

Le risque glissement de terrain

1- Introduction : Les mouvements gravitaires de terrain, naturels: reptation, fluages, coulées, glissements, affaissements, écroulements, effondrement, affaissements qui peuvent être très lents ou extrêmement rapides, plus ou moins spectaculaires, souvent dommageables et parfois dangereux.. Il s'en produit journellement d'innombrables, un peu partout dans le monde ; toujours unique, leurs localisations, leurs types, leurs évolutions et leurs effets sont extrêmement variés.

- **Définition :** Un glissement de terrain est un déplacement généralement lent d'une masse de terrain cohérente et meuble le long d'une surface de rupture.

Cette surface a une profondeur qui varie de l'ordre du mètre à quelques dizaines voire quelques centaines de mètres dans des cas exceptionnels.

Les vitesses de glissement du terrain restent variables mais peuvent atteindre quelques décimètres par an.

Lorsqu'il y a rupture, les terrains peuvent glisser très rapidement, surtout lorsqu'ils sont saturés en eau.

2- Classifications des glissements :

❖ *selon G. PHILIPPONNAT, B. HUBERTII, on peut citer plusieurs classifications des glissements de terrains basées sur des paramètres tels que :*

- La nature du talus (talus de déblais, de remblais, ou versant naturel).
- La nature du terrain, ses caractéristiques géo mécaniques (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...)

❖ *Tableau 1. Classification d'après la profondeur de la surface de glissement (Office fédéral de L'environnement Division Préventions des dangers ; 2009)*

Glissement	Surface de glissement
Superficiel	0-2m
Semi-profonde	2-10m
Profonde	10-30m
Trèsprofonde	10-30m

❖ *Classification selon l'activité (en fonction de la vitesse moyenne de glissement) (Office fédéral de L'environnement Division Préventions des dangers ; 2009)*

Glissement	Vitesse de glissement
Substabilité, très lent	0-2 cm/an
Peu actif, lent	2-10 cm/an
Actif (ou lent avec phases rapides)	>10 cm/an



Photos : Glissement rotationnel en bordure d'une terrasse alluviale (Marly, FR).

Classification des glissements de terrain en fonction de leur vitesse de déplacement V_d
(Cruden and Varnes, 1996)

Vitesse	Description
$V_d < 16 \text{ mm/an}$	Extrêmement lent
$16 \text{ mm/an} < V_d < 1.6 \text{ m/an}$	Très lent
$1.6 \text{ m/an} < V_d < 13 \text{ m/mois}$	Lent
$13 \text{ m/mois} < V_d < 1.8 \text{ m/h}$	Modéré
$1.8 \text{ m/h} < V_d < 3 \text{ m/mn}$	Rapide
$3 \text{ m/mn} < V_d < 5 \text{ m/s}$	Très rapide
$V_d > 5 \text{ m/s}$	Extrêmement rapide

Classification typologique des glissements de terrain (adapté de Varnes, 1978)

Type de glissement		Type de sol ou de roche meuble	
		Grossier	Fin
Glissement	Rotationnel	Glissement de débris	Glissement boueux
	Translationnel		
Déplacement latéral		Déplacement de débris	Déplacement boueux
Coulée		Coulée de débris	Coulée boueuse Reptation
Complexe		Combinaison d'au moins deux mécanismes	

Classification des glissements de terrain en fonction de leur surface (Cornforth, 2005)

Surface (m ²)	Description
< 200	Très petit
200 < s < 2000	Petit
2000 < s < 20000	Moyen
20000 < s < 200000	Grand
200000 < s < 2000000	Très grand
s > 2000000	vaste

3- Les caractéristiques d'un glissement



- ❖ niches d'arrachement ou crevasses, principales et latérales, avec brusque rupture de pente (pente concave).



- ❖ un bourrelet de pied (ou frontal) à pente convexe. La poussée exercée par le bourrelet de pied se marque fréquemment par un tracé anormal des cours d'eau en aval.

