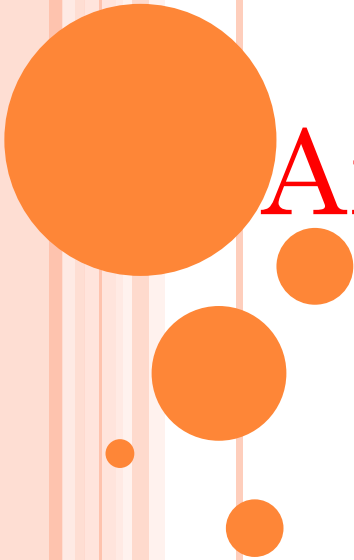


تحسين التربة

SOIL IMPROVEMENT



Amélioration des sols

Dr. A. Meddah

Email: abdelaziz.meddah@univ-msila.dz

Semestre:3

Unité d'enseignement: UEM2.1

Matière: Amélioration des sols

VHS:60h00 (Cours: 1h30, TP: 2h30)

Crédits:5

Coefficient:3

Objectifs de l'enseignement:

Ce cours a pour objet d'initier l'étudiant aux différentes techniques de stabilisation des sols et de renforcement des ouvrages géotechniques.

Connaissances préalables recommandées:

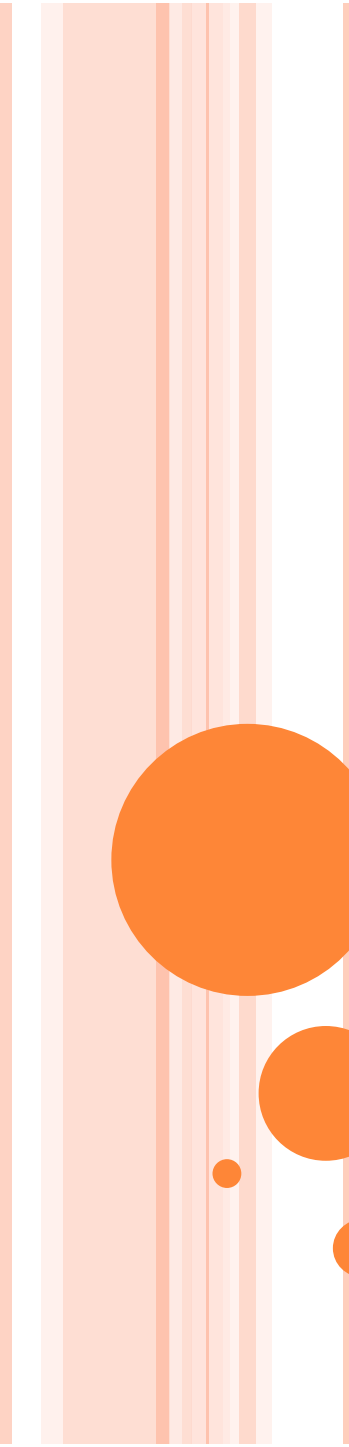
Mécanique des sols, Essais géotechniques 1 & 2, Géotechnique routière.

Contenu de la matière:

Partie 1. Stabilisation chimique des sols (Traitement à la chaux et aux liants hydrauliques)

Partie 2. Renforcement des ouvrages géotechniques (Préchargement, Soutènements, Clouage, Terre armée, Géotextiles, Colonnes ballastées, Injections, Compactage dynamique)

Programme des TP : Essais d'identification et de caractérisation des sols stabilisés chimiquement aux liants hydrauliques ou mécaniquement à l'aide d'inclusions souples ou rigides.



PROGRAMME

Chapitre 1: Généralités sur les méthodes de renforcement des sols

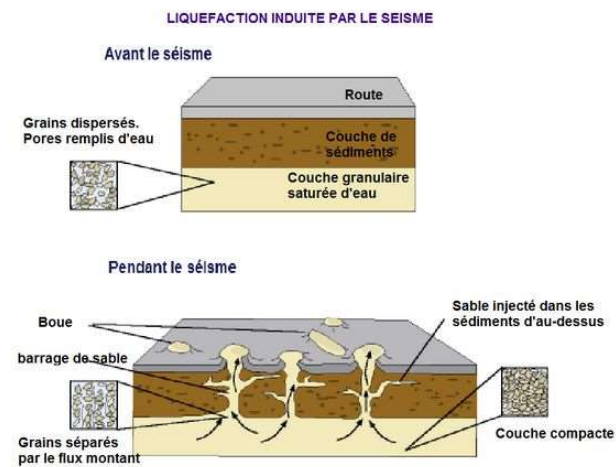
Chapitre 2: Traitement chimique des sols par liants hydrauliques

