

Journées techniques
organisées avec l'appui du Sétra
et sous l'égide de la CoTITA

PRISE EN COMPTE DU RISQUE SISMIQUE

Mardi 27 mars 2012
Lundi 2 et mardi 3 avril 2012

CETE Méditerranée, Aix-en-Provence



Ressources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**

Journées techniques
organisées avec l'appui du Sétra
et sous l'égide de la CoTITA

PRISE EN COMPTE DU RISQUE SISMIQUE



Effets induits: les glissements de terrain et les chutes de blocs

Dominique BATISTA, Patrice MAURIN
CETE Méditerranée

Ressources, territoires, habitats et logement
Energies et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**



Ministère
de l'Écologie,
du Développement
durable,
des Transports
et du Logement

Centre d'Études Techniques de l'Équipement Méditerranée

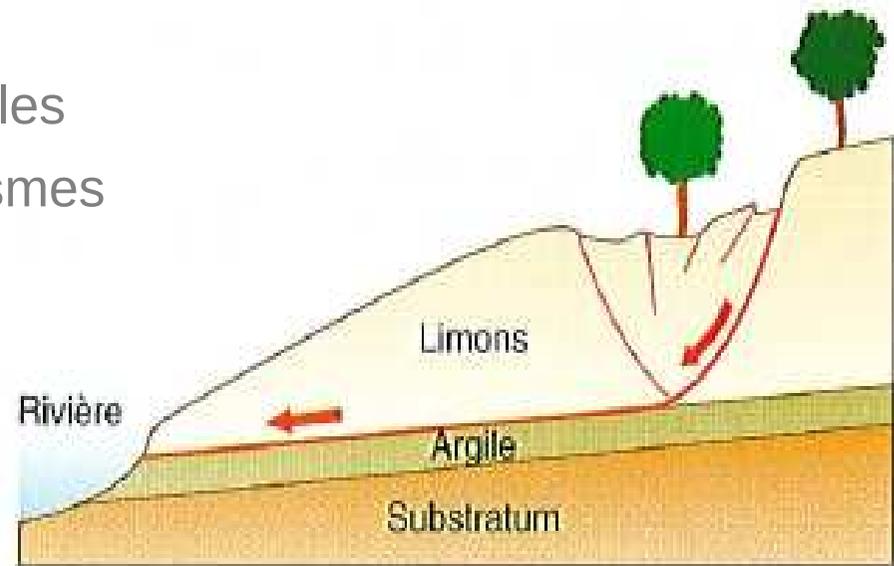
1. Les glissements de terrain

Le phénomène :

- Déplacement d'un massif de matériaux meubles ou d'un massif rocheux fracturé ou altéré le long d'une surface de rupture

Facteurs déclenchants :

- Lithologie (schistosité, pendages, plan de fracturation)
- Modification du régime hydraulique (saturation, pression interstitielles)
- Terrassements ou érosions naturelles
- Accélération produites par les séismes



