



INTERREG III A Progetto n° 179 (ex n° 046)

Risk Ydrogéó

« Risques hydro-géologiques en montagne : parades et surveillance »

Relazione finale

Ricerche, strumentazione e opere di protezione nell'ambito dei rischi idrogeologici: stato delle conoscenze nell'Arco alpino

Partner et finanziatori :



Région autonome Vallée d'Aoste
Assessorat du territoire,
de l'environnement et des ouvrages publics
Regione autonoma Valle d'Aosta
Assessorato del territorio,
ambiente e opere pubbliche



Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**
Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAEG**
Uffizi federal per aua e geologia **UFAEG**
Federal Office for Water and Geology **FOWG**

En collaboration avec :



Pôle Grenoblois
Risques Naturels



SOMMARIO

Presentazione del progetto

Capitolo 1. Gli *ateliers*

Premessa

A. Elenco degli interventi

B. Esempio di sintesi : l'*atelier* 3

C. Conclusioni / Confronti

C.A. Metodo di considerazione dei rischi idrogeologici

1. Analisi (o caratterizzazione) del rischio

1.1.L'instabilità

1.1.1. Individuazione

1.1.2. Acquisizione dei dati

1.1.3. Sintesi dei dati: elaborazione di un modello

1.2.Le poste in gioco

2. Sistemi di monitoraggio / sorveglianza

3. Considerazione del rischio (= gestione del rischio)

3.1.Misure di pianificazione:

3.2. Opere di protezione

2.3. Gestione della crisi

C.B. Alcune precisazioni sulle differenze di pratiche

Contesto storico, geografico e culturale

Quadro legislativo

Capitolo 2. Strumentazione dei siti pilota

A. Introduzione : i 6 siti strumentati

B. Esempio di scheda – Sito pilota 2. Becca di Nona

1.Descrizione del sito

1.1.Localizzazione

1.2.Contesto geologico

1.3.Cenni storici sul sito

2.Problematica

2.1.Problematica del sito

2.2.Obiettivi della strumentazione

3.Strumentazione installata

4.Risultati e prime analisi

Capitolo 3. Sistemi di telesorveglianza: valutazione dei sistemi in uso sul territorio dei partner

Premessa

1. Obiettivi e approccio

2. Principali risultati

3. Conclusioni

Capitolo 4 Sistemi di strumentazione

1. PREMESSA
2. CONCEZIONE GENERALE – MODELLO DI SORVEGLIANZA
 - 2.1. Definizione degli obiettivi, formalizzazione e adeguamento al sito del progetto di sorveglianza
 - 2.2. Definizione di un capitolato
 - 2.3. Modello di sorveglianza
3. MODELLI DI INTERPRETAZIONE - DIAGNOSI
4. METODI DI SORVEGLIANZA
5. STRUMENTAZIONE
 - 5.1. Descrizione tecnica degli strumenti di misura
 - 5.2. Data base « Sensori » e glossario
6. ESERCIZIO
 - 6.1. Norme di esercizio
 - 6.2. Procedure di auto-adeguamento
 - 6.3. Procedure di diagnosi
 - 6.4. Gestione degli allarmi
 - 6.5. Procedure di collegamento con le autorità

Capitolo 5 Opere di protezione

- A. Introduzione
- B. Elenco delle schede – protezioni
- C. Elenco delle illustrazioni e allegati
- D. Esempio di scheda-protezione : Protezione 9 – Gli ancoraggi
 - 1.DESCRIZIONE
 - 1.1.Obiettivo
 - 1.2.Principio
 - 1.3.Descrizione tecnica
 - 2.AMBITO DI UTILIZZO
 - 2.1.Prestazioni
 - 2.2.Tecniche associate
 - 3.REALIZZAZIONE
 - 3.1.Progettazione
 - 3.2.Messa in opera
 - 3.3.Elementi di costo
 - 4.MANUTENZIONE
 - 5.ESEMPI
 - 6.BIBLIOGRAFIA

Abbreviazioni utilizzate :

CETE = Centre d'Etude Technique de l'Equipement di Lione

CG = Conseil général


DDE = Direction Départementale de l'Equipement.

LIRIGM = Laboratoire de géologie et mécanique, Université Joseph Fourier, Grenoble.

RAVA = Région Autonome Vallée d'Aoste

RTM = service de Restauration des Terrains en Montagne

Presentazione del progetto

INTERREG IIIA ALCOTRA			
<i>Progetto n 179 (ex 046 prima dell'estensione)</i>	Risques hydro-géologiques en montagne : parades et surveillance « RiskYdrogeo »		
<i>Partenariato</i>	Capofila : Direzione Prevenzione Rischi idrogeologici Assessorato al Territorio RAVA	Partner transfrontalieri:	RTM délégation nationale – Grenoble
			CETE Lyon
		In collaborazione con	Canton du Valais
			Pôle grenoblois des risques naturels
			CREALP

Segreteria del progetto: Fondazione Montagna Sicura, Courmayeur - Valle d'Aosta.

Localizzazione geografica

Regione Autonoma Valle d'Aosta	Région Rhône-Alpes (Haute-Savoie, Savoie)
Canton du Valais	Territorio adiacente : Dipartimento dell'Isère

Contesto - Obiettivi

Sostenuto dalla convenzione-quadro « RiskNat en montagne » (Valle d'Aosta, Alta Savoia, Savoia e Vallese) il progetto tende, tramite una concertazione transfrontaliera, a *migliorare la considerazione dei rischi naturali nell'ambito della pianificazione territoriale alpina*. In occasione delle recenti catastrofi che hanno colpito l'area alpina, sono state in effetti riscontrate molte lacune nelle modalità di presa in carico dei rischi naturali da parte degli enti territoriali. I risultati del progetto si situano nella prosecuzione di una cooperazione transalpina costante, unica possibilità a breve di assicurare un medesimo livello di protezione per l'insieme delle popolazioni di montagna e per i loro ospiti stagionali.

I rischi idrogeologici [si veda la sottoriportata § Terminologia] più frequenti nell'arco alpino sono le cadute massi, le frane, gli scivolamenti superficiali e le colate di fango. I fattori-chiave alla base di questi tipi di instabilità sono la pendenza e le acque meteoriche. I promotori del progetto ritenevano che solo una piattaforma comune avrebbe permesso di valutare l'opportunità di strumentazioni e opere di protezione oggi installate.