Chapitre 3: Renforcement des sols

AMÉLIORER, STABILISER OU RENFORCER UN SOL, **POURQUOI ?**



LIQUÉFACTION DES SOLS



GLISSEMENT DE TERRAINS



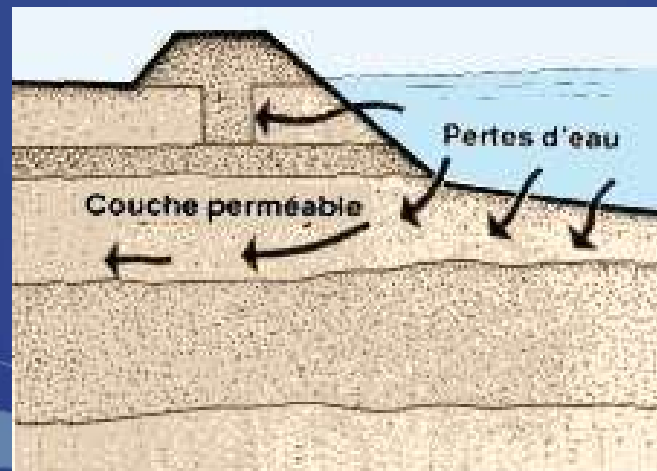
PROBLÈMES GÉOTECHNIQUES



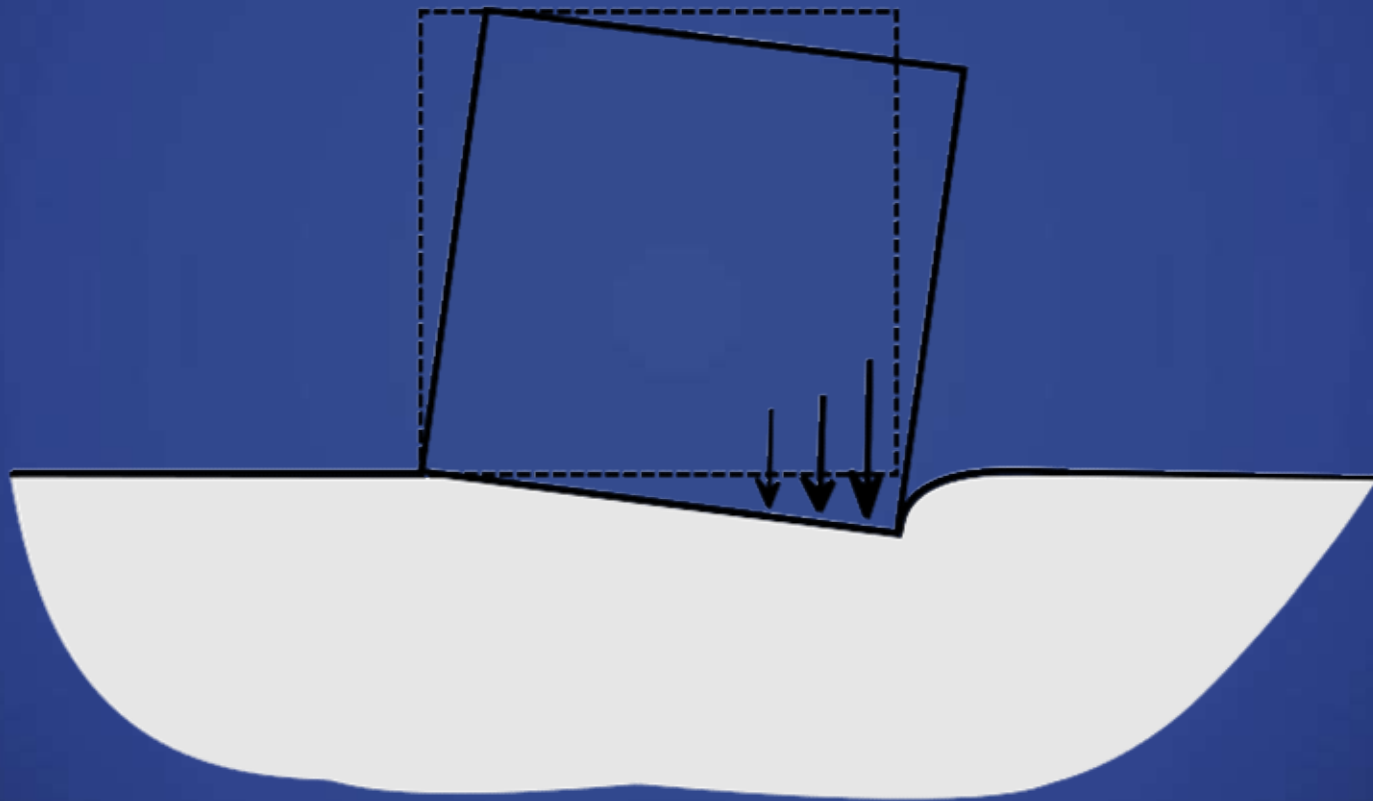
PROBLÈMES GÉOTECHNIQUES



Rupture de barrages



Tassements



OBJECTIFS

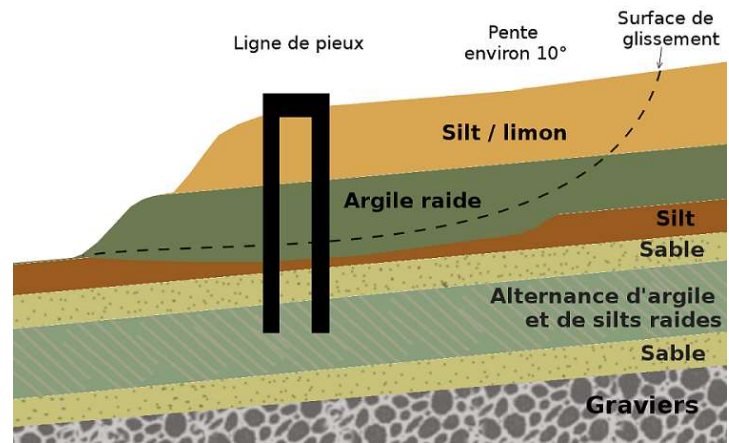
- ❑ **Augmenter sa résistance en place, pour augmenter sa capacité portante;**
- ❑ **Arrêter le mouvement d'une pente instable pour permettre des travaux de confortement permanent ;**
- ❑ **Augmenter la résistance latérale des sols offerte aux pieux installés;**
