</i>	<i>4.00</i>	<i>CL</i>								
	<i>AP5 --- ---</i>	<i>0.50</i>	<i>CL</i>								
	<i>AP5 --- * ---</i>	<i>3.00</i>	<i>CL</i>								



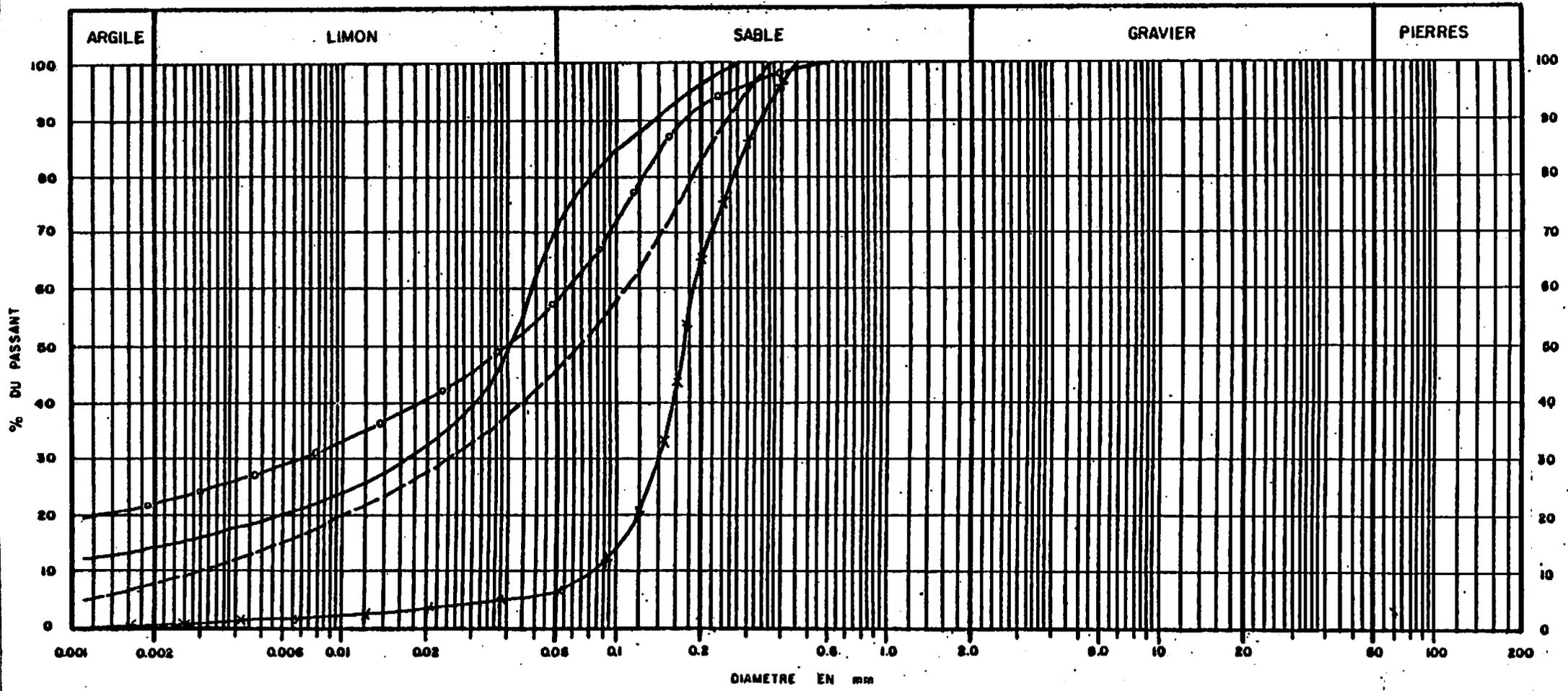
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>NIANDOUBA</i>											
<i>ZONE D'EMPRUNT</i>											
<i>Courbe enveloppe</i>	<i>PA/PA/PA/PA</i>										



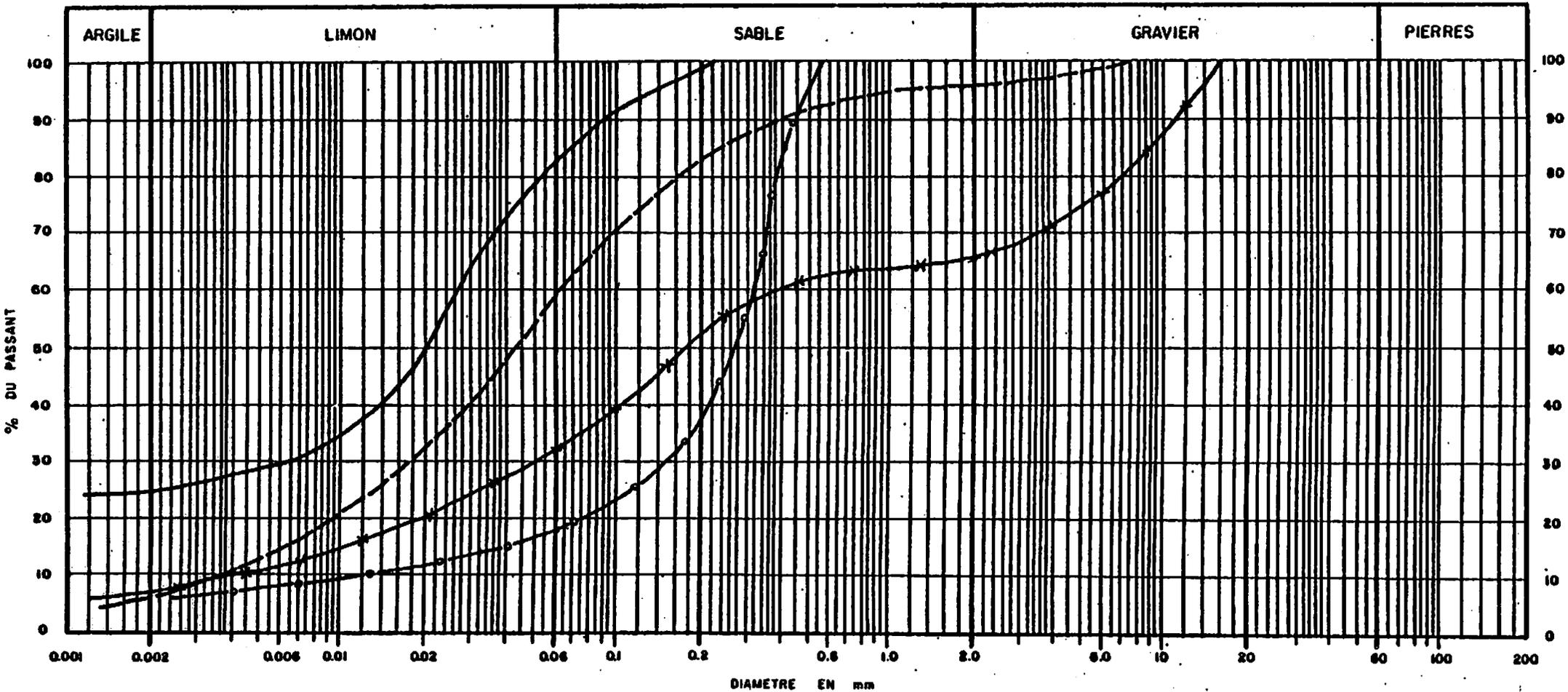
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
NIANDOUBA	PDs ———	0.50	CL		22	14	8				
	PDs - - - - -	1.50	SM		16	13	3				
	PDs — x —	3.00	SP		20	12	8				
	PDs — o —	4.50	ML		15	13	2				



# GRANULOMETRIE

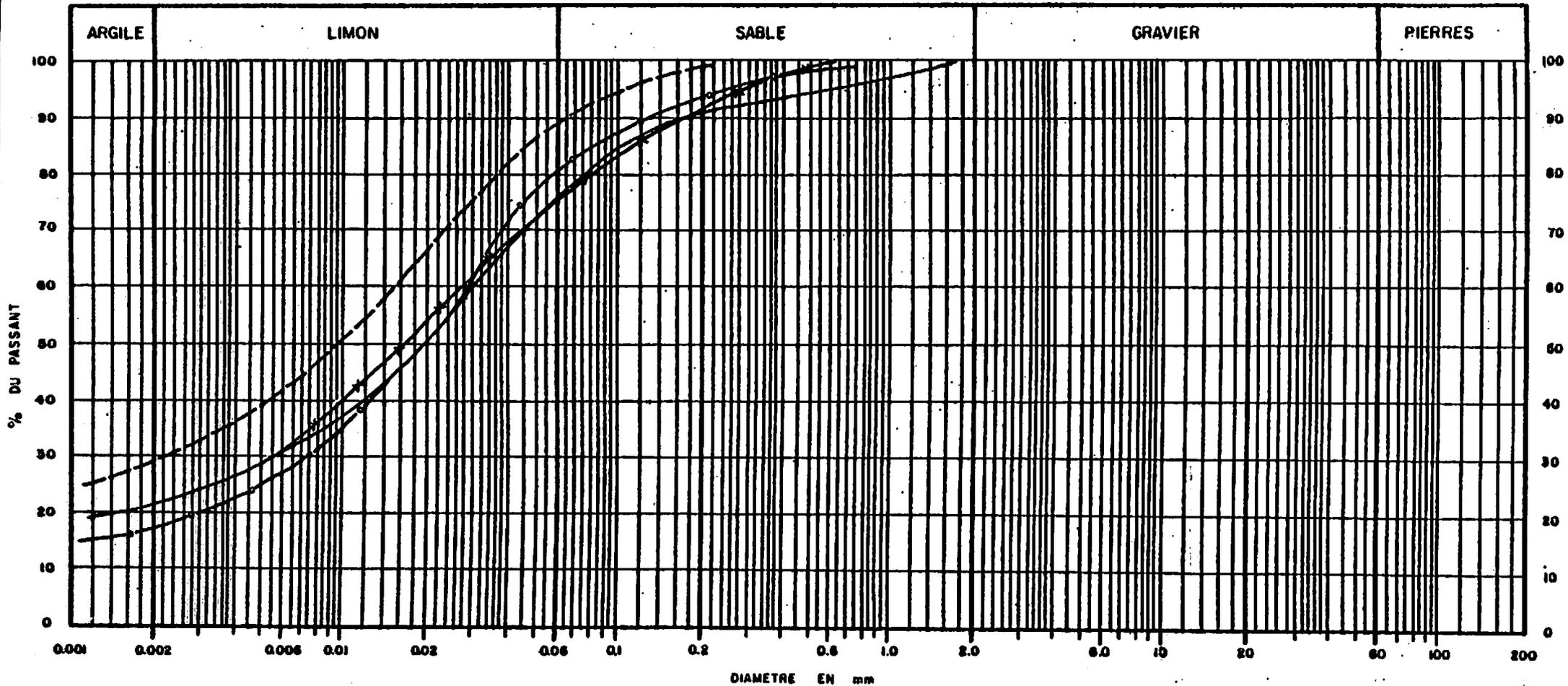
SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<b>NIANDOUBA</b>	<i>PDC</i> ———	0.50 m	CL		29	17	12				
	<i>PDC</i> - - - -	1.50	CL		25	14	11				
	<i>PDC</i> —*—	3.50	GI		21	13	8				
	<i>PDC</i> —•—	6.50	SI		15	13	2				





