

## Effet du remaniement par décompression de l'échantillon sur la résistance au cisaillement de l'argile-sableuse jaunâtre de Ndogbong dans la région de Douala au Cameroun

HIENG I. O.

ENSET

### RESUME

L'étude relative à la quantification de l'influence de la décompression des échantillons sur les caractéristiques de compressibilité de l'argile sableuse jaunâtre de Ndogbong dont il est rendu compte dans ce qui suit a comporté deux principales parties à savoir :

- 1 - une campagne d'investigation qui a consisté en l'exécution des prélèvements des échantillons intacts ;
- 2 - une série d'essais de cisaillement en laboratoire à l'aide de l'appareil triaxial suivant un programme d'essais préalablement défini.

Le sondage est descendu jusqu'à 10 mètres de profondeur. Le prélèvement des échantillons non remaniés a été effectué entre 1.50 et 2.00 mètres de profondeur. La couche d'argile sableuse jaunâtre quant à elle a été rencontrée entre 0.50 et 3.00 mètres de profondeur. La programmation des essais s'étalait sur une période de huit jours. Au premier jour, tous les échantillons intacts du sol dans les conteneurs en plastique sont dénudés de leur protection de couche de paraffine et sont laissés à l'air ambiant du laboratoire. Les premiers essais ont été exécutés ce premier jour et ont permis d'obtenir les valeurs des différentes caractéristiques géotechniques de ce sol intact. La série d'essais suivante a été expérimentée deux jours plus tard. La troisième et la quatrième série d'essais ont été respectivement réalisées le quatrième et le huitième jours. Tous ces essais ont été réalisés sous les mêmes conditions de température et de pression atmosphérique du laboratoire. Les résultats obtenus ont permis de mieux appréhender cette forme de remaniement par décompression des échantillons laissés à l'air ambiant. On a pu apprécier les effets du remaniement qui s'en ont suivis et quantifier l'influence plus ou moins grande de ce type de remaniement sur les valeurs des différents paramètres du sol étudié.

**Mots clés:** Echantillon, argile, indice de compression, teneur en eau, indice des vides, poids spécifique des grains solides, poids spécifique total, coefficient de consolidation, contrainte de préconsolidation, triaxial, cisaillement.

### ABSTRACT

The study related to the quantification of the decompression influence on the compressibility characteristics of yellowish sandy clay samples from NDOGBONG is reported in this paper. This study is presented in two main parts namely:

- 1 A site investigation campaign which consisted of extracting (intact) soil samples ;
- 2 A series of laboratory compressive tests by the mean of the triaxial apparatus following a programme of tests preliminarily defined on purpose.

The site investigation permits the extraction of undisturbed samples at a depth between 1.50m to 2.00m The yellowish sandy clay was met between 0.50m to 3.00m deep. The test programme was carried out for 8 (eight) days during which the tests was realise in 4 (four) days. During the first day, all the samples in the plastic containers were stripe of their protection layer of paraffin and left in surrounding air of the laboratory. The first tests were done this first day which permitted us to obtain the values of the different geotechnical characteristics of this soil intact. The following series of tests were experimented within two days. The third and fourth series of tests were carried out on the fourth and eighth day afterwards. All these tests were carried out under the same temperature atmospheric conditions in laboratory. The results were obtained which permitted us to better apprehend this form of alteration by decomposition of samples exposed to the surrounding air. We had appreciated the effects of alteration which follow there-after by quantifying more or less the type of alteration based on the values of the different parameters of the soil study.

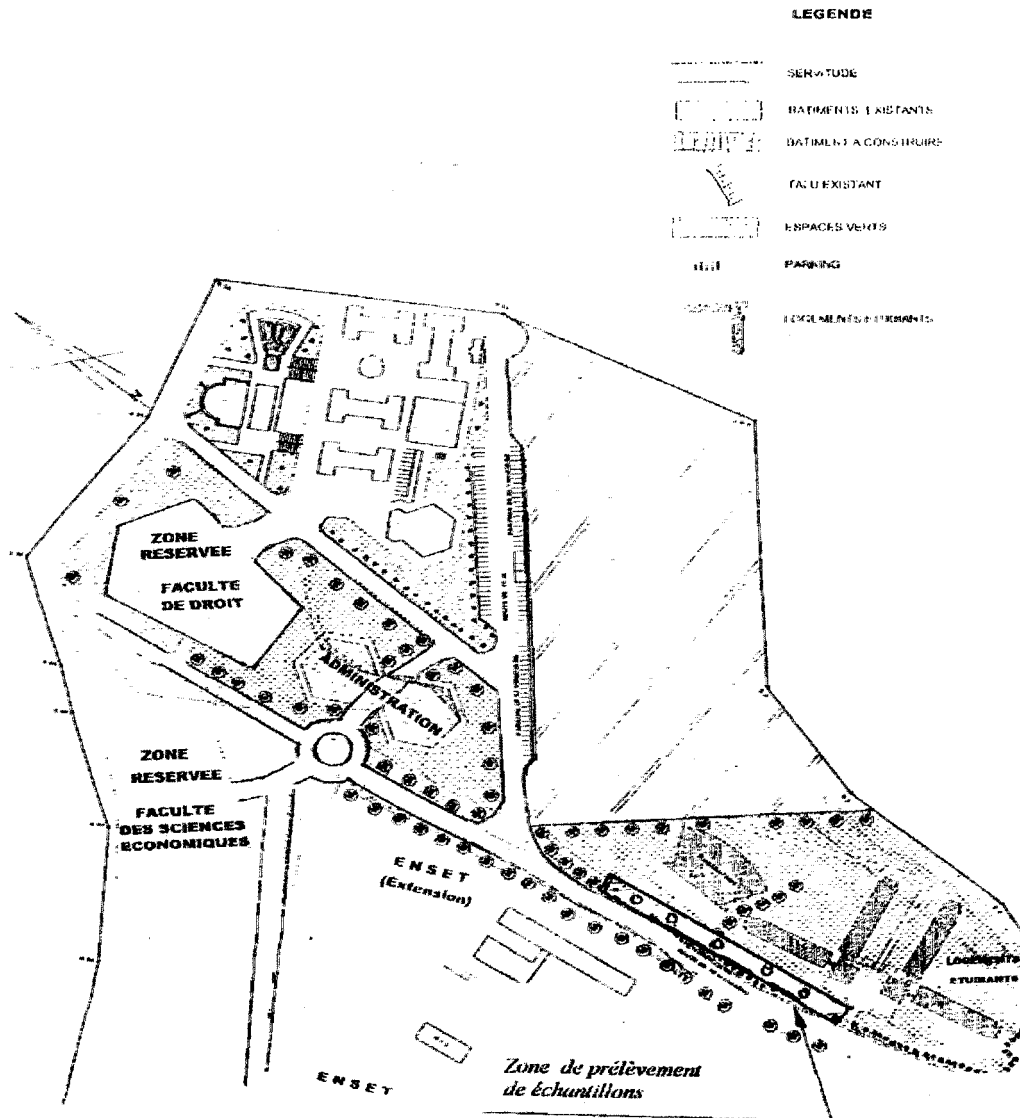
**Key words:** Sample, clay, compression, indice, water content, voids indice, specific grain solid, total specific weigh , consolidation coefficient, preconsolidation stress, triaxial.