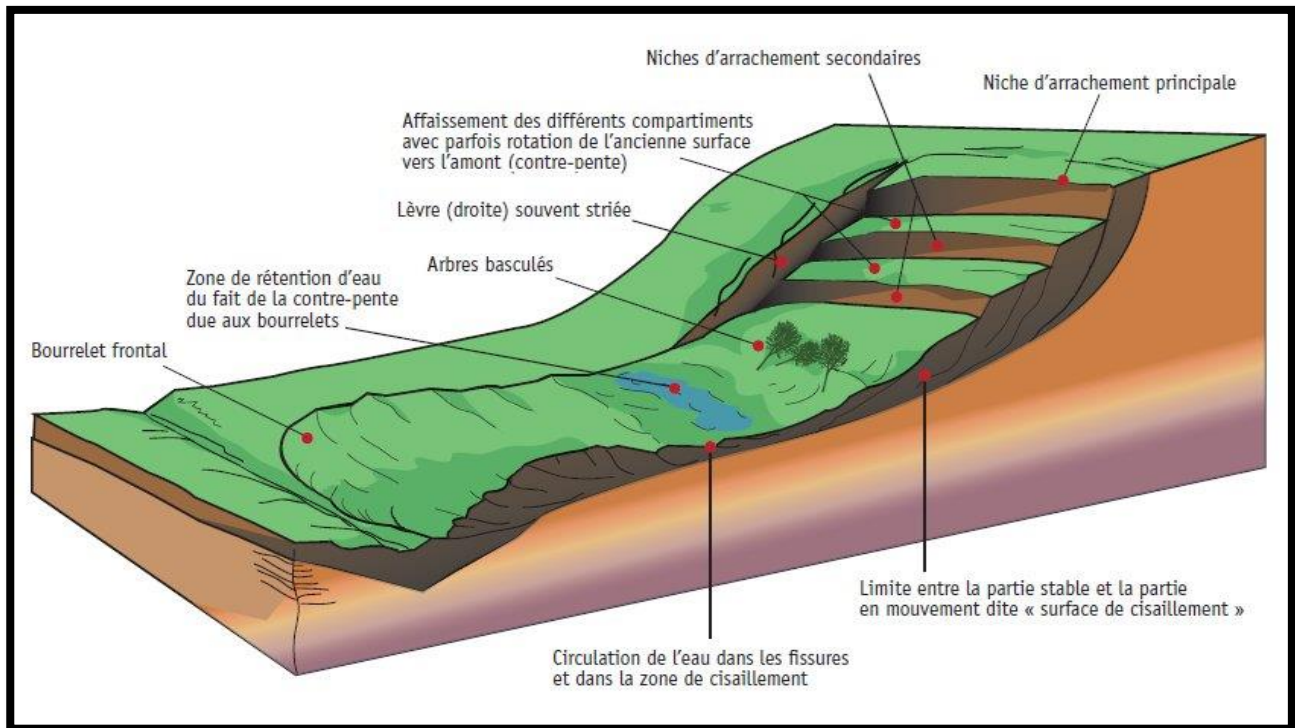


Schéma en coupe d'un glissement de terrain A. Fric.

4- Les consistants des glissements de terrain

- d'argile.
- de limon.
- de sable.
- de gravier.
- des galets et des blocs.
- une combinaison de ces matières.



Glissement des argiles



Glissement de combinaison de matières rocheux



Glissement dans les sables d'Oaxaca,
Ulises Ruiz

5- Les types des glissements de terrain

Trois types de glissement

Glissement plan

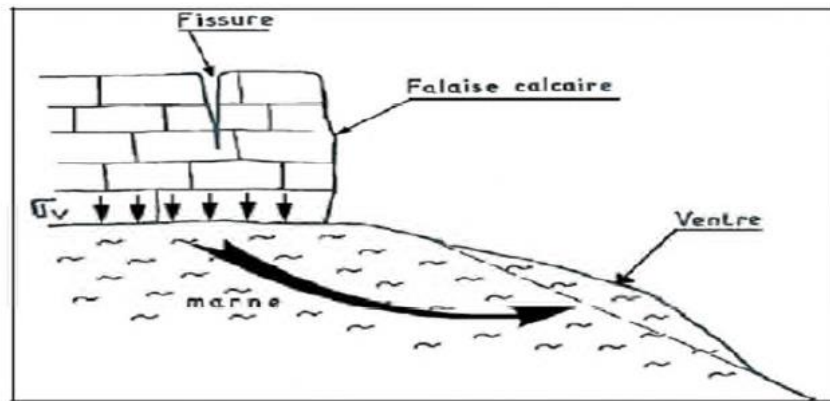
En milieux rocheux et en terrain meuble, s'effectue le long d'une surface de rupture sensiblement plane