Rispetto al progetto « gemello » Rockslidetec, il progetto Riskydrogeo è stato rivolto agli « addetti ai lavori »: il suo obiettivo non è condurre ricerche scientifiche ma tentare di convalidare quanto viene normalmente praticato in quest'ambito dai partner, e cioè i metodi d'auscultazione, i tipi di opere di protezione, gli strumenti di sorveglianza e le modalità di considerazione del rischio da parte degli enti

territoriali interessati.

L'obiettivo finale di Riskydrogeo è proporre all'autorità politica il minimo comune denominatore di tali pratiche. La componente « atelier » ha fatto molti passi avanti in questa direzione, anche se l'obiettivo non è stato integralmente raggiunto nel corso della durata del progetto. Questa modalità di collaborazione transfrontaliera dovrà assolutamente essere privilegiata in futuro poiché si è rivelata la più efficace in questo ambito.

Attività del progetto

Il progetto si è incentrato su cinque macro-attività, sotto la guida del GPrisk, gruppo di pilotaggio transfrontaliero creato fin dall'inizio del progetto (Coordinatore J.-D. Rouiller – Geologo del cantone del Vallese).

Attività	Descrizione sintetica
1) <i>Ateliers</i>	Sono stati organizzati dal progetto 4 ateliers transfrontalieri (2 in Francia, 1 in Valle d'Aosta, 1 nel Vallese) con lo scopo di far condividere ai partecipanti una grande varietà di casi di instabilità in ambito alpino, confrontando altresì le sensibilità e le pratiche in ogni regione partner riguardo alla ricerca, l'analisi e la considerazione dei rischi naturali.
2) <i>Strumentazione di siti pilota</i>	I partner CETE e Valle d'Aosta hanno strumentato rispettivamente 1 e 5 siti instabili o per tarare e comparare gli strumenti già approvati in contesti diversi, o per effettuare test di prototipi (telesorveglianza e generazione automatica di allarmi).
3) <i>Valutazione dei sistemi di telesorveglianza</i>	Il CREALP ha realizzato una valutazione dei sistemi di telesorveglianza utilizzati dalle tre regioni partner: GeSSRI (CETE, Région Rhône-Alpe), EYDENET (Valle d'Aosta) e GUARDAVAL (VALAIS).
4) <i>Metodi e sistemi di strumentazione</i>	-
5) <i>Catalogo delle opere di protezione</i>	E' stato elaborato un catalogo di 14 opere di protezione utilizzate contro i movimenti franosi a partire dalla messa in comune e dalla formulazione delle pratiche dei vari partner.

Valutazione dei risultati e diffusione delle informazioni:

Guida pratica

La relazione finale si presenta come una guida pratica intitolata « Investigazioni, Strumentazione e opere di protezione in materia di rischi idrogeologici (Riskydrogeo) : stato delle conoscenze nell'Arco alpino ». Essa comprende:

- le sintesi degli *ateliers* e le loro conclusioni;
- le schede dei 6 siti pilota con i principali risultati della strumentazione installata;
- la valutazione dei tre sistemi di telesorveglianza;
- l'inventario dei metodi e sistemi di strumentazione e il data base « Sensori », corredato da un glossario
- il catalogo delle opere di protezione (15 schede) ;
- un glossario che precisa la terminologia adottata in materia di rischi idrogeologici.

La guida è su **CD-ROM** ed è scaricabile.

Il presente documento fa molti *rinvii* a questo CD-Rom (in blu, grassetto, corsivo nel testo).

Conferenza finale

Alla fine del progetto iniziale (giugno 2006), si è tenuto un convegno a Courmayeur che ha riunito i partner di progetto oltre ad altri invitati al fine di convalidare e di approfondire i risultati ottenuti.

La conferenza finale, organizzata dal 24 al 26 ottobre 2006 presso il Centro Congressi di St Vincent (Valle d'Aosta), ha lo scopo di esporre i risultati del progetto e di prolungare gli scambi degli *ateliers* transfrontalieri, mettendo in evidenza i limiti raggiunti e le questioni sollevate. Gli interventi di esperti-tecnici internazionali devono portare un'apertura su altre pratiche, uno stato dell'arte più generale, risposte oppure una

riformulazione delle domande poste.

Terminologia

In qualsiasi cooperazione internazionale, l'utilizzo di un vocabolario tecnico comune rappresenta un problema ricorrente. Alcune ambiguità emergono tra regioni diverse o anche all'interno di una stessa regione, dove il linguaggio in uso negli studi sul campo può differire da quello utilizzato nell'approccio completo di analisi del rischio. Al fine di dissipare ogni ambiguità, occorre riprecisare la terminologia. Poiché era già stato fatto un notevole lavoro in questo senso dal progetto Interreg IIC Falesie, si è trattato qui di integrare l'essenziale del glossario compilato in quell'occasione.

In particolare, nell'ambito del progetto, si è deciso di riunire sotto il termine « idrogeologico » - tradotto in francese con *hydro-géologique* [con il trattino]- i fenomeni naturali che implicano la reazione del suolo all'azione dell'acqua. Vi si ritrovano l'insieme dei fenomeni gravitativi che interessano i terreni in montagna: scivolamenti, cadute massi, frane, e in particolare le colate di fango che risultano dalla solifluzione del suolo e che, in alcuni casi, raggiungono il reticolo idrografico per partecipare alla formazione delle lave torrentizie. Ad essi sono anche da ricondurre i cedimenti di versanti collegati alla liquefazione delle rocce in profondità. Se tale termine corrisponde perfettamente all'uso che ne viene fatto in Italia, in Svizzera si parla piuttosto di « danger géologique » ed in Francia di « mouvement de terrain ».

Il **glossario** completo è disponibile sul CD-Rom del progetto (Allegato 1).

