

Liste des figures

Chapitre 1

Figure 1.1: Déformation réversible et irréversible.....	17
Figure 1.2: Courbe intrinsèque de Caquot.....	18
Figure 1.3: Droite intrinsèque de Caquot.....	18
Figure 1.4: Droite de Coulomb regroupe les points de rupture.....	19
Figure 1.5: Composants d'un appareil triaxial.....	20
Figure 1.6: Composants de la boîte de cisaillement.....	21
Figure 1.7: Phénomène de dilatance $\tau = \sigma' \cdot \tan\phi$	22
Figure 1.8: Courbe intrinsèque du squelette du sol à long terme « essai CD ».....	23
Figure 1.9: Courbe intrinsèque du squelette du sol à court terme « essai UU».....	23
Figure 1.10: Effet de la densité relative sur la résistance à la liquéfaction (Tatsuoka et al. 1986).....	25
Figure 1.11: Influence de la densité relative sur la réponse non drainée du sable (Della et al. 2011).....	25
Figure 1.12: Influence de la densité relative sur le potentiel de liquéfaction du sable de Rass: (a) Courbe de potentiel de liquéfaction, (b) Résistance à la liquéfaction (Arab et al. 2010).....	26
Figure 1.13: Influence de la teneur des fines sur le comportement non drainé d'un mélange sable-limon (Arab, 2009).....	27
Figure 1.14: Effet de la teneur en fines sur la résistance à la liquéfaction, $D_r = 50\%$ (Amini et Sama 1999).....	28
Figure 1.15: Fuseau granulométrique des sables liquéfiables (Alain Pecker, 1984).....	28
Figure 1.16: Influence de la contrainte de confinement sur le potentiel de liquéfaction des sables (Vaid et Sivathayalan, 1995).....	29
Figure 1.17: Effet des fines et du confinement sur la résistance à la liquéfaction (Bouckovalas et al. 2002).....	29
Figure 1. 18: Influence de la saturation sur la résistance au cisaillement cyclique (Martin et al. 1978).....	30
Figure 1.19: Influence du coefficient de Skempton B (Degré de saturation) sur la résistance cyclique (Arab et al. 2012).....	31

Figure 1.20: Influence du mode de préparation sur le potentiel de liquéfaction d'un sable (Mullilis et al. 1977).....	32
Figure 1.21: Influence de la méthode de déposition sur le déviateur maximal (Della et al. 2009).....	33
Figure 1.22: Influence de la méthode de déposition sur le déviateur au pic (Della et al. 2009).....	33
Figure 1.23: Influence de la méthode de déposition des échantillons sur la résistance résiduelle. (a) Pluviation à sec, (b) Placement humide (Della et al. 2010).....	34

Chapitre 2

Figure 2.1: Diagramme schématique des valeurs limites de la teneur en fines (Lade, 2012).....	37
Figure 2.2: Comportement de transition type des sols granuleux de similaire au sable ou similaire à l'argile (Boulanger et Idriss, 2006).....	38
Figure 2.3: Vue d'ensemble du rôle des fines à la susceptibilité de liquéfaction des sols.....	39
Figure 2.4: Classification de tissu de grain dans les sols de la matrice de sable (Thevanayagam et Martin, 2002).....	40
Figure 2.5: Susceptibilité à la liquéfaction en fonction de la plasticité des fines (Guo et Prakash, 2000).....	42
Figure 2.6: Variation de l'indice des vides durant la consolidation en fonction de la teneur en fines (Pitman et Roberston 1994).....	45
Figure 2.7: Variation de l'indice des vides en fonction de la teneur en fines (Lade et Yamamuro, 1998).....	46
Figure 2.8: Variation de l'indice des vides minimal et maximal pour les sables de Nevada 50/80 et 80/200 en fonction de la teneur en fines. (Lade et Yamamuro, 1998).....	47
Figure 2.9: Résistance à la liquéfaction en fonction de la teneur en fines préparé à indice des vides du squelette constant des sables de Monterrey (a) Yatesville (b) (Polito et Martin, 2001).....	48
Figure 2.10: Variation de la résistance à la liquéfaction avec l'indice des vides du squelette pour le sable de Monterrey (a) et de Yatesville (b) (Polito et Martin, 2001).....	49
Figure 2.11: Comportement non drainé de deux sables de Nevada 50/200 avec 20% de teneur en fines montrant le revirement extrême de liquéfaction statique à la liquéfaction temporaire (Yamamuro et Covert 2001).....	49
Figure 2.12: Influence de l'indice de plasticité sur la résistance à la liquéfaction (Sandoval 1989;.....	

