

ETUDE EXPERIMENTALE DE L'EFFET DE LA FRACTION FINE SUR LA RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT DES SOLS DE CHLEF

M. BELKHATIR (abelkhatir@yahoo.com)
Chargé de Cours
Département de Génie Civil
Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur
Université Hassiba Benbouali de Chlef

K. HARICHANE
Chargé de Cours
Département de Génie Civil
Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur
Université Hassiba Benbouali de Chlef

H. MISSOUM
Maître de Conférence
Département de Génie Civil
Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur
Université de Mostaganem

RESUME : Dans cet article, nous présentons une étude expérimentale de l'influence de la fraction fine sur la résistance au cisaillement des sols de la région de Chlef. Des essais ont été réalisés à la boîte de cisaillement de Casagrande pour étudier l'influence des principaux paramètres sur les caractéristiques mécaniques du sable de O/Chlef: à savoir la contrainte normale appliquée, la densité du sable (lâche ou dense), la teneur en fines, et enfin, l'indice de plasticité.

Mots-clés : Sable, limon, argile, mélange de fines, plasticité, caractéristiques mécaniques.

1. INTRODUCTION

Le présent travail comporte une étude expérimentale sur l'effet des fines (F_c) sur la résistance au cisaillement d'un mélange de sable-limon et sable-argile (kaolin) reconstitué en laboratoire. L'influence de la teneur en fines sur la résistance à la liquéfaction des sols a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche récemment. En effet, la littérature rapporte un conflit de résultats clair quant à l'influence de la fraction fine sur la résistance à la liquéfaction. De nombreuses recherches confirment que la résistance à la liquéfaction d'un sable augmente avec la teneur en fines (Chang et al. 1982; Dezfulian 1982; Amini et Qi 2000), par contre d'autres chercheurs ont trouvé que l'augmentation de la fraction fine diminue la résistance à la liquéfaction (Shen et al. 1977; Troncoso et Verdugo 1985; Finn et al. 1994; Vaid 1994; Lade et Yamamuro 1997; Zlatovic et Ishihara 1997). De plus, il est à signaler que d'autres recherches ont trouvé que la résistance à la liquéfaction diminue initialement jusqu'à atteindre une valeur minimale, puis elle augmente avec la teneur en fines (Law et Ling 1992, Koester 1994, Bouferra et Shahrour 2004). Dans cette étude, on présente les résultats des essais de cisaillement à la boîte de Casagrande sur un sable limoneux et un sable argileux reconstitué en laboratoire avec des teneurs en fines croissantes de 0 à 30% permettant de voir clairement l'effet de la fraction fine plastique et peu plastique sur la résistance au cisaillement. Le matériau utilisé est le sable de O/Chlef mélange avec un limon et une argile (kaolin) ayant respectivement un indice de plasticité de 1.4 et 13.5

2. PROGRAMME EXPERIMENTAL

2.1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Les essais expérimentaux ont été réalisés à l'aide d'une boîte de cisaillement de Casagrande ordinaire de la figure 1