Attività 1 – Gli ateliers

Premessa

Il progetto RiskYdrogéó ha organizzato quattro *ateliers* di due giornate e mezza. L'obiettivo era illustrare ai partecipanti la grande variabilità di casi di instabilità in ambito alpino, confrontando le sensibilità e le pratiche di ognuna delle regioni partner in materia di ricerca, analisi e considerazione dei pericoli naturali. Gli *ateliers* hanno riunito ogni volta più di cinquanta specialisti che rappresentavano i servizi dipartimentali interessati, gli uffici studi, le università o Grandi Scuole. Il programma era costruito sullo stesso schema: presentazioni in sala (comprese le presentazioni dei casi visitati successivamente), visite sul campo e incontro di sintesi al quale erano invitate le autorità locali. L'agenda degli *ateliers* si è articolata come segue:

Atelier 1 Sion (Vallese, CH). 5-7 maggio 2004. *Esempi di pericoli naturali in ambito alpino: problematiche, misure di investigazione e di gestione.*

Atelier 2 La Mure (Isère, F). 13-15 ottobre 2004. *I rischi legati ai movimenti franosi nel settore di Trièves-Beaumont.*

Atelier 3 Albertville (Savoia, F). 7-9 giugno 2005. *Esempi di rischi idrogeologici che interessano le infrastrutture lineari della Savoia : problematica, sorveglianza, sicurezza degli utenti e protezione.*

Atelier 4 Aosta (Valle d'Aosta, I). 13-15 settembre 2005. *Sorveglianza e gestione del territorio in Valle d'Aosta.*

Sono state realizzate quattro sintesi che riassumono, per ogni *atelier*, le presentazioni degli intervenuti, il cui elenco completo viene riportato in allegato (**CDRom**). Il lettore può così acquisire rapidamente l'informazione e se necessario consultarla nel dettaglio sul CDrom. Le sintesi sono strutturate in modo identico, e cioè con 4 paragrafi che raggruppano le principali problematiche toccate, arricchite dalle discussioni suscitate dalle presentazioni e dalle visite :

1. Introduzione (presentazione della tematica centrale dell' *atelier*)
2. Caratterizzazione del rischio
3. Monitoraggio / sorveglianza
4. Gestione del rischio / Gestione del territorio.

Nel testo vengono proposti dei rinvii ai documenti di riferimento, con il formato **AXPY** [X è il numero dell'*atelier* e Y il numero d'ordine della presentazione in ogni *atelier*]. Le sintesi degli *ateliers* 2, 3 e 4 sono integrate da una tabella di sintesi che riporta le caratteristiche principali dei siti presentati.

La sintesi dell'*atelier* 3 viene presentata a titolo di esempio nella parte B.

A. Elenco degli interventi

Per ogni *atelier*, vengono qui elencati tutti gli interventi. Le presentazioni che sono state oggetto di una visita sul campo sono indicate in grassetto: per i documenti che comportano più di un autore, viene indicato solo l'autore che ha realizzato la presentazione (elenco completo sui documenti del CD Rom)

Atelier 1. (Sion, Valais 5-7 maggio 2004) – Esempi di rischi naturali in ambito alpino: problematiche, misure di investigazione e di gestione

Presentazione 1. *Le glissement des Peillettes*, G. BIANCHETTI, CREALP - Alpgéo, Sierre (**A1P1**).

Presentazione 2. *Le glissement de la Frasse/Vaud*, Ch. BONNARD, EPFL, Lausanne (**A1P2**).

Presentazione 3. *La surveillance de falaise par interférométrie*, H. RAETZO, OFEG, Berne (**A1P3**).

Presentazione 4. *Le glissement de Montagnon*, G. BIANCHETTI, CREALP - Alpgéo, Sierre (**A1P4**).

Presentazione 5. *Surveillance de Randa par méthode géodésique classique*, P. ORNSTEIN, CREALP, Sion (**A1P5**).

Presentazione 6. *Présentation des systèmes de surveillance à distance GESSRI et GUARDAVAL*, P.

ORNSTEIN, CREALP, Sion (**A1P6**).

Presentazione 7. *Surveillance de falaise par méthode LASERSCAN*, L. BORNAZ, Politecnico di Torino, Turin (**A1P7** et **A1P7résumé**).

Presentazione 8. *Application des modèles Resoblok et 3Dec à la falaise d'Arnad/VdA*, I. VOYAT, Università Parma, Parme (**A1P8** et **A1P8résumé**).

Presentazione 9. *Présentation et visite du site de Gondo*, J.-D. ROUILLER, Etat du Valais, Sion & Ch.-L. JORIS, Bureau O. Schmid, Brig (**A1P9** et **A1P9complément**).

Presentazione 10. *Vidéo et visite du pont sur la Saltina*, J.-D. ROUILLER, Etat du Valais, Sion (**A1P10**).

Presentazione 11. *L'apport de la géophysique pour l'étude des glissements*, J. JENNY & R. FRIEDLI, Geo2X, Avully (**A1P11** et **A1P11complément**).

Presentazione 12. *Présentation du système de surveillance à distance EYDENET*, A. TAMBURINI, Enel.Hydro-Ismes, Seriate (**A1P12**).

Presentazione 13. *Gestion du risque lié au glissement de terrain affectant la ville de Ventnor sur l'île de Wight*, R. MCINNES, Dir. of Environ. Services, Isle of Wight (**A1P13**).

Atelier 2. (La Mure, Isère 13-15 octobre 2004) : I rischi collegati agli scivolamenti superficiali nei settori Trièves-Beaumont

Presentazione 1. *Les glissements de terrain du Trièves ; typologie – géomorphologie*, L. Lorier, SAGE Ingénierie. (**A2P1**)

Presentazione 2. *Apports du géoradar pour la caractérisation des fractures sur sites instables : exemples et perspectives*, S. Garambois, LIRIGM. (**A2P2**)

Presentazione 3. *Le glissement de la Salle en Beaumont*, C. Chapeau (CETE Lyon). (**A2P3**)

Presentazione 4. *Suites opérationnelles à la catastrophe de La Salle-en-Beaumont*, C. Moulin, RTM Isère. (**A2P4**)

Presentazione 5. *Route Nationale 85, glissement de La Salle-en-Beaumont, 8janvier 1994, DDE38.* (**A2P5**)

Presentazione 6. *Commune de Cognet ; glissement au village*, N. Ducastel (Alpes Geo Conseil). (**A2P6**)

Presentazione 7. *Pathologie et maintenance des travaux de drainage*, C. Chapeau, CETE Lyon. (**A2P7**)

Presentazione 8. *La prise en compte des glissements de terrain dans la maintenance des infrastructures routières*, F. Gaillard, DDE38. (**A2P8**)

Presentazione 9. *Le drainage, arme universelle pour stabiliser les glissements de terrain : l'exemple du Trièves*, Y.H. Faure, LIRIGM. (**A2P9**)

Presentazione 10. *Glissement de l'Harmalière sur la commune de Sinard*, L. Lorier, SAGE Ingénierie. (**A2P10**)

Presentazione 11. *Glissement du Mas d'Avignonet, commune d'Avignonet*, L. Lorier, SAGE Ingénierie. (**A2P11**)

Presentazione 12. *Glissement du Mas sur la commune d'Avignonet, Etat de la gestion du risque en octobre 2004*, J.P. Réquillart, RTM38. (**A2P12**)

Presentazione 13. *Evolution des méthodes de suivi géodésique pour la connaissance des zones naturelles instables*, I. Prévitali, Sintégra. (**A2P13**)

Presentazione 14. *Construction dans les zones en glissement*, P.Martin, Betrec. (**A2P14**)

Presentazione 15. *Urbanisme et construction dans les zones en glissement, gestion des constructions très exposées*, JP. Réquillart, RTM38. (**A2P15**)

Atelier 3. (Albertville, Savoia, 7-9 giugno 2005) : Esempi di rischi idrogeologici riguardanti le infrastrutture lineari della Savoia: problematica, sorveglianza, sicurezza degli utenti e protezioni.