## I - INTRODUCTION

Le problème du remaniement des échantillons est une préoccupation majeure dans la pratique des essais en laboratoire. En effet, le souci d'obtenir les résultats fiables à partir des essais réalisés sur des échantillons intacts pour se convaincre de la réalité du comportement du sol en place est au centre de la problématique dans l'expérimentation des essais en laboratoire. La prise en compte des effets possibles du remaniement des échantillons intéresse aussi bien les expérimentateurs que les chercheurs, ce d'autant plus que les causes du remaniement sont diverses et multiples. Le remaniement peut survenir lors de l'échantillonnage, pendant le transport ou au cours des différentes manipulations en laboratoire. Il va sans dire que quantifier la variation des valeurs des caractéristiques du sol consécutive au degré de remaniement des échantillons est un axe de recherche

important dans la pratique de la géotechnique expérimentale.

Ainsi, l'objectif de la présente étude est une approche spécifique de l'évaluation des effets du remaniement des échantillons sur le comportement de l'argile sableuse jaunâtre prélevée à Ndogbong dans la région de Douala au Cameroun. Autrement dit, notre préoccupation est consécutive à la question de pouvoir apprécier l'influence du temps sur les caractéristiques de cisaillement d'un échantillon de sol lorsque celui-ci reste à l'air ambiant du laboratoire après que la paraffine de protection ait été enlevée. Il s'en suit évidemment un phénomène de décompression accompagné d'un dessèchement de l'échantillon de sol. Cette forme de remaniement peut produire d'importants effets sur les valeurs de certaines grandeurs géotechniques du sol.



Le présent article rend compte du programme d'essais préalablement défini par rapport à cet objectif, des essais réalisés en laboratoire, et enfin, des résultats obtenus qui ont permis de comprendre le phénomène de remaniement par décompression des échantillons.

## II - ESSAIS EN LABORATOIRE ET RESULTATS

Précédant la phase d'expérimentation en laboratoire, la campagne d'investigation a commencé par l'exécution de cinq (5) sondages par puits manuels et

ensuite, par le prélèvement de dix (10) échantillons « intacts » de sol. La figure 01 présente le plan de masse de la zone de prélèvement des échantillons et la figure 02 montre la répartition spatiale des points de sondage. Les échantillons ainsi prélevés ont fait l'objet d'essais de cisaillement à l'appareil triaxial.

A l'emplacement des points de sondage, on constate à travers les coupes de terrain contenues dans les pénétrographes que les logs stratigraphiques révèlent que la couche d'argile sableuse jaunâtre se trouve entre

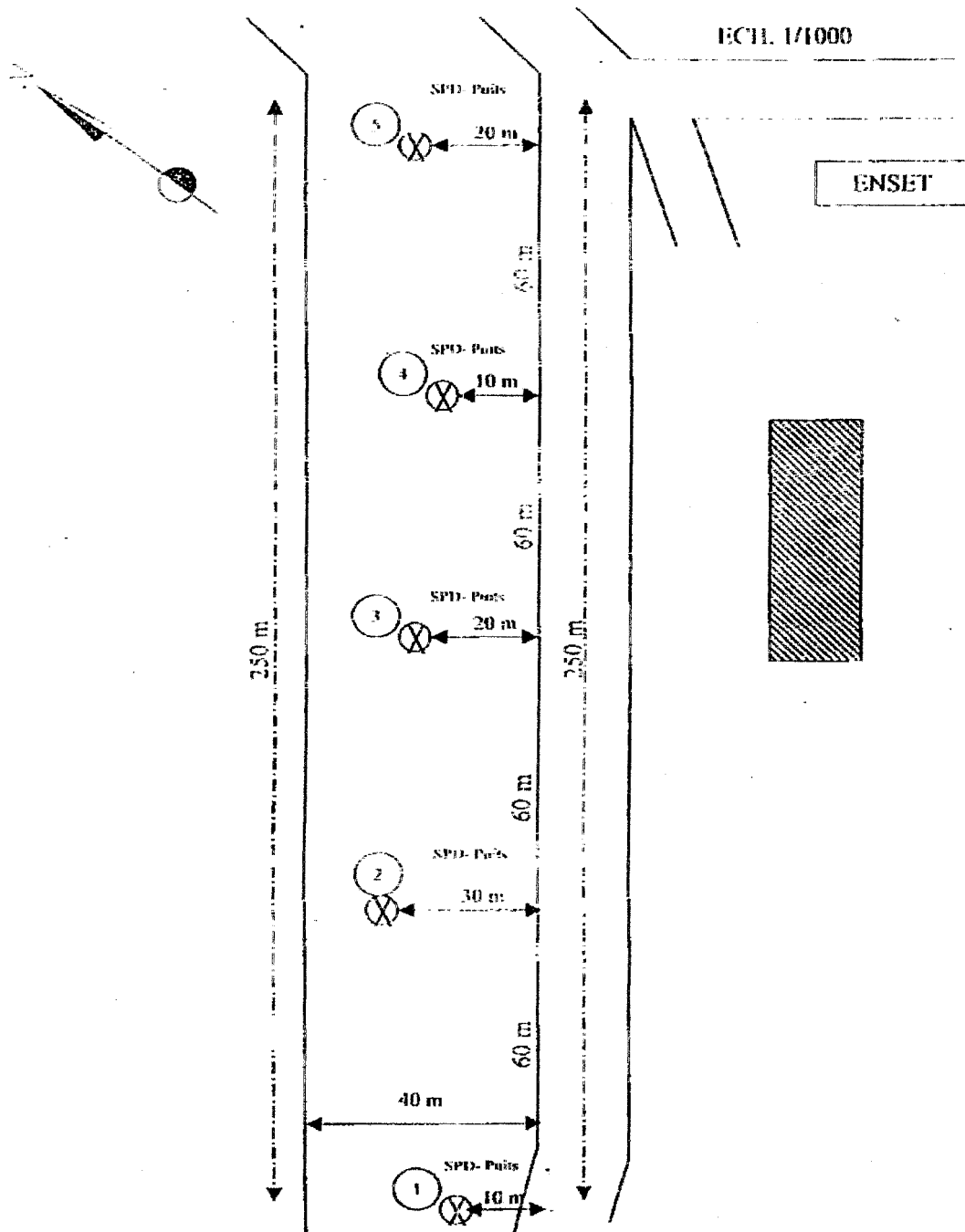


Fig. 2: Plan de répartition des cinq points de sondage

0.5 et 3.00 de profondeur. La profondeur de prélèvement des échantillons qui est comprise entre 1.50 et 2.00 mètres se trouve par conséquent en plein dans cette couche d'argile sableuse jaunâtre. Les valeurs des caractéristiques géotechniques (teneur en eau, indice de plasticité, granulométrie et densité sèche) sont mentionnées sur les figures des courbes granulométriques.

Les dix (10) échantillons testés de la même argile sableuse jaunâtre sont repérés de la manière suivante : 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B, 4A, 4B, 5A et 5B.

Le programme d'essais a été défini de la manière suivante :

- 1 - L'ouverture de toutes les boîtes paraffinées contenant les échantillons a été faite le premier jour d'essais. Les essais réalisés ce premier jour donnent les valeurs des caractéristiques du sol « intact » ;
- 2 - Le programme d'essais a continué sur les autres échantillons dépourvus de la paraffine de protection. Les essais sur ces échantillons laissés à l'air libre dans le laboratoire ont été réalisés suivant le calendrier ci-après :
  - deux (2) jours après,
  - quatre (4) jours après,
  - et, huit (8) jours après.