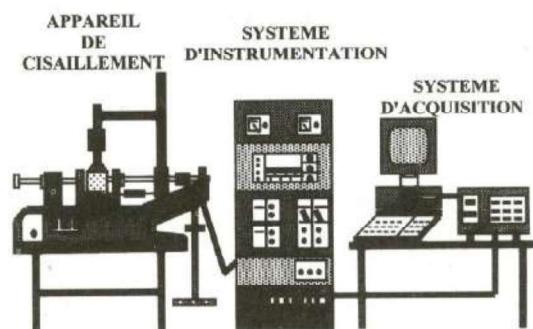


Figure 1: Dispositif expérimental

2.2 MATÉRIAUX UTILISÉS

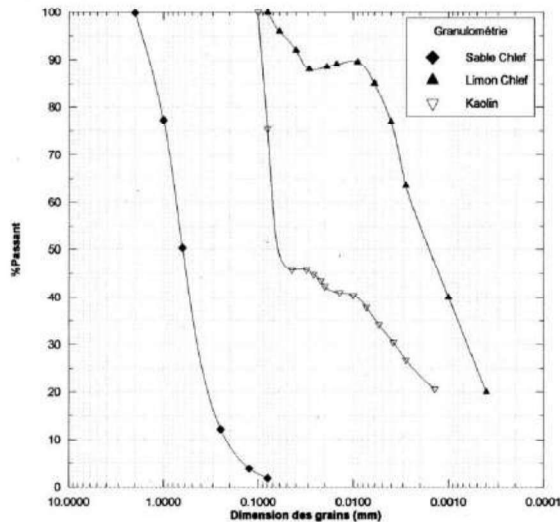


Figure 2 – Courbes granulométriques des sols testés

La figure 2 illustre les courbes granulométriques du sable de O/Chlef, les fines provenant de ce sable et le kaolin. Leurs caractéristiques physiques et mécaniques sont présentées respectivement dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1: caractéristiques physiques du sable de O/Chlef et des mélanges

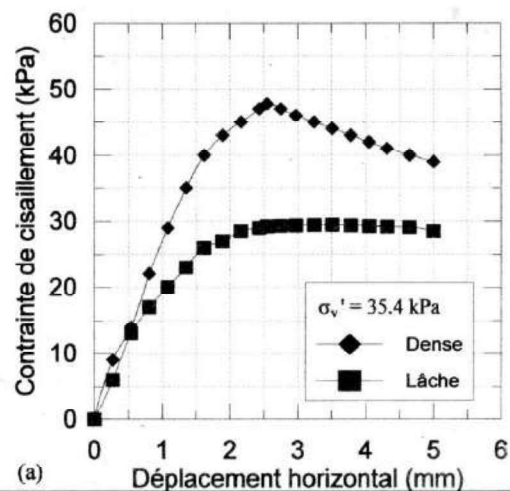
Matériaux	γ_s (g/cm ³)	e_{min}	e_{max}	$\gamma_d min$ (g/cm ³)	$\gamma_d max$ (g/cm ³)
Sable propre	2.67	0.56	0.84	1.45	1.71
Sable + 10%limon	2.68	0.53	0.92	1.40	1.75
Sable + 20%limon	2.69	0.46	0.85	1.45	1.84
Sable + 30%limon	2.70	0.43	0.93	1.40	1.89
Sable + 10% kaolin	2.65	0.56	1.1	1.26	1.69
Sable + 20% kaolin	2.60	0.57	1.34	1.11	1.65
Sable + 30% kaolin	2.55	0.59	1.48	1.02	1.60

Tableau 2 : caractéristiques mécaniques du sable de O/Chlef et des mélanges

Matériaux	Angle de frottement ϕ (°)		Cohésion C (kPa)	
	lâche	dense	lâche	dense
Sable propre	39.8	42	0	15.0
Sable + 10%limon	39.2	41.5	2.0	15.2
Sable + 20%limon	38.5	41.0	2.25	15.35
Sable + 30%limon	38.0	40.5	2.40	15.50
Sable + 10%kaolin	38.8	41.0	2.10	15.25
Sable + 20%kaolin	38.1	40.5	2.30	15.0
Sable + 30%kaolin	37.8	40.3	2.50	16.0

3. EFFET DE LA DENSITÉ

Afin d'illustrer l'influence de la densité sur la résistance au cisaillement du sable de O/Chlef, nous avons réalisé une série d'essais de cisaillement à contrainte normale constante pour les états lâche et dense de sol. Les résultats montrent que le comportement du sable est très influencé par la densité. Dans le cas de l'état dense, on note que le sable présente une phase de dilatance et un radoucissement, alors que le sable lâche est contractant tout le long de l'essai (Figure 3).



