



SHORT COURSE – 02F

17.01.2003

QUANTERRA

INTERNATIONAL INDEPENDENT CENTER OF CLIMATE CHANGE IMPACT ON
NATURAL RISK ANALYSIS IN MOUNTAINOUS AREA

Short course

Image : CREALP



Questionnaire complémentaire sur l'éboulement de Randa

*Dans le cadre de Formation
postgrade internationale en
géologie de l'ingénieur et de
l'environnement 2002-03*



EPFL –Laboratoire de géologie (GEOLEP)
CREALP

By M. Jaboyedoff

www.quanterra.org

Quanterra
Chemin de la Tour-Grise 28
1007-Lausanne
Tel. + 41 79 752 35 15
E-mail: mail@quanterra.org



Questions complémentaires concernant les éboulements de Randa proprement dits

- (2 bis) Le levé des systèmes de discontinuités doit permettre d'évaluer la blocométrie du matériel en place ? Comparer les résultats "in situ" avec la blocométrie des éboulis (voir annexe 1; Fig. 16)?
- A partir de la photo en annexe et de la visite de terrain, établir un histogramme des tailles de blocs en nombre et en masse. La blocométrie peut s'effectuer avec un programme de dessin et les surfaces S définies par le programme. On en tire le volume V par la relation:

$$V = (S^{0,5})^3 = S^{3/2}$$

- (3 bis) Que peut-on dire des volumes de poussières (Fig. 1), à quoi correspondent-ils dans le massif, à quel volume peut-on les estimer in situ?



Fig. 1: Vues du nuage de poussière de la deuxième phase (à gauche), et du dépôt de la première (document CREALP).

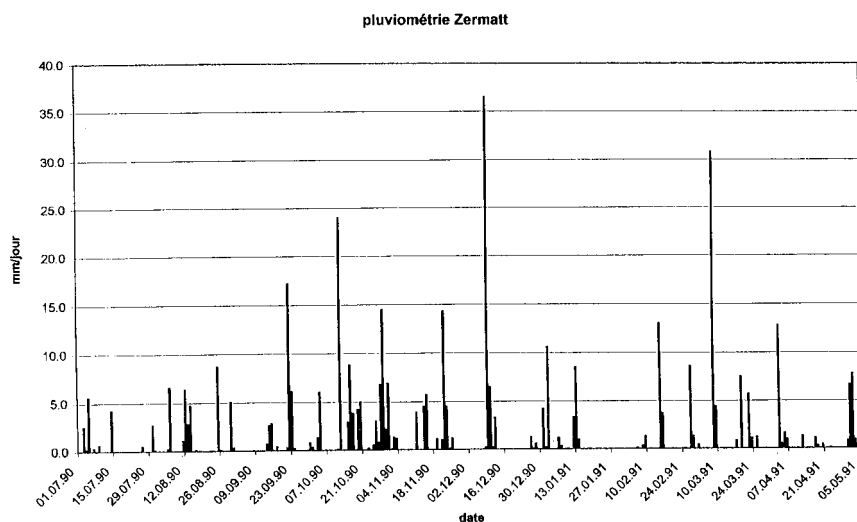


Fig. 2: Donnée pluviométrique de Zermatt de l'année 1991 (document CREALP).