Ce qu'il serait opportun de souligner en ce qui concerne ce programme d'essais est qu'il simule l'hypothèse de

l'expérimentation en laboratoire (salle non climatisée) dans le cas où une suspension dans le processus d'essai peut survenir pour une cause quelconque. Est-il judicieux de continuer la procédure d'essai quelques jours après ? Dans l'affirmative, de combien seront les variations des valeurs des paramètres géotechniques par rapport au temps d'exposition ?

Sur un plan pratique, pendant combien de temps les fouilles des fondations peuvent-elles rester ouvertes sans préjudice sur la capacité portante et les autres caractéristiques du sol ? Le tableau 01 donne le programme des essais.

### III – RESULTATS D'ESSAIS

Tous les essais ont été réalisés suivant les normes usuelles et, suivant les procédés conventionnels à l'Agence Régionale du «LABOGENIE»\* à Douala.

Les figures 03 et 04 montrent les courbes de cisaillement obtenues le premier jour. Ces courbes sont celles des échantillons au premier jour d'essai. Les figures 05, 06 et 07 montrent les courbes d'essais sur des échantillons restés à l'air libre pendant deux (2) jours d'exposition à l'air ambiant du laboratoire. Les figures 08 et 09 montrent les courbes d'essais après quatre jours d'exposition. Les figures 10 et 11 montrent les courbes d'essais après huit (8) jours d'exposition.

- Le « LABOGENIE » est le Laboratoire National du Génie Civil.

**Tableau 01 :** Programme d'essais de cisaillement (UU) en laboratoire de l'argile sableuse jaunâtre de Ndogbong (Douala)

Références échantillons	1 <sup>er</sup> jour échantillons ( <i>intacts</i> )	2 jours après ( <i>soit 48 heures d'exposition</i> )	4 jours après ( <i>soit 96 heures d'exposition</i> )	8 jours après ( <i>soit 192 heures d'exposition</i> )
1A	X			
1B		X		
2A			X	
2B		X		
3A			X	
3B				X
4A	X			
4B				X
5A		X		
5B				X

Argile sableuse jaunâtre Essai triaxial UU Échantillon 1A :

- Profondeur de prélèvement : entre 1,50 et 1,80 mètres
- Wnat : 19 %  $\gamma_h$  : 17,75 kN/m<sup>3</sup>
- vitesse de cisaillement : 1,00 mm/min
- $C_u = 14$  kPa  $\phi_u = 9^\circ$

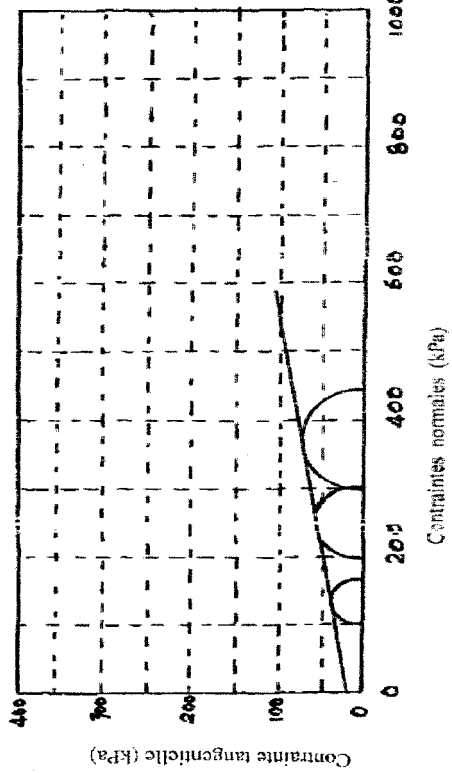
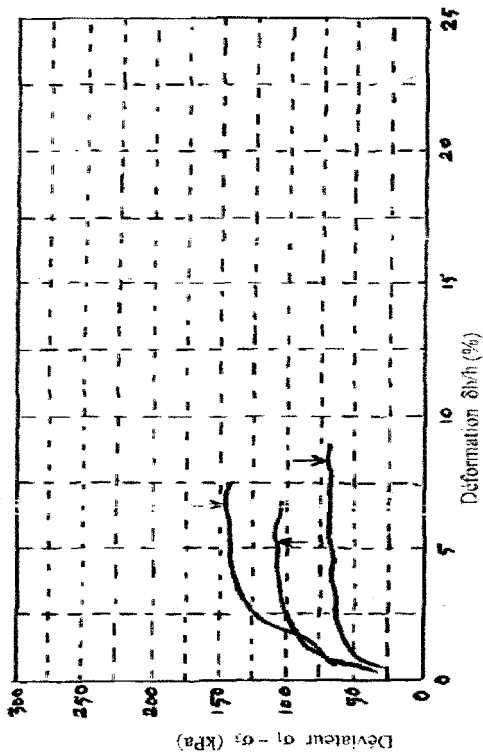


Fig. 3: Courbes de cisaillement à l'appareil «triaxial» le premier jour

Argile sableuse jaunâtre Essai triaxial UU Échantillon 4A :

- Profondeur de prélèvement : entre 1,55 et 1,80 mètres
- Wnat : 15 %  $\gamma_h$  : 18,15 kN/m<sup>3</sup>
- vitesse de cisaillement : 1,00 mm/min
- $C_u = 33$  kPa  $\phi_u = 3^\circ$