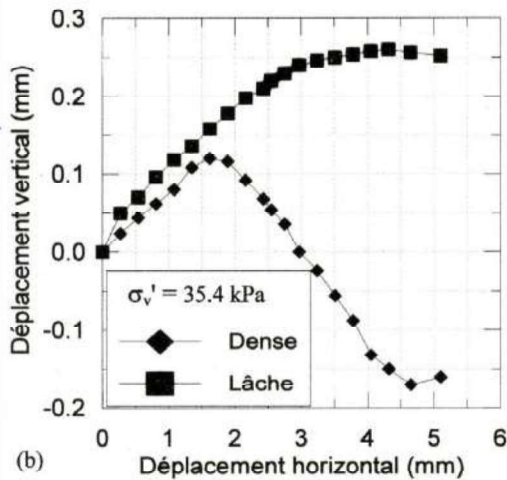


Figure 3 – Effet de la densité sur la résistance au cisaillement du sable O/Chlef

(a) évolution de la contrainte de cisaillement
(b) évolution du déplacement vertical

4. EFFET DE LA TENEUR EN FINES

4.1 LA RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT

Pour montrer l'influence de la teneur en fines sur la résistance au cisaillement du sable de O/Chlef, nous avons réalisé une série d'essais à contrainte normale constante (Figure 4).

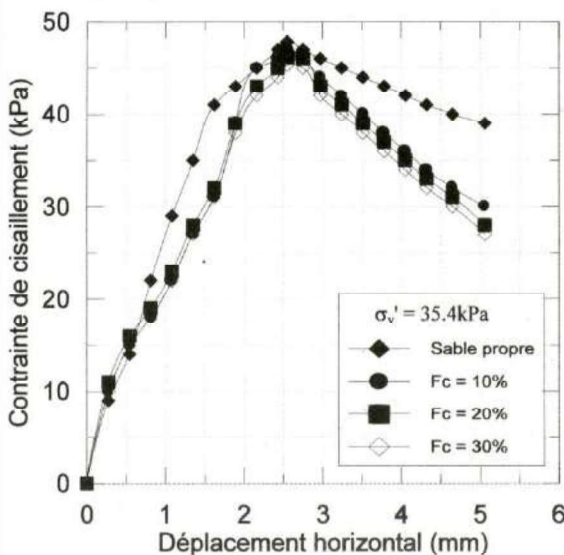


Figure 4 – Effet de la teneur en fines sur la résistance au cisaillement du sable O/Chlef

sur les mélanges de sable propre avec la fraction fine de limon (10%, 20%, 30%). Les résultats de ces essais montrent que la contrainte de cisaillement dans le cas du sable dense seul est plus élevée en comparaison avec les mélanges. On note que le sable contenant le moins de fines a la plus grande résistance au cisaillement.

4.2 L'ANGLE DE FROTTEMENT INTERNE

La figure 5 montre l'évolution de l'angle de frottement interne en fonction du pourcentage de fines. On note que celui-ci diminue avec la teneur en fine. Les angles de frottement du mélange sable-limon sont nettement supérieurs à ceux engendrés par le mélange sable-kaolin.

