

INSTABILITE DU SOL

- **Introduction :**

Lorsque l'on soumet les matériaux en général (les sols en particulier) à des contraintes, il se produit des déformations. Ces déformations du sol vont agir sur les structures et peuvent provoquer des désordres mettant en péril le bon usage, voir la sûreté des ouvrages. Ces problèmes se rencontrent par exemple dans le cas des fondations d'immeubles ou d'ouvrages d'art mais également pour les remblais et les ouvrages en terre en général.

Les deux causes principales d'instabilité du sol sont le tassement et le glissement. Les soulèvements sont plus rares. La présence de cavités souterraines, naturelles ou artificielles, peut provoquer des effondrements spectaculaires

- **Les tassements**

Le sol est un matériau compressible; lorsqu'une charge est appliquée à sa surface, le sol se déforme; le tassement est la déformation verticale vers le bas (vers le haut, c'est un gonflement). Les tassements sont dangereux pour les constructions qui s'affaissent ou basculent quand les tassements sont inégaux.

Les tassements subis par le sol sous l'effet d'une contrainte sont dus à 3 phénomènes:

- la compression des grains solides du sol;
- la compression de l'air contenu;
- l'évacuation de l'eau et de l'air contenus.

Sous l'action d'une charge, le sol se consolide: son indice de vides décroît pour se stabiliser à une valeur fonction de la charge appliquée.

Les ingénieurs sont souvent dans l'obligation d'évaluer les tassements sous les ouvrages. Les prédictions des tassements normalement consistent à :

- L'estimation de l'amplitude du tassement total (tassement final obtenu après stabilisation)
- L'estimation de l'évolution du tassement dans le temps.

Le tassement total sous une fondation, se compose en réalité de trois quantités

$$S = S_i + S_c + S_s$$

Avec:

S : Tassement total.

S_i : Tassement immédiat.

S_c : Tassement de consolidation.

S_s : Compression secondaire.

- **Tassement immédiat :**

Ce tassement est appelé aussi tassement initial, compression élastique ou tassement instantané. Il se passe immédiatement après application de la charge sur le sol. Celle-ci provoque une déformation vers l'extérieur de la semelle de fondation.

- **Tassement de consolidation :**

Dans les sols saturés, l'application d'une charge provoque un état d'excès de pression hydrostatique. La dissipation de cet excès de pression avec le temps engendre le tassement de consolidation.

- **Compression secondaire :**

Ce type de tassement est aussi fonction du temps, mais s'effectue sans aucun changement des contraintes effectives. La compression secondaire est due à l'arrangement graduel des particules de sol pour une configuration beaucoup plus stable.

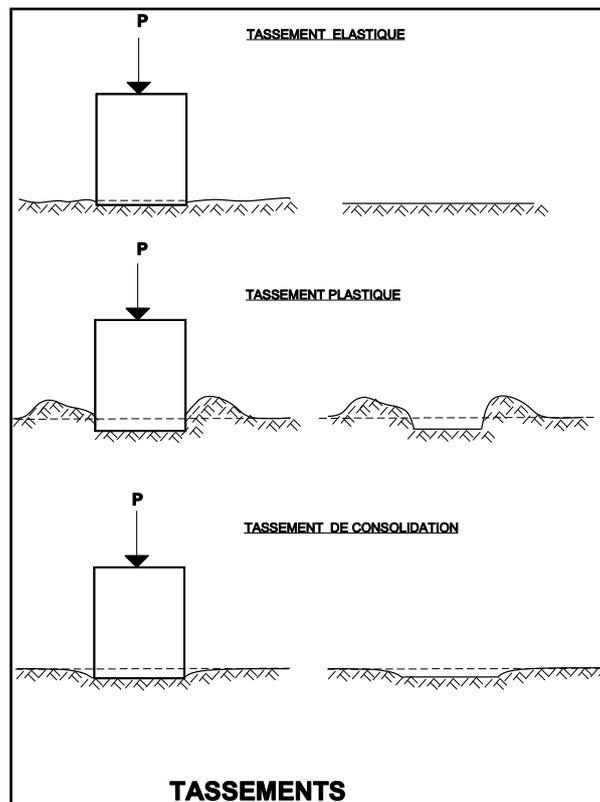


Fig1 tassement des sols.