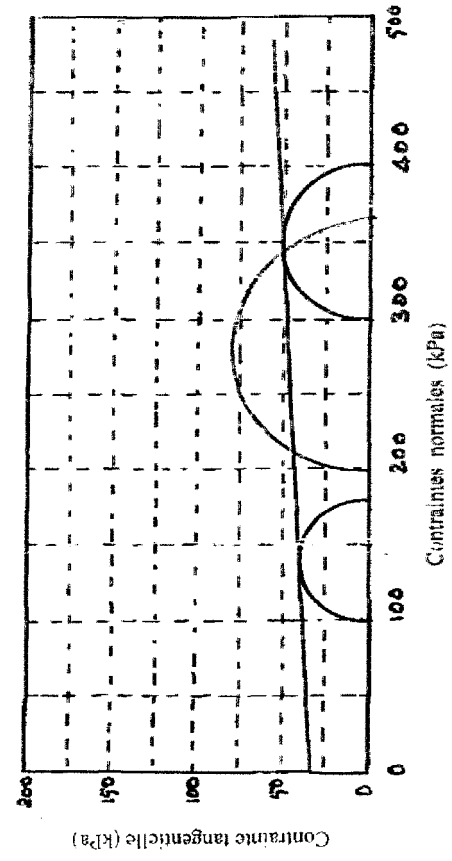
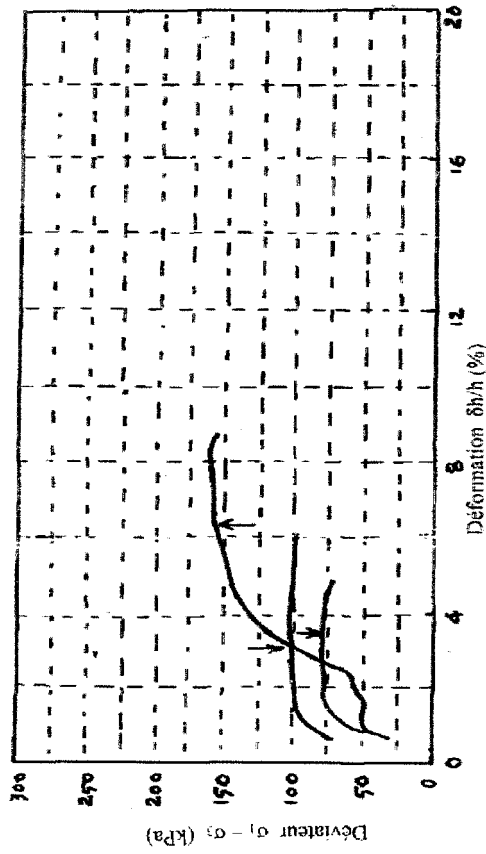
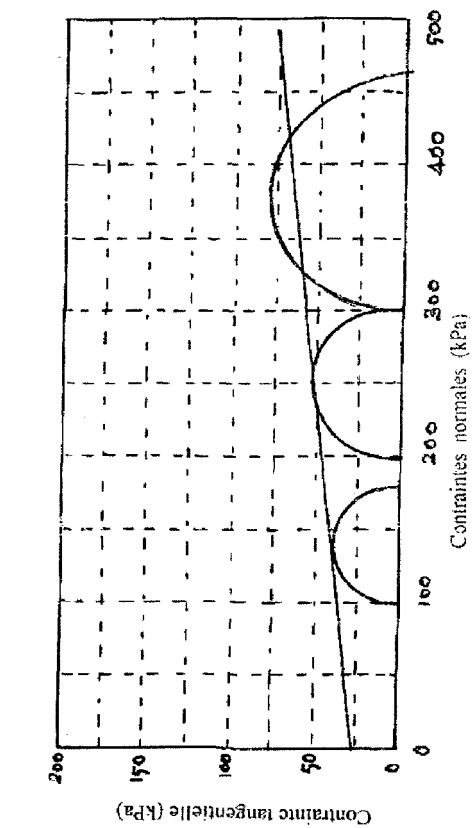
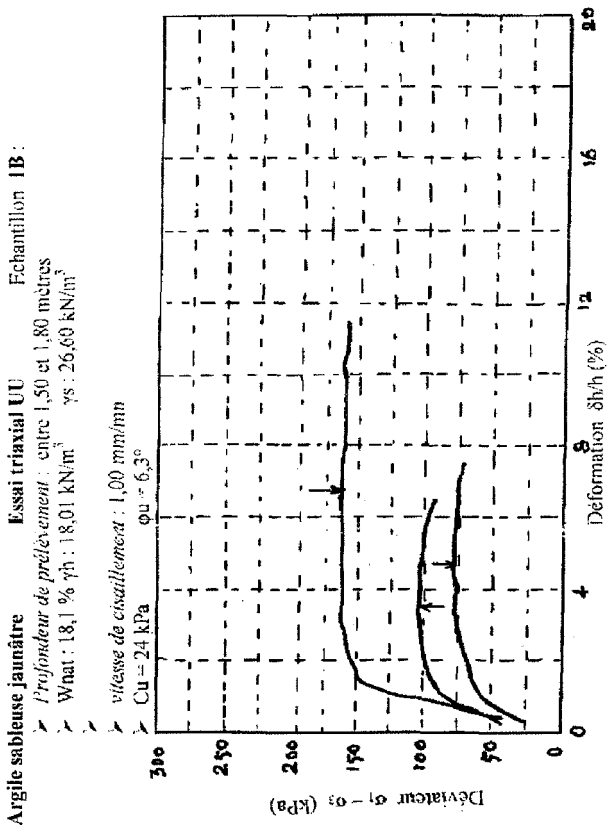
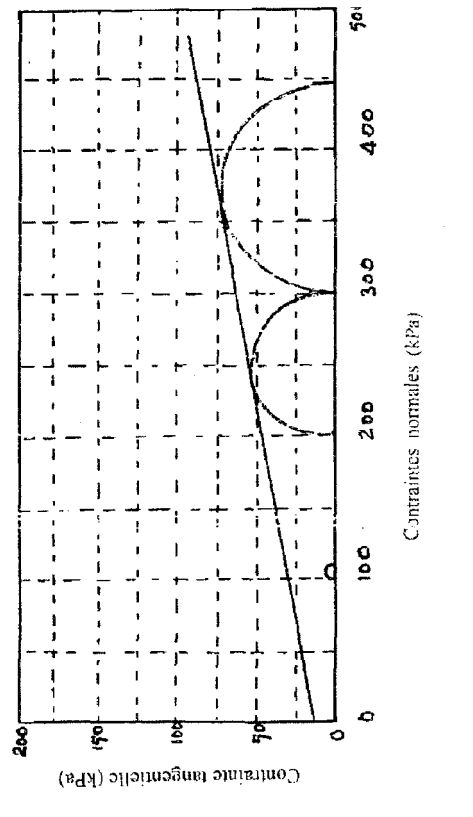
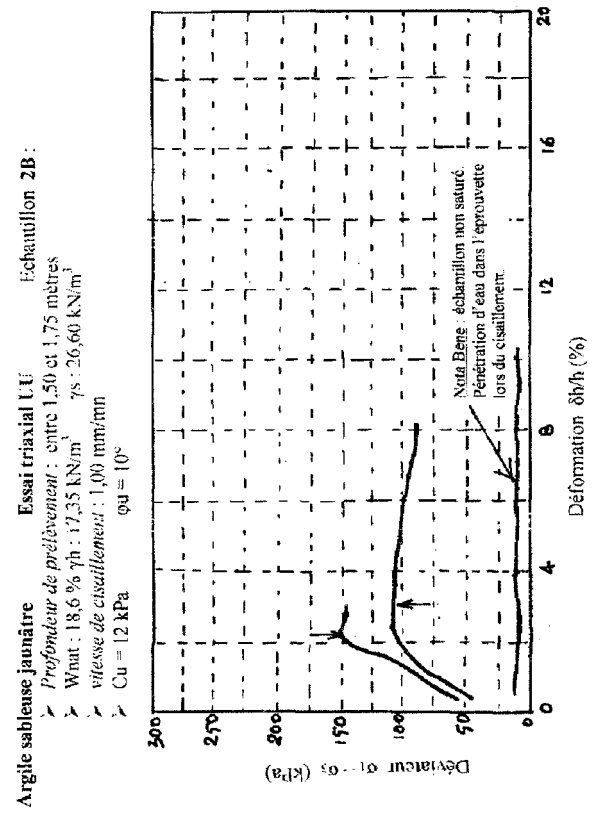


Fig. 4: Courbes de cisaillement à l'appareil «triaxial» le premier jour



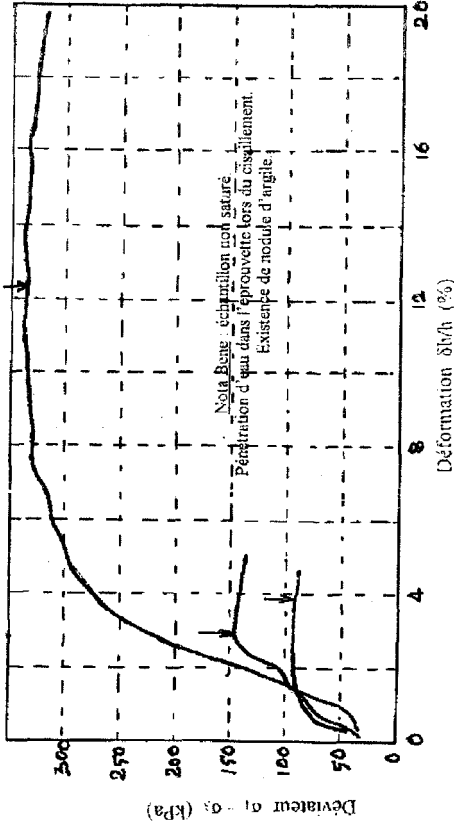
**Fig.5:** Courbes de cisaillement à l'appareil «traixial» après deux (2) jour d'exposition à l'air ambiant du laboratoire