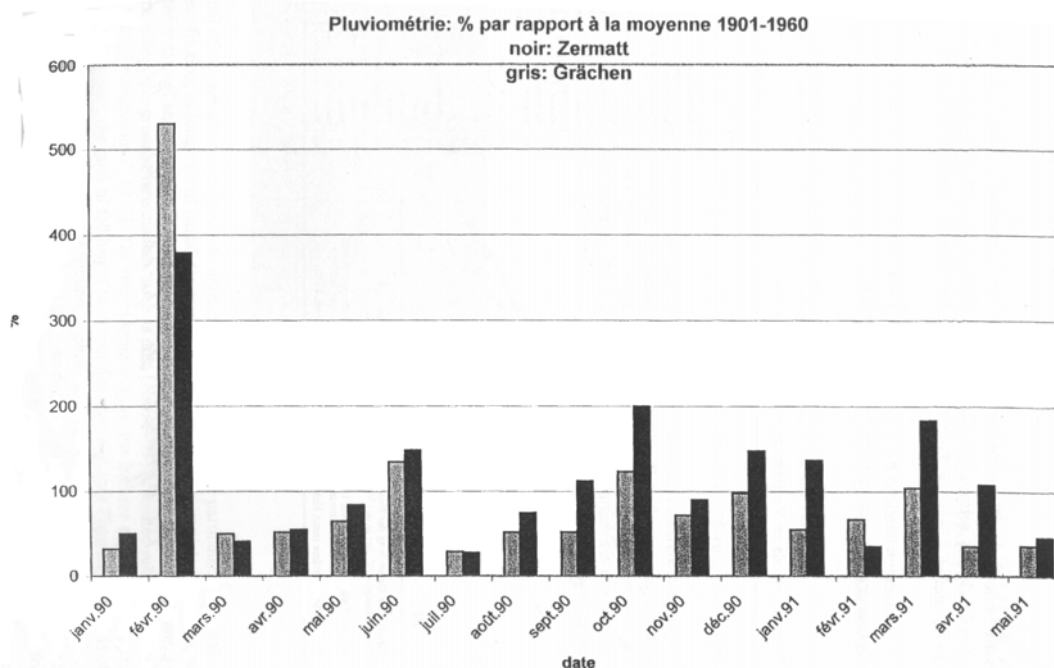


Fig. 3: Comparaison des données pluviométriques de l'année 1991 avec les données moyennes de 1901-1960 (document CREALP).

- Quels sont les traits marquants de la géomorphologie, tectonique, géomécanique, minéralogique, pluviométrie (enneigement; Figs. 2 et 3), de la structure du massif, etc.?
- Evaluer grâce au MNA le volume éboulé dans la falaise et dans le dépôt.

Recherche d'instabilités similaires

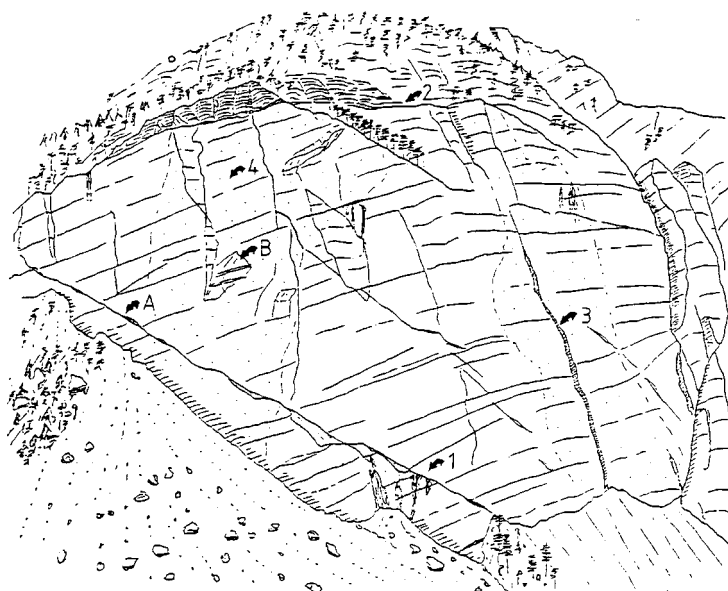


Fig. 4: Schéma qui représente les grandes structures existantes dans le massif avant l'éboulement (de M. Sartori, document CREALP).

- Au regard de morphologie avoisinante que peut-on dire de la possibilité d'autres événements de type Randa (Fig. 4 et 5)?

- Quelles sont les structures importantes du massif ?
- Quelles méthodes utiliser pour détecter des éboulements potentiels ?
 - Identifier les critères qui permettraient 1) de détecter la zone et 2) de la caractériser.