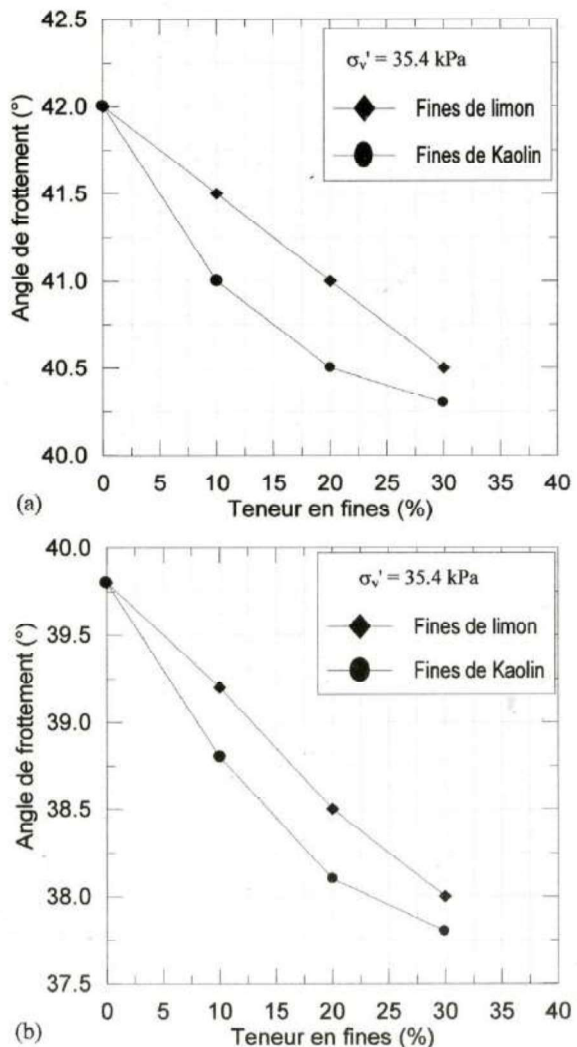


Figure 5 – Effet de la teneur en fines sur l'angle de frottement interne
(a) État dense (b) État lâche

5. EFFET DE L'INDICE DE PLASTICITE

5.1. LA RESISTANCE AU CISAILLEMENT

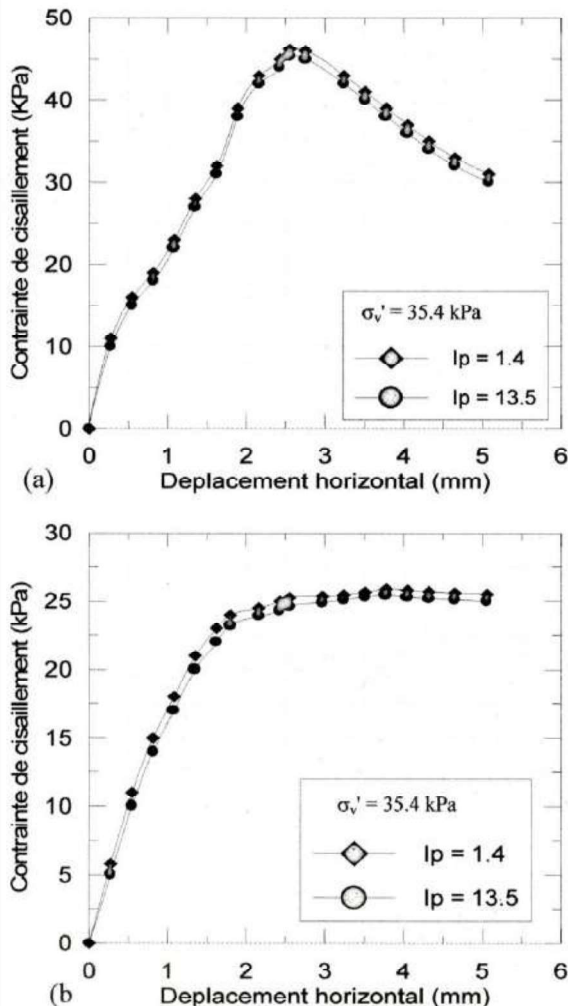


Figure 6 – Effet de l'indice de plasticité sur la résistance au cisaillement
(a) État dense ($Dr = 90\%$)
(b) État lâche ($Dr = 15\%$)

La figure 6 illustre l'influence de l'indice de plasticité sur la résistance au cisaillement. Les résultats montrent que la résistance au cisaillement légèrement influencée par l'indice de plasticité augmente. On note que le mélange ayant le plus faible indice de plasticité a une grande résistance au cisaillement.