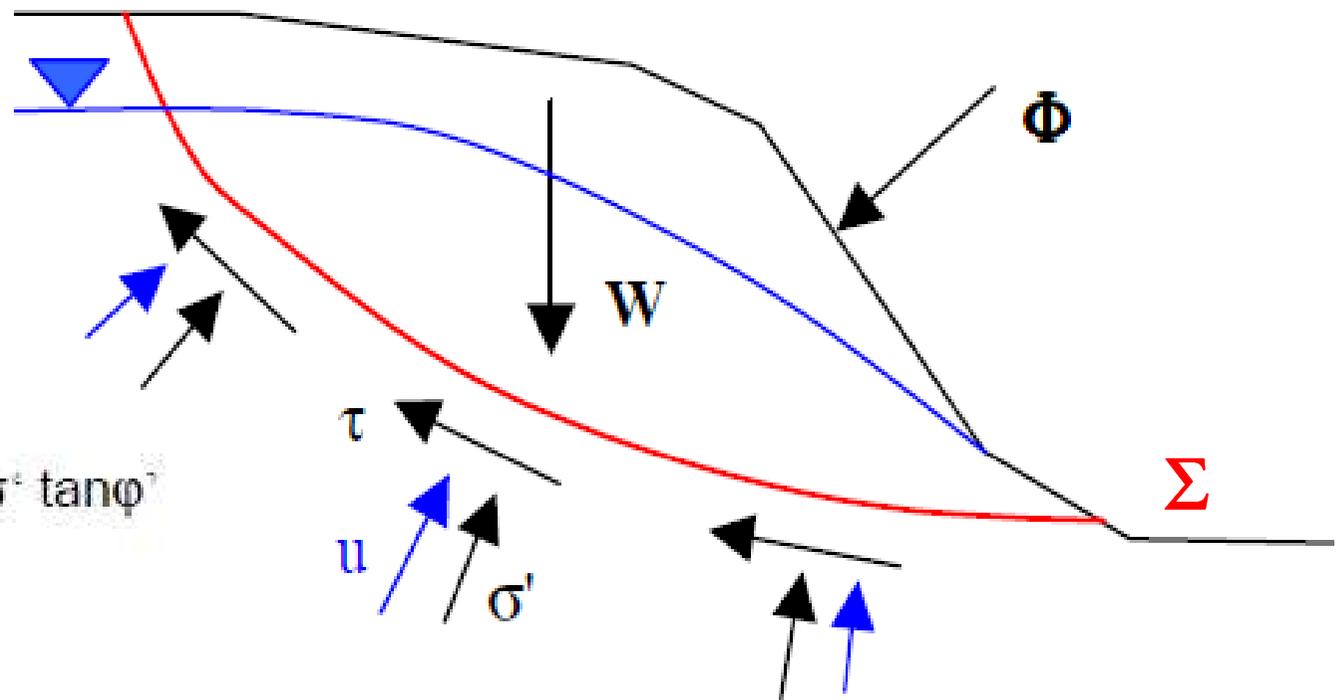
Glissement de terrain



1. Les glissements de terrain

Le mécanisme de rupture statique:

- Déclenchement : lorsque les efforts moteurs excèdent les efforts résistants mobilisables (résistance au cisaillement des sols le long d'une surface de rupture Σ)



$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \varphi'$$

u : pression interstitielle

$$\sigma' = \sigma - u$$

c' : cohésion du sol

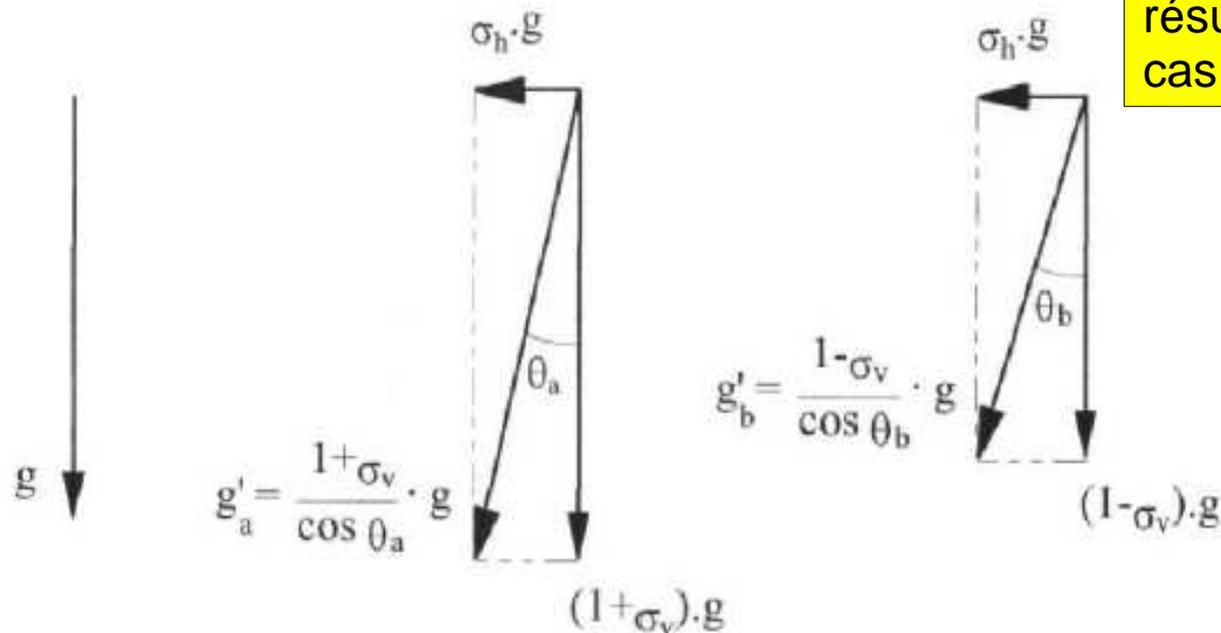
φ' : angle de frottement du sol.

1. Les glissements de terrain

Les vibrations subies lors d'un tremblement de terre favorisent le glissement des sites en limite de stabilité

Principaux phénomènes en jeux :

- La liquéfaction des sables fins et limons sous nappe : susceptibles de provoquer le glissement des formations supérieures
- L'apparition de forces inertielles déstabilisatrices



Accélération
résultante en
cas de séisme

1. Les glissements de terrain

Justification sismique:

- La justification sismique peut être effectuée par un modèle statique équivalent utilisant les coefficients sismiques suivants :

$$\sigma_h = 0,5 \gamma_I a_{gr} S S_T / g,$$

où

- Γ_I : le coefficient d'importance de l'ouvrage
- a_{gr} : accélération maximale de référence au rocher
- S : paramètre caractéristique de la classe de sol
- S_T : coefficient d'amplification topographique (modélisant l'effet de site)

$$\sigma_v = 0,33 \text{ à } 0,5 \sigma_h$$



Mission post-sismique de l'Aquila

Les effets géologiques induits

- **Glissements de terrain**

Assez peu nombreux (zone montagneuse plutôt rocheuse)



Glissement des berges
du lac Sinizzo



Route de montagne SS80

1. Les glissements de terrain

Effets induits sur les sites en limite de stabilité:

**Séisme de Kobé, 1995,
(Document NISEE -USA)**

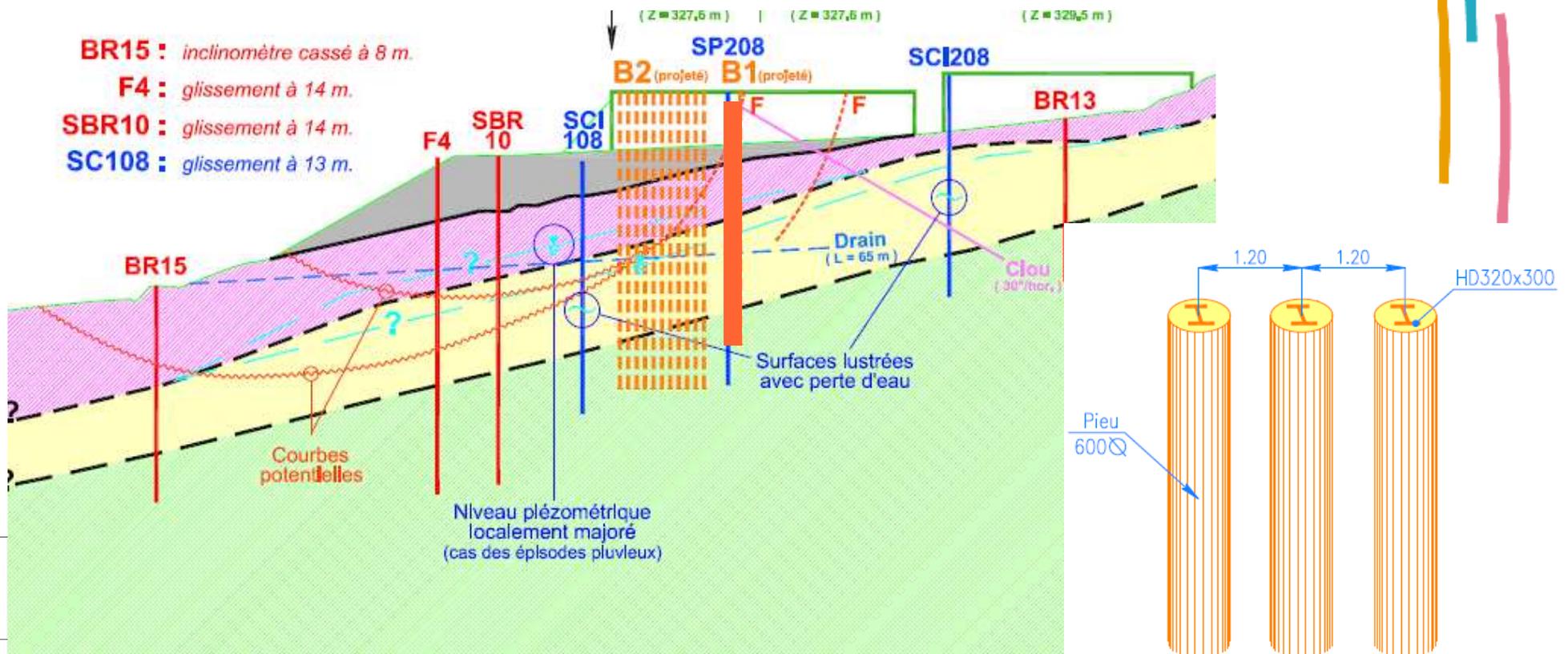
Glissement de terrain ayant entraîné la perte totale d'un bâtiment « parasismique » situé en bord de talus instable.



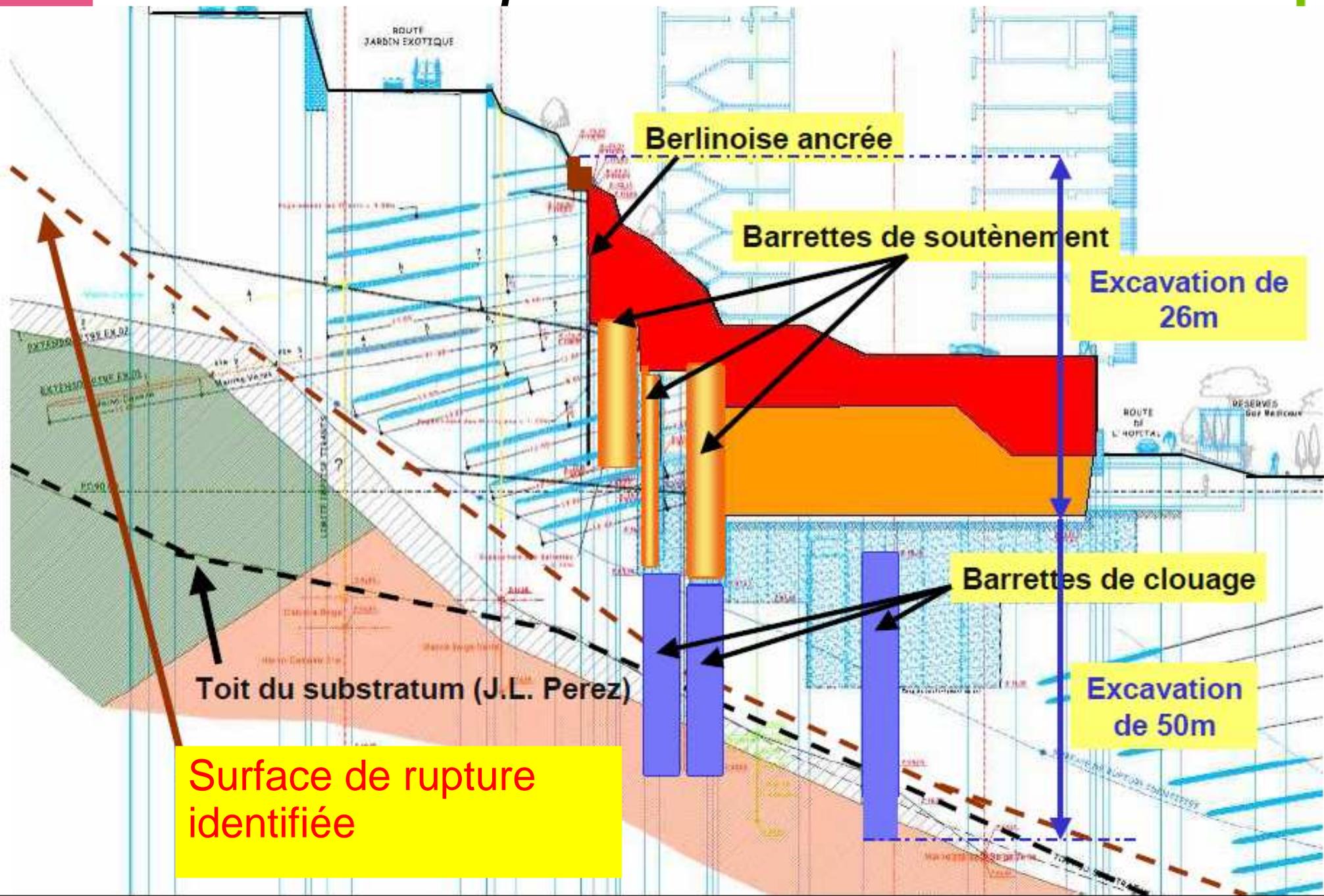
1. Les glissements de terrain

Comment se protéger ?

- Pour de petites pentes, des confortements sont envisageables : clouages, butée de pied, sécurisation par pieux fichés au substratum



ULMS – Monaco : un exemple de confortement par barrettes



1. Les glissements de terrain

Comment se protéger ?

- Pour de grands versants, la sécurisation est rarement possible. Il convient alors d'éloigner les enjeux des versants potentiellement instables (PPR).

Glissement de terrain à Santa Tecla(Salvador) lors du séisme de 2001 (Document Associated Press)

- ayant entraîné la perte d'un quartier (300 habitations ensevelies)
- les constructions voisines n'ont pas souffert des oscillations.et ont pu être évacuées sans dommages significatifs.

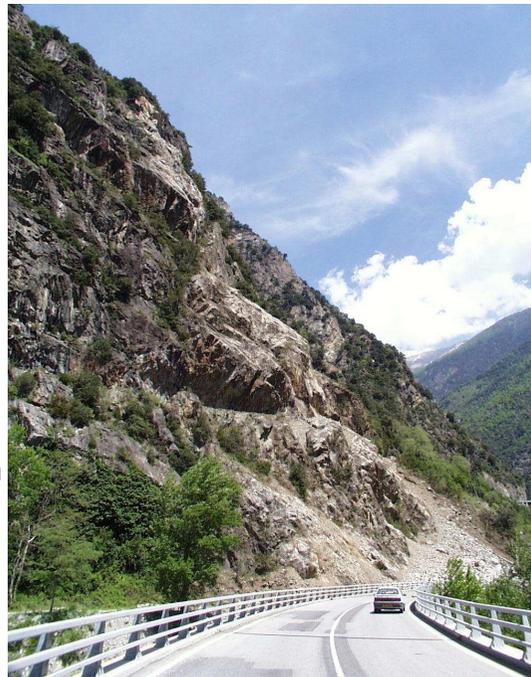


2. Les chutes de blocs

La définition de l'aléa « risque rocheux »



+



=



Aléa + Enjeu = Risque



Mission post-sismique de l'Aquila illustration des effets de site sur le phénomène chutes de blocs

- Chutes de blocs



Village de Fossa



2. Les chutes de blocs

- Qualification de l'aléa

A partir des mécanismes de rupture identifiés, la qualification de l'aléa pour les écoulements rocheux, fait intervenir deux composantes :

- la classe d'instabilité,
- la " probabilité/délai ".

Pour les risques rocheux, on distingue:

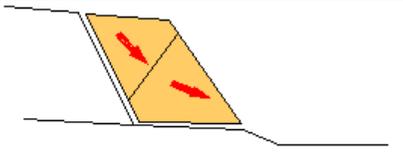
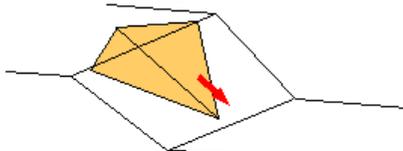
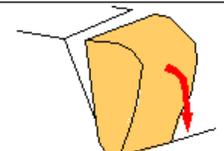
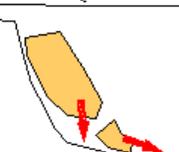
- L'aléa de rupture,
- L'aléa de propagation et
- L'aléa résultant = aléa de rupture + aléa de propagation.

Facteurs aggravants: présence d'eau dans le massif, action du gel/dégel, actions anthropiques, végétation ainsi que les secousses provoquées par un séisme.



2. Les chutes de blocs

Qualification
de l'aléa de
rupture
-
Les
mécanismes
de rupture

Mécanisme d'instabilité	Configuration
Glissement plan	
Glissement plan composé	
Glissement de dièdre	
Rupture de surplomb ou de dalle en toit	
Basculement de bloc, d'échelle ou de colonne	
Rupture de pied de colonne	
Glissement ou basculement d'échelle en paroi	



2. Les chutes de blocs

- Qualification de l'aléa de rupture - Les classes d'instabilité

On définit par classe, un type d'instabilité caractérisé par le volume des matériaux mis en jeu lors de la phase d'éroulement et le volume unitaire des blocs produits.

Les classes sont définies conformément à la grille suivante :

- Les chutes de pierres (cp)
 $V < 1 \text{ dm}^3$.
- Les chutes de blocs (cb)
Quelques fractions de m^3 à plusieurs m^3 .
- Les éboulements en masse limitée (ebl).
Volume inférieur à quelques centaines de m^3 .
- Les éboulements en grande masse (ebgm)
concernent des volumes d'éroulement simultané supérieurs à 5 000 000 m^3 mettant en jeu une dynamique spécifique.



2. Les chutes de blocs

- Qualification de l'aléa de rupture - La notion de probabilité / délai

La « probabilité/délai » se définit comme une variable à deux dimensions indissociables :

- L'éventualité d'occurrence de chute dans le délai considéré.
L'échelle utilisée s'étale entre le très faible et le très élevé ;

Très élevée (te)	L'occurrence du phénomène est normale. Sa non-occurrence serait exceptionnelle
Élevée (e)	L'occurrence du phénomène est plus envisageable que sa non-occurrence
Modérée (m)	L'occurrence du phénomène est équivalente à sa non-occurrence
Faible (f)	La non-occurrence du phénomène est plus envisageable que son occurrence
Très faible (tf)	La non-occurrence du phénomène est normale. Son occurrence serait exceptionnelle



2. Les chutes de blocs

- **Qualification de l'aléa de rupture - La notion de probabilité / délai**
 - Le délai significatif à l'intérieur duquel le praticien estime que le phénomène peut se produire par rapport à une probabilité considérée.
La durée des périodes va de l'imminent au long terme

Imminent	i	Prise en compte immédiate (le délai se compte en heures, jours, semaines ou mois)
Très court terme	tcl	2 ans environ
Court terme	ct	10 ans environ
Moyen terme	mt	De l'ordre de 30-50 ans
Long terme	lt	De l'ordre de 100-150 ans



2. Les chutes de blocs

- Qualification de l'aléa de propagation - Approche qualitative

Les études trajectographiques doivent permettre de **préciser**:

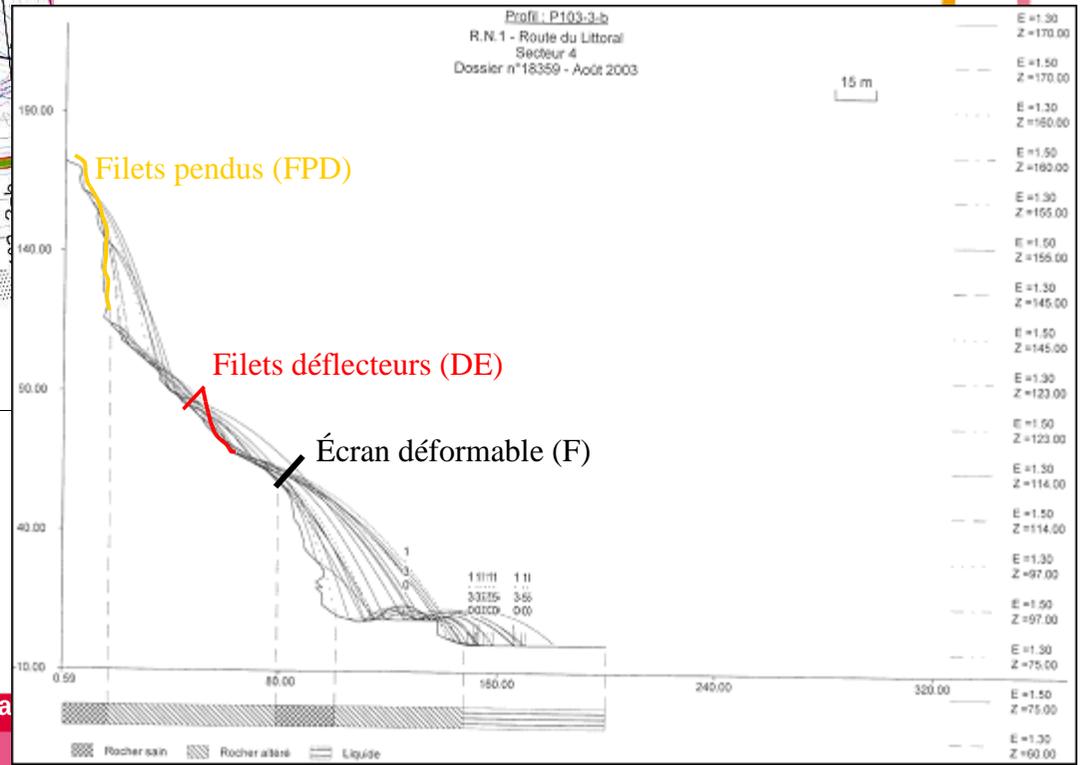
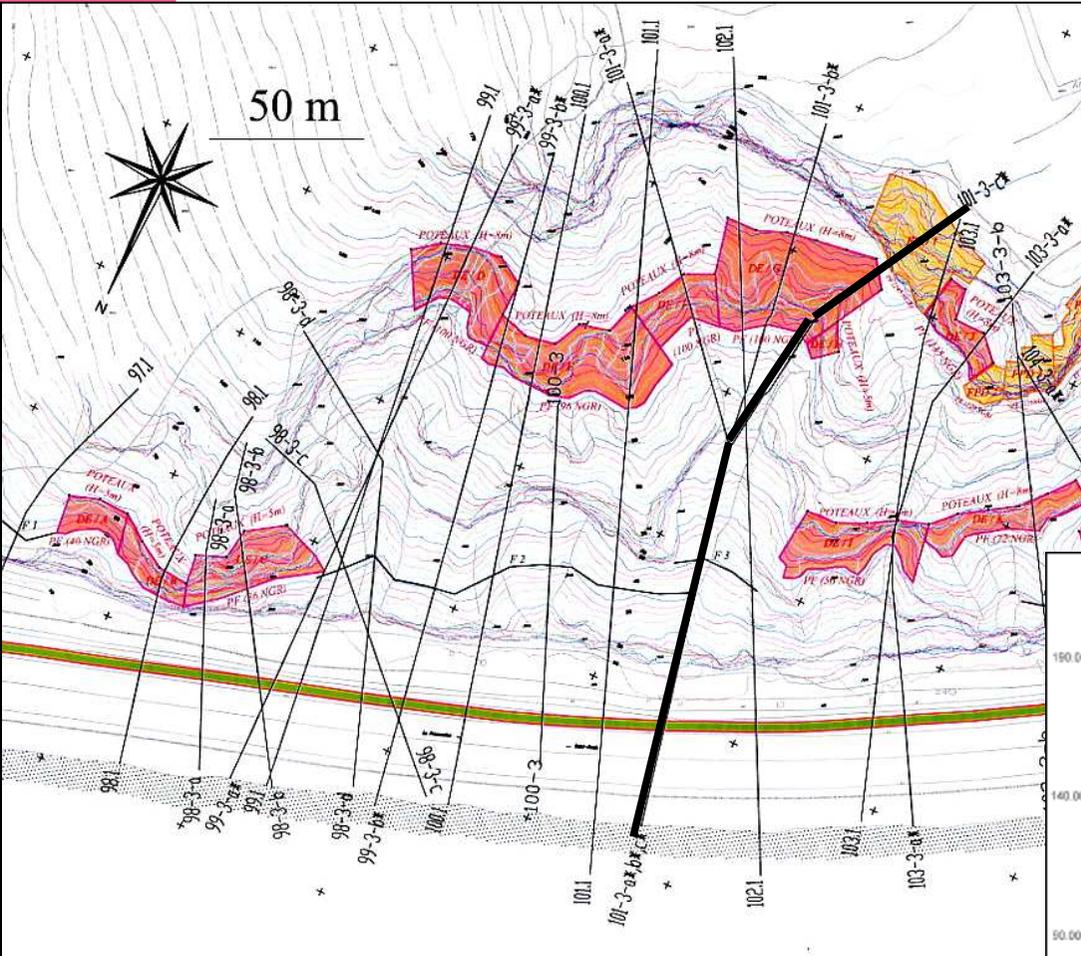
- le fonctionnement du versant,
- les caractéristiques des trajectoires probables,
- les vitesses des blocs.

et de **déterminer**:

- L'implantation des ouvrages de protection.



2. Les chutes de blocs



Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

2. Les chutes de blocs

- **Prise en compte des séismes dans la pratique française**

Dans le cas d'une paroi rocheuse de grandes dimensions, la majoration de l'aléa par suite de la sismicité résulte de l'**effet de purge** que peut produire la secousse sismique. L'appréciation devrait se faire au cas par cas pour déterminer si cette majoration peut-être négligée ou effective.

L'évaluation de l'instabilité d'une paroi rocheuse sous séisme, relève des mêmes critères d'appréciation qu'en statique (facteurs aggravants), en considérant une **majoration de la probabilité d'occurrence** appréciée à dire d'expert en fonction des conditions de site.



2. Les chutes de blocs

- Prise en compte des séismes dans la pratique française

L'observation des éboulements survenus au cours de séismes a révélé un **allongement sensible** des trajectoires de blocs libérés ; il conviendra donc d'être prudents dans la localisation des limites d'extension des éboulements.

Les trajectoires de blocs peuvent être appréciées à l'aide de logiciel trajectographique en intégrant une vitesse initiale des blocs induite par le séisme.



l'Aquila (Italie, 2009)