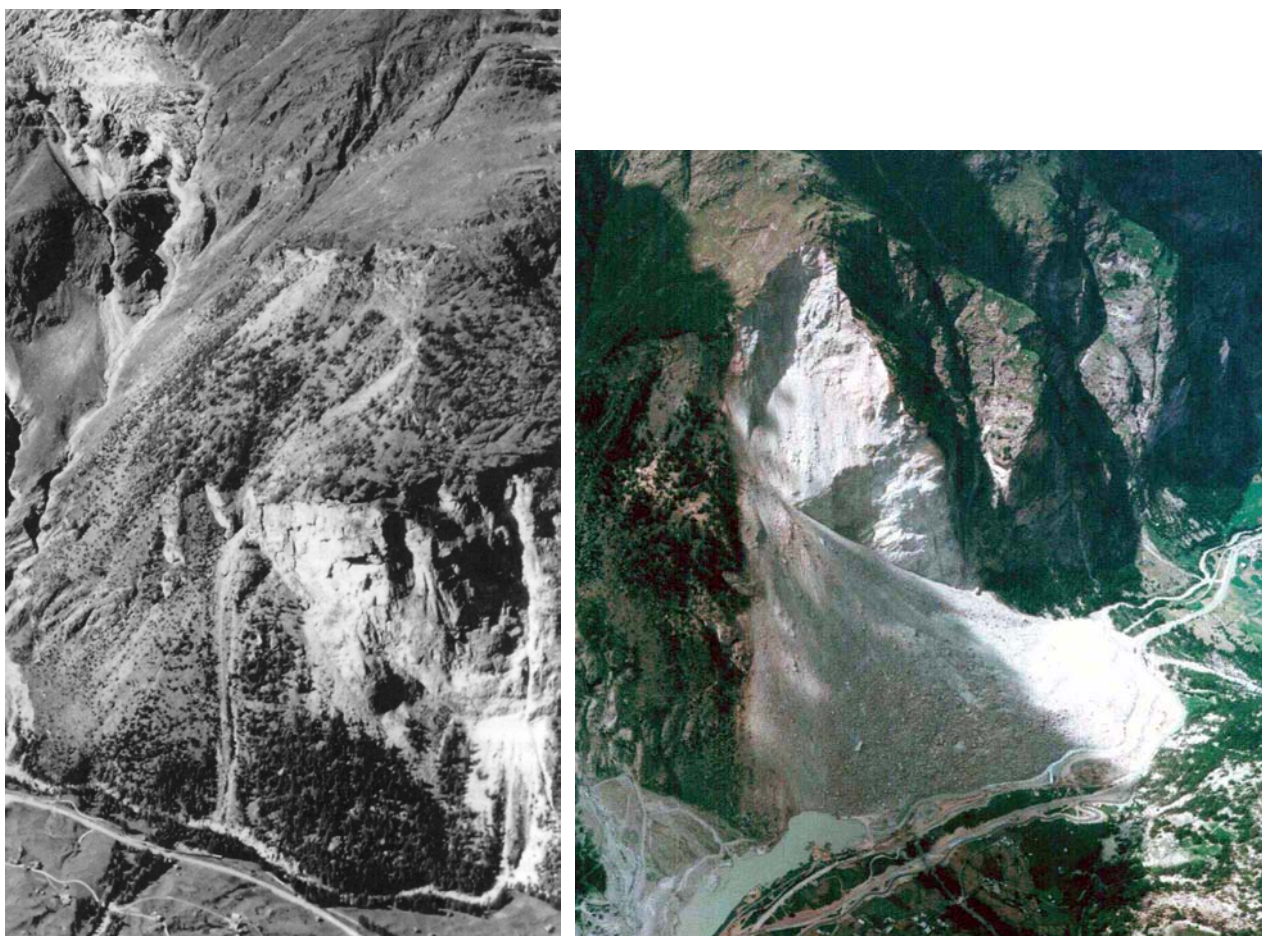


Fig. 5: Photographie du site l'éboulement de Randa avant 1972 et après les deux phases (tiré de Schindler et al., 1993 et CREALP).

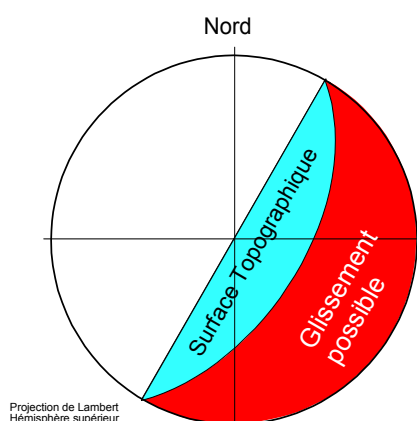


Fig. 6: Zone de direction de glissement potentiel compte tenu de la surface topographique (voir Figs. 17 à 21).

Effectuer la détection en confrontant la topographie (Fig. 6) avec les directions de glissements potentiels des structures. La détection peut se faire automatiquement à partir d'un modèle numérique de terrain (Fig. 7). Discuter des résultats.

Tenter de décrire l'instabilité de Randa comme un système "versant rocheux instable". Que peut-on en dire?

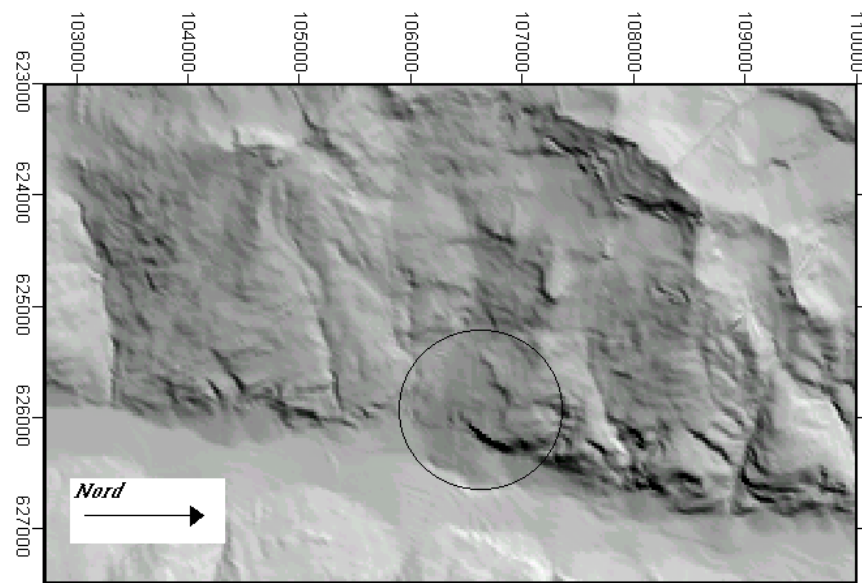


Fig. 7: Vue ombrée du modèle numérique de terrain MNA25 (office topographique fédéral).

Prévision de la seconde phase d'éboulement: méthode de Fukuzono (1990)

Les mouvements précédents la seconde phase d'éboulement ont été suivis à l'aide d'extensomètres et autres moyens de mesures. A posteriori, il a été montré que l'instant de la rupture aurait pu être évalué grâce à la méthode de Fukuzono.

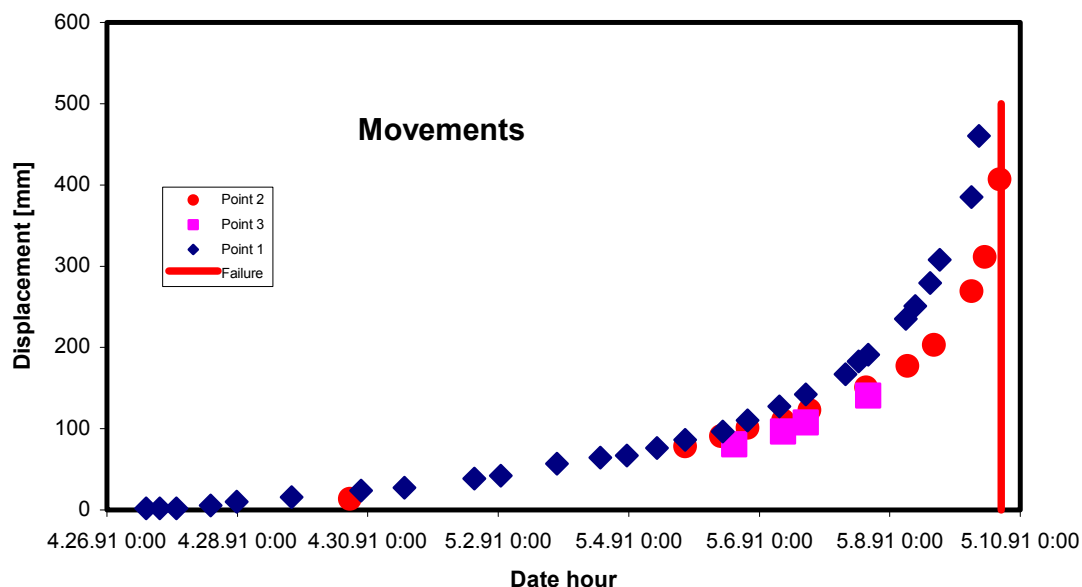


Fig. 8: Mouvements d'extension de certaines discontinuités avant la seconde phase (données retranscrites manuellement de Rouiller, 1992)

- Sur la base du graphique des déplacements (Fig. 8 et Tab. 1), évaluer l'augmentation de vitesse de déplacement.

- Lors de la rupture la vitesse peut être considérée comme infinie. Imaginer un diagramme qui permette d'évaluer le moment où la vitesse devient infinie (Fukuzono).
- Combien de temps avant la rupture cette méthode apparaît-elle valide?

Point 1			Point 2			Point 3		
Date	Time	Disp. [mm]	Date	Time	Disp. [mm]	Date	Time	Disp. [mm]
26-avr-91	14:30	2.2	29-avr-91	17:22	13.6	28-avr-91	19:11	-8
26-avr-91	19:23	2.2	4-mai-91	20:45	78.4	29-avr-91	15:58	-6.9
27-avr-91	1:36	2.2	5-mai-91	9:55	90.9	5-mai-91	14:44	80.6
27-avr-91	14:06	5.6	5-mai-91	19:37	101.1	6-mai-91	8:47	96.6
27-avr-91	23:47	10.1	6-mai-91	8:47	110.2	6-mai-91	17:04	107.9
28-avr-91	19:54	15.8	6-mai-91	18:28	122.7	7-mai-91	15:59	140.9
29-avr-91	21:31	23.8	7-mai-91	15:15	151.1			
30-avr-91	13:29	27.2	8-mai-91	6:30	177.3			
1-mai-91	15:05	38.6	8-mai-91	16:11	203.4			
2-mai-91	0:50	42	9-mai-91	6:05	269.4			
2-mai-91	21:38	56.8	9-mai-91	10:54	311.4			
3-mai-91	13:32	64.7	9-mai-91	16:27	406.9			
3-mai-91	23:14	67						
4-mai-91	10:19	76.1						
4-mai-91	20:45	86.3						
5-mai-91	10:35	96.6						
5-mai-91	19:37	110.2						
6-mai-91	7:22	127.3						
6-mai-91	17:04	142						
7-mai-91	7:38	167						
7-mai-91	12:31	183						
7-mai-91	15:59	190.9						
8-mai-91	5:50	235.3						
8-mai-91	9:18	251.2						
8-mai-91	14:51	279.6						
8-mai-91	18:19	308						
9-mai-91	6:05	385.3						
9-mai-91	8:50	460.4						

Tableau. 1: Données numériques des mouvements d'extension de certaines discontinuités avant la seconde phase (données retranscrites manuellement de Rouiller, 1992)

Etude des mouvements actuels

Número	X	Y	Z	date21.2.1997
108	626118.4	107575.4	2080	
109	625461	107177.9	2501.69	0
110	625855.4	107095.2	2280.47	137
114	625755.4	107107.6	2351.44	97
117	625685.8	106750.9	2155	8
119	626009.4	107074.3	2127.51	49
120	625794.8	107141.1	2337.03	87
121	625769.5	107198.6	2350.47	46
122	626048.6	107102.1	2099.18	29
123	626079.9	107020.2	2066.4	69
124	625794.3	107247	2324.81	-15
125	625802.3	107376.9	2293.69	-12
126	625835.8	107246.8	2251.58	
128	626360.5	107316.4	1798.665	-10

Tableau. 2: Données de mouvements de différents points géodésiques 6 ans après l'éboulement.





Fig. 9: Exemple d'extensomètre et de réflecteur infrarouge pour les mesures télémétriques (Document CREALP).

- Sur la base des données de déplacements établir une cartographie des déplacements totaux.
- Comparer aux documents cartographiques antérieurs.
- Que peut-on déduire de la comparaison des documents?
- Sur la base des analyses précédentes, établir un mécanisme possible.
- Estimer les volumes mobilisables (Figs. 9 à 12 et Tab. 2).

Document distribué lors du cours

Fig. 10: Situation des points de mesures géodésiques.



Document distribué lors du cours

Fig. 11: différences entre les déplacements corrigés du 21.2.97 et 30.5.94 (pris positivement en direction de la vallée) et observés à partir de la station Forststrasse. Le fond est constitué des déplacements du 21.2.97.



Document distribué lors du cours

Fig. 12: Mouvements de la partie supérieure de la niche mesurés depuis la vallée par télémétrie (Document CREALP).

Propagation

Les écoulements sont des instabilités rocheuses de très grand volume (un à plusieurs millions de m^3) caractérisées par des vitesses de chute élevées et de très grandes distances de transport.

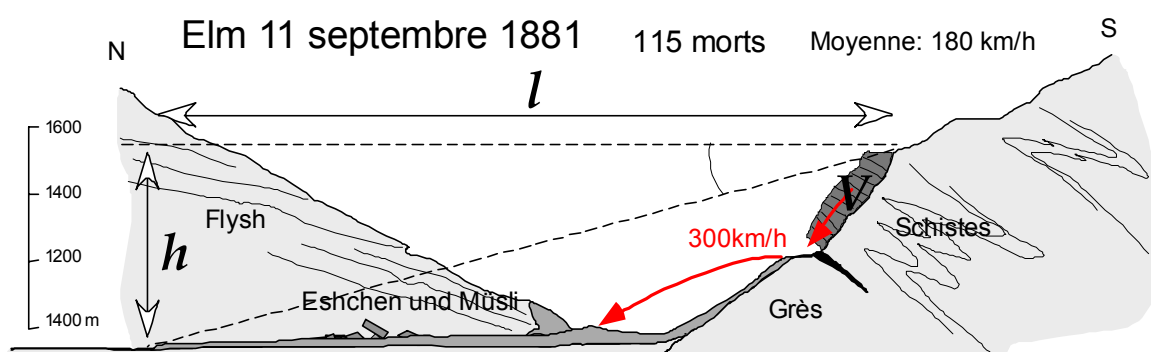


Fig. 13: Définition des variables de la relation de Scheidegger (1973) d'après un dessin de Heim (1932).

L'éboulement de Randa s'est effectué en deux phases de 22'000'000 m^3 et 7'000'000 m^3 . Dans la mesure où il aurait pu s'agir d'écroulement (éboulement en grande masse) on peut tenter de définir le périmètre d'atteinte que cet éboulement aurait pu recouvrir s'il s'était agi d'un vrai sturztröm (Fig. 13). Pour ce faire on peut utiliser les observations de Heim (1932): selon lui, la distance l de propagation d'un écoulement (Sturztröm) est fonction du volume mobilisé V et de la différence d'altitude qui sépare le haut de



la niche d'arrachement et l'extrémité du dépôt h (Fig. 13). Scheidegger (1973) a proposé que $f = h/l$ un coefficient de friction soit relié au volume par la relation (Fig. 14):

$$_{10}\text{Log } f = a \text{ }_{10}\text{Log } V + b$$

Où a et b valent -0.15666 et 0.62419. Cette relation permet, connaissant le volume, de définir l'angle qui sépare le sommet de la niche d'arrachement du pied du dépôt. A l'aide de la relation de Scheidegger (1973), définir quelles auraient pu être les zones de propagation des deux phases.

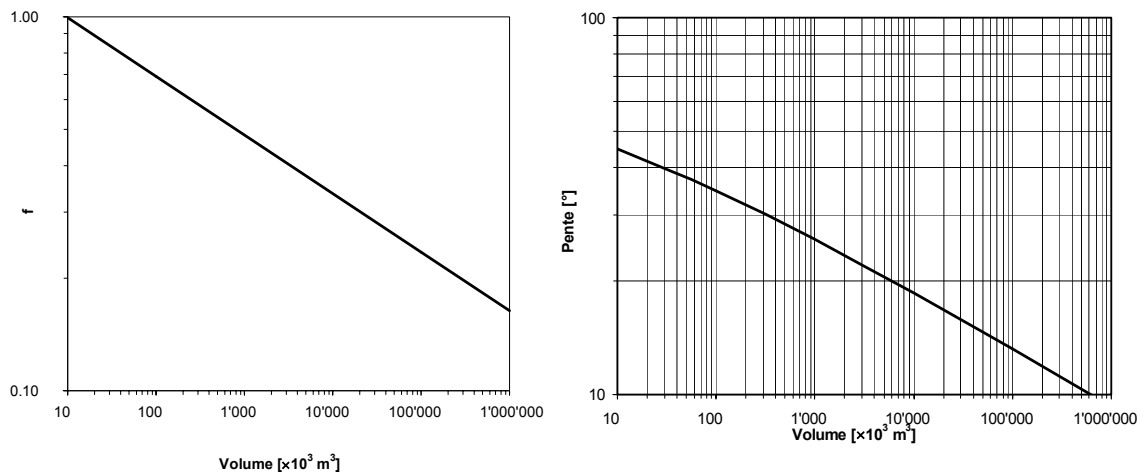


Fig. 14: Graphique de la relation de Scheidegger (1973) pour f et l'angle correspondant.

Risques liés aux instabilités de falaises

L'étude des dangers géologiques est tributaire des risques encourus. C'est la raison pour laquelle lors d'une étude de dangers, il faut évaluer les implications d'un danger et prendre en compte cet élément dans les méthodes choisies pour l'études et le suivi de phénomène dangereux (Fig. 15).

- Définir les objectifs de la gestion des risques.
- Quel peut être l'apport des Sciences et Techniques dans ce cadre?
- Etablir une liste de paramètres utiles à la gestion des risques qui décrivent les instabilités rocheuses.
- Quels sont les devoirs des pouvoirs publics ou quels devraient-ils être?

Pour répondre à ces questions imaginer une situation de crise et évaluer les risques encourus et les décisions à prendre.



Fig. 15: Exemple d'implication secondaire lors de l'éboulement de Randa l'inondation provoquée par l'obstruction du lit de la Vispa par l'éboulement (Document CREALP).