**Fig.6:** Courbes de cisaillement à l'appareil «traixial» après deux (2) jour d'exposition à l'air ambiant du laboratoire

Argile sableuse jaunâtre Essai triaxial UC Echantillon 2A :

- Profondeur de prélèvement : entre 1,50 et 1,75 mètres
- Wnat : 14,4 %  $\gamma_h$  : 18,97 kN/m<sup>3</sup>  $\gamma_s$  : 26,75 kN/m<sup>3</sup>
- vitesse de cisaillement : 1,00 mm/min
- $C_u = 1$  kPa  $\phi_u = 12^\circ$  « échantillon non saturé »



Argile sableuse jaunâtre Essai triaxial UU Echantillon 5A :

- Profondeur de prélèvement : entre 1,50 et 1,75 mètres
- Wnat : 15,2 %  $\gamma_h$  : 17,09 kN/m<sup>3</sup>  $\gamma_s$  : 26,60 kN/m<sup>3</sup>
- vitesse de cisaillement : 1,00 mm/min
- $C_u = 30$  kPa  $\phi_u = 4,6^\circ$

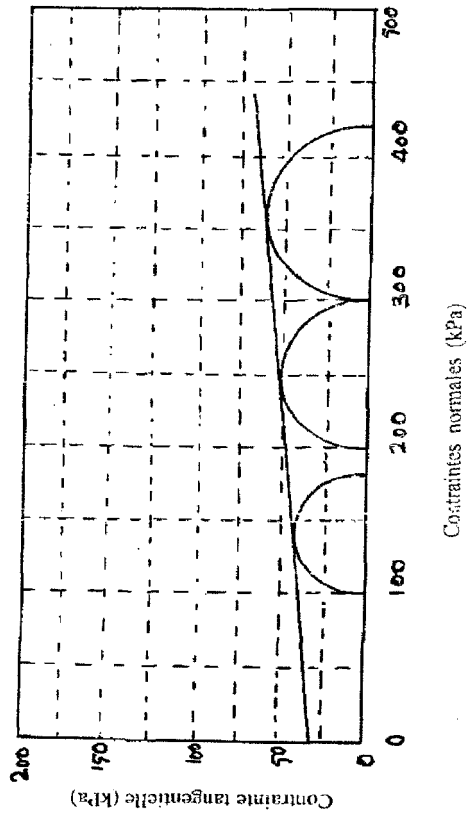
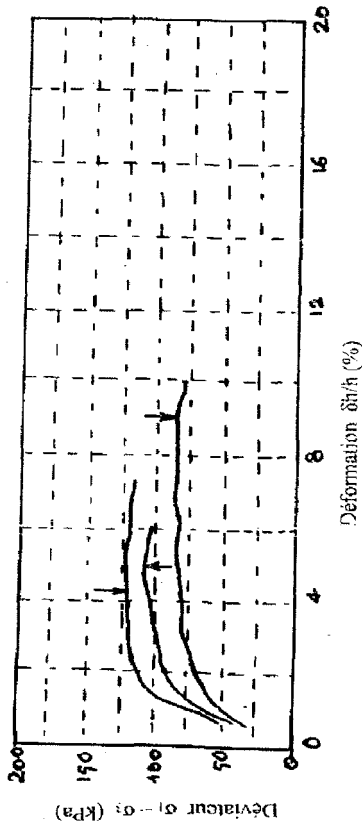


Fig. 7: Courbes de cisaillement à l'appareil «traixial» après deux (2) jour d'exposition à l'air ambiant du laboratoire

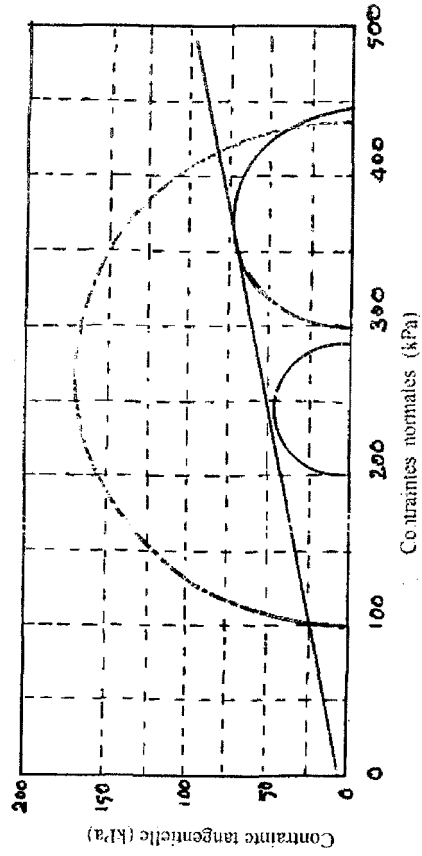


Fig. 8: Courbes de cisaillement à l'appareil «traixial» après quatre (4) jour d'exposition à l'air ambiant du laboratoire

**Argile sableuse jaunâtre** Essai triaxial UU : Echantillon 3A :  
 ➤ Profondeur de prélèvement : entre 1,50 et 1,75 mètres  
 ➤ Wnat : 12,6 % y<sub>h</sub> : 16,35 kN/m<sup>2</sup> γ<sub>s</sub> : 26,85 kN/m<sup>3</sup>  
 ➤ vitesse de cisaillement : 1,00 mm/min  
 ➤ C<sub>u</sub> = 33 kPa φ<sub>u</sub> = 4,5°

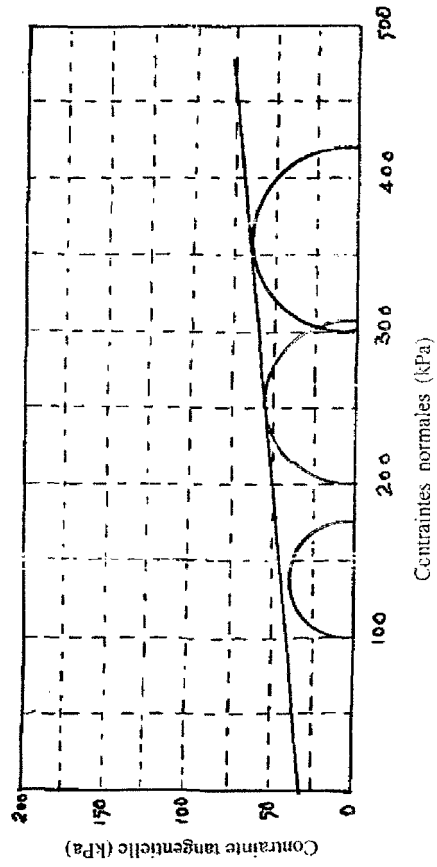
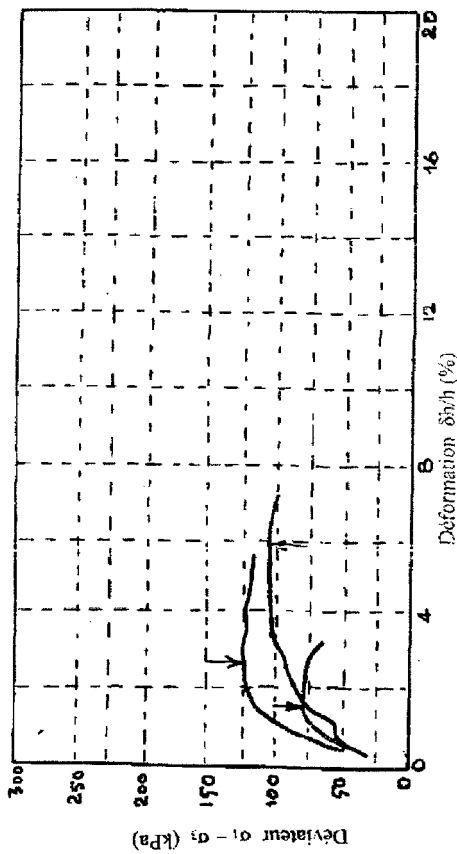