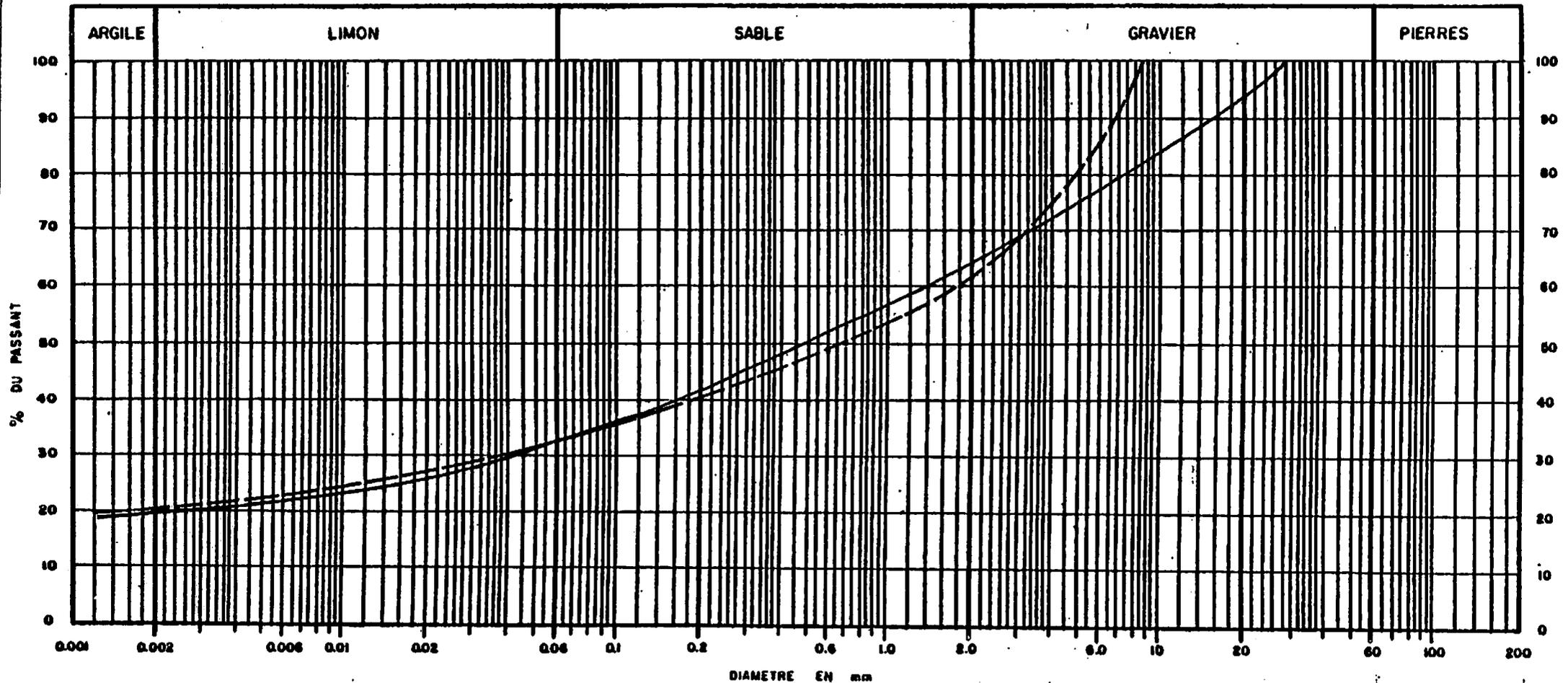
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
NIANDOUBA	PD1	0.50 m	CL		28	12	10				
	---	3.00	CL		32	16	16				
	M	5.00	CL-M		19	12	7				
	---	6.00	CL		24	13	11				



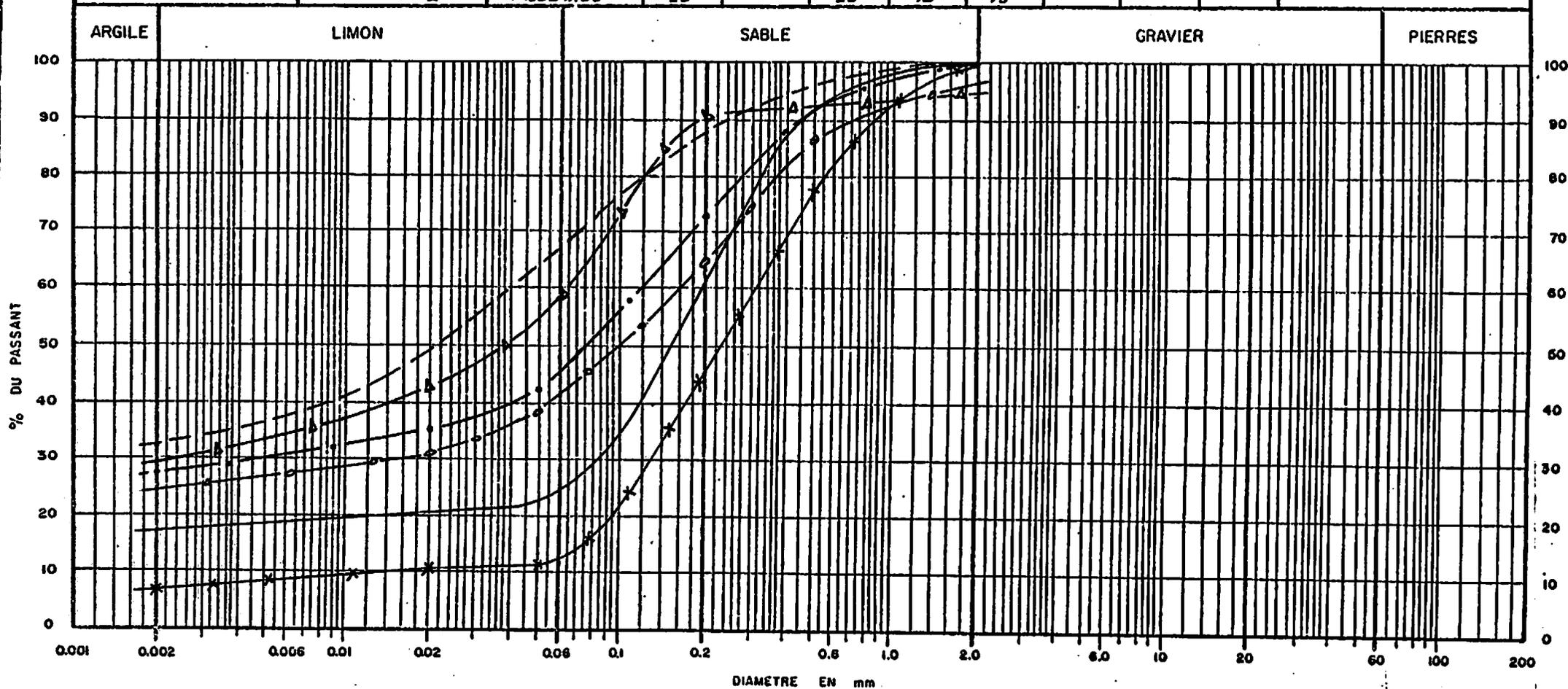
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
NIANDOUBA	PG8 _____	0.50 m	CL		28	19	9				
	-----	3.00	CL		30	19	12				



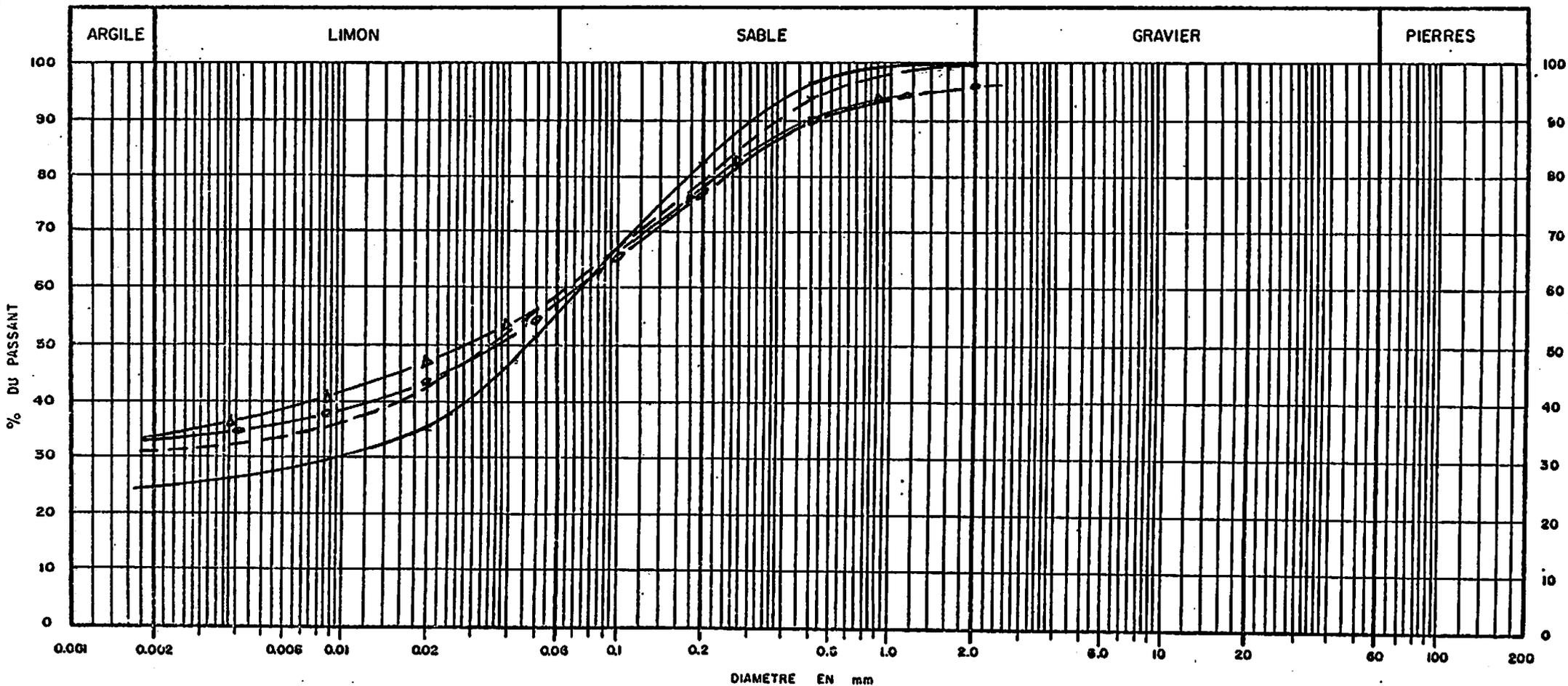
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>Barrage de Barde</i>	<i>SI 1</i>	<i>3.60 - 3.80 m</i>	<i>SC</i>		<i>16</i>	<i>11</i>	<i>5</i>				
	<i>---</i>	<i>5.70 - 6.00</i>	<i>CL</i>		<i>32</i>	<i>20</i>	<i>12</i>				
	<i>— X —</i>	<i>6.45 - 7.00</i>	<i>SC</i>								
	<i>— o —</i>	<i>9.00 - 9.65</i>	<i>SC</i>		<i>22</i>	<i>12</i>	<i>10</i>				
	<i>— . —</i>	<i>9.80 - 10.10</i>	<i>SC</i>		<i>24</i>	<i>13</i>	<i>11</i>				
	<i>— Δ —</i>	<i>11.30 - 11.50</i>	<i>CL</i>		<i>25</i>	<i>10</i>	<i>15</i>				