Annexe 1: photo → blocométrie

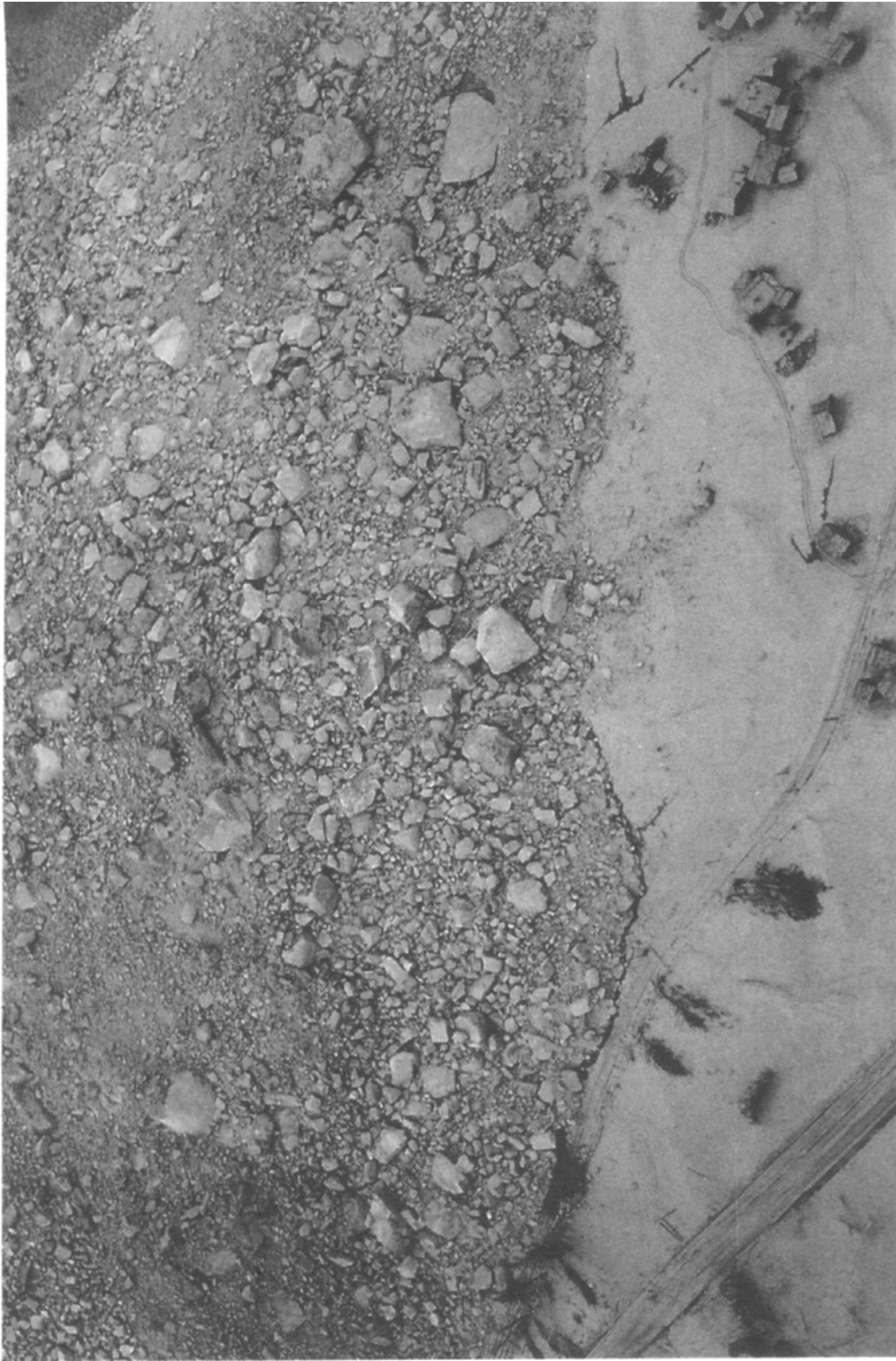


Fig. 16: Photo de l'éboulis de la première phase de l'éboulement (tiré de Schindler et al., 1993).

Annexe 2: rappel sur la projection de Lambert

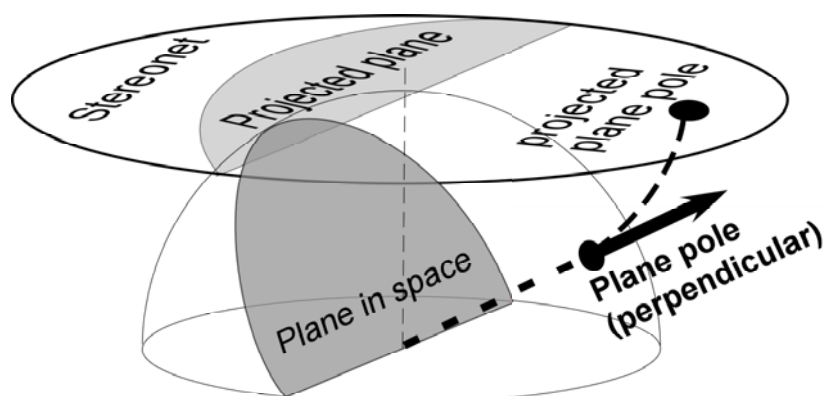


Fig. 17: Principe de la projection de Lambert hémisphère supérieure. Les surfaces sont conservées par la projection.