- ❑ **Permettre le percement d'un tunnel dans un terrain difficile ;**
- ❑ **Diminuer le potentiel de déformation volumique des sols ;**
- ❑ **Stabiliser un remblai nouvellement mis en place.**

DÉFINITION

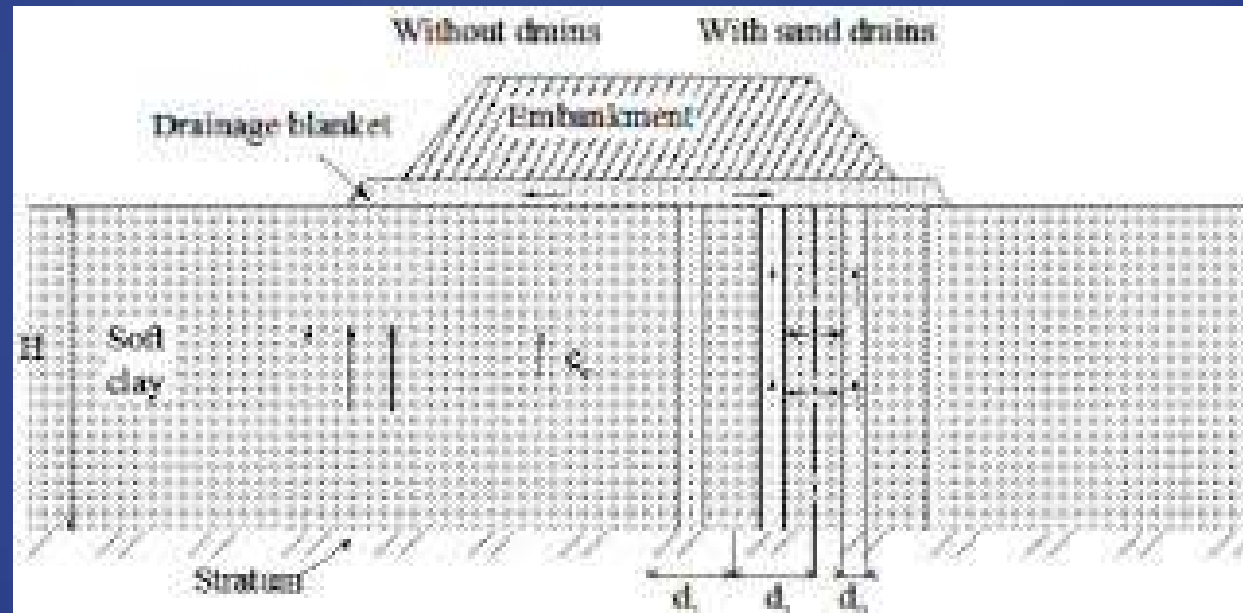
➤ Le renforcement et l'amélioration d'un sol consiste à conférer à celui-ci de nouvelles caractéristiques générales et/ou locales afin que les fondations d'un ouvrage, à titre d'exemple, devraient être compatibles avec les spécifications techniques justifiant à la fois la stabilité et les conditions de mise en service.