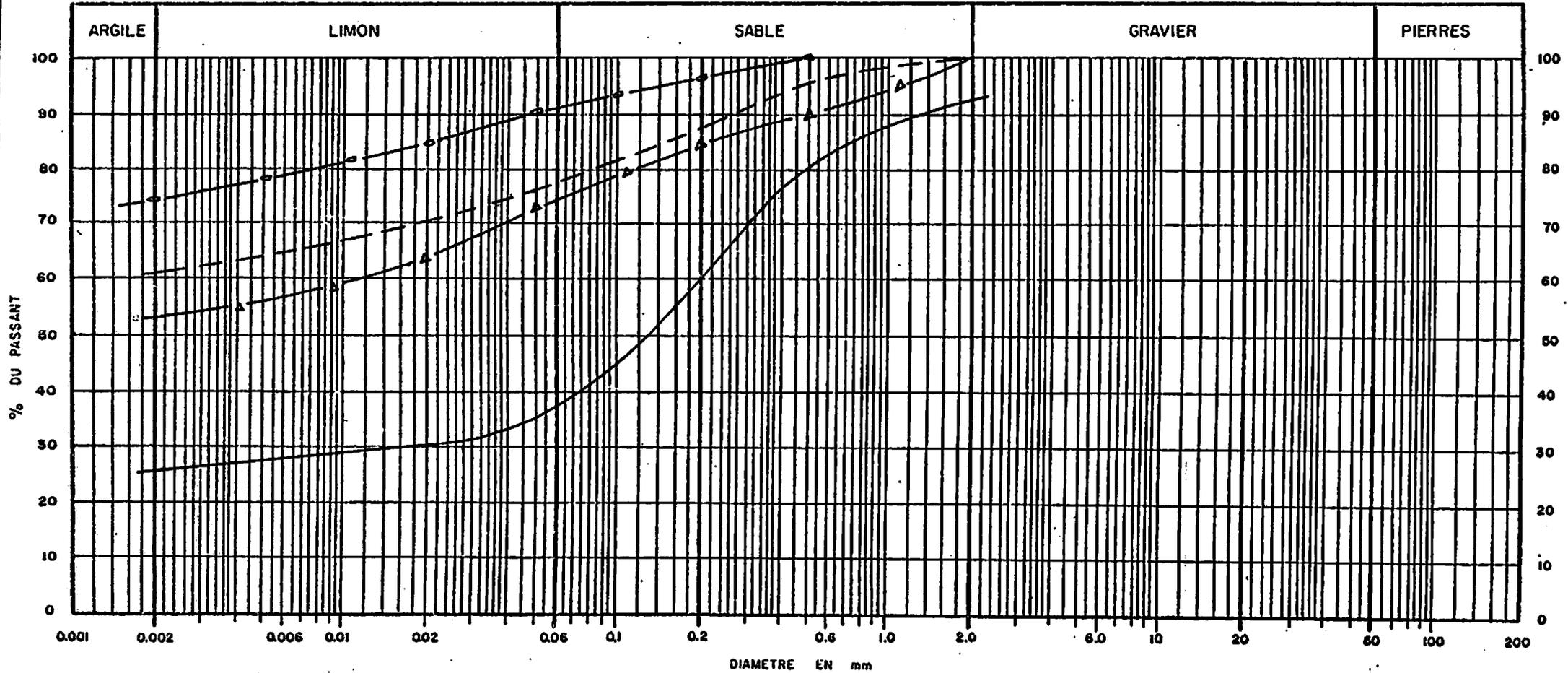
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>Barrage de Garde</i>	S <sub>2</sub> ———	0.80 - 1.00 m	CL		25	12	13				
	S <sub>2</sub> - - - - -	1.00 - 1.45	CL		26	12	14				
	S <sub>2</sub> —○—	5.00 - 5.25	CL		30	14	15				
	S <sub>2</sub> —▲—	5.40 - 5.60	CL		29	15	14				



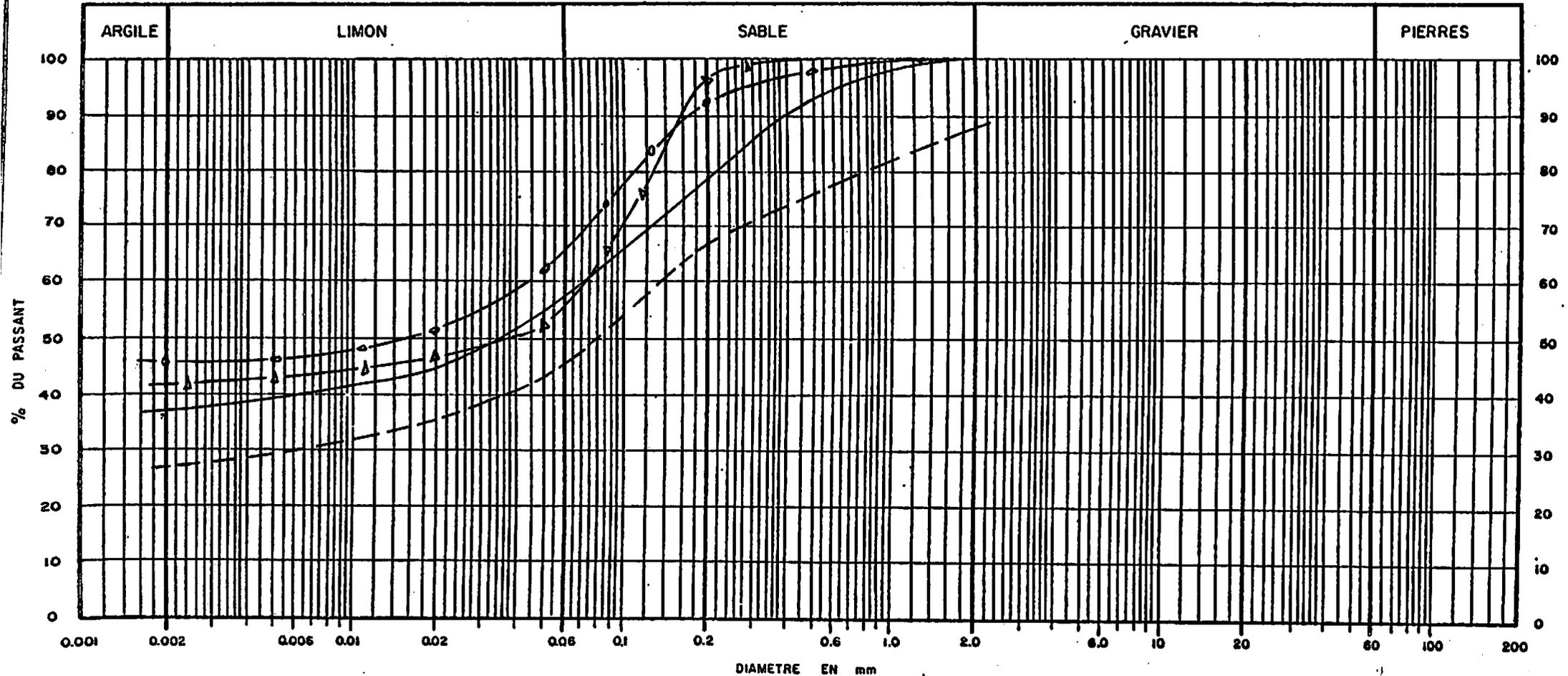
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>Barrage de Garde</i>	S <sub>2</sub> ———	8.50 - 8.70 m	SC		22	11	11				
	S <sub>2</sub> - - - -	10.45 - 10.80	CL		37	16	21				
	S <sub>2</sub> ———○——	12.00 - 12.30	CH		51	18	33				
	S <sub>2</sub> ———△——	13.00 - 13.30	CL		46	16	30				



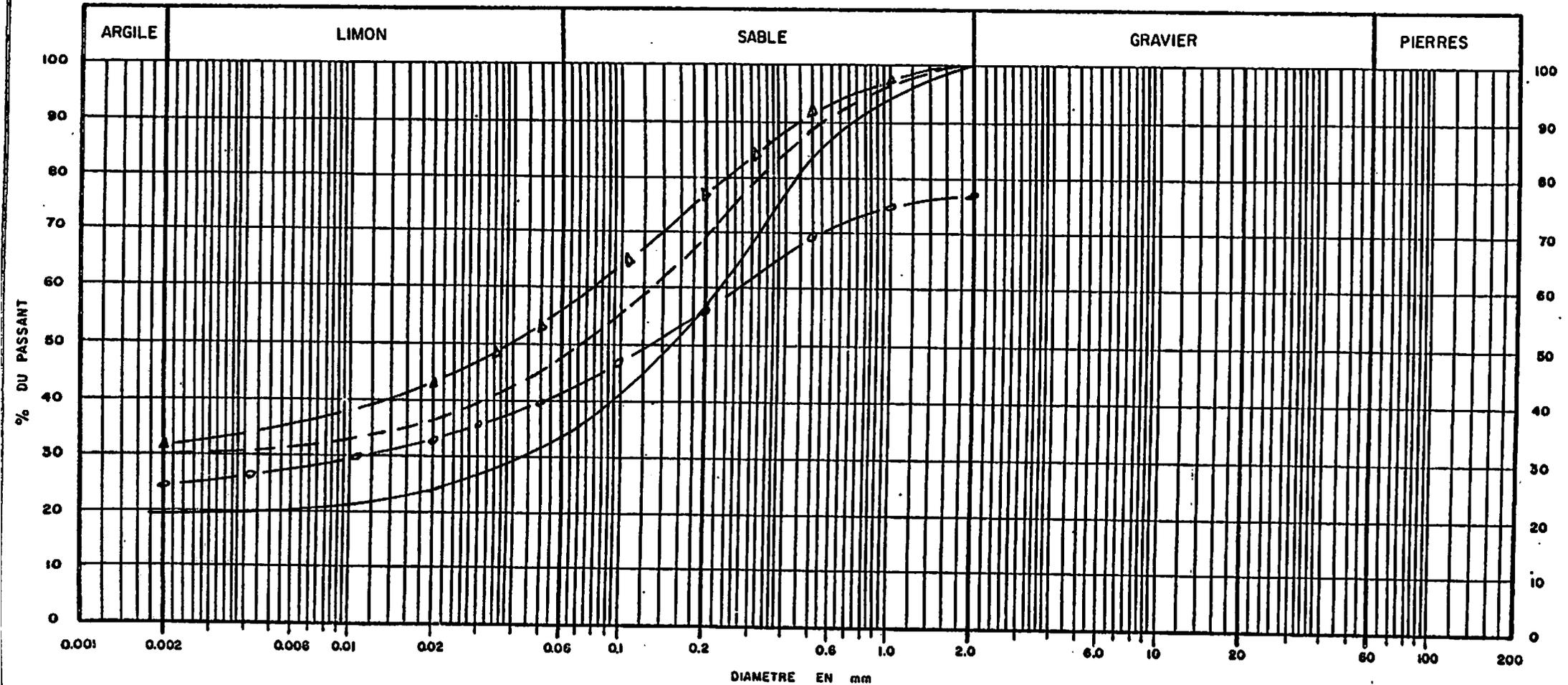
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>Barrage de Garde</i>	S <sub>3</sub> ———	2.80-3.10 m	CL		28	16	16				
	S <sub>3</sub> - - - -	7.00-7.65	SC		26	11	15				
	S <sub>3</sub> — o —	8.80-9.00	CL		36	17	19				
	S <sub>3</sub> — Δ —	10.7-10.90	CH		52	22	30				