Prakash et Snadovol, 1992).....	50
Figure 2.13: Influence de l'indice de plasticité sur la résistance à la liquéfaction (Puri 1984).....	51
Figure 2.14: Variation de la résistance à la liquéfaction en fonction de l'indice de plasticité (Tianqiang et Prakash, 1999).....	51

Chapitre 3

Figure 3.1: Compactage de surface; matériels utilisés	52
Figure 3.2: Chantier d'un compactage dynamique profond (Compactage dynamique à très Haute énergie (4000 t.m) aéroport de Nice (1978).....	53
Figure 3.3: Vibrocompactage (Journée du 14 nombre 2012: Procédés d'amélioration et de renforcement de sols sous actions sismiques).....	54
Figure 3.4: Colonnes ballastés (Journée du 14 nombre 2012 : Procédés d'amélioration et de renforcement de sols sous actions sismiques.....	55
Figure 3.5: Influence du renforcement sur la résistance à la liquéfaction (Vercueil et Cordary 1997)	56
Figure 3.6: Influence d'épaisseurs de couches de sable sur le déviateur ($\sigma_{3c} = 110$ kPa, renforcement avec du géotextile tissé, Vercueil et al. 1997).....	57
Figure 3.7: Influence de la teneur de fibres sur la résistance à la liquéfaction (Unnikrishnan et al. 2002)	58
Figure 3.8: Evolution de la résistance du sable renforcé par des différentes formes de polyester (Madhavi et al. 2006).....	58
Figure 3.9: Amélioration par congélation (Sotraisol fondations).....	59
Figure 3.10: Technique de jet-Grouting (Journée du 14 nombre 2012: Procédés d'amélioration et de renforcement de sols sous actions sismiques).....	60
Figure 3.11: Inclusion rigide et inclusion souple (Journée du 14 nombre 2012: Procédés d'amélioration et de renforcement de sols sous actions sismiques.....	61
Figure 3.12: Traitement à la chaux (Projet Lhoist-Chanler Pilote).....	63
Figure 3.13: Chantier de traitement du sol au ciment.....	64

Chapitre 4

Figure 4.1: Photo du sable propre d'Oued Chlef.....	67
Figure 4.2: Limon de Chlef.....	68
Figure 4.3: Limon de Sidi Amer.....	68

Figure 4.4: Matériel utilisé dans l'analyse granulométrique.....	69
Figure 4.5: Série des tamis utilisés dans l'analyse granulométrique.....	69
Figure 4.6: Courbe granulométrique du sable de Chlef.....	71
Figure 4.7: Essai au pycnomètre.....	72
Figure 4.8: Courbes granulométriques du limon de Chlef et de Sidi Amer	74
Figure.4.9: Courbe granulométrique de sable Chlef et limon de Chlef.....	74
Figure.4.10: Courbe granulométrique de sable Chlef et limon de Sidi Ameer.....	75
Figure.4.11: Variation de l'indice des vides maximal et minimal en fonction de la teneur en fines: (a) Sable-limon de Chlef, (b) Sable-limon de Sidi Ameer.....	76
Figure.4.12: Variation des diamètres des grains en fonction de la teneur en fines: (a) Sable-limon de Chlef, (b) Sable-limon de Sidi Ameer.....	76
Figure.4.13: Variation de la densité sèche en fonction de la teneur en fines. (a) Sable-limon de Chlef, (b) Sable-limon de Sidi Ameer.....	77
Figure.4.14: Variation de la densité des grains solides en fonction de la teneur en fines.....	77
Figure.4.15: Variation de la densité sèche maximale et minimale en fonction de la teneur en fines.(a) Sable-limon de Chlef, (b) Sable-limon de Sidi Ameer.....	78
Figure 4.16: Photo de la boîte de cisaillement de direct du laboratoire de L.T.P.O (Tiaret).....	79
Figure 4.17: Schéma de disposition.....	80

Chapitre 5

Figure 5.1: Comportement du sable de Chlef non renforcé à l'état lâche: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....	84
Figure 5.2: Comportement du sable de Chlef renforcé par 5% de fines à l'état lâche: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de contrainte normale.....	85
Figure 5.3: Comportement du sable de Chlef renforcé par 10% de fines à l'état lâche: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....	85
Figure 5.4: Comportement du sable de Chlef renforcé par 15% de fines à l'état lâche: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....	86

Figure 5.5: Comportement du sable de Chlef renforcé par 20% de fines à l'état lâche: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....87

Figure 5.6: Comportement du sable de Chlef non renforcé à l'état dense: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....88

Figure 5.7: Comportement du sable de Chlef renforcé par 5% de fines à l'état dense: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....90

Figure 5.8: Comportement du sable de Chlef renforcé par 10% de fines à l'état dense: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....90