5.2. L'ANGLE DE FROTTEMENT INTERNE

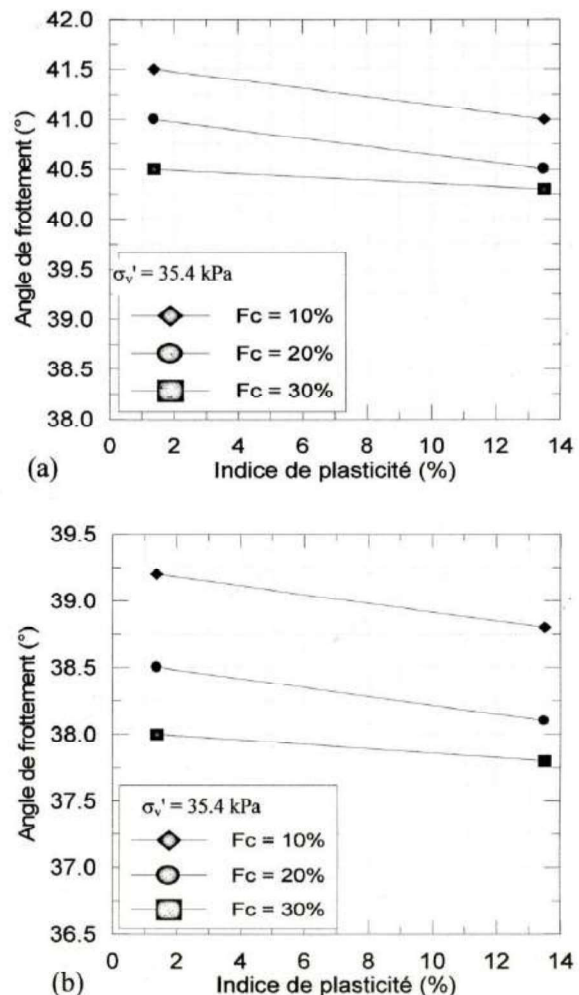


Figure 7 – Effet de l'indice de plasticité sur l'angle de frottement.
(a) État dense ($Dr = 90\%$)
(b) État lâche ($Dr = 15\%$)

La figure 7 montre l'évolution de l'angle de frottement avec l'indice de plasticité. Les résultats montrent que celui-ci diminue quand l'indice de plasticité augmente et que l'écart entre les angles de frottement interne est plus important dans le cas du sable lâche.

6. ETUDE DES ANGLES DE DILATANCE

6.1. EFFET DE LA CONTRAINTE NORMALE INITIALE

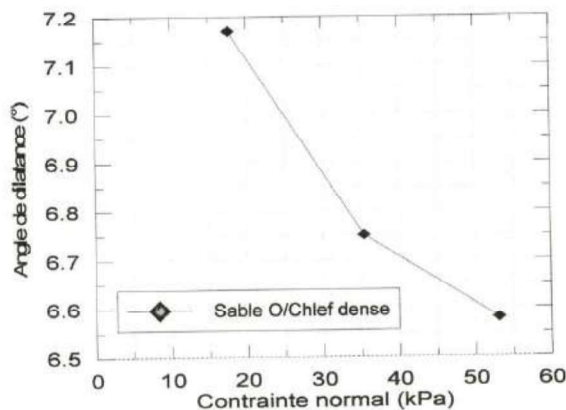


Figure 8 – Effet de la contrainte normale initiale sur l'angle de dilatance

La figure 8 illustre la variation de l'angle de dilatance en fonction de la contrainte normale initiale pour le sable dense. On note que l'angle de dilatance diminue avec la contrainte de confinement. La valeur moyenne de cet angle est de l'ordre de 7°.

6.2. TENEUR EN FINES

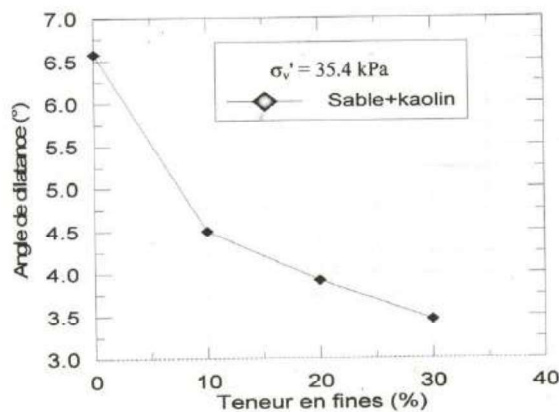


Figure 9 – Effet de la teneur en fines sur l'angle de dilatance

La figure 9 montre l'évolution de l'angle de dilatance en fonction de la teneur en fines, pour le mélange sable-kaolin dense. On constate que l'angle de dilatance diminue avec la teneur en fines. On note que la dilatance s'amplifie avec la diminution de la fraction fine.