- **Les glissements de terrain**

Quand la terre glisse, le sol à la tête d'un talus naturel a tendance à subir un mouvement progressif vers le bas.

Il existe de nombreuses classifications des glissements de terrains basées sur des critères tels que :

- La nature du talus (talus de déblais, de remblais, ou versant naturel).
- La nature du terrain, ses caractéristiques géomécaniques (matériau pulvérulent, cohérent).
- La vitesse de mouvement et sa durée.
- La forme de la surface de rupture (plane, cylindrique, en dièdre...).
- Le volume concerné (glissement superficiels ou profonds, rupture d'un flanc de fosse ou d'un gradin).
- L'âge de la rupture (glissement anciens ou récents).
- La cause de la rupture (pression hydrostatique, tremblement de terre).
- Les conséquences de la rupture.
- Le mécanisme de la rupture (translation, rotation...).

La classification présentée ci-dessous distingue quatre familles qui se différencient nettement du point de vue de la brutalité du phénomène (elle correspond à celle du comité international de géologie de l'ingénieur).

- ***EBOULEMENT (CHUTE DE BLOCS) (Rock fall) :***

Mouvement rapide (m/s) ou chute résultant d'une rupture fragile de la roche ou d'un joint, ou du basculement de blocs déjà séparés.

- ***GLISSEMENT (Landslide, rockslide) :***

Mouvement plus lent (m/h ou m/mois) résultant d'une rupture ductile par cisaillement d'un joint ou d'une couche peu résistante)

- ***FLUAGE (Creep) :***

Déformation très lente ($< m/an$) affectant une certaine épaisseur de terrain sans surface de glissement individualisée (s'apparente à un écoulement visqueux).

- ***COULEE (Flow) :***

Transport de matériaux par l'eau, à une vitesse pouvant être très rapide et sur une grande distance (coulées boueuses d'éboulis, de terrils, argiles sensibles...)

- ***CAUSES DE LA RUPTURE***

Les glissements des terrains sont la cause de trois facteurs : hydrauliques, géométriques et géomécaniques. Ces derniers engendrent soit une diminution de la résistance du sol ou, soit

une augmentation des contraintes dans le sol. Ces causes majeures de l'instabilité peuvent être résumées comme suit :

▪ **Causes dues aux augmentations des contraintes :**

1. Charges extérieures : bâtiments, eau, neige.
2. Augmentation du poids volumique du sol du à l'augmentation de la teneur en eau.
3. Travaux d'excavation.
4. Chocs, séisme.
5. Fissures de tractions dans le sol.
6. Effondrement des sous-sols: cavernes et travaux des tunnels.
7. Erosion due aux écoulements des eaux souterraines.

▪ **Causes dues à la diminution de la résistance du sol.**

1. Gonflement des argiles par absorption d'eau.
2. Augmentation des pressions interstitielles.
3. Désintégration graduelle de la structure du sol (craquement due au gonflement et rétrécissement).
4. Cassures de la structure dues au choc et aux activités séismiques.
5. Déformation et rupture progressive dans des sols sensibles.
6. L'effet de gel dégel.

Dans la plupart des glissements des terrains un certain nombre de causes agissent simultanément, et dire lequel est le facteur final est non seulement difficile mais aussi incorrect. Souvent un facteur final est ni plus ni moins qu'une autre cause de plus qui provoque le mouvement d'un sol déjà sur le point de la rupture.

Le premier signe d'un glissement de sol imminent, est l'apparence des fissures à la surface dans la partie supérieure du talus perpendiculaire à la direction du mouvement.