➤ Quel que soit le projet, l'analyse de la performance d'un procédé de renforcement donné, consiste à son comparaison avec une situation sans renforcement du sol.

EXEMPLES



Examples



Méthodes de renforcement des sols

- ☐ Substitution (enlèvement et remplacement)
- ☐ Pré-chargement (consolidation)
- ☐ Drains verticaux
- ☐ Densification In-situ (compactage)
- ☐ Injection (ciment, résine)
- ☐ Stabilisation avec ajouts (ciment, chaux, fibres,..)
- ☐ Renforcement (terre armée, colonnes ballastées, pieux, ..)

METHODS OF SOIL IMPROVEMENT

- ☐ Removal and replacement
- ☐ Pre-compression
- ☐ Vertical drains
- ☐ In-situ densification
- ☐ Grouting
- ☐ Stabilization using admixtures
- ☐ Reinforcement



Email: ameddah2004@univ-msila.dz

DOMAINE D'APPLICATION

Méthode	Types de sols					
	Matériaux évolutifs tourbe	Argiles très molles	Argiles-limons compressibles	Remblais fins	Sables / graviers	Cailloux remblais à blocs
Amélioration de sol dans la masse	PRÉCHAUFFEMENT + DRAINAGE					
				VIBROCOMPACTAGE		
				COMPACTAGE DYNAMIQUE		
				INJECTION SOLIDE		
Renforcement des sols par inclusions souples		COLONNES BALLASTÉES				
		PILOTS BALLASTÉS PILONNÉS (épaisseur < 5 m)				
Renforcement des sols par inclusions et éléments rigides	... DE TYPE PIEUX À REFOULEMENT / SANS REFOULEMENT et JET GROUTING					
	... DE TYPE COLONNE DEEP SOIL MIXING					

Substitution

✓ Méthode classique et simple



❑ Limitation

✓ pratique uniquement au-dessus de la nappe

Removal and replacement

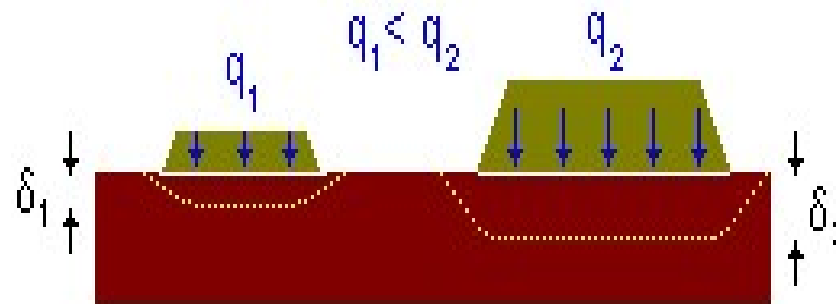


Préchargement

Precompression

✓ Avantages

- ❑ Ne nécessite que du matériel de terrassement conventionnel
- ❑ Tout entrepreneur peut effectuer le travail (technique simple)