Fig 9: Courbes de cisaillement à l'appareil «traixial» après quatre (4) jour d'exposition à l'air ambiant du laboratoire

**Argile sableuse jaunâtre** Essai triaxial UU : Echantillon 4B :  
 ➤ Profondeur de prélèvement : entre 1,50 et 1,75 mètres  
 ➤ Wnat : 13,8 % y<sub>h</sub> : 17,11 kN/m<sup>2</sup>  
 ➤ vitesse de cisaillement : 1,00 mm/min  
 ➤ C<sub>u</sub> = 25 kPa φ<sub>u</sub> = 7°

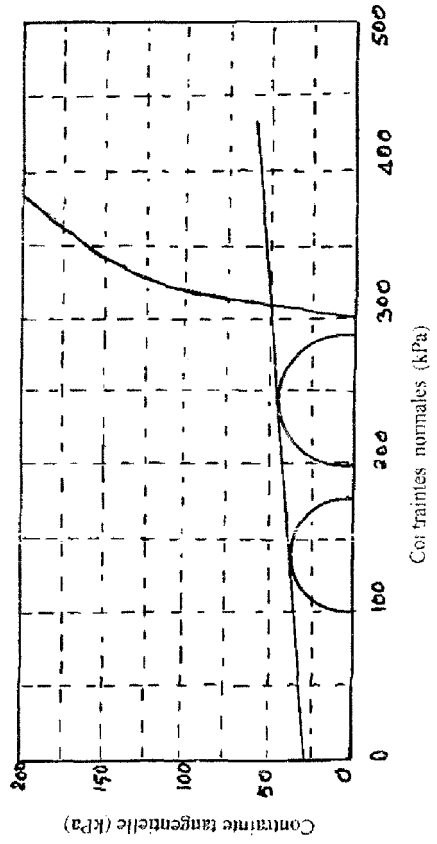
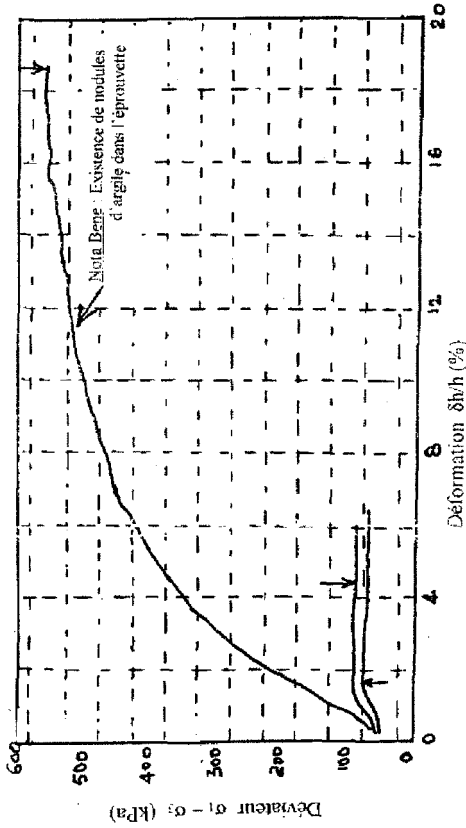


Fig. 10: Courbes de cisaillement à l'appareil «traixial» après huit (8) jour d'exposition à l'air ambiant du laboratoire



**Argile sableuse jaunâtre** Essai triaxial UU Echantillon 3B :  
 ➤ Profondeur de prélèvement : entre 1,50 et 1,75 mètres  
 ➤ Wnat : 11,8 % yh : 6,35 kN/m<sup>3</sup>  
 ➤ vitesse de cisaillement : 1,00 mm/min  
 ➤ Cu = 25 kPa  $\phi_u = 7^\circ$

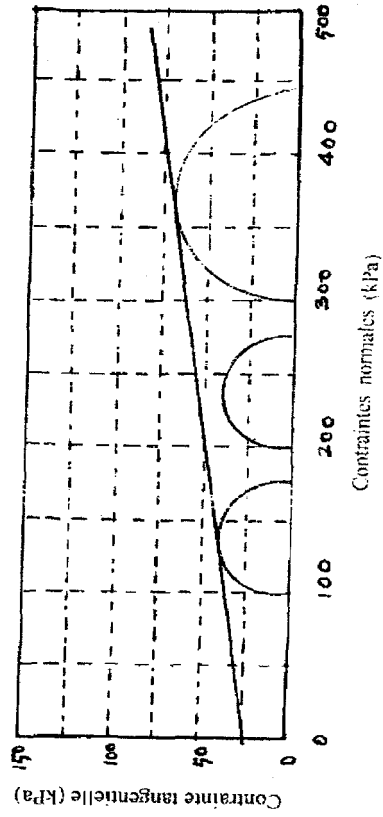
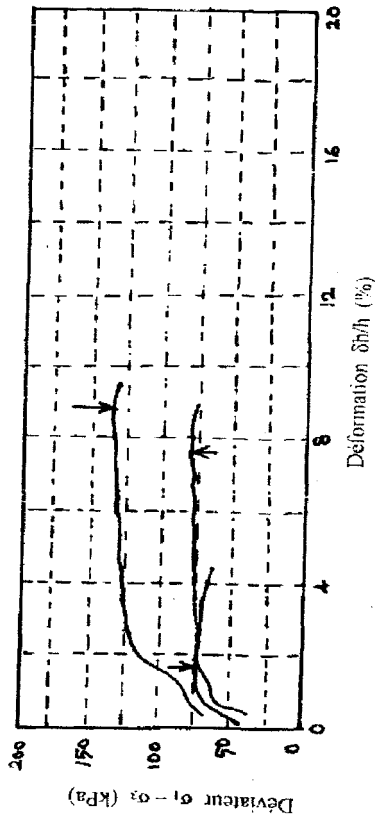


Fig. 11bis: Courbes de cisaillement à l'appareil «traixial» après huit (8) jour d'exposition à l'air ambiant du laboratoire

**Argile sableuse jaunâtre** Essai triaxial UU Echantillon 5B :  
 ➤ Profondeur de prélèvement : entre 1,50 et 1,75 mètres  
 ➤ Wnat : 14,9 % yh : 16,60 kN/m<sup>3</sup>  
 ➤ vitesse de cisaillement : 1,00 mm/min  
 ➤ Cu = 38 kPa  $\phi_u = 3,9^\circ$

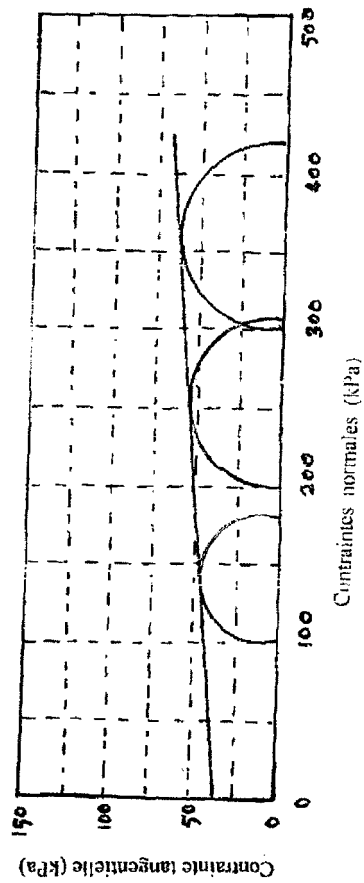
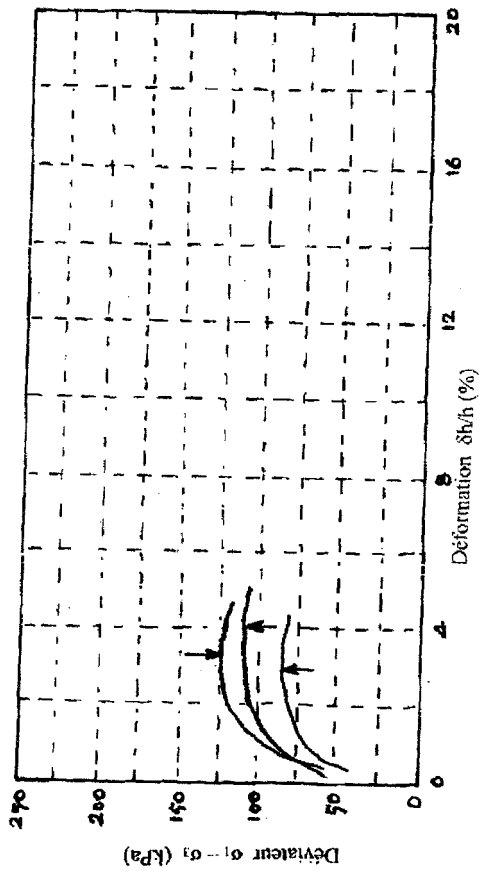


Fig. 11: Courbes de cisaillement à l'appareil «traixial» après huit (8) jour d'exposition à l'air ambiant du laboratoire

A l'observation des figures 04, 08 et 10, celles-ci présentent les courbes d'un essai (sur les trois) à ne pas prendre en compte. C'est le cas des éprouvettes dans lesquelles se trouvait un granulat (nodule d'argile) qui modifiait le comportement homogène de l'éprouvette lors du cisaillement. Cette présence s'explique par le fait que la ville de Douala étant un bassin sédimentaire constitué des dépôts de l'ère tertiaire (Miocène, Pliocène) et du début du Quaternaire, il y subsiste encore une forte altération physico-chimique des dépôts. Les figures 12 et 13 des courbes granulométriques font remarquer que cette argile présente un granulométrie assez uniforme.

#### IV - ANALYSE DES RESULTATS D'ESSAIS

Le tableau 02 récapitule les valeurs de caractéristiques intrinsèques obtenues.

On constate sur ce tableau que la température dans le laboratoire est passée de 28° les autres jours d'essai à 34 ° le huitième jour d'essai. On pourrait craindre que l'élévation de la température ce huitième jour n'ait affecté les valeurs de la cohésion ( $C_u$ ) et de l'angle de frottement interne ( $\varphi_u$ ) qui ne semblent pas s'inscrire dans la logique de la variation des valeurs obtenues les autres jours.

Les résultats d'essais portés sur le tableau 02 montrent en ce qui concerne la teneur en eau une diminution à partir du deuxième jour d'exposition à l'air ambiant du laboratoire. Cette variation est très marquante dès le quatrième avec une chute de près de 20 %.

Pour ce qui est de l'indice des vides, il est en nette

augmentation à partir du deuxième jour d'exposition. On comprend bien qu'avec la décompression de l'échantillon celui-ci tende à prendre du volume.

Quant au poids spécifique des grains solide ( $\gamma_s$ ) il reste pratiquement invariable pendant toute la période d'exposition.

En revanche, le poids spécifique total du sol ( $\gamma_h$ ) chute progressivement et marque une variation de près de 7 % huit jours après.

S'agissant de la cohésion non drainée, on observe une chute progressive de celle-ci au fil des jours. Entre le premier et le quatrième jour, elle perd plus de 40 % de sa valeur en chutant de 24 à 17 kPa. La très forte valeur (29) obtenue le huitième jour semble erronée. Elle pourrait provenir soit de l'effet de la température élevée ce jour, soit d'une erreur d'appréciation ou de manipulation.

L'angle de frottement interne (non drainé) augmente assez rapidement de valeur avec le temps. Il est de 6.0° le premier jour et passe à 8.3° le quatrième jour soit une augmentation d'environ 35 %. Ce fait s'explique par l'assèchement progressif de l'échantillon qui est une forme de drainage avec un raffermissement du squelette solide du sol.

#### CONCLUSION

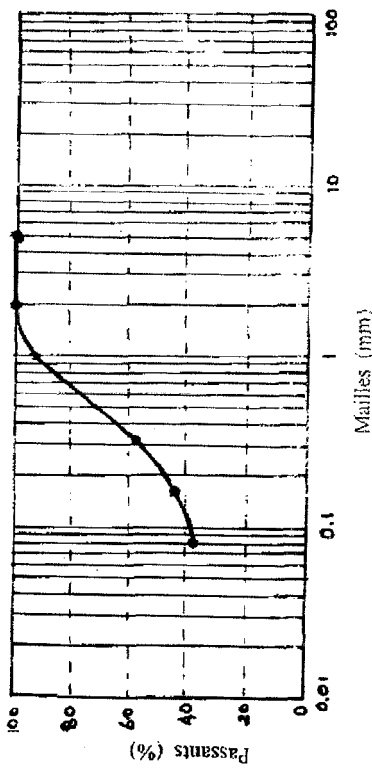
Au terme de cette étude, on peut affirmer que le phénomène de remaniement des échantillons dû à leur décompression et au dessèchement en laboratoire (salle

**Tableau 02 :** Paramètres d'identification et de cisaillement de l'argile sableuse jaunâtre de Ndogbong (Douala) en fonction de la décomposition de l'échantillon en Laboratoire

Jours Paramètres	Température (°)	Identification				cisaillement	
		Wnat (%)	ee (%)	$\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\varphi_u$ (°)
1 <sup>er</sup> jour	28	17,00	0,780	17,95	26,75	24	6,00
2 jours après	28	16,16	0,772	17,40	26,66	22	7,00
4 jours après	28	13,50	0,983	17,65	26,80	17	8,30
8 jours après	34	13,50	0,842	16,68	26,73	29	6,00