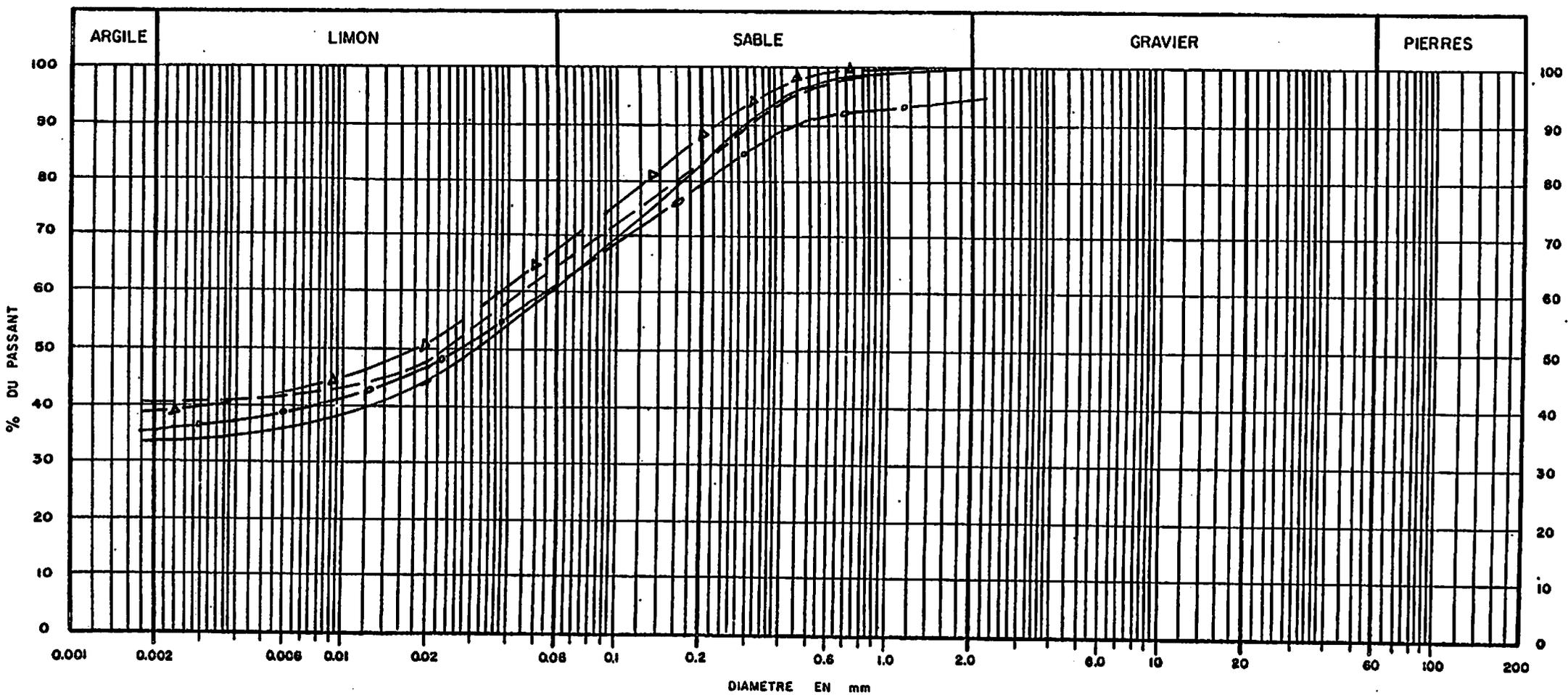
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>Barrage de Garde</i>	P <sub>1</sub> ———	1.00 m	SL		17	11	6				
	P <sub>2</sub> - - - - -	2.0	SL		25	12	13				
	P <sub>3</sub> —○—	1.50-2.00	SL		25	11	14				
	P <sub>4</sub> —△—	2.0	CL		24	11	13				



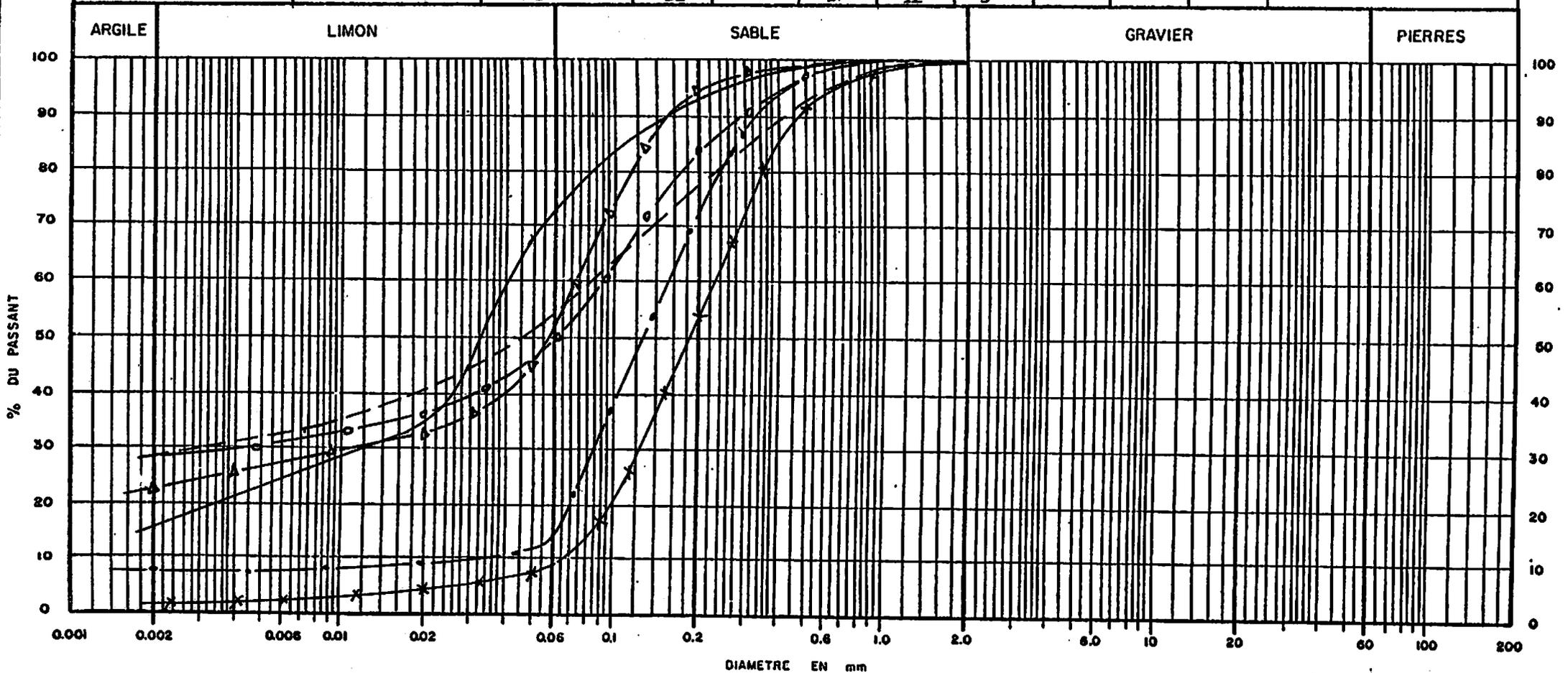
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
Barrage de Garde	P5 _____	2.70 m	CL		24	9	15				
	P6 _____	2.80	CL		23	13	14				
	P6bis _____	3.00	CL		32	13	19				
	P7 _____	3.00	CL		30	10	20				



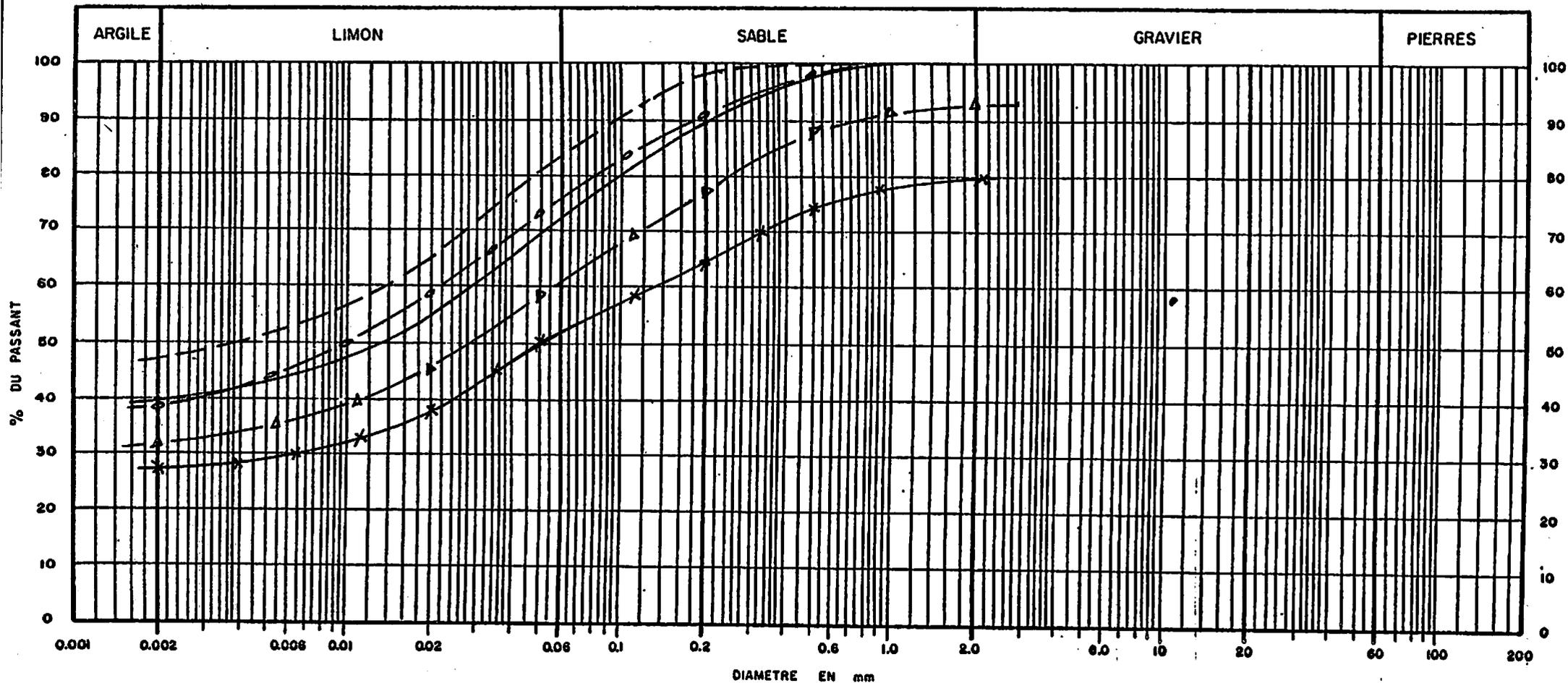
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>Barrage de Garde</i>	PB ———	1.00 m	CL		19	9	10				
	PB - - - - -	2.00	CL		22	9	13				
	PB — o ———	3.70	CL		23	10	13				
	P8a — x ———	1.0	SP		-	-	-				
	P8a — • ———	2.0	SP		-	-	-				
	P8b — Δ ———	1.60	CL		21	12	9				