Glissement rotationnel

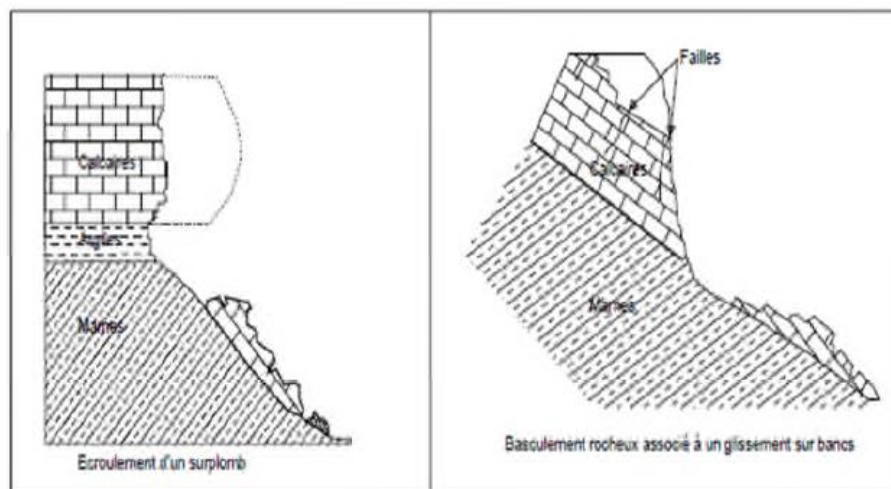
En terrain meuble et en débris de roches très fragmentées, s'effectue suivant une surface plus ou moins circulaire, il se caractérise par un escarpement à l'amont et un bourrelet à l'aval

Glissement par fluage

Mouvements lents due à des sollicitations proches de la rupture (domaine plastique)



Exemple d'un fluage (G. Philipponnat, 1987).



Exemples d'écroulement rocheux (G. Colas et G. Pilot, 1976).

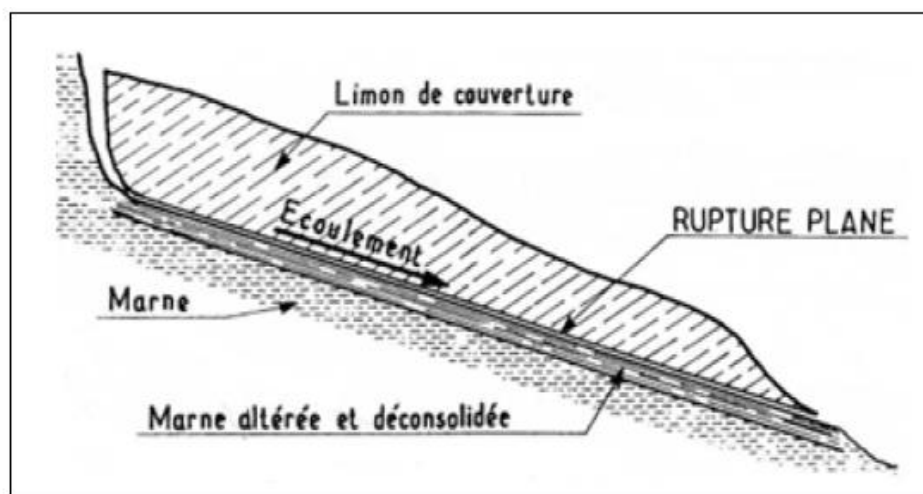
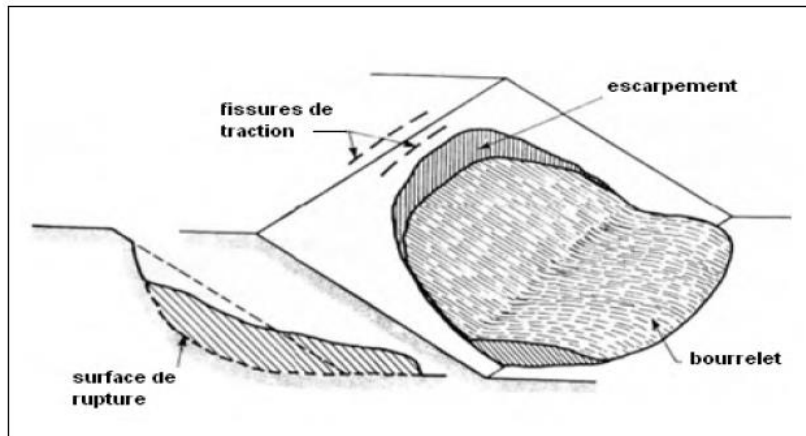