Presentazione 1. *L'évaluation du risque d'éboulement rocheux ; Quelques réflexions tirées de l'expérience ; Exemples savoyards*, L. ROCHET, ROCHET & ROCHET Consultants (**A3P1**).

Presentazione 2. *Eboulement de Combélouvière (Savoie)*, L. Lorier, SAGE Ingénierie (**A3P2**).

- Presentazione 3.** *Glissement de Combelouvière, Note de synthèse*, B. Laïly, RTM Savoie (**A3P3**).
- Presentazione 4.** *Commune de La Léchère (73), site de Combelouvière, suivi géodésique*, J.P. Duranthon, CETE Lyon (**A3P4**).
- Presentazione 5.** *Mouvement de versant du Siaix*, L. Effendiantz, CETE Lyon (**A3P5**).
- Presentazione 6.** *Eboulement du Siaix, Les consignes de sécurité*, J.P. Duranthon, CETE Lyon (**A3P6**).
- Presentazione 7.** *Apport de l'imagerie multi-sources à la compréhension de la dynamique des mouvements de versants*, J. Kasperski, CETE Lyon / Université Lyon I (**A3P7**).
- Presentazione 8.** *Versants instables ; Corrélacion débits / mouvements*, M. Livet, CETE Lyon / LRPC Clermont-Ferrand (**A3P8**).
- Presentazione 9.** *Risque d'obstruction des cours d'eau et de débâcles brutales*, D. Laigle, Cemagref Grenoble (**A3P9**).
- Presentazione 10.** *Les gorges de l'Arly, RN 212 – Liaison Ugine – Mégève ; Etude géologique et géomorphologique du secteur instable du tunnel des Cliets ; Données instrumentales ; Application au diagnostic de stabilité*, P. Potherat, CETE Lyon (**A3P10**).
- Presentazione 11.** *Les systèmes de surveillance par capteurs sismiques*, F. Guyoton, Géolithe (**A3P11**).
- Presentazione 12.** *Systèmes de détection sur le réseau ferré français*, P. Grandsert, SNCF Paris, et C. Le Pontois, SNCF Chambéry (**A3P12**).
- Presentazione 13.** *Risques hydro-géologiques et circulation routière*, Th. Alexandre, DDE 73 (**A3P13**).
- Presentazione 14.** *Principaux sites de grande ampleur affectant les routes départementales de Savoie*, A. Lescurier, Conseil Général 73 (**A3P14**).

Atelier 4. (Aosta, Valle d'Aosta 13-15 settembre 2005) : Sorveglianza e gestione del territorio in Valle d'Aosta

- Presentazione 1.** *Falaise de la route de Cogne (route n°47) entre les Km 8+600 et 16+700 ; Etude structurale et géomécanique ; Elaboration de la carte de danger*, F. Baillifard, Crealp (**A4P1**).
- Presentazione 2.** *Route régionale de Cogne : problèmes et difficultés dans la rédaction des projets / études*, M. Pasqualotto, RAVA (**A4P2**).
- Presentazione 3.** *Route régionale de Cogne : infrastructures de protection réalisées et en cours de réalisation*, S. Glarey, Assessorat du territoire – RAVA, Direction des ouvrages routiers (**A4P3**).
- Presentazione 4.** *Les grands mouvements de masse sur le territoire valdôtain et les systèmes de surveillance installés*, M. Broccolato, Assessorat du territoire – RAVA (**A4P4**).
- Voir aussi **Chapitre 2, Sites pilotes : 2-Becca di Nona, 3-Bosmatto, 4-Citrin, 5-Vollein**
- Presentazione 5.** *L'éboulement de masse de Chervaz ; description du site et évolution du mouvement de terrain en cours de surveillance*, E. Rabbi, soc. Geodata (**A4P5**).
- Presentazione 6.** *L'éboulement de masse de Citrin : description du site de visite*, M. Bersano Begey, soc. Hydrodata (**A4P6**).
- Presentazione 7.** *L'éboulement de masse de Citrin : ground SAR*, D. Macaluso, Ismes, Université de Florence (**A4P7**). Voir aussi **Chapitre 2 Site pilote 4 Citrin**
- Presentazione 8.** *Eydenet : a real time decision support system*, A. Tamburini, CESI (**A4P8**).
- Presentazione 9.** *Runout of large rockfall and debris avalanches prediction for assessing their hazard : the Bosmatto landslide cas study (Gressoney, Val d'Aosta)*, A. Tamburini, CESI (**A4P9**).
- Presentazione 10.** *Landslide motion and displacement monitoring survey using Satellite radar interferometry*, R. Mayoraz, Crealp (**A4P10**).
- Presentazione 11.** *Travaux d'aménagement du torrent de Comboé dans les communes de Pollein et de Charvensod*, I. Cerise, ing. des forêts (**A4P11**). Voir aussi **Chapitre 2 Site pilote 3 Bosmatto**
- Presentazione 12.** *Travaux de consolidation et de protection du village de Bosmatto sur l'éboulement de Mussolier*, G. Béthaz, ing. Aoste (**A4P12**).
- Presentazione 13.** *Evaluation des trois systèmes de télésurveillance Eydenet, GeSSRI, Guardaval*, P. Ornstein, Crealp (**A4P13**).
- Presentazione 14.** *Exemple d'une carte de risque d'une commune de la Vallée d'Aoste en relation à la présence d'un système de surveillance sur le territoire*, M. Pasqualotto, Assessorat du Territoire – RAVA + E. Subet, maire de Charvensod et A. Comé, maire de Gressoney St Jean (**A4P14**).