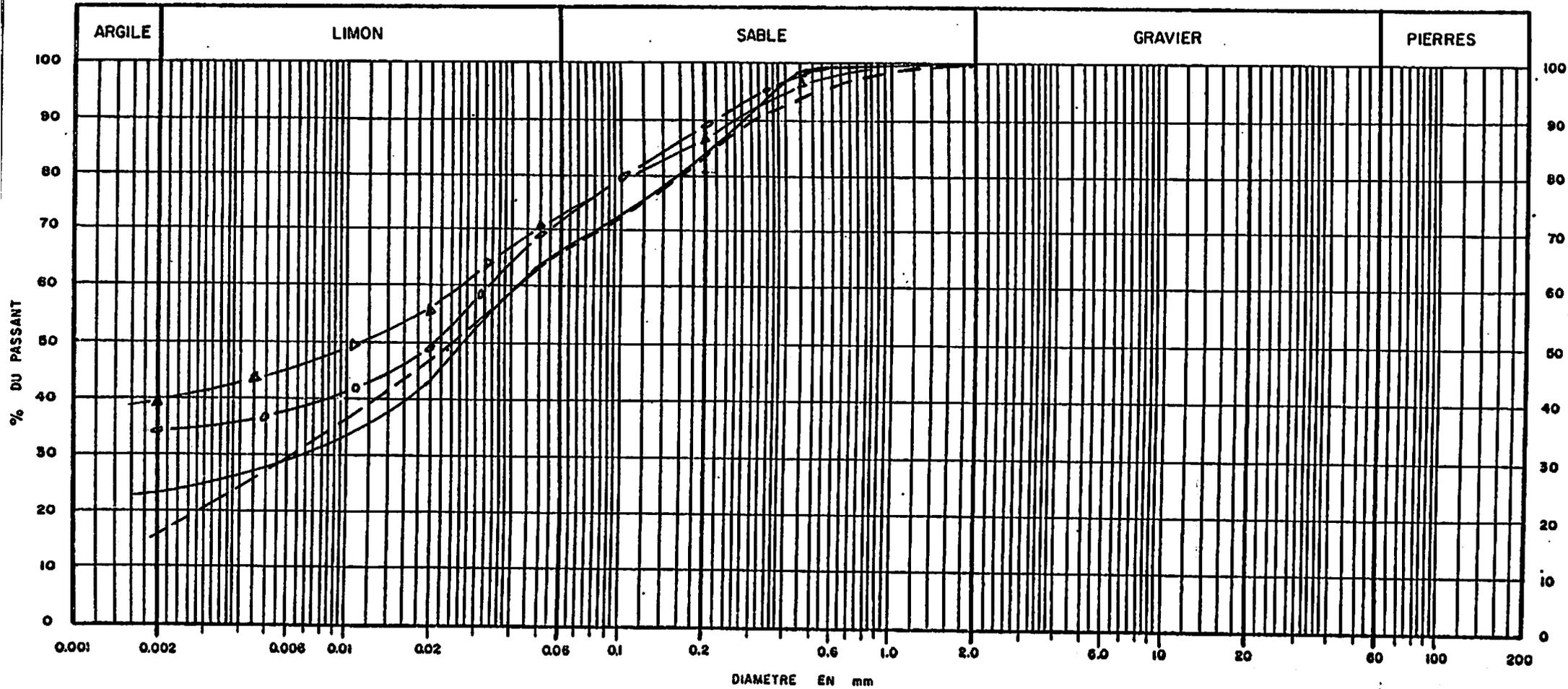
# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
Barrage de Garde	P10 ———	2.00 m	CL		28	9	19				
	P11 - - - - -	0.50	CL		43	23	20				
	P12 ———*	2.50	CL		30	13	17				
	P13 ———°	0.90	CL		29	12	17				
	P18 ———Δ	2.50	CL		29	11	18				



# GRANULOMETRIE

SITE	PUIT / SONDAGE	PROFONDEUR	USCS	W %	W <sub>L</sub> %	W <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	γ <sub>s</sub>	γ	γ <sub>d</sub>	REMARQUES
<i>Barrage de Garde</i>	P19 ———	0.40 m	CL		19	10	3				
	P19 ———	2.30	CL		29	15	14				
	P19 - - - - -	3.80	CL		24	12	12				
	P20 —△—	1.5	CL		42	20	22				



## 2. ESSAIS DE LABORATOIRE CEREEQ 1979

---

# ESSAIS DE LABORATOIRE

CHANTIER : KAYANGA

Sondage		D 37 - PD 6	D 40 + 19 m	D 42 + 34 m	D 46
Profondeur		0,75	0,75	0,75	0,75
Nature de l'échantillon		<i>Limons argileux</i> CL	<i>Limons argileux</i> <i>Argile Timoneuse</i> CL - CH	<i>Sable argileux</i> SC	<i>Gravier limoneux</i> GT
Teneur en eau naturelle (%) W (%)		17,7	8,7	11,1	16,0
Poids spécifique apparent	humide $\gamma$	1,94	1,79	2,08	1,57
	sec $\gamma_d$	1,65	1,65	1,87	1,85
Poids spécifique des grains $\gamma_s$		2,70	2,68	2,70	2,69
Teneur en eau de saturation (%) S (%)					
Degré de saturation (%) S <sub>r</sub>					
Porosité $[n = \frac{e}{1+e}]$		n	0,389	0,385	0,308
Indice des vides e		0,636	0,627	0,446	0,993
Equivalent de sable (%) ES					
Analyse granulométrique et densimétrique	% éléments inférieurs à	2 mm			
		0,5 mm			
		0,1 mm			
		50 $\mu$			
		5 $\mu$			
Limite de liquidité (%) W <sub>L</sub>		44,5	27,0	26,5	46,0
Limite de plasticité (%) W <sub>p</sub>		16,0	15,0	11,0	24,0
Indice de plasticité (%) I <sub>p</sub>		28,5	12,0	15,5	22,0
Angle de frottement interne $\varphi$		26°		25°	
Cohésion (Kg/cm <sup>2</sup> ) c		0,2		0,42	
Coefficient de perméabilité (cm/sec) K <sub>0</sub>			10 <sup>-8</sup> ?	10 <sup>-8</sup>	
Pression de consolidation (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>c</sub>					
Coefficient de compressibilité C <sub>c</sub>		0,05	0,118	0,025	
Pression de gonflement (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>g</sub>					
Vitesse de consolidation C <sub>v</sub>					
Résistance à la compression Kg/cm <sup>2</sup> R <sub>c</sub>					

# ESSAIS DE LABORATOIRE

CHANTIER : KAYANGA

Sondage		C 42	C34.PGC7	C 32	C 16_PDC5
Profondeur		0,75	0,75	0,75	0,75
Nature de l'échantillon		<i>Gravier limoneux</i> GM	<i>Limons argileux</i> CL	<i>Limons argileux</i> CL	<i>Sable argileux</i> SC
Teneur en eau naturelle (%) W(%)		8,3	12,7	10,3	16,0
Poids spécifique apparent	humide $\gamma$	1,78	2,1	1,82	1,80
	sec $\gamma_d$	1,64	1,86	1,65	1,55
Poids spécifique des grains $\gamma_s$		2,73	2,70	2,70	2,78
Teneur en eau de saturation (%) S(%)					
Degré de saturation (%) S <sub>r</sub>					
Porosité $\left[ n = \frac{e}{1+e} \right]$ n		0,399	0,312	0,390	0,433
Indice des vides e		0,665	0,454	0,639	0,764
Equivalent de sable (%) ES					
Analyse granulométrique et densimétrique	éléments inférieurs à	2 mm			
		0,5 mm			
		0,1 mm			
		50 $\mu$			
		5 $\mu$			
Limite de liquidité (%) W <sub>L</sub>		28,0	35,5	30,5	36,5
Limite de plasticité (%) W <sub>p</sub>		17,0	13,5	14,0	15,5
Indice de plasticité (%) I <sub>p</sub>		11,0	22,0	16,5	21,0
Angle de frottement interne $\varphi$			22°	25°	28°
Cohésion (Kg/cm <sup>2</sup> ) c			0,9	0,16	0,16
Coefficient de perméabilité (cm/sec) K <sub>0</sub>			10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	
Pression de consolidation (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>c</sub>					
Coefficient de compressibilité C <sub>c</sub>			0,029	0,17	0,075
Pression de gonflement (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>g</sub>					
Vitesse de consolidation C <sub>v</sub>					
Résistance à la compression (Kg/cm <sup>2</sup> ) R <sub>c</sub>					

# ESSAIS DE LABORATOIRE

CHANTIER : KAYANGA

Sondage		PP1	PD 16	PD 8	
Profondeur		1,50	3,50	1,50	
Nature de l'échantillon		<i>Sable argileux</i>	<i>Sable argileux</i>	<i>Limons argileux</i>	
		<i>SC</i>	<i>SC</i>	<i>CL</i>	
Teneur en eau naturelle (%) W(%)		7,6	6,4	10,0	
Poids spécifique apparent	humide $\gamma$	1,76	1,81	1,80	
	sec $\gamma_d$	1,64	1,70	1,64	
Poids spécifique des grains $\gamma_s$		2,71	2,78	2,71	
Teneur en eau de saturation (%) S(%)					
Degré de saturation (%) S <sub>r</sub>					
Porosité $[n = \frac{e}{1+e}]$ n		0,395	0,307	0,395	
Indice des vides e		0,652	0,606	0,652	
Equivalent de sable (%) ES					
Analyse granulométrique et densimétrique	% éléments inférieurs à	2 mm			
		0,5 mm			
		0,1 mm			
		50 $\mu$			
		5 $\mu$			
Limite de liquidité (%) W <sub>L</sub>		23,0	29,5	42,5	
Limite de plasticité (%) W <sub>p</sub>		11,5	13,5	17,0	
Indice de plasticité (%) I <sub>p</sub>		11,5	18,0	21	
Angle de frottement interne $\varphi$		24°	13°	25,5°	
Cohésion (Kg/cm <sup>2</sup> ) c		0,26		0,36	
Coefficient de perméabilité (cm/sec) K <sub>0</sub>					<i>Echantillon reconstitué (essai non valable)</i>
Pression de consolidation (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>c</sub>					
Coefficient de compressibilité C <sub>c</sub>					
Pression de gonflement (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>g</sub>					
Vitesse de consolidation C <sub>v</sub>					
Résistance à la compression Kg/cm <sup>2</sup> R <sub>c</sub>					

3. ESSAIS DE LABORATOIRE CEREEQ 1980

**ESSAIS DE LABORATOIRE**

- 3 -

CHANTIER : Aménagement de L'Anambé (Barrage de Garde)