Schéma descriptif d'un glissement plan (G. Philipponnat, 1987).



Eléments descriptifs d'un glissement rotationnel (G. Philipponnat, 1987).

6- Les causes des glissements de terrain

- trouvent leur origine dans des phénomènes naturels et peuvent être favorisés par l'activité de l'homme.

❖ Les paramètres naturels :

- *La géologie
- *La géomorphologie
- *La végétation
- *Les séismes
- * L'hydrogéologie

❖ Les paramètres anthropiques

- *La modification de l'hydrologie
- *L'influence des travaux

7- L'effet des glissements de terrain

* Les risques pour l'homme :

- ✓ Ne présentent en général pas de risque pour les vies humaines sauf lors de la phase de rupture où le mouvement est alors soudain.
- ✓ Dans le cas des mouvements de grande ampleur,

* Les risques sur les ouvrages :

- ✓ Les glissements de terrain, qu'ils soient **lents ou rapides**, impactent les infrastructures (bâtiments, voies de communication, etc.)

8- Principaux méthode d'étude de glissement de terrain

- 1- géomorphologique (levé topographiques méthode de crosier_ mesure sur terrain..
- 2- géotechnique (calcul de stabilité
- 3- cartographie et modélisation(SIG)

1- géomorphologique (levé topographiques méthode de crosier_ mesure sur terrain..

2- géotechnique et calcul de stabilité

_ Les glissements de terrain constituent des phénomènes naturels. Leurs manifestation résulte généralement de la combinaison de facteurs aggravants ou déclencheurs, notamment la présence d'érosion, l'inclinaison de la pente, les propriétés géologiques et géotechniques des sols, les conditions des eaux souterraine, etc.

Les glissements surviennent généralement au période ou la pression d'eau est critique pour la stabilité de talus.

Leurs distribution dans le temps est irrégulière et leurs fréquences peut être augmentée par des événements météorologiques extrêmes.

Le calcul de la stabilité peut être réalisé dans deux cas : avant ou après déclenchement du glissement.

Dans l'analyse des stabilité des pentes, il faut toujours déterminer l'angle maximale auquel la pente (talus) est stable et examiner la stabilité en fonction de coefficient de sécurité (F_s).

les différentes «étapes d'une étude de stabilité sont :

Eude de la structure du massive.

*Etude de ses propriétés mécaniques.

*Eude des conditions hydrauliques.

*Modélisation et calcule de stabilité.

*Amélioration de la stabilité.

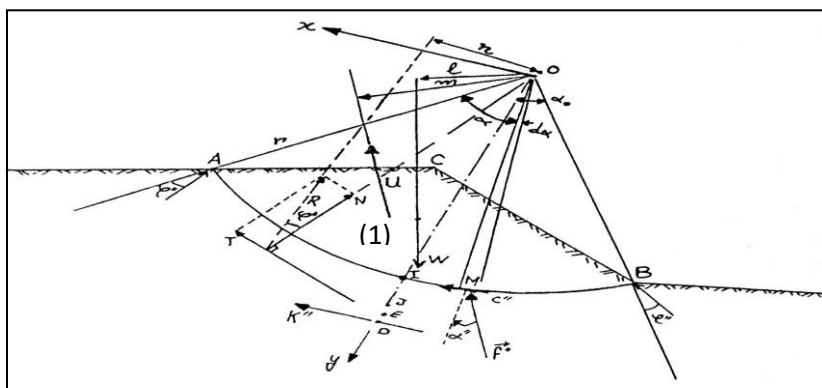
*contrôle et surveillance.