B. Esempio di sintesi: Atelier 3 di Albertville

1. Introduzione

Anche se non tutte le presentazioni hanno trattato unicamente questo tema, l'essenziale dell' *atelier* si è incentrato sui problemi legati ai rischi di crolli in roccia lungo le infrastrutture lineari, rete stradale e ferroviaria. La maggior parte degli esempi trattati sono situati nel dipartimento della Savoia, in particolare nelle valli della Tarentaise, della Maurienne e nelle gole dell'Arly. (Fig.1.1).

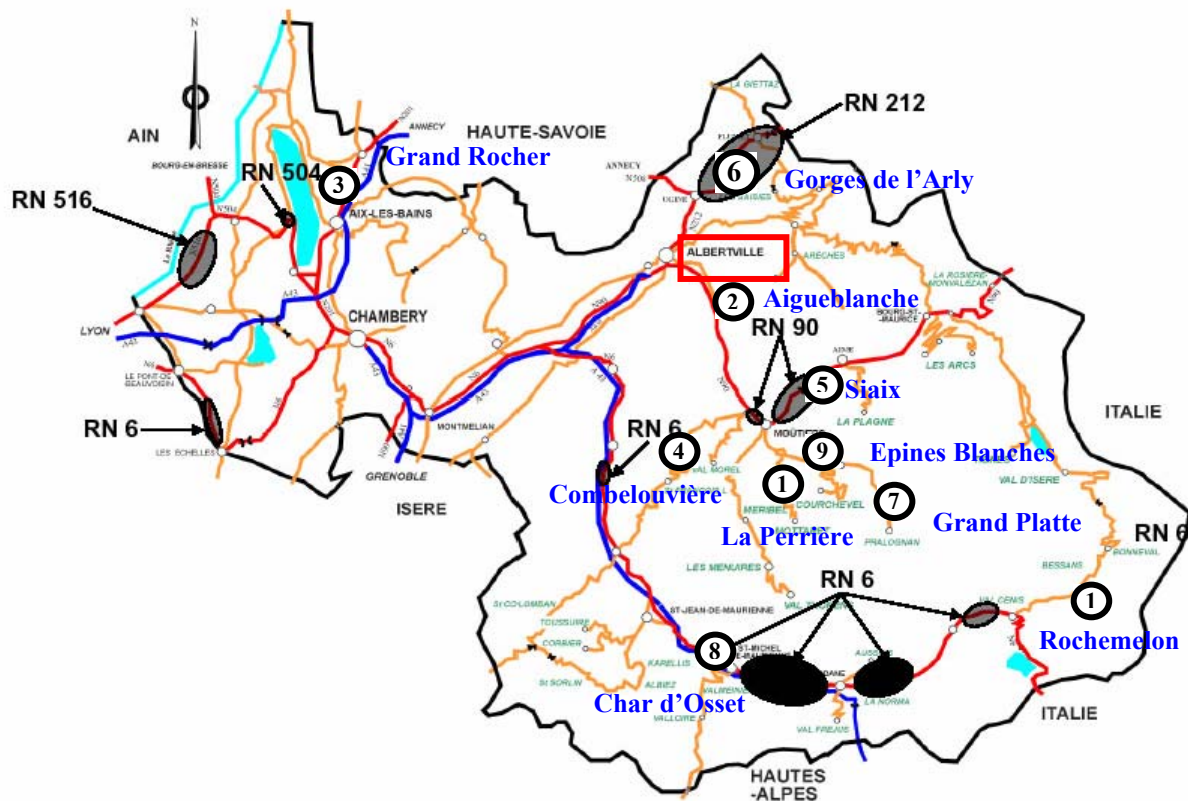


Figura.1. 1. Localizzazione dell' atelier e dei siti presentati

2. Caratterizzazione del rischio

2.1. Caratterizzazione dell'instabilità

Parleremo qui principalmente degli studi prospettivi, mentre gli studi a posteriori sono stati poco trattati. Lungo le infrastrutture lineari, la localizzazione e la caratterizzazione delle zone a rischio presentano particolari vincoli dovuti all'estensione dei settori da mettere in sicurezza (A3P1, p.2-7). Sugli itinerari savoirdi, i settori esposti sono suddivisi in tratte ad ognuna delle quali viene attribuito un livello di rischio (esempio della valle d'Arly, A3P13 p.30-31).

Ricognizioni

Le ricognizioni vengono fatte generalmente a partire da foto aeree e da foto oblique scattate dall'elicottero. La ricognizione dettagliata delle tratte classificate a rischio comprende uno studio geologico, geomorfologico e geomeccanico (A3P1 p.6-7, A3P10 p.7-10) ed eventualmente un'auscultazione complementare: studi geofisici (esempio di profilo sismico A3P10, p.12, campagna sismico-elettrica-sondaggi A3P5, p.7-8)), monitoraggio del movimento tramite geodesia, estensometria... (si veda il paragrafo 3). L'utilizzo di tecniche di immagini multi-source viene esplorato per realizzare campagne prospettive di rilevamento di movimenti su grandi infrastrutture lineari (A3P7).

Nota : Contrariamente a quanto avviene in Italia, i servizi geologici non sono specificatamente in contatto con i professionisti della montagna per il rilevamento e/o il monitoraggio di siti instabili.

Meccanismo.

La modellazione cinematica di un settore roccioso potenzialmente instabile è spesso delicata poiché i meccanismi in gioco sono complessi (A3P1, p. 8). Nel caso di Combelouvière, sarebbe stato messo in evidenza un vasto fenomeno di sfalcio (A3P2, p.4). La comprensione del meccanismo dell'instabilità è una tappa importante nella stima della sua evoluzione, con, ad esempio, una probabile auto-stabilizzazione del movimento gravitativo di Combelouvière o al contrario un'evoluzione continua verso la rottura alla Perrière (si veda il paragrafo Allerta e Gestione della crisi).

2.2. Poste in gioco

Il documento A3P13 evidenzia i vincoli e le poste in gioco specifiche sugli itinerari che interessano varie stazioni sciistiche, in particolare la valle della Tarentaise. Dato che l'accesso alla maggioranza delle stazioni è uno solo, la chiusura di una strada ha conseguenze molto pesanti, soprattutto in periodo invernale, sia sul piano economico che per la gestione dei flussi di sciatori (3600 veicoli / giorno in salita nell'insieme della valle). Gli interessi su questa valle si sono visti decuplicati nel 1992 in occasione dei Giochi Olimpici invernali di Albertville; molti interventi di messa in sicurezza e di fluidificazione del traffico stradale risalgono a questo periodo.