Sondage			S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>
Profondeur			4.2 - 4.7m	12.0 - 12.5m	2.0 - 2.5 m	8.9 - 9.45m
Nature de l'échantillon			Argile Sableuse	Argile Legerement Sableuse	Sable Argileux	Sable Argileux
Teneur en eau naturelle (%) W(%)			15.0	22.0	10.8	10.3
Poids spécifique apparent	humide $\gamma$		2.140	1.935	2.060	2.325
	sec $\gamma_d$		1.860	1.585	1.860	2.108
Poids spécifique des grains $\gamma_s$			2.725	2.710	2.715	2.705
Teneur en eau de saturation (%) S(%)			17.1	26.2	16.9	10.5
Degré de saturation (%) S <sub>r</sub>			88	81	64	98
Porosité n			0.317	0.415	0.315	0.221
Indice des vides e			0.465	0.710	0.460	0.283
Equivalent de sable (%) ES			—	—	—	—
Analyse granulométrique et densimétrique	% éléments inférieurs à	2 mm	100.0	96.0	100.0	76.0
		0,5 mm	96.0	94.0	86.0	68.0
		0,1 mm	70.0	86.0	44.0	38.0
		50 $\mu$	—	—	—	—
		5 $\mu$	—	—	—	—
Limite de liquidité (%) WL			33.5	62.5	24.5	25.0
Limite de plasticité (%) W <sub>p</sub>			15.5	28.5	10.0	11.5
Indice de plasticité (%) I <sub>p</sub>			18.0	34.0	14.5	13.5
Angle de frottement interne $\varphi$			—	—	—	—
Cohésion (Kg/cm <sup>2</sup> ) c			—	—	—	—
Coefficient de perméabilité (cm/sec) K <sub>o</sub>						
Pression de consolidation (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>c</sub>			0.94	1.25	1.15	0.90
Coefficient de compressibilité C <sub>c</sub>			0.047	0.120	1.174	0.025
Pression de gonflement (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>g</sub>			—	0.30	—	—
Vitesse de consolidation (cm <sup>2</sup> /sec) C <sub>v</sub>			9.85 x 10 <sup>-4</sup>	5,91 x 10 <sup>-4</sup>	3.54 x 10 <sup>-4</sup>	3.33 x 10 <sup>-3</sup>
Résistance à la compression Kg/cm <sup>2</sup> R <sub>c</sub>			—	—	—	—

CHANTIER : Aménagement de L'Anambé (Barrage de garde)

Sondage			S <sub>3</sub>		
Profondeur			14.0 - 14.5		
Nature de l'échantillon			Sable Argileux		
Teneur en eau naturelle (%) W(%)			30.5		
Poids spécifique apparent	humide $\gamma$		1.730		
	sec $\gamma_d$		1.325		
Poids spécifique des grains $\gamma_s$			2.760		
Teneur en eau de saturation (%) S(%)			39.2		
Degré de saturation (%) S <sub>r</sub>			78		
Porosité n			0.519		
Indice des vides e			1.083		
Equivalent de sable (%) ES		—	—	—	—
Analyse granulométrique et densimétrique	% éléments inférieurs à	2 mm	96.0		
		0,5 mm	80.0		
		0,1 mm	42.0		
		50 $\mu$	—		
		5 $\mu$	—		
Limite de liquidité (%) WL			40.5		
Limite de plasticité (%) WP			16.5		
Indice de plasticité (%) Ip			24.0		
Angle de frottement interne $\varphi$			—		
Cohésion (Kg/cm <sup>2</sup> ) C			—		
Coefficient de perméabilité (cm/sec) K <sub>o</sub>					
Pression de consolidation (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>c</sub>			0.82		
Coefficient de compressibilité C <sub>c</sub>			0.220		
Pression de gonflement (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>g</sub>					
Vitesse de consolidation (cm <sup>2</sup> /sec) v			1.97 x 10 <sup>-4</sup>		
Résistance à la compression Kg/cm <sup>2</sup> R <sub>c</sub>			—		

# ESSAIS DE LABORATOIRE

- 5 -

CHANTIER : Aménagement de L'Anambé ( Niandouba )

Sondage		$S_1$		$S_2$	
Profondeur				19.5-20.0 m	
Nature de l'échantillon		Argile légèrement Sableuse		Argile Très Plastiques	
Teneur en eau naturelle (%) $W(\%)$		13.9		36.9	
Poids spécifique apparent	humide $\gamma$	2.220		1.825	
	sec $\gamma_d$	1.449		1.333	
Poids spécifique des grains $\gamma_s$		2.725		2.760	
Teneur en eau de saturation (%) $S(\%)$		14.6		38.8	
Degré de saturation (%) $S_r$		95		95	
Porosité $n$		0.285		0.517	
Indice des vides $e$		0.398		1.070	
Equivalent de sable (%) $ES$		—		—	
Analyse granulométrique et densimétrique	% éléments inférieurs à	2 mm	100.0	—	
		0,5 mm	96.0	—	
		0,1 mm	88.0	100.0	
		50 $\mu$	—		
		5 $\mu$	—		
Limite de liquidité (%) $WL$		38.0		107.0	
Limite de plasticité (%) $Wp$		15.5		30	
Indice de plasticité (%) $I_p$		22.0		77.0	
Angle de frottement interne $\varphi$		—		—	
Cohésion ( $Kg/cm^2$ ) $C$		—		—	
Coefficient de perméabilité ( $cm/sec$ ) $K_o$				$167 \times 10^{-6}$	
Pression de consolidation ( $Kg/cm^2$ ) $P_c$		0.84		—	
Coefficient de compressibilité $C_c$		0.045		0.235	
Pression de gonflement ( $Kg/cm^2$ ) $P_g$		—			
Vitesse de consolidation ( $cm^2/sec$ ) $C_v$		$2.18 \times 10^{-3}$		$14.5 \times 10^{-6}$	
Résistance à la compression $Kg/cm^2$ $R_c$		—		—	

# ESSAIS DE LABORATOIRE

- 6 -

CHANTIER : Aménagement de L'Anambé ( Barrage du confluent )

Sondage		S <sub>1</sub>		S <sub>2</sub>	
Profondeur		3.0 - 3.5 m		4.0 - 4.5 m	
Nature de l'échantillon		Argile Légèrement Sableuse		Argile Légèrement Sableuse	
Teneur en eau naturelle (%) W(%)		16.4		16.9	
Poids spécifique apparent	humide $\gamma$	2.085		2.130	
	sec $\gamma_d$	1.790		1.820	
Poids spécifique des grains $\gamma_s$		2.735		2.750	
Teneur en eau de saturation (%) S(%)		19.3		18.6	
Degré de saturation (%) S <sub>r</sub>		85		91	
Porosité n		0.345		0.338	
Indice des vides e		0.528		0.511	
Equivalent de sable (%) ES		—		—	
Analyse granulométrique et densimétrique	% éléments inférieurs à	2 mm	98.0		98.0
		0,5 mm	96.0		96.0
		0,1 mm	74.0		80.0
		50 $\mu$	—		—
		5 $\mu$	—		—
Limite de liquidité (%) W <sub>L</sub>		39.0		31.5	
Limite de plasticité (%) W <sub>p</sub>		13.5		12.5	
Indice de plasticité (%) I <sub>p</sub>		25.5		19.0	
Angle de frottement interne $\varphi$		—		—	
Cohésion (Kg/cm <sup>2</sup> ) c		—		—	
Coefficient de perméabilité (cm/sec) K <sub>o</sub>		899 x 10 <sup>-6</sup>			
Pression de consolidation (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>c</sub>		0.64		0.98	
Coefficient de compressibilité C <sub>c</sub>		0.040		0.078	
Pression de gonflement (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>g</sub>		—		—	
Vitesse de consolidation (cm <sup>2</sup> /sec) C <sub>v</sub>		3.73 x 10 <sup>-4</sup>		4.43 x 10 <sup>-4</sup>	
Résistance à la compression Kg/cm <sup>2</sup> R <sub>c</sub>		—		—	

# ESSAIS DE LABORATOIRE

- 7 -

CHANTIER : Aménagement de L'Anambé

Sondage		L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	
Profondeur		0.00 - 1.0 m	0.00 - 0.5 m	0.00 - 0.3 m	
Nature de l'échantillon		Laterite	Laterite	Laterite	
Teneur en eau naturelle (%) W(%)		—			
Poids spécifique apparent	humide $\gamma$	—			
	sec $\gamma_d$	—			
Poids spécifique des grains $\gamma_s$		2.795	2.815	2.665	
Teneur en eau de saturation (%) S(%)					
Degré de saturation (%) S <sub>r</sub>					
Porosité n					
Indice des vides e					
Equivalent de sable (%) ES		—	—	—	
Analyse granulométrique et densimétrique	% éléments inférieurs à	2 mm	41.0	60.5	22.0
		0,5 mm	34.5	53.5	13.0
		0,1 mm	22.0	36.5	5.0
		50 $\mu$	—	—	—
		5 $\mu$	—	—	—
Limite de liquidité (%) W <sub>L</sub>		29.0	40.0	22.5	
Limite de plasticité (%) W <sub>p</sub>		14.5	18.0	17.0	
Indice de plasticité (%) I <sub>p</sub>		14.5	22.0	5.5	
Angle de frottement interne $\varphi$		—	—	—	
Cohésion (Kg/cm <sup>2</sup> ) C		—	—	—	
Coefficient de perméabilité (cm/sec) K <sub>o</sub>		—	—	—	
Pression de consolidation (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>c</sub>		—	—	—	
Coefficient de compressibilité C <sub>c</sub>		—	—	—	
Pression de gonflement (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>g</sub>		—	—	—	
Vitesse de consolidation C <sub>v</sub>		—	—	—	
Résistance à la compression Kg/cm <sup>2</sup> R <sub>c</sub>					

CHANTIER :

Sondage		L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>		
Profondeur		0.00 - 0.60m	0.00 - 0.50m		
Nature de l'échantillon		Laterite	Laterite		
Teneur en eau naturelle (%) W(%)		—	—		
Poids spécifique apparent	humide $\gamma$	—	—		
	sec $\gamma_d$	—	—		
Poids spécifique des grains $\gamma_s$		2.760	2.730		
Teneur en eau de saturation (%) S(%)					
Degré de saturation (%) S <sub>r</sub>					
Porosité n					
Indice des vides e					
Equivalent de sable (%) ES		—	—		
Analyse granulométrique et densimétrique	% éléments inférieurs à	2 mm	7.0	11.0	
		0,5 mm	4.5	7.0	
		0,1 mm	2.0	3.5	
		50 $\mu$	—	—	
		5 $\mu$	—	—	
Limite de liquidité (%) W <sub>L</sub>		26.0	30.5		
Limite de plasticité (%) W <sub>p</sub>		17.0	19.5		
Indice de plasticité (%) I <sub>p</sub>		9.0	11.0		
Angle de frottement interne $\varphi$		—	—		
Cohésion (Kg/cm <sup>2</sup> ) C		—	—		
Coefficient de perméabilité (cm/sec) K <sub>0</sub>		—	—		
Pression de consolidation (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>c</sub>		—	—		
Coefficient de compressibilité C <sub>c</sub>		—	—		
Pression de gonflement (Kg/cm <sup>2</sup> ) P <sub>g</sub>		—	—		
Vitesse de consolidation C <sub>v</sub>		—	—		
Résistance à la compression Kg/cm <sup>2</sup> R <sub>c</sub>		—	—		

4. ESSAIS DE LABORATOIRE ECOLE POLYTECHNIQUE DE ZURICH 1981

---

## 1. Introduction

Par lettres du 4 mars 1981 et du 17 mars 1981 l'Institut de Technique des Fondations et de Mécanique des Sols, de l'Ecole Polytechnique de Zurich, a été chargé d'essais sur des matériaux des digues du projet Anambé.

Le programme d'essais a été suivi par Monsieur A. Meyer d'après les instructions d'Elektrowatt Ingénieurs-Conseils S.A., Zurich.