Figure 5.9: Comportement du sable de Chlef renforcé par 15% de fines à l'état dense: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....90

Figure 5.10: Comportement du sable de Chlef renforcé par 20% de fines à l'état dense: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....91

Figure 5.11: Comportement du sable de Chlef non renforcé à l'état lâche: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....92

Figure 5.12: Comportement du sable de Chlef renforcé par 5% de fines à l'état lâche: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....93

Figure 5.13: Comportement du sable de Chlef renforcé par 10% de fines à l'état lâche: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....93

Figure 5.14: Comportement du sable de Chlef renforcé par 15% de fines à l'état lâche: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....94

Figure 5.15: Comportement du sable de Chlef renforcé par 20% de fines à l'état lâche: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....95

Figure 5.16: Comportement du sable de Chlef non renforcé à l'état dense (0% de fines): (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....96

Figure 5.17: Comportement du sable de Chlef renforcé par 5% de fines à l'état dense: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....97

Figure 5.18: Comportement du sable de Chlef renforcé par 10% de fines à l'état dense: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....97

Figure 5.19: Comportement du sable de Chlef renforcé par 15% de fines à l'état dense: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....98

Figure 5.20: Comportement du sable de Chlef renforcé par 20% de fines à l'état dense: (a) Variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement horizontal; (b) Variation de la contrainte tangentielle maximale en fonction de la contrainte normale.....99

Figure 5.21: Effet du pourcentage de fines de Chlef sur le comportement des échantillons lâches: (a) $\sigma_n = 100$ kPa, (b) $\sigma_n = 200$ kPa, (c) $\sigma_n = 300$ kPa100

Figure 5.22: Effet du pourcentage de fines de Sidi Ameer sur le comportement échantillons lâches: (a). $\sigma_n = 100$ kPa; (b). $\sigma_n = 200$ kPa; (c). $\sigma_n = 300$ kPa.....101

Figure 5.23: Effet du pourcentage des fines de Chlef sur comportement des échantillons denses: (a) $\sigma_n = 100$ kPa; (b) $\sigma_n = 200$ kPa; (c) $\sigma_n = 300$ kPa.....102

Figure 5.24: Effet du pourcentage de fines de Sidi Ameer sur comportement des échantillons denses: (a) $\sigma_n = 100$ kPa; (b) $\sigma_n = 200$ kPa; (c) $\sigma_n = 300$ kPa.....103

Figure 5.25: Effet du pourcentage des fines de Chlef: Droites de Coulomb de type: ($\tau = \sigma_n \cdot \text{tg}\phi + C$) pour des échantillons lâches104

Figure 5.26: Effet du pourcentage des fines de Chlef: Droites de Coulomb de type: ($\tau = \sigma_n \cdot \text{tg}\phi + C$) pour des échantillons denses.....104

Figure 5.27: Effet du pourcentage des fines de Sidi Ameer: Droites de Coulomb de type: ($\tau = \sigma_n \cdot \text{tg}\phi + C$) pour des échantillons lâches.....105

Figure 5.28: Effet du pourcentage des fines de Sidi Ameer: Droites de Coulomb de type: ($\tau = \sigma_n \cdot \text{tg}\phi + C$) pour des échantillons denses.....105

Figure 5.29: Variation de la résistance maximale en fonction du pourcentage des fines de Chlef: (a) Etat lâche ($D_r = 15\%$), (b) Etat dense ($D_r = 85\%$).....106

Figure 5.30: Variation de la résistance maximale en fonction du pourcentage des fines de Sidi Ameer: (a) Etat lâche ($D_r = 15\%$), (b) Etat dense ($D_r = 85\%$).....	106
Figure 5.31: Evolution des caractéristiques mécanique des mélanges sable-limon de Chlef: (a) Variation de l'angle de frottement ϕ ; (b) Variation de la cohésion C.....	107
Figure 5.32: Evolution des caractéristiques mécanique des mélanges sable-limon de Sidi Ameer: (a) Variation de l'angle de frottement ϕ ; (b) Variation de la cohésion C.....	107
Figure 5.33: Effet du pourcentage des fines de Sidi Ameer: Droites de Coulomb de type ($\tau = \sigma_n \cdot \text{tg}\phi + C$) pour des échantillons denses.....	109
Figure 5.34: Effet du pourcentage des fines de Sidi Ameer: Droites de Coulomb de type ($\tau = \sigma_n \cdot \text{tg}\phi + C$) pour des échantillons denses.....	110
Figure 5.35: Comparaison entre les deux fines (limon de Chlef et Sidi Ameer) à l'état lâche	111
Figure 5.36: Comparaison entre les deux fines (limon de Chlef et Sidi Ameer) à l'état lâche.....	112