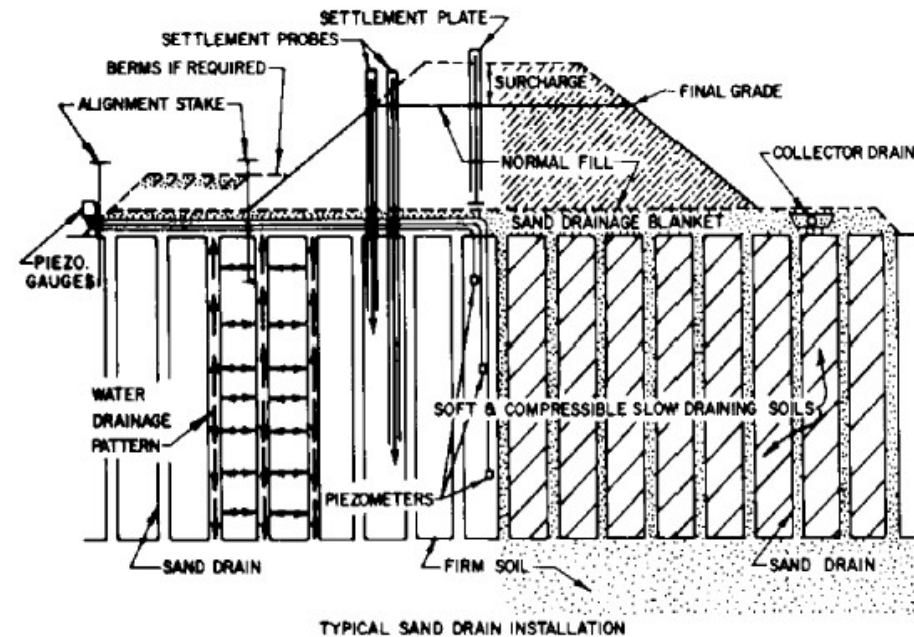
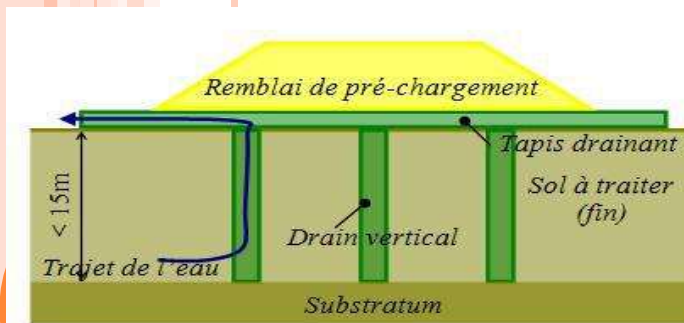
✓ Inconvénients

- ❑ Surface de remplissage importante (>10 fois de la dimension horizontale de la construction.
- ❑ Transport de grandes quantités de sols
- ❑ Temps de chargement important (plusieurs mois à des années)

Drains verticaux

Vertical drains

- ❑ Les drains verticaux sont installés sous une surcharge pour accélérer le drainage des sols imperméables et ainsi accélérer la consolidation
- ❑ Ces drains fournissent un chemin plus court permettant à l'eau de s'écouler du sol
- ❑ Le temps nécessaire pour drainer les couches d'argile peut être réduit de quelques années à quelques mois



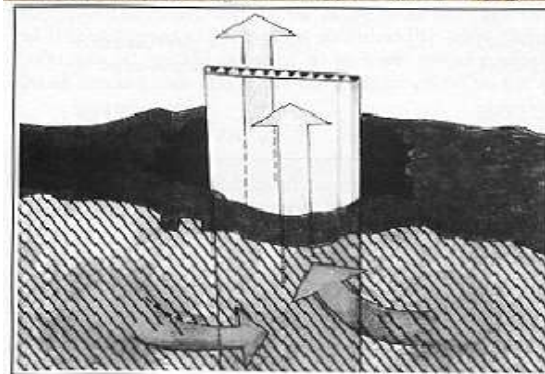
- ❑ Vertical drains are installed under a surcharge load to accelerate the drainage of impervious soils and thus speed up consolidation
- ❑ These drains provide a shorter path for the water to flow through to get away from the soil
- ❑ Time to drain clay layers can be reduced from years to a couple of months

Drains verticaux préfabriqués

- Geosynthetics used as a substitute to sand columns
- Most are about 100 mm wide and 5 mm thick

Wick drains

- Utiliser à la place de colonnes de sable
- Dimensions (diamètre: 100 mm; épaisseur: 5 mm)



Pore water flows laterally to the wick drains and is carried vertically up to the ground surface.



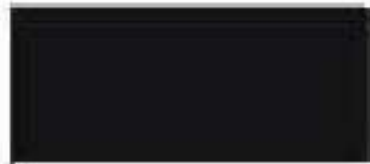
- ❖ Most effective for sandy soils
- ❖ Methods used in conventional earthwork are only effective to about 2 m below the surface
- ❖ In-situ methods like dynamic deep compaction are for soils deeper than can be compacted from the surface

- Plus efficace pour les sols sableux
- Les méthodes utilisées dans les travaux de terrassement classiques ne sont efficaces qu'à environ 2 m sous la surface.
- Les méthodes in situ, telles que le compactage dynamique en profondeur, s'appliquent aux sols plus profonds que ceux pouvant être compactés à la surface.

DYNAMIC VS. VIBRATORY

COMPACTATGE PAR IMPACT VS. COMPACTATGE PAR VIBRATION

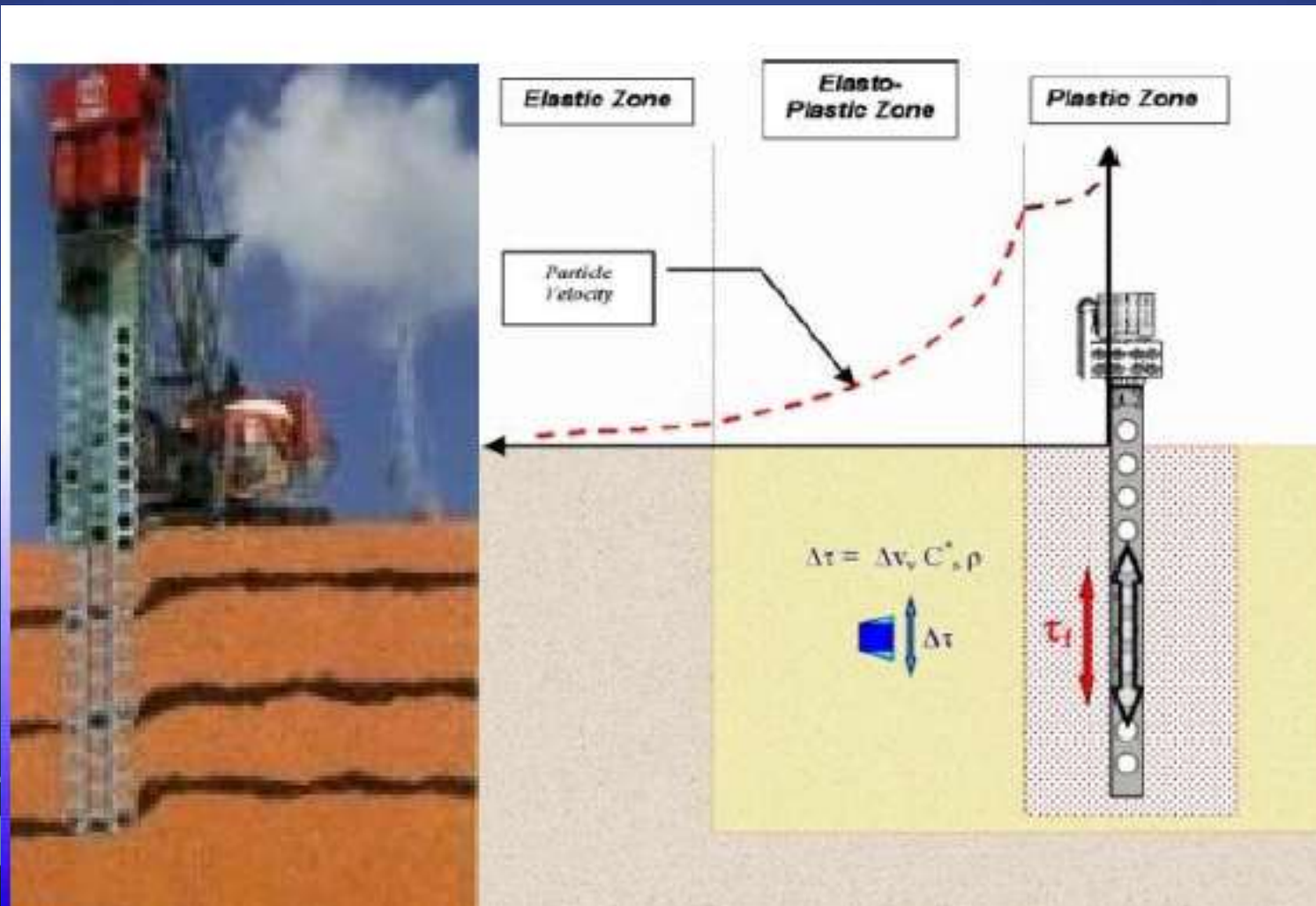
Dynamic (Impact)



Vibratory



VIBRATORY PROBE COMPACTION



VIBROFLOTATION



Ground Type	Relative Effectiveness
Sands	Excellent
Silty Sands	Marginal to Good
Silts	Poor
Clays	Not applicable
Mine Spoils	Good (if granular)
Dumped Fill	Depends upon nature of fill
Garbage	Not Applicable

VIBRO-REPLACEMENT STONE COLUMNS



Top-feed vibroflot rig



Adding stone in top-feed installation



Bottom-feed vibroflot rig

DYNAMIC COMPACTION

COMPACTATGE DYNAMIQUE



- Uses a special crane to lift 5-30 tons to heights of 40 to 100 feet then drop these weights onto the ground
- Cost effective method of densifying loose sands and silty soils up to 15 to 30 feet deep

□ **Utilise une grue spéciale pour lever de 5 à 30 tonnes à une hauteur de 40 à 100 pieds, puis laisse tomber ces poids sur le sol**

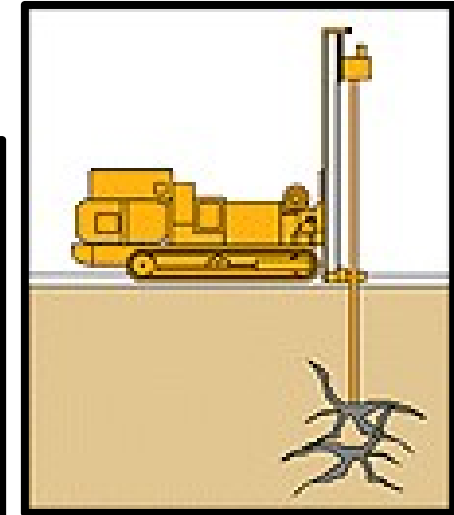
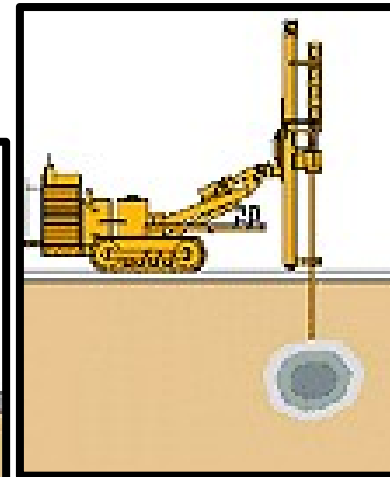
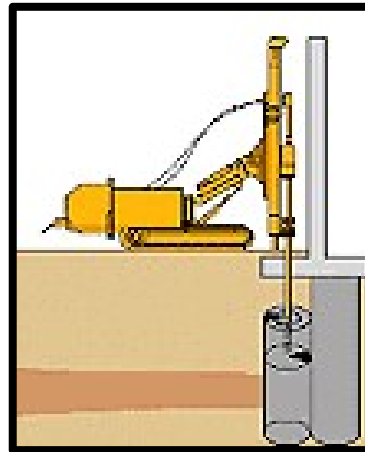
□ **Méthode rentable de densification de sables meubles et de sols limoneux d'une profondeur allant jusqu'à 15 à 30 pieds**

INJECTION

Défini comme l'injection d'un matériau spécial sous forme de liquide ou de boue appelé coulis dans le sol dans le but d'améliorer le sol ou la roche.

Types de coulis

- Coulis de ciment
- Coulis chimiques



- Objectifs:
- Réduire la perméabilité
- Densification des sols de structures ouvertes
- Réduire les déformations sous les ouvrages (réparation)

Defined as the injection of a special liquid or slurry material called grout into the ground for the purpose of improving the soil or rock

Types of grouts:

Cementitious grouts - Chemical grouts

Traitement des sols

✓Admixtures such as lime and/or cement were mixed with soil to produce a new material (soil-cement) which is comparable to a weak concrete

Soil treatment

✓Le sol est mélangé avec le ciment et/ ou chaud pour produire un nouveau matériau comparable à béton de faible résistance

□Objectifs

- ✓fournir une cimentation artificielle, augmentant ainsi la résistance et réduisant à la fois la compressibilité et la perméabilité.
- ✓réduire le potentiel de gonflement des argiles
- ✓stabiliser les sols de surface (superficielle)

□Objectives

- ✓Provide artificial cementation, thus increasing strength and reducing both compressibility and hydraulic conductivity
- ✓Used to reduce expansion potential of clays
- ✓Used in surface mixing applications

Email: ameddah2004@univ-msila.dz

Terre armée

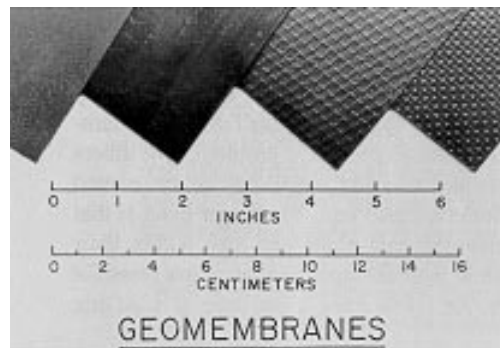
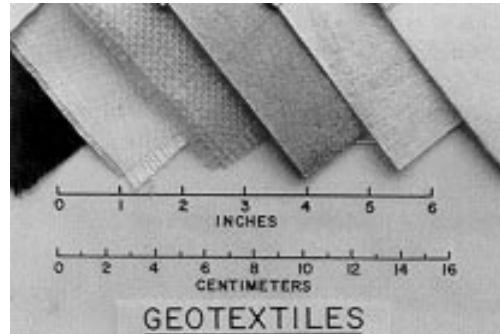
Mechanically stabilized earth



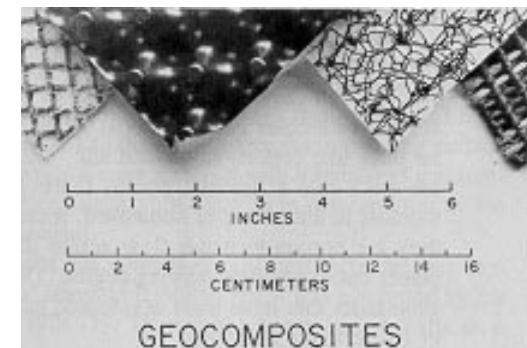
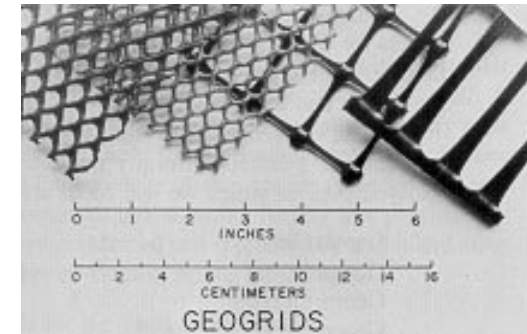
Reinforcements

Soil is stronger in compression than in tension

To improve strength in tension, geosynthetics placed in soil for soil reinforcement



Reinforcements



Soil Nailing

The fundamental concept of soil nailing consists of reinforcing the ground by passive inclusions, closely spaced, to create in-situ a coherent gravity structure and thereby to increase the overall shear strength of the in-situ soil and restrain its displacements.

Clouage

Le concept fondamental de clouage de sol consiste à renforcer le sol par des inclusions passives, proches les unes des autres, afin de créer une structure cohérente in-situ et augmenter ainsi la résistance au cisaillement du sol et limiter ses déformations.