Les essais suivants ont été exécutés:

- Granulométrie, limites de consistance, teneur en matière organique.

Sur trois matériaux choisis (Lab. nos. 39611, 39618, 39622)

- Essais de Proctor modifié
- Essais oedométriques
- Essais triaxiaux

## 2. Résultats des essais

### 2.1 Classification

On a déterminé la granulométrie et les limites de consistance. Les résultats de ces essais se trouvent aux annexes nos. 2, 3 et 4.

Les matériaux peuvent se décrire comme suit: argile limoneuse de plasticité faible avec peu jusqu'à beaucoup de sable.

Sur cinq échantillons on a déterminé la teneur en matière organique (British Standard Test). Les résultats de ces essais sont contenus à l'annexe no. 1. La teneur en matière organique des différents matériaux est faible (1) jusqu'à grande (5).

## 2.2 Essais de Proctor modifié

Avec les matériaux choisis on a fait trois essais de Proctor modifié selon la Norme SNV 670 330a. Les résultats de ces essais se trouvent aux annexes nos. 5, 6 et 7.

### Récapitulation des résultats

No. de Lab.	Teneur en eau opt $w_{opt}$ [%]	Poids spécifique apparent sec max $\gamma_{d_{max}}$ [t/m <sup>3</sup> ]
39611	8,6	2,12
39618	12,5	1,90
39622	9,5	2,05

## 2.3 Confection des éprouvettes pour les essais oedométriques et triaxiaux

Pour tous les essais oedométriques et triaxiaux on a confectionné les éprouvettes en remplissant un tube métallique avec la quantité de matériau désirée et à l'aide de deux pistons on les a ensuite compactées statiquement sous la presse Amsler.

Les teneurs en eau demandées au compactage doivent être supérieures à  $w_{optimum}$  de 1 % avec les densités sèches correspondantes des essais de Proctor modifiés.

Les teneurs en eau et les densités sèches des éprouvettes confectionnées, sont contenues dans le tableau no. 1.

Tableau No. 1

No. de Lab.	Teneur en eau $w$ [%]	Densité sèche $\gamma_d$ [t/m <sup>3</sup> ]
39611	9,7	2,10
39618	14,6	1,89
39622	10,3	2,07

Les dimensions des éprouvettes pour les essais triaxiaux sont les suivantes: diamètre  $d = 5,64$  cm, hauteur  $h = 11,0$  cm.

#### 2.4 Essais oedométriques

On a effectué avec les matériaux choisis trois essais oedométriques. Les résultats de ces essais se trouvent aux annexes nos 8, 9, 10, 11, 12 et 13.

Remarque: En considérant les diagrammes de compressibilité on constate un gonflement au début des essais. Ce phénomène s'explique comme suit: les éprouvettes ont été saturées dans le cylindre oedométrique et ont ainsi subi un gonflement du fait de l'absorption d'eau.

La valeur  $M_E$  pour un premier chargement se calcule d'après la formule

$$M_E = \frac{1 + e_0}{C_c} \cdot \frac{\Delta\sigma}{\frac{\log \sigma + \Delta\sigma}{\sigma}}$$

Les indices de vide ( $e_0$ ) et de compressibilité ( $C_c$ ) pour une augmentation des tensions ( $\Delta\sigma$ ) de  $\sigma = 1,0$  kg/cm<sup>2</sup> à  $\sigma = 4,0$  kg/cm<sup>2</sup> sont contenus dans le tableau no. 2.

On a exécuté sur chaque éprouvette un essai de perméabilité d'après Darcy à la pression de  $\sigma = 1$  kg/cm<sup>3</sup>. Avec les courbes de tassement en fonction du temps ( $\sigma = 2-4$  kg/cm<sup>2</sup>) on peut calculer les valeurs des coefficients de perméabilité. Les résultats obtenus se trouvent aussi au tableau no. 2.

Tableau No. 2

No. de Lab	$e_o$	$C_c$	Valeur k (Darcy) [cm/s]	k (courbe de consolidation dans le temps) [cm/s]
39611	0,27	0,07	$< 10^{-9}$	$5,6 \cdot 10^{-10}$
39618	0,38	0,04	$4,2 \cdot 10^{-9}$	$3,0 \cdot 10^{-9}$
39622	0,27	0,04	$1,8 \cdot 10^{-9}$	$3,2 \cdot 10^{-9}$

On n'a pas pu déterminer le coefficient de perméabilité k dans l'essai de Darcy pour l'éprouvette No. 39611, la quantité d'eau écoulée en un jour n'étant pas mesurable.

### 2.5 Essais triaxiaux

Avec les éprouvettes on a effectué trois essais consolidés-non drainés pour chaque matériau. A cause des densités sèches élevées, la seule possibilité d'avoir des échantillons saturés, était de soumettre les éprouvettes à une "Backpressure". Les éprouvettes ont été saturées en portant la pression intersticielle à  $4,0 \text{ kg/cm}^2$  avec une pression latérale de  $5,0 \text{ kg/cm}^2$  durant 5 à 10 jours. Ces longs temps de saturation s'expliquent par le très petit coefficient de perméabilité.

Pour contrôler le degré de saturation on a fait avec chaque éprouvette un essai "B". Les résultats de ces essais se trouvent à l'annexe no. 20. Les éprouvettes ont été ensuite consolidées; les contraintes latérales de consolidation étaient de 1,1 resp. 1,3 , 2,0 et  $4,0 \text{ kg/cm}^2$ .

Remarque: Après les essais "B" la différence entre la contrainte latérale et la pression intersticielle était supérieure à la pression latérale de  $1 \text{ kg/cm}^2$  demandée dans le programme d'essai. On a donc été amené à augmenter la pression latérale jusqu'à une valeur correspondant à la différence minimale entre les pressions latérales et intersticielles dans l'essai "B". D'autre part on a renoncé à faire des essais aux pressions latérales de  $\sigma_3 = 3,0$  resp.  $6,0 \text{ kg/cm}^2$  du fait qu'un seul

appareillage triaxial permettait de travailler à ces pressions élevées ce qui aurait exigé un temps encore plus long pour l'exécution des essais. Les résultats de ces essais sont représentés aux annexes nos. 14, 15, 16, 17, 18, 19.

Pour déterminer l'angle de frottement, on a relié les trois essais par une droite dans le diagramme p-q.

Récapitulation des résultats

No. de Lab.	$\phi'$ [°]	$c'$ [ kg/cm <sup>2</sup> ]
39611	36	0,2
39618	36	0,8
39622	27	1,1

Ecole Polytechnique Fédérale Zurich  
Institut de Technique des Fondations  
et de Mécanique des Sols

H.J.L.  
Prof. H.J. Lang

Zurich, le 18 juin 1981

Rapport no. 3945

Mey/May/tf

Provenance: Projet Anambé Sénégal

Echantillon No de Labo.	Sondage No	Cote profondeur m	Nature de l'échantillon	Désignation géotechnique du matériau	Désign. selon SNV	Etat à la livraison							Limites de consistance selon Atterberg					Granulométrie					Essai de compression simple		Essai au cône		Inclusions de matière organ.	Remarques							
						w %	Y t/m <sup>3</sup>	Y <sub>d</sub> t/m <sup>3</sup>	Y <sub>0</sub> t/m <sup>3</sup>	n %	S <sub>r</sub> %	Ca %	w <sub>L</sub> %	w <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	< 0,002 %	< 0,02 %	< 0,2 %	< 2 mm %	< 20 mm %	grain max mm	1/2 d <sub>c</sub> kg/cm <sup>2</sup>	w %	σ <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	σ <sub>g</sub> kg/cm <sup>2</sup>										
39615	PD1	1.0 m		Limon argileux	CL				2.65								34.2	13.9	20.3	32.9	49.4	88.6	99.9	< 2									Barrage de Niandouba		
39619	PD8	1.5 m		Limon argileux	CL				2.66								21.5	13.5	8.0	16.8	35.8	95.3	100	< 2									3	Barrage de Niandouba	
39620	PD6	0 - 2.0 m		Limon argileux	CL				2.63								38.1	8.6	29.5	33.8	53.9	96.9	100	< 2										Barrage de Niandouba	
39621	PD10	1.7 m		Limon argileux	CL				2.63								30.7	10.7	20.0	29.4	41.1	82.9	100	< 2											Barrage de Niandouba
39622	PD9	4.0 m		Limon argileux	CL				2.62								30.5	11.0	19.5	32.0	42.0	82.6	100	< 2									2	Barrage de Niandouba	
39611	P5			Limon argileux	CL				2.67								27.9	7.9	20.0	30.1	43.6	90.4	100	< 2											Barrage de Garde
39612	P20			Limon argileux	CL				2.68								31.7	9.5	22.2	30.6	51.0	89.8	100	< 2											Barrage de Garde
39613	P8			Limon argileux	CL				2.66								28.4	9.3	19.1	18.5	36.6	85.8	99.9	< 4									1	Barrage de Gardé	
39614	P20	0 - 2.0 m		Limon argileux	CL				2.66								35.9	21.1	14.8	35.6	59.8	95.8	100	< 2									4	Barrage du Confluent	
39618	P15	0 - 2.0 m		Limon argileux	CL				2.60								38.7	16.2	22.5	41.0	66.2	98.5	100	< 2									5	Barrage du Confluent	

Zurich, 23.6.81

u : Echantillon non dérangé  
 g : Echantillon dérangé  
 BK : Carotte

Remarque :



Champs laissés en blanc :  
 Le coefficient n'a pas été déterminé  
 Barre dans le champs :  
 Le coefficient n'est pas déterminable