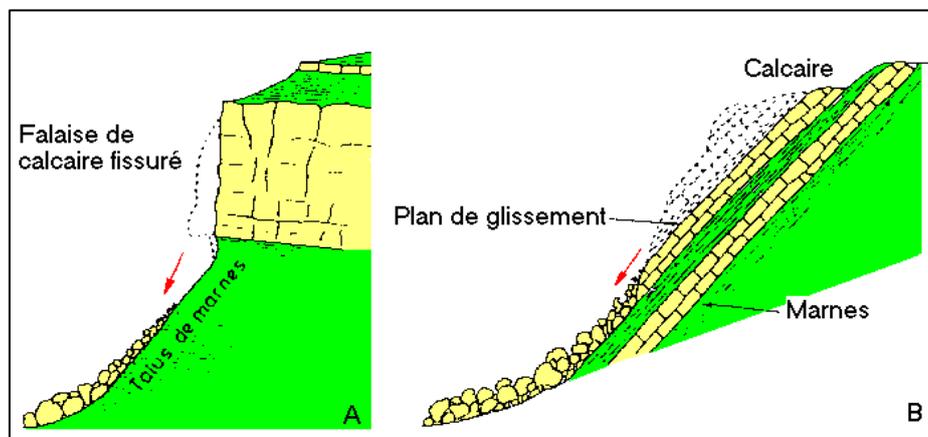


Fig2 éboulement (A) et glissement de terrain (B) banc sur banc.

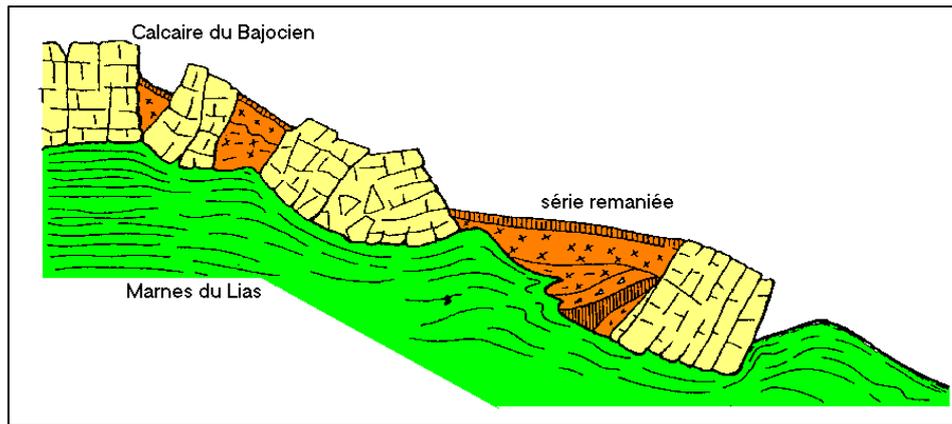


Fig3 : glissement des calcaires jurassiques sur les marnes sous-jacentes (Chaînes subalpines).