Nella valle della Maurienne, i trasporti merci dal traforo del Fréjus, con strada o ferrovia, rivestono un'importanza fondamentale.

3. Sorveglianza

Molti casi presentati durante l'atelier sono stati o sono tuttora strumentati ai fini del monitoraggio dei movimenti franosi e/o del rilevamento di eventi. I principali tipi di strumentazione esposti sono (si veda per le definizioni tecniche il **Capitolo 4 Sistemi di strumentazione**) :

a) Per il monitoraggio dei movimenti gravitativi:

- Gli estensimetri e i fessurometri, a misurazione automatica o manuale: sensori estensimetrici di Siaix e di Char d'Osset, collegati al centro di gestione del traffico stradale OSIRIS (rispettivamente A3P5, p.8-9 e A3P14, p.14-19) p della Perrière, collegato ad un terminale di misurazione in Comune, A3P1 p.14) ;
- I capisaldi GPS, a misurazione puntuale (Combelouvière all'inizio della crisi, Arly, tunnel dei Cliets) o continua tramite stazione di misurazione automatica: quella di Combelouvière è operativa dal 1998 (A3P4), con un terminale sul sito che registra sul posto i cicli di misurazione e li invia al centro operativo di Lione in rete commutata;
- il laser scanner (TLS o LIDAR) : questo nuovo metodo permette una copertura spaziale e temporale dei movimenti, ottenendo dei range di spostamento; l'interesse è accedere alla comprensione dei meccanismi di instabilità per i versanti riconosciuti instabili (1^a acquisizione di misurazioni effettuate sul sito del tunnel dei Cliets (A3P7), la seguente prevista per l'estate 2005).

b) Per il rilevamento :

- i fili rilevatori, ampiamente utilizzate dalla SNCF sulla propria rete ferroviaria (A3P12): principio del "tutto o niente", l'allarme scatta quando un blocco attraversa il filo; i problemi di manutenzione sono dovuti alla lunghezza dei fili che rende difficile la localizzazione del punto di rottura; le reti SNCF per questa ragione sono in corso di frazionamento in tronconi; la percentuale di allarme intempestivo è dell'ordine del 20% ;
- i sensori sismici (A3P11): una rete di geofoni registra di continuo il rumore di fondo ed in particolare le onde sismiche provocate dall'impatto di blocchi rocciosi; la difficoltà consiste nel definire la soglia d'allerta (si veda il paragrafo successivo) e nel discriminare i segnali parassiti; un sistema di questo tipo è attualmente utilizzato a Rochaille (A3P11, p.7-8), in Savoia sul sito di Grande Platte (A3P14, p.2-12) e nuovi test sono attualmente in corso per la SNCF, dove la discriminazione dei rumori dovuti al passaggio dei treni pone ancora dei problemi.

Per gli scivolamenti superficiali, gli studi di correlazione tra portata di un corso d'acqua ai piedi del pendio e movimenti franosi sembrano consentire di affinare i risultati piezometrici classici, al fine di prevedere il distacco dell'instabilità (A3P8); nella configurazione geologica studiata, tipica del Centro e del Bacino di Parigi, questi studi potrebbero risolvere determinate incertezze nel caso uno stesso valore piezometrico dia luogo a più risposte in termini di spostamento.

Nota : Le presentazioni hanno illustrato la notevole quantità di dati acquisiti nell'ambito della sorveglianza dei siti instabili in Savoia. Il loro utilizzo è per il momento limitato alla gestione del rischio, mentre potrebbe essere esteso in particolare alla ricerca. Si sottolinea il carattere sensibile, se non addirittura riservato, di tali dati su determinati siti particolarmente importanti; se il CG 73 non si oppone al loro utilizzo a fini scientifici, in un contesto ben definito, bisogna notare che a priori, una volta passata la crisi, è sempre il proprietario dei dati strumentali che decide se questi possono essere divulgati.

Soglie di allerta

In alcuni casi, la soglia di allerta è fissata in anticipo e le procedure di sicurezza scattano automaticamente. E' il caso dei fili rilevatori, la cui soglia è rappresentata direttamente dalla rottura di un elemento del filo (A3P12), o dei sensori sismici, la cui soglia viene stabilita dopo un periodo di osservazione, in modo indipendente per ogni sensore di uno stesso sito, in funzione del livello di rumore dell'area circostante (A3P11).

In altri casi i geologi ed i responsabili sono allertati dall'accelerazione degli spostamenti osservati (rottura di pendenza su una curva); questi adottano le decisioni in funzione dell'evoluzione del fenomeno (A3P14 p.25). Gli esempi qui riportati illustrano bene la variabilità possibile delle soglie di allerta:

- Sul sito di Combelouvière (A3P2), le velocità di spostamento sono passate da irrilevante a 1,5-2mm/j nell'ottobre.97 (decisione di chiusura della strada), poi a 15-30mm/j all'inizio di novembre (1^a frana il 10/11) e fino a 500-600 mm/j in dicembre. (ultima frana il 20/12) ;
- Per l'Eperon de la Becqua (La Perrière) (A3P1, p.14), le velocità di apertura delle fratture passano da 4 mm/anno nel 1975-80 a 35mm/anno nel 1996-98 e la soglia di vigilanza allora definita di 1mm/g viene oltrepassata il 01/03/1999 ; la soglia di allerta per la procedura di evacuazione è fissata a 10mm/g; la vigilia della rottura la velocità supera i 40mm/g ;
- Per il movimento franoso del Siaix (A3P6), la soglia di pre-allerta è definita a 5mm/g per almeno uno dei sensori, la soglia di allerta a 7 mm/g per i 4 sensori simultaneamente.

La difficoltà di stabilire le soglie di allerta e di proporre una risposta adeguata è uno dei punti essenziali della problematica di gestione del rischio.

4. Gestione del rischio / Gestione del territorio

4.1. Gestione delle crisi

Di fronte al verificarsi di un evento di rischio di crollo in roccia, in Savoia vengono adottati vari approcci, in funzione del carattere di prevedibilità o meno del fenomeno, dell'esistenza o meno di una sorveglianza del sito e del tipo di monitoraggio.