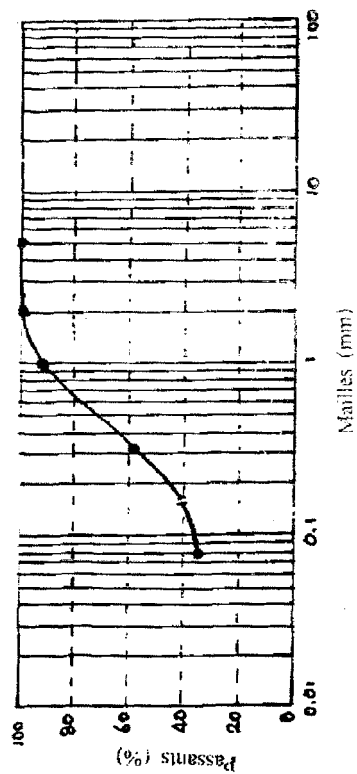
**Argile sableuse jaunâtre - Analyse granulométrique du puits 1 :**

- Profondeur de prélèvement : entre 1,50 et 1,80 mètres
- Wnat : 19,0%  $\gamma_h$  : 14,91 kN/m<sup>3</sup> IP = 20,5



**Argile sableuse jaunâtre - Analyse granulométrique du puits 2 :**

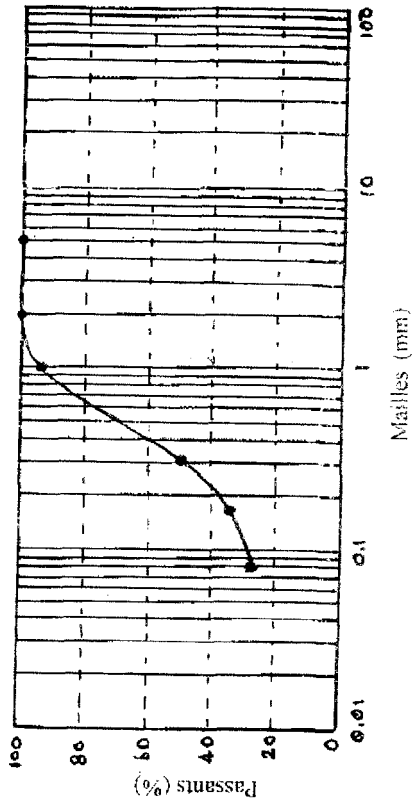
- Profondeur de prélèvement : entre 1,50 et 1,75 mètres
- Wnat : 15,2%  $\gamma_h$  : 16,58 kN/m<sup>3</sup> IP = 18



**Fig. 12:** Courbes granulométriques (sieves analysis) des échantillons provenant des puits 1 et 2

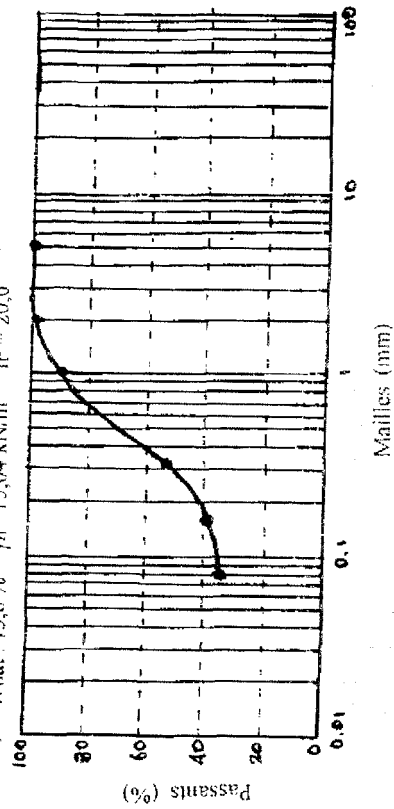
**Argile sableuse jaunâtre - Analyse granulométrique du puits 3 :**

- Profondeur de prélèvement : entre 1,50 et 1,75 mètres
- Wnat : 12,6%  $\gamma_h$  : 14,52 kN/m<sup>3</sup> IP = 18,4



**Argile sableuse jaunâtre - Analyse granulométrique du puits 4 :**

- Profondeur de prélèvement : entre 1,50 et 1,75 mètres
- Wnat : 13,8%  $\gamma_h$  : 15,04 kN/m<sup>3</sup> IP = 20,0



**Fig. 13:** Courbes granulométriques (sieves analysis) des échantillons provenant des puits 3 et 4

mal ou non climatisée) est perceptible et quantifiable. Pour cette argile sableuse jaunâtre, mis à part le poids spécifique des grains solides ( $\gamma_s$ ) toutes les autres grandeurs géotechniques sont fortement affectées par la décompression de l'échantillon.

En particulier, les caractéristiques de cisaillement que sont la cohésion et l'angle de frottement présentent respectivement une forte baisse de près de 40 % en l'espace de quatre jours et une hausse de plus de 35 % dans le même temps.

Toutefois, la variation de ces valeurs est relativement faible au cours des deux premiers jours d'exposition à l'air ambiant du laboratoire.

L'interprétation de ce qui précède au plan pratique, donne à penser qu'il serait conseillé de réduire au maximum la période d'exposition des fouilles des fondations au risque de voir les phénomènes de décompression et de dessèchement affecter de manière prépondérante le taux de travail de la couche d'assise ainsi que les autres grandeurs géotechniques du sol.

## BIBLIOGRAPHIE

CAQUOT A. et KERISEL J. (1966)

*Traité de Mécanique des Sols*, 4<sup>e</sup> édition, Gauthier - Villars, Paris, 509 p.

COSTET J., SANGLERAT G., (1975) "*Cours Pratique de Mécanique des Sols* »

o Tome 1 : Plasticité et calcul des tassements, Dunod, Paris, 263 p

o Tome 2 : Calculs des ouvrages, Dunod, Paris, 352 p.

GIELLY J., LAREAL P. et SANGLERAT. (1969) :

"*Correlation between in situ Penetrometer Tests and Compressibility Characteristics of Soils*" Conf. On in situ Invest. In soils and rock, London, pp. 13-16

HIENG I. O. (1992) : "*Résistance au cisaillement d'une argile raide (cas de l'argile des Flandres-France)*" - Technologies et Développement - (Revue Scientifique du Centre Universitaire de Douala).

HIENG I.O. (1992) : "*Etude des modules de déformation d'une argile raide (cas de l'argile des Flandres-France)*" - Technologies et Développement (Revue Scientifique du Centre Universitaire de Douala).

HIENG I. O., LEMBE D.D., ABESSOLO D., WANDEU J.D. (2001) : "*Amélioration des paramètres géotechniques des matériaux par la technique des mélanges pondéraux de deux sols*" - Sciences, Technologies et Développement - (Revue Scientifique de l'Université de Douala – Volume 8, n°1, Septembre 2001, pp. 53 - 62) ;

HIENG I.O. LEMBE D.D., ABESSOLO D. (2002) : "*Essais de reconnaissance géotechnique au pénétromètre dynamique du sol argileux de la région de Douala-Cameroun*" - Sciences, Technologies et Développement - (Revue Scientifique de l'Université de Douala – Volume 9, n°1, 2002, pp. 61 - 73) ;

HIENG I. O., LEMBE D.D., DANWE R. (2003) : "*Etude en laboratoire des caractéristiques géotechniques de compressibilité et de cisaillement de l'argile-sableuse jaunâtre de Ndogbong dans la région de Douala-Cameroun*" - UNESCO African Journal of Science and Technology (AJST) – Science and Engineering Series – Nairobi-KENYA, Vol : 3, N° 2, pp. 84-95

LABORATOIRE NATIONAL DE GENIE CIVIL (LABOGENIE), de 1978 à 2003 : "*Différents Rapports Des Etudes Geotechniques* »

Received: 03/03/03

Accepted: 25/08/03