❖ Valeurs de coefficient de sécurité F_s données en fonction de l'importance de l'ouvrage (Habib, P., (1997)

F_s	Etat de l'ouvrage
< 1	danger
1.0 - 1.25	Sécurité incertaine
1.25 - 1.4	sécurité satisfaisante pour les ouvrages peu importants sécurité incertaine pour les barrages, ou bien quand la rupture serait catastrophique
> 1.4	satisfaisante pour les barrages

La définition des seuils des facteurs de sécurité dépend de l'approche adoptée, des fréquences de sollicitations de l'ouvrage en question et du risque créé par la rupture. En condition normale, Fellenius propose un seuil égale à 1.25, alors que $F_s = 1.5$ pour Bishop (l'approche de Fellenius est plus conservatoire que celui de Bishop) (J. L. DURVILLE et G. SÈVE).

Méthodes de calcul : La méthode universellement utilisé pour le calcul de stabilité de pente est celle de l'équilibre limite. on considère l'aptitude au glissement d'un certain volume de sol au voisinage de la pente. On étudier la stabilité de cet élément de sol voir(Fig.1)



Différentes forces agissant sur une masse en mouvement. (J. Costet et al, 1983)

La méthode des tranches est une méthode suédoise due à Petterson (1916), qui a subi plusieurs adaptations au fil des ans tel que son développement par Fellenius en 1927 pour les ruptures circulaires, par Bishop en 1954 et en fin elle a été étendue aux ruptures non circulaires par Nonveiller en 1965 (J. Costet et al, 1983).

Les méthodes les plus utilisées pratiquement

- ☐ méthode de Fellenius
- ☐ méthode de Bishop
- ☐ méthode des perturbations développées en France.

- **Pour les calculs en adoptera des tableaux du type ci-dessous :**

N° Tranches	$\alpha(^{\circ})$	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	W	N= W. $\cos \alpha$	T= W. $\sin \alpha$	ϕ	$\tan \phi$	N. $\tan \phi$	L= b/ $\cos \alpha$	C (bars)	C.L= C.b/ $\cos \alpha$
	Fs =					$\sum T =$			$\sum N. \tan \phi$	/		$\sum C.L =$

Nn: composante normale

Tn :la composante tangentielle

Bibliographie :

- N. Hamadou, (2011) *Risques liés aux mouvements de terrain dans le Tell Constantinois : Cas du glissement de Douar Souadek (Zighoud Youcef). Mémoire de magister, université de Batna(Algérie)*
- Philipponnat. G, (1987). « *Fondations et ouvrages en terre* ». Ed. Eyrolles. Paris.
- Société Suisse de Géomorphologie (SSGm) – Schweizerische Geomorphologische Gesellschaft : *Fiches – Géomorphologie de la montagne – Août 2009* . Instituts de Géographie des Universités de Fribourg (IGUF) et de Lausanne (IGUL)
- G. PHILIPPONNAT, B. HUBERT, *Fondations et ouvrages en terre*, EDITIONS EYROLLES, 2003.
- J. L. DURVILLE et G. SÈVE, *Stabilité des Pentes , Glissements en terrain meuble, Techniques de l'ingénieur, traité construction C 254*.
- DJAMEL EDDINE BENOUIS ; ''étude d'un glissement de terrain par différentes méthodes'' ;Mémoire d'ingéniorat ; ingénieure d'état en génie civil option construction civil et Industriell2010 ; université de Saida ; Page (21), (13) ; (Alger).
- Habib, P., (1997).*Génie Géotechnique-application de la mécanique des sols et des Roches*. Ed. Ellipses. Paris.
- Hamza-Cherif Riad, *Mémoire Magister en Génie Civil. Thème : Etude Des Mouvements De Pentes Par Le Code De Calcul "Pfc2d". Université Abou-Bekr Belkaid (Tlemcen). 2009*.
- Varnes, D. J. *Slope movement types and processes*. In Schuster, R. L. and Krizek, R. J., editors, *Landslides : analysis and control*, volume 176, pages 11{33. National Academic Press, Washington, USA. 1978.
- Cornforth, D. H. *Landslides in practice : investigation analysis, and remedial/preventive option in soils*. Wiley and Sons, Hoboken, USA. ISBN 0-471-67816-3. 2005.

Enseignant : (Dr) Hamadou

Noureddine