- Per siti monitorati, in cui le soglie di allerta (di allarme) sono predefinite, la procedura di gestione della crisi può essere a sua volta predefinita e scattare automaticamente non appena la soglia viene oltrepassata. Questo avviene per il sito di Siaix (A3P6, descrizione della procedura p.1-2) o della Rochaille (A3P11, descrizione della procedura p.8).
- Per siti monitorati a evoluzione lenta, quando la procedura non è prestabilita, l'accelerazione dei movimenti può comportare la costituzione di una cellula di crisi comprendente geologi, esperti tecnici (CETE, uffici-studi, DDE, CG) e autorità incaricate della sicurezza (autorità comunali, prefettura, gendarmerie). A La Perrière, l'esistenza di curve di misurazione che coprivano più anni ha consentito di testare vari modi di previsione della rottura (A3P1, p.14-18) : le previsioni vengono fatte dagli esperti ma le decisioni che ne derivano sono adottate in concertazione in seno alla cellula di crisi: si tratta dell'evacuazione della popolazione esposta, come in questo caso, (durata della crisi 24 giorni). A Combelouvière la cellula di crisi (A3P3, p.3) è stata indotta a delineare diversi scenari di evoluzione del rischio (paragrafo seguente).
- Quando il fenomeno naturale si verifica all'improvviso, i servizi tecnici devono reagire al più presto,

come nel caso della frana sul tunnel dei Cliets: liberazione delle corsie di circolazione, valutazione dei rischi naturali, lavori di messa in sicurezza, riapertura delle vie di circolazione (**A3P10**).

4.2. Scenari

Sul sito di Combelouvière sono stati delineati scenari di formazione di uno sbarramento sull'Eau Rouse con rischio di rottura brutale (**A3P3**, p.3-4).

La considerazione di questo rischio di ostruzione di un corso d'acqua con crollo brutale si basa su casi conosciuti (**A3P9**, p.1-4). Le misure di riduzione del rischio sono limitate (**A3P9**, p.6); si può ricorrere a studi sulla propagazione dell'onda di rottura per affinare gli scenari a valle, ma questi sono dipendenti, da un parte da ipotesi sull'idrogramma di rottura (**A3P9**, p.7-20), e dall'altra da dati topografici precisi non necessariamente disponibili nel momento della gestione della crisi.

4.3. Misure di protezione

Lungo le infrastrutture lineari, le misure di protezione permettono di mettere in sicurezza gli itinerari in caso di eventi ordinari (caduta pietre, caduta blocchi), mentre la preoccupazione prioritaria è evitare l'impatto diretto di un blocco su di un veicolo.

Le varie protezioni installate sui siti sono state brevemente presentate. Qui ci occuperemo solo dei punti significativi che hanno dato luogo a discussione.

(Per maggiori dettagli si veda **Capitolo Opere di protezione**)

Sito di Siaix (**A3P5**) :

- i drenaggi profondi (**protezione 14**) realizzati ai piedi del pendio non hanno mai prodotto molta acqua, ma la loro installazione corrisponde ad un rallentamento dei movimenti ;
- sistema di trincee (non stagne : ?) nella parte alta del pendio per deviare l'acqua superficiale al di fuori del sito instabile + copertura in lamiera delle fratture più larghe per limitare le infiltrazioni d'acqua.

Reti ad alta capacità (**protezione 3**) : l'esperienza prova la loro efficacia per blocchi isolati fino a 8-10 m3; Esse vengono tuttavia abbattute da un grande movimento gravitativi (**A3P14**, p.10) e vengono inoltre piegate in caso di caduta di un blocco in corrispondenza di un palo : si può raccomandare il raddoppio sistematico dei tiranti. La frequenza di sorveglianza di queste reti è legata alla loro accessibilità e alle possibilità di spostarsi su ogni tipo di terreno degli addetti alla sorveglianza. Il CG tenta di istituire un sistema di sorveglianza ogni 2 anni; la SNCF prevede una visita annuale di tutte le sue opere di protezione.

4.4. Sicurezza degli utenti

Quando le misure di protezione sono inadeguate (fenomeno troppo importante, mancanza di spazio sufficiente al suolo per impiantare le protezioni), è necessario regolare il traffico in funzione dell'occorrenza di un evento. Alla Rochaille (**A3P11** p.8) o a Grande Platte (**A3P14**, p.4-12) una caduta di pietre fa scattare automaticamente, tramite il sistema di sorveglianza e di allerta, il funzionamento di semafori tricolori e di una barriera di chiusura della strada. A Siaix (**A3P6**) e a Char d'Osset (**A3P14**, p. 14-19) è anche stato installato un sistema simile, per di più collegato al centro di gestione del traffico stradale OSIRIS, con sede ad Albertville. Questo centro, che gestisce il traffico su tutto il dipartimento della Savoia, ha installato sistemi particolari di regolamentazione dell'accesso alla valle della Tarentaise, diversi per i giorni di circolazione normale e per i week-end di forte traffico invernale: la chiusura di una strada in seguito ad un frana o ad un altro fenomeno naturale fa scattare il sistema RECITA (Regolazione della Circolazione in Tarentaise, **A3P13** p.19-20) con semafori tricolori ed un'informazione sulla situazione molto a monte e a valle della zona bloccata. La priorità consiste nel riuscire a far fermare i veicoli in attesa in settori sicuri, fuori dai tunnel.

Una procedura di esercizio della statale RN212 esiste anche nelle gole dell'Arly (**A3P13**, p.32), con pattuglie regolari della DDE e norme di comportamento da seguire in caso di evento. Su questo itinerario i rischi idrogeologici portano regolarmente alla chiusura temporanea della strada (420 giorni in 5 anni); chiusura provvisoria anche a Grand Platte, alle Epines Blanches.

A Combelouvière, i rischi residui considerati troppo rilevanti hanno comportato la chiusura definitiva della strada che collega Celliers a Valmorel.

Per la sicurezza delle zone abitate, le autorità possono ricorrere all'evacuazione (frana di Aigueblanche, **A3P1** p.3-5). Il caso della Perrière illustra sia l'anticipazione del rischio necessaria che la difficoltà di mantenere una procedura di evacuazione quando la crisi sembra attenuarsi ma non è ancora terminata (**A3P1**, p.14-18).

C. Conclusioni / confronti

L'insieme degli *ateliers* può essere considerato uno dei punti di forza del progetto RiskYdrogeo. Sono stati toccati molteplici aspetti della gestione dei rischi idrogeologici che permettono di avere un quadro abbastanza esauriente delle pratiche in quest'ambito. Ma più di tutto è stato particolarmente apprezzato il confronto tra specialisti e non specialisti di varia estrazione, sia geografica che professionale. Da un lato la moltiplicazione dei punti di vista svizzeri, francesi ed italiani, dall'altro tra i rappresentanti degli uffici-studio, di enti statali, di università e di *Grandes Ecoles* nonché di amministratori locali, ha permesso discussioni estremamente ricche. Da questi scambi sono emerse varie tendenze; sono stati evidenziati punti comuni a tutte le pratiche locali mentre altri aspetti permangono relativamente divergenti. Questo paragrafo tenta di mettere in evidenza sia i primi che i secondi.

Gli *ateliers* hanno convalidato in modo più o meno implicito le procedure proprie ad ogni tipologia di rischio idrogeologico. In particolare, un consenso netto è stato raggiunto per quanto riguarda i metodi di auscultazione delle instabilità rocciose e la cartografia del rischio che ne deriva. E questo nonostante non venga sempre riconosciuta la stessa importanza alle varie tappe a seconda dei siti studiati e delle pratiche locali.

1. Sistemi di monitoraggio / sorveglianza

Nota bene :

Nella pratica si parla di *monitoraggio* di un sito quando nel corso della fase di auscultazione si rende necessario misurare il comportamento dell'instabilità – cioè in generale la sua modalità e la sua velocità di spostamento – in risposta ai fattori di degradazione della roccia e di innesco dell'evento. I valori di tali misurazioni sono spesso determinanti per costruire il modello (idro)geologico. Si parla inoltre di *monitoraggio* quando, dopo un evento, si continua a monitorare un sito per un certo tempo per misurare la sicurezza "residua" o per interesse scientifico.

Il concetto di *sorveglianza* – con la sua connotazione di allerta/allarme – è una misura di protezione installata su un sito attivo o come misura di pubblica sicurezza o come integrazione di altre misure di protezione. Tutte le varianti sono possibili (**Attività 4, § 2**).

Il progetto Riskydrogeo è stato l'occasione di fare il punto sui sistemi di monitoraggio/sorveglianza dei siti instabili. Durante gli *ateliers* sono stati presentati siti monitorati, sorvegliati o misti. Le visite sul campo hanno permesso di visitare numerosi impianti in funzione, tra cui i sistemi di telesorveglianza propri di ogni regione, rispettivamente Guardaval nel Vallese (**Atelier 1**), Gessri in Rhône-Alpes (**Atelier 3**) e Eydenet in Valle d'Aosta (**Atelier 4**). Il confronto di questi tre sistemi specifici è oggetto del capitolo 3 di questo documento, mentre la definizione / descrizione dell'insieme dei sistemi di strumentazione è disponibile nel capitolo 4, sotto forma di data base accompagnato da una guida tecnica.

Al di là delle descrizioni tecniche consultabili nei due capitoli in questione, tre elementi di dibattito sono emersi in modo sistematico durante gli *ateliers*:

1. Le prime misurazioni dello spostamento effettuate sull'instabilità sono spesso misure di superficie (metodi geodesici, radar, estensimetri...), prima puntuali e poi estese ad una registrazione continua. Ebbene, appare essenziale per la caratterizzazione dell'instabilità, e dunque per la raccomandazione delle misure da adottare, disporre anche di misurazioni dello spostamento in profondità (**Atelier 2, atelier 4**) ;
2. I gestori dei sistemi di monitoraggio/sorveglianza sono concordi nel riconoscere la quantità molto notevole di dati acquisiti sui siti strumentati in permanenza. Se è evidente che la destinazione principale di tali dati è il loro utilizzo diretto per la gestione operativa del sito, essi potrebbero anche essere fortemente valorizzati da una messa a disposizione degli enti di ricerca. Questo costituirebbe un contributo prezioso alla ricerca applicata nell'ambito dei movimenti gravitativi che potrebbe permettere lo sviluppo di nuovi

metodi e di strumenti di supporto decisionale. Le modalità di utilizzo dei dati rimangono da definire in modo chiaro, data l'importanza di tali registrazioni in particolare sui siti ancora in corso di evoluzione. Il problema sembra meno delicato per i fenomeni passati, nei quali la rottura ha già avuto luogo (*Atelier 3*).

3. Difficoltà di stabilire delle soglie di allerta: il punto sollevato più di frequente dai gestori dei sistemi di sorveglianza è la definizione delle soglie di allerta. Non esistono soglie predefinite, la scelta viene fatta dagli esperti in funzione delle caratteristiche di ogni sito e delle loro esperienze su altri siti; un periodo di taratura è generalmente necessario e la soglia può essere rivedibile in funzione dell'evoluzione del fenomeno. Alcuni esempi con delle cifre sono sintetizzati nel *quadro riassuntivo dei siti dell'atelier 3*. In Valle d'Aosta, sono state definite soglie di pre-allerta e di allerta non sulle misurazioni di spostamento dell'instabilità ma sulle previsioni meteorologiche (*Atelier 4*). Questo approccio permette a priori un maggior tempo di intervento tra il superamento della soglia e la rottura effettiva dell'instabilità, tuttavia con l'inconveniente di moltiplicare i falsi allarmi.

I sistemi di allarme basati sul rilevamento attivo della caduta di pietre o di colate di fango da parte di geofoni o di altri sensori non tengono conto di questa nozione di soglia (principio del "tutto o niente"). In generale, questi sistemi sono concepiti per far scattare automaticamente misure preventive di protezione (accensione del semaforo rosso, abbassamento di barriere ...)

2. Gestione del rischio / Gestione del territorio

La considerazione del rischio nella gestione del territorio implica varie fasi che vanno dalla prevenzione fino alla gestione della crisi in corso di evento.

Possiamo cercare di classificarle come segue, tenendo presente che l'ordine di realizzazione delle varie azioni dipende da molteplici fattori, tra cui l'urgenza di trattare il rischio, le poste in gioco da proteggere ...

- Se il rischio è valutato sufficientemente a monte, possono essere adottate misure di prevenzione, in particolare in materia di pianificazione territoriale e di urbanistica; la sorveglianza dei siti è anche una misura di prevenzione;
- Quando è possibile, vengono realizzate opere di protezione per ridurre il rischio ;
- Quando non è possibile (fenomeno di ampiezza troppo grande, probabilità di occorrenza troppo bassa, tempi di intervento troppo brevi ...) si tratta di gestire il rischio così com'è, in generale instaurando una politica di gestione della crisi: cellule di crisi, piani di evacuazione, (basati su scenari di evoluzione)...

Nella pratica, spesso sono adottate molte di queste azioