

Chapitre 1: Introduction à la mécanique des sols

1.1.1. Objet de la mécanique des sols

Par certains aspects, la mécanique des sols est proche de la mécanique des milieux continus qui étudie de nombreux matériaux comme l'acier, le bois, les bétons, les plastiques dont la plupart sont artificiels et donc de constitution bien connue. Par d'autres aspects, elle est proche des disciplines qui étudient les milieux minéraux naturels : la géologie, l'hydrogéologie, la mécanique des roches. La géotechnique regroupe ces dernières disciplines.

1.1.2. Domaines d'application

Les domaines d'application de la mécanique des sols sont nombreux et variés. Ils concernent la profession des travaux publics, ainsi que celle du bâtiment.

a- Milieux naturels

Le domaine d'application de la mécanique des sols ne se limite pas aux constructions ; il comprend également des milieux naturels tels que les versants (problèmes de glissement de terrain) et les berges de cours d'eau ou de retenues.



Fig 1.1. Glissement de terrain, les berges de cours d'eau ou de retenues.

b- Ouvrages en sol

Les ouvrages où le sol est le matériau de base sont aussi bien : des remblais (routes, voies ferrées, barrages, digues de bassins en terre, plates-formes maritimes...) ; ou des déblais (talus, canaux, bassins...).



Fig 1.2. Ouvrages (route, chemin de fer, barrage).

c - Ouvrages mixtes

Dans les ouvrages mixtes, le sol intervient en relation avec un autre matériau, le béton ou l'acier par exemple. Les conditions d'ancrage dans le sol sont souvent primordiales pour des ouvrages tels que :

- les murs de soutènements (béton, terre armée, sol renforcé par géotextile...) ;
- les palplanches utilisées dans les canaux, les ports, les constructions urbaines... ;
- les parois moulées (à fonction étanchéité ou à fonction soutènement).





Fig 1.3. Murs de soutènements, les Palplanches et les parois moulées .

d- Fondations d'ouvrages ou de bâtiments

Dans l'étude des fondations, le sol et l'ouvrage ne constituent pas un ensemble mixte, mais deux ensembles dont il s'agit de connaître les interactions. Les mécaniciens des sols distinguent :

- les fondations superficielles (semelles ou radiers) ;
- les fondations profondes (pieux, puits, barrettes).

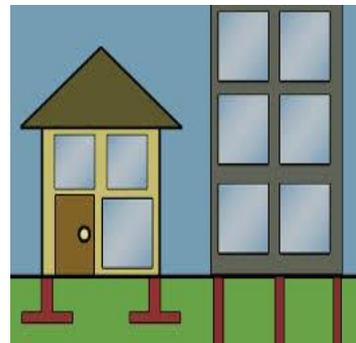
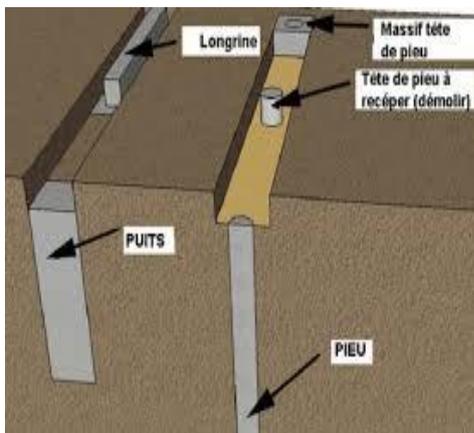


Fig 1.4. Fondations superficielles et profondes

1.1.3. Histoire de la mécanique des sols

La mécanique des sols est une science jeune. Les premiers fondements peuvent être attribués à COULOMB (1773), mais TERZAGHI a véritablement initié la mécanique des sols moderne (1936).

La mécanique des roches est une science encore plus jeune dont on peut dater les réels débuts dans les années soixante, en particulier suite à la catastrophe de Fréjus (barrage de Malpasset). On peut suivre l'évolution de la mécanique des sols à travers son apparition autant qu'une science à part entière et le développement de ses grandes théories (voir le tableau ci-contre).

Tab.1.1 : La mécanique des sols à travers ses grandes théories.

Siècle	Auteur	Théorie
18 ^{ème}	Coulomb	Résistance au cisaillement
19 ^{ème}	Collin	Rupture dans les talus d'argile
	Darcy	Ecoulement de l'eau à l'intérieur du sable
	Rankine	Pression des terres sur les murs de soutènement
	Gregory	Drainage horizontal, remblai compacte avec contrefort pour stabiliser la pente des tranchées de voies ferrées
20 ^{ème}	Atterberg	Limites de consistance de l'argile
	Terzaghi	Premier manuel moderne de mécanique des sols
	Casagrande	Essais sur la limite de liquidité

1.2. Définitions des sols, Origine et formation des sols

1.2.1. Origine et formation

Au point de vue géotechnique, les matériaux constituant la croûte terrestre se divisent en deux grandes catégories : les roches et les sols.

a. Les roches (silice, calcaire, feldspath, ...) sont des matériaux durs qui ne peuvent être fragmentés qu'aux prix de gros efforts mécaniques.

b. Les sols, au contraire, sont des agrégats minéraux qui peuvent se désagréger en éléments de dimensions plus ou moins grandes sans nécessiter un effort considérable. Ils résultent de l'altération chimique (oxydation, ...), physique (variation de température, gel, ...) ou mécanique (érosion, vagues, ...) des roches.

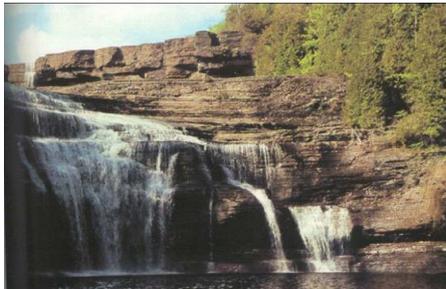
- Les sols et les roches se présentent sous forme d'agrégats de particules généralement minérales, mais parfois organiques, de taille et de forme variables.
- La nature et l'intensité des forces qui lient les particules de l'agrégat dépendent de la nature du matériau.

Les sols ont 02 origines principales

- Désagrégation des roches (altération mécanique ou physico-chimique sous l'effet des agents naturels)
- Fissuration consécutive à la décompression, aux effets des chocs thermiques ou du gel,
- Attaque mécanique (chocs et frottements) dans un processus naturel de transport gravitaire glaciaire, fluvial, marin, éolien,
- Attaque chimique sous l'effet des circulations d'eaux agressives (acides ou basiques)
- La décomposition d'organismes vivants (végétaux comme la tourbe ou animaux comme la craie)

On distingue aussi

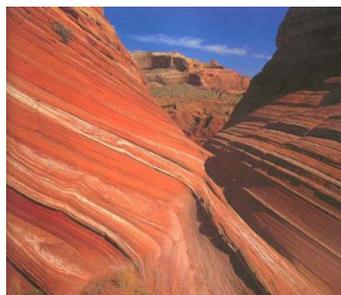
- Sols résiduels et sols transportés
- Formations géologiques des roches tendres



Layered limestone



Conglomérats



Example of sedimentary rock

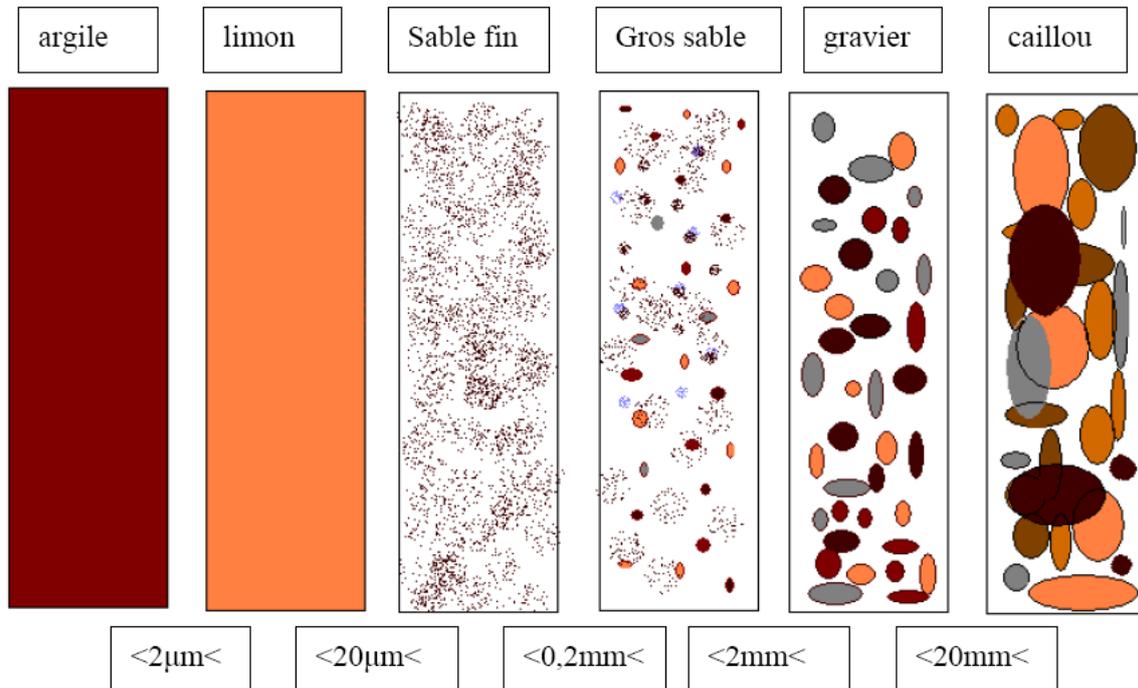
1.3. Structure des sols (sols grenus et sols fins)

Les grains d'un sol ne sont pas liés par un ciment comme c'est le cas du béton, mais ils peuvent être soumis à des forces d'attraction intergranulaires diverses : des forces électriques, des forces de Van der Waals. Ces forces sont en général faibles et diminuent rapidement lorsque la distance entre les grains augmente. Elles n'influencent que le comportement des sols à dimensions très faibles.

Dans ce cas le sol est doté d'une *cohésion*. Cette constatation va amener le géotechnicien à définir deux grandes familles de sol :

- *les sols grenus* qui sont de *dimension supérieure à 20 μm (0,02 mm)*,
- et *les sols fins* de *dimensions inférieures à 20 μm*.

Classification des sols : sols grenus, sols fins



1.3.1. Les sols grenus

Les sols grenus sont ceux pour lesquels les caractéristiques géotechniques sont déterminées par des forces de volume ou de pesanteur. Ils sont en général *pulvérulents*. Ils sont surtout définis :

Granulométriquement : On distingue principalement deux sous-familles :

Sables	50% des grains au moins sont compris entre 0,02 et 2 mm
Graviers	50% des grains au moins sont compris entre 2 et 20 mm

On peut ajouter pour préciser ces sols, d'autres caractères :

- Nature minéralogique (composition chimique même de la roche mère),
- Forme des grains (liée à la genèse de l'altération mécanique),

- Gisement et tri (ségrégation ou non).

Ainsi de part leurs altérations mécaniques on distingue:

Les sables éoliens	transportés par le vent, se rencontrent généralement sous forme de dunes marines ou continentales.
Les sables fluviaux	se rencontrent dans les alluvions fluviales quelques fois sous forme de terrasses.
Les sables marins	Comprennent aussi bien les sables littoraux que les sables marins anciens.
Les sables résiduels ou arènes	Produits de la fragmentation sur place d'une roche mère propice.

➤ 1.3.2. Les sols fins

a. Les limons (ou Silts)

La définition la plus admise est celle d'un sol dont la majeure partie des grains est comprise entre 2 et 20 μ (définition purement descriptive). Ils sont en grande partie formés de quartz.

On distingue suivant leurs origines :

Les limons éluviaux	formés par altération sur place d'un substratum favorable à l'altération
Les limons de ruissellement	et d'inondation qui se présentent en strates.

➤ **b. Les argiles**

On peut les définir granulométriquement comme une roche dont les grains sont compris entre 2 et 0,2 μ . C'est une roche sédimentaire terreuse faisant pâte avec l'eau. On la dit *plastique*.

- La plasticité d'un matériau est caractérisée par le fait qu'il peut être déformé d'une façon permanente, à volume constant, sans perdre sa cohésion interne

On distingue suivant leur origine :

Les argiles d'altération	Formées principalement par l'altération des calcaires en climat tempérés ou l'altération des latérites en climat chaud et humide
Les argiles fluviales	Elles se déposent surtout dans le lit majeur des fleuves, lors des décrues,
Les argiles lacustres	Déposées dans les lacs et étangs
Les argiles marines	Ce sont des argiles d'origine continentale déposées en milieu marin, et généralement modifiées par la diagénèse