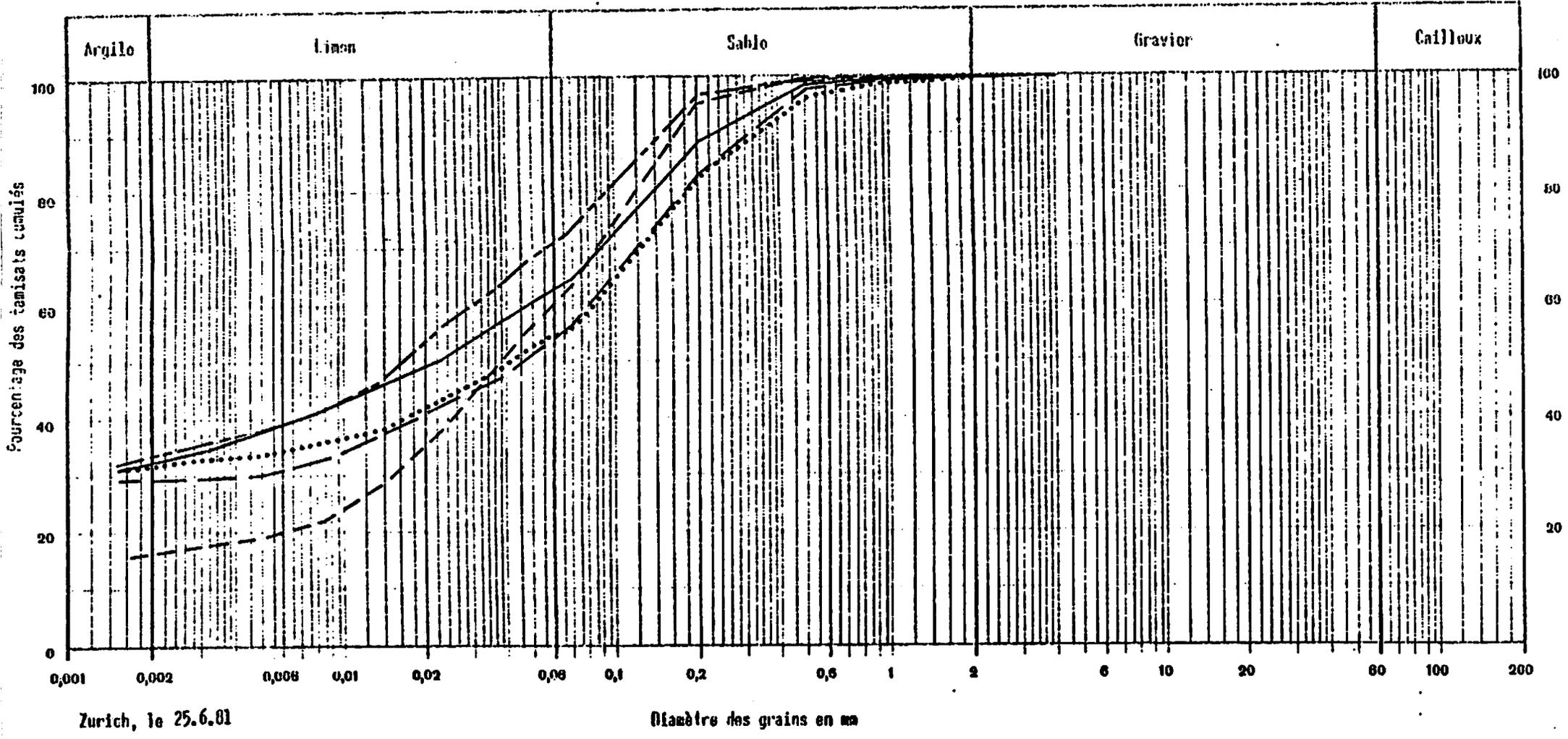
EPF - Zurich  
 Institut de Technique des Fondations  
 et de Mécanique des Sols

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Provenance de l'échantillon : Barrage de Niandouba

Sondage No :

Signe conventionnel	No de laboratoire	Profondeur en m
PD 1 —————	39615	1
PD 8 - - - - -	39619	1.5
PD 6 — - - —	39620	0 - 2
PD 10 — — — —	39621	1.7
PD 9 ..... ..	39622	4



Zurich, le 25.6.81

Diamètre des grains en mm

EPF - Zurich  
Institut de Technique des Fondations  
et de Mécanique des Sols

### ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Signe  
conventionnel

No de  
laboratoire

Profondeur  
en m

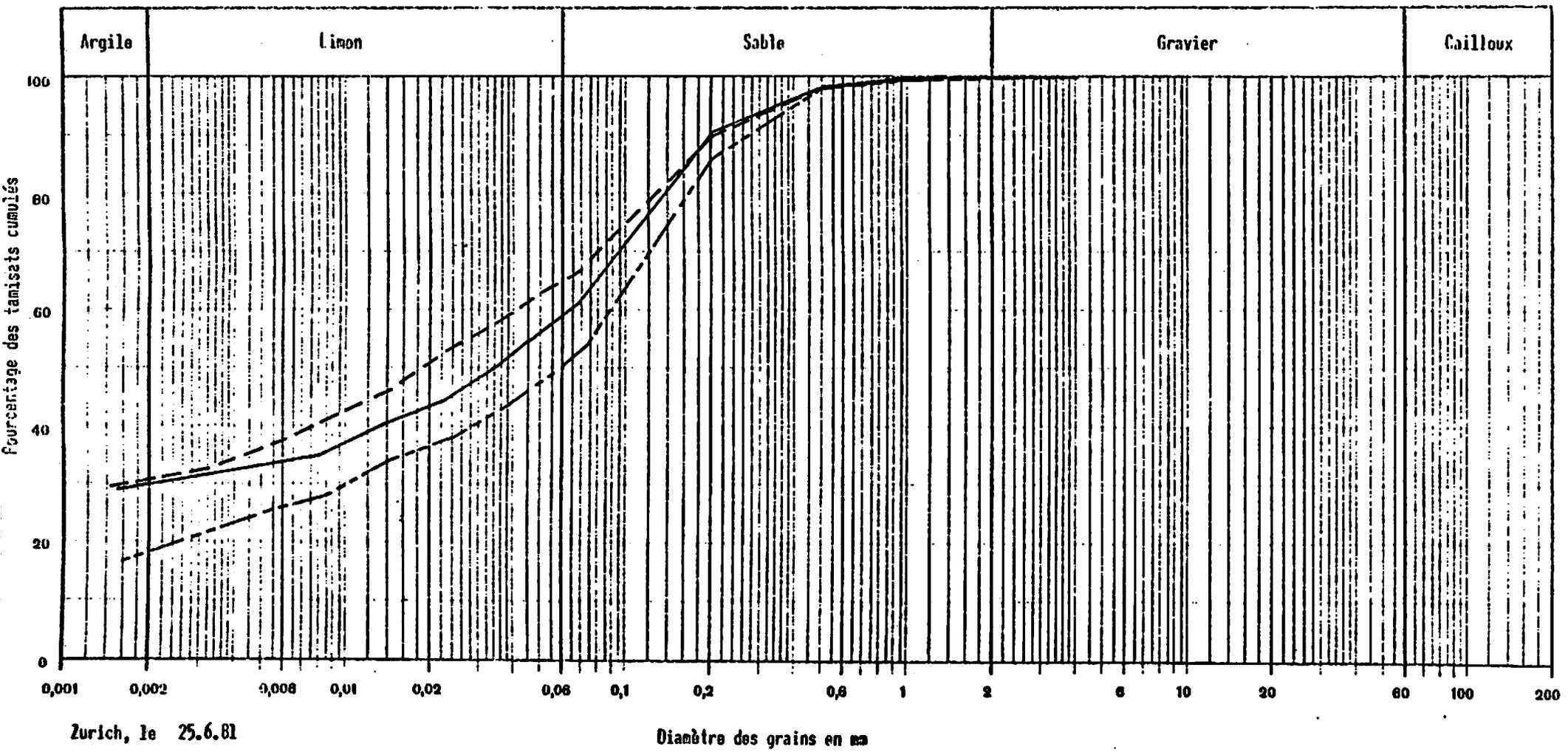
Provenance de l'échantillon : Barrage de Garda

P 5 \_\_\_\_\_ 39611

P 20 - - - - - 39612

P 8 - - - - - 39613

Sondage No :



Zurich, le 25.6.81

Diamètre des grains en mm

EPF - Zurich  
Institut de Technique des Fondations  
et de Mécanique des Sols

### ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Signe  
conventionnel

No de  
laboratoire

Profondeur  
en m

Provenance de l'échantillon : Barrage du Confluent

P 20 —————

39614

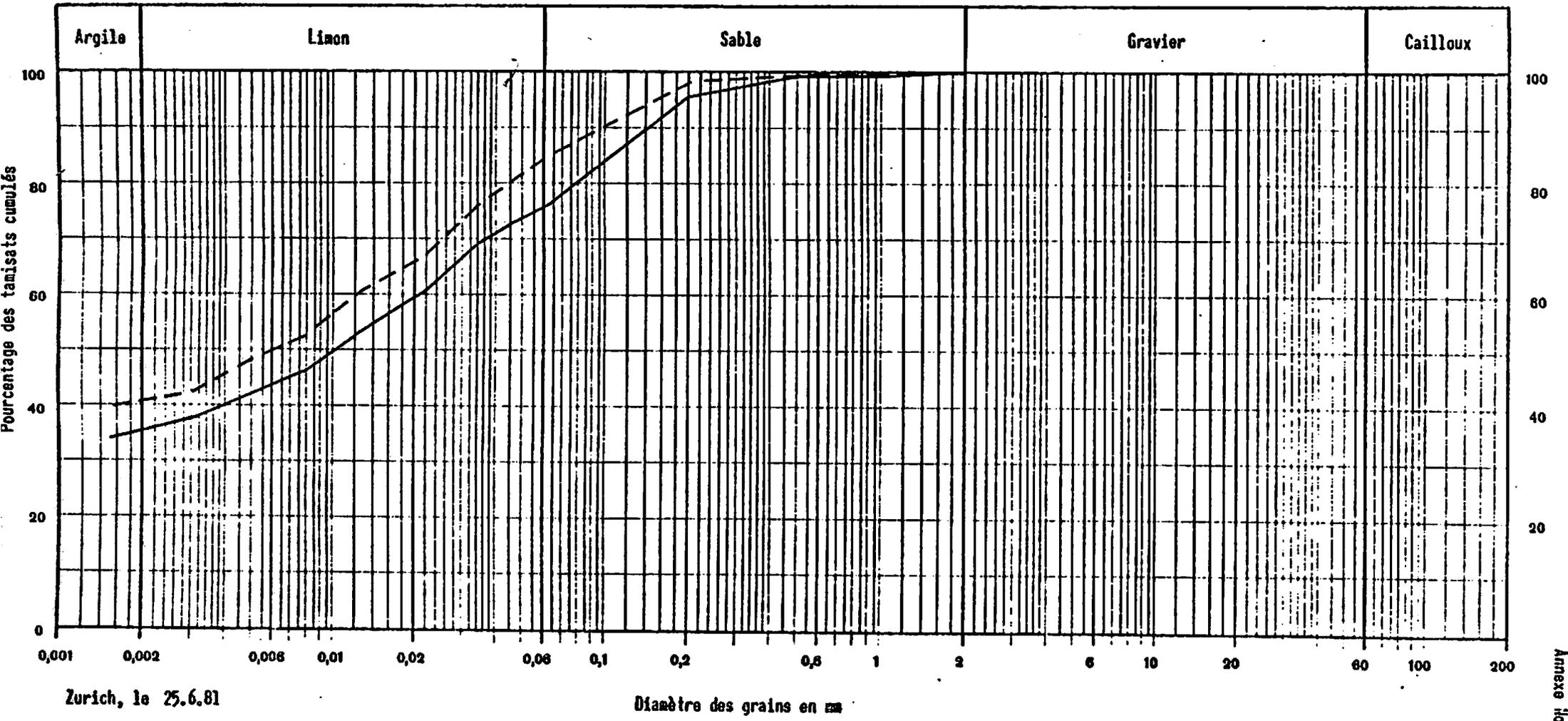
0 - 2

P 15 - - - - -

39618

0 - 2

Sondage No :



Zurich, le 25.6.81

Diamètre des grains en mm

### 5. ESSAIS PROCTOR

Site	Puits	Profondeur	$W_{opt}$ (%)	$\gamma_{d_{max}}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (t/m <sup>3</sup> )
Barrage de Niandouba	D42 + 34 m		13.5	1.87	2.70
	PD 10		12.5	1.87	2.70
	PGC 11		13.9	1.86	2.70
	PD 16		15	1.85	2.78
	C 32		14.2	1.85	2.70
	PD 9		14.0	1.85	2.71
	D40 + 19 m		14.0	1.85	2.68
	PD 1		12.5	1.85	2.71
	PG 7		14.5	1.83	2.70
	PGC 7		16.5	1.82	2.70
	D 46		17.5	1.74	2.69
PD 6		16.5	1.70	2.70	
Barrage de garde	P 5		8.6	2.12	2.67
Barrage du confluent	P 15	0 - 2.0 m	12.5	1.9	2.60
	PD 9	4.0 m	9.5	2.05	2.62