7. CONCLUSION

Des essais de cisaillement à la boîte de Casagrande ont été réalisés avec les mélanges sable-limon et sable-argile avec des teneurs en fines variant de 0 à 30% à différents états de sol (lâche et dense) et à contrainte normale initiale appliquée de 35.4 kPa.

Les résultats de ces essais montrent que le comportement du sable est très influencé par la densité. On note que le sable dense présente un comportement contractant au début du chargement, puis il devient dilatatant, alors que pour le sable lâche le comportement est contractant tout le long du chargement sans apparition de pic.

En ajoutant les fines, on note que la contrainte de cisaillement diminue avec le pourcentage de la fraction fine. Cependant, la résistance au cisaillement du mélange de sable à base de fines non plastiques (limon) est supérieure à celle du sable mélangé avec les fines plastiques (argile). On note une diminution de l'angle de frottement interne pour les fines plastiques et non plastiques. Cependant les mélanges reconstitués à base de fines non plastiques présentent des angles de frottement interne plus important en comparaison avec les mélanges à base de fines plastiques.

8. REFERENCES

- M. Belkhatir. (2000) – "Etude expérimentale et modélisation du comportement de l'interface sols-structures sous chargements monotone et cyclique" - Mémoire de Magister présenté à l'Université de Chlef.
- R. Bouferra, and I. Shahrour. (2004) "Influence of fines on the resistance to liquefaction of a clayey sand" Ground Improvement 8, N° 1, 1-5.
- N.Y. Chang, S.T. Yey, and L.P. Karfman. (1982) "Liquefaction potential of clean and silty sands" proceedings of the 3rd international earthquake microzonation conference, Seattle, USA, Vol. 2, pp. 1017-1032.
- H. Deyfulian. (1982) "Effect of silt content on dynamic properties of sandy soils" proceedings of the eighth world conference on earthquake engineering, San Francisco, USA, pp. 63-70.
- W.L. Finn, R.H. Ledbetter, and G. Wu. (1994) "Liquefaction of silty soils: design and analysis" Ground failures under seismic condition, geotechnical special publication N° 44, ASCE, pp. 51-76.
- K.T. Law, and Y.H. Lang. (1992) "Liquefaction of granular soils with non-cohesive and cohesive fines" proceedings of the tenth world conference on earthquake engineering, Rotterdam, pp. 1491-1496.
- J.P. Koester. (1994) "The influence of fine type and content on cyclic strength" Ground failures under seismic condition, geotechnical special publication N° 44, ASCE, pp. 17-33.
- C.K. Shen, J.L. Vrymoed, and C.K. Uyeno. (1977) "The effects of fines on liquefaction of sands" proceedings of the ninth International Conference on Soil Mech. And Foundation Eng., Tokyo, Japan, Vol. 2, pp. 381-386.
- J.H. Troncosco, and R. Verdugo. (1985) "Silt content and dynamic behavior of tailing sands" proceedings twelfth International Conference on Soil Mech. and Foundation Eng., San Francisco, USA, pp. 1311-1314.
- V.P. Vaid. (1994) "Liquefaction of silty soils" Ground Failure Under Seismic Condition, Geotechnical special publication N° 44, ASCE, pp. 1-16.
- S. Zlatovic, and K. Ishihara. (1997) "Normalized behavior of very loose non-plastic soils: effects of fabric" Soils and Foundations, Vol.37, N° 4, pp. 47-56.