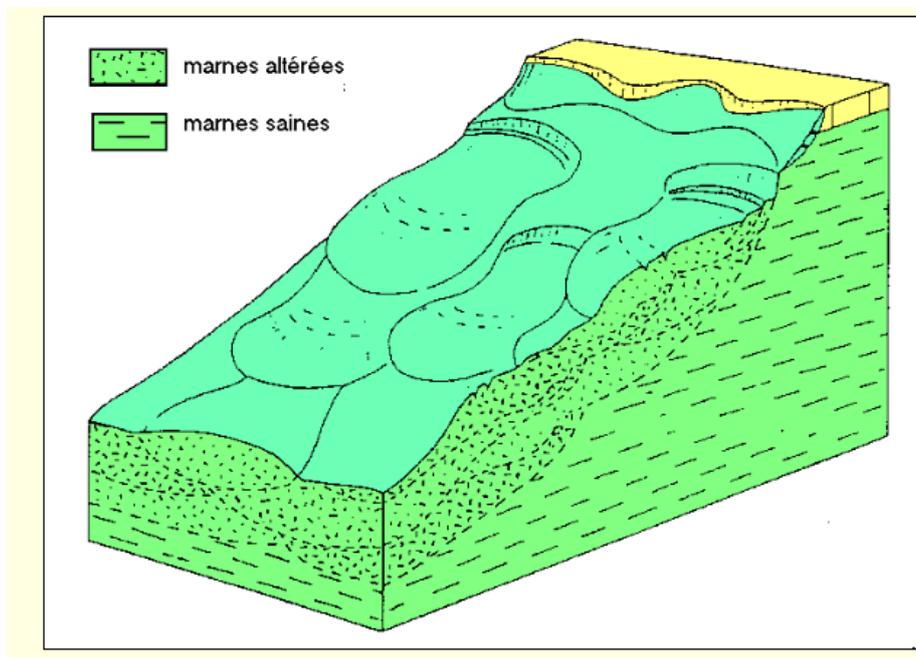


Fig4 :Loupes de glissement sur une série marneuse

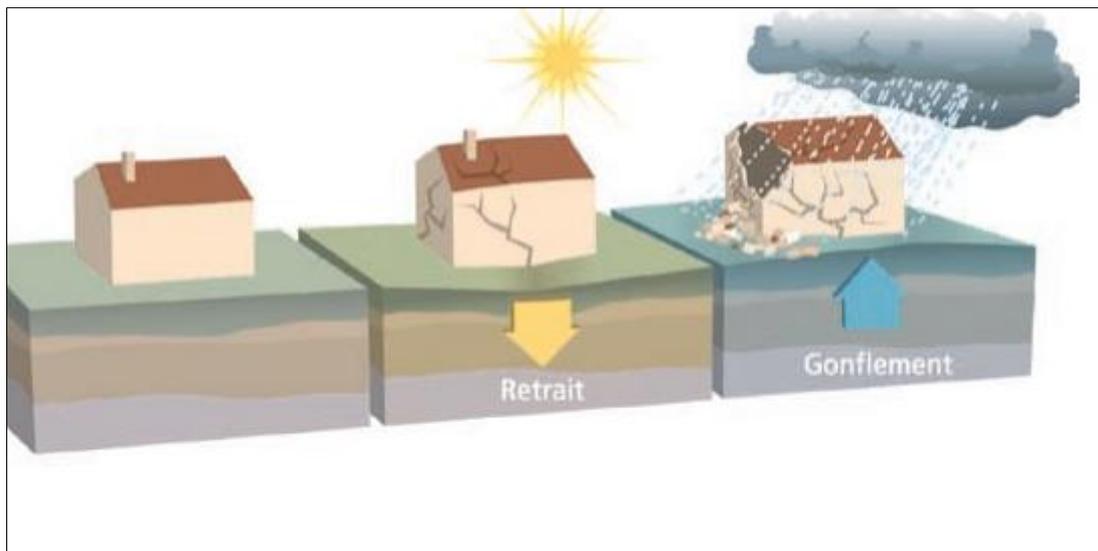


Fig5 :Ullustration du phénomène de glissement

- **Les soulèvements**

Ils peuvent résulter du gonflement d'une assise argileuse par imbibition, de l'arrêt de travaux souterrains de creusement, de la remontée du niveau piézométrique par arrêt du pompage...

Le matériau argileux présente la particularité de voir sa consistance se modifier en fonction de sa teneur en eau. Dur et cassant lorsqu'il est asséché, un certain degré humidité le fait se transformer en un matériau plastique et malléable. Ces modifications de consistance peuvent s'accompagner, en fonction de la structure particulière de certains minéraux argileux, de variations de volume plus ou moins conséquentes : fortes augmentations de volume (phénomène de gonflement) lorsque la teneur en eau augmente, et inversement, rétractation (phénomène de retrait) en période de déficit pluviométrique marqué.



Exposition du retrait -gonflement des sols argileux

- **Les effondrements :**

Les effondrements, se produisent de façon brutale. Ils résultent de la rupture des appuis ou du toit d'une cavité souterraine, rupture qui se propage jusqu'en surface de manière plus ou moins brutale, et qui détermine l'ouverture d'une excavation grossièrement cylindrique. Les dimensions de cette excavation dépendent des conditions géologiques, de la taille et de la profondeur de la cavité ainsi que du mode de rupture. Le phénomène peut être ponctuel (fontis, diamètre inférieur à 50 m, occasionnellement 100 m) ou généralisé (plusieurs hectares)

La présence d'un banc raide dans les terrains recouvrant la cavité favorise les effondrements généralisés. Selon la profondeur de l'effondrement, un glissement de ses flancs peut se produire après l'événement

L'effondrement du toit d'une cavité souterraine (grotte, galerie de mine...) peut atteindre la surface: c'est le cas des "fontis" dans la région parisienne dus à la dissolution du gypse en profondeur.



Effondrement à Bargemon (Var, 83)



Effondrement généralisé lié à la présence d'anciennes carrières souterraines – Gargas (Vaucluse, 84)



Effondrement à Aix-en-Provence (Bouches-du-Rhône, 13)