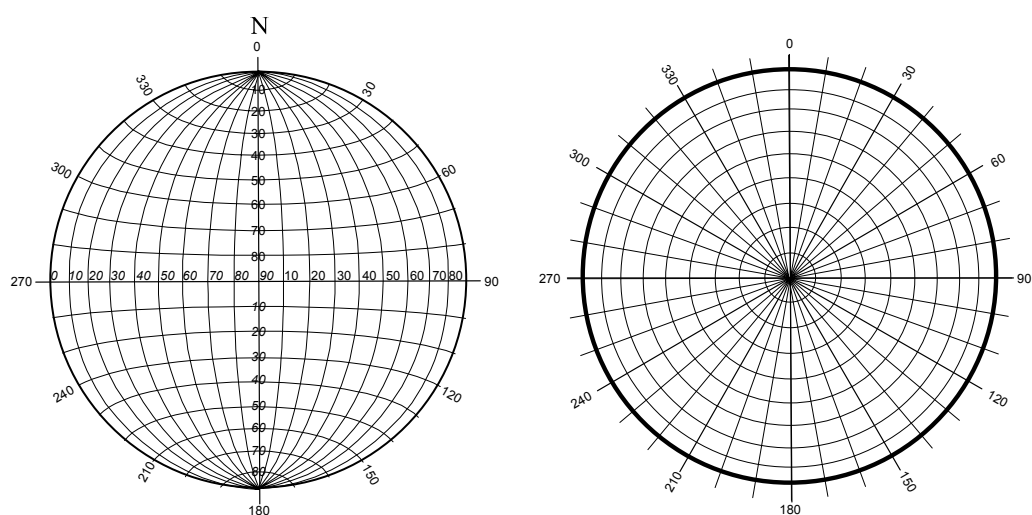


Fig. 18: Canevas de Lambert pour les plans et polaire.

Exemple d'utilisation des canevas

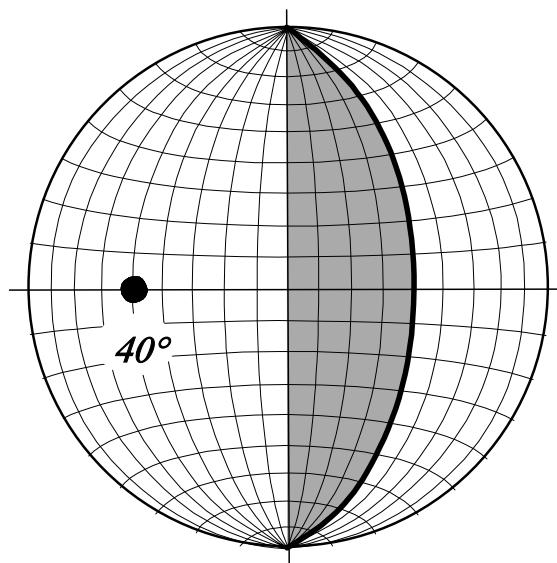


Fig. 19: Plan à plongement de 50° .

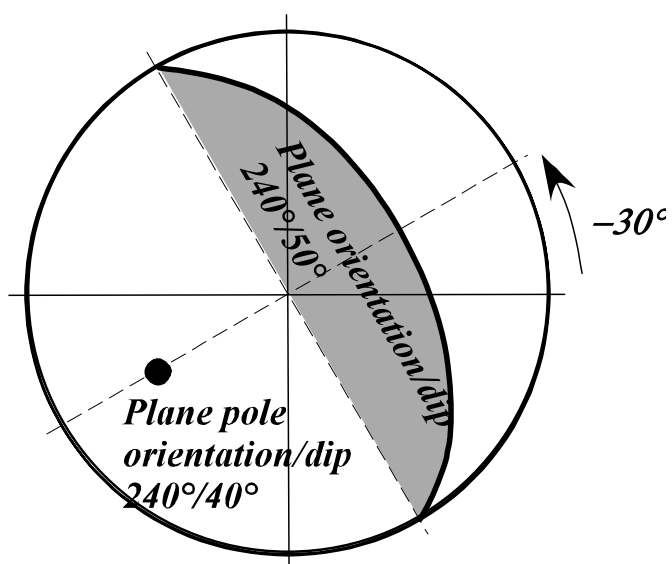


Fig. 20: Plan orienté vers $270^\circ - 30^\circ = 240^\circ$ avec un plongement à 50° .

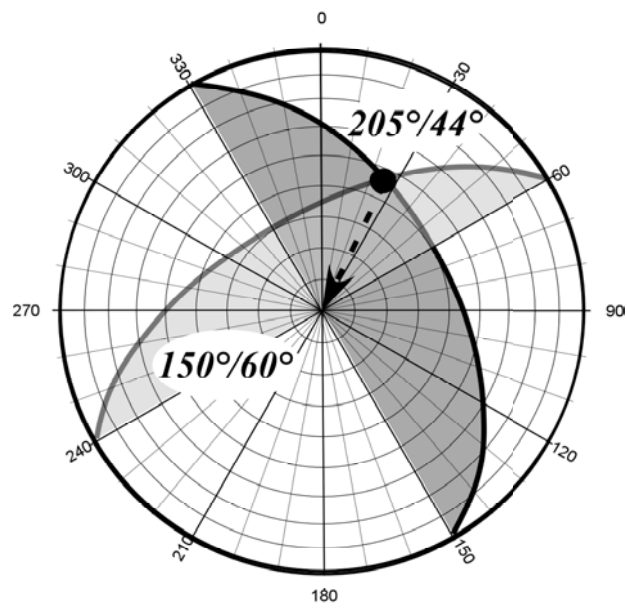


Fig. 21: Exemple de dièdre formé par deux plans orientés $240^{\circ} / 50^{\circ}$ et $150^{\circ} / 60^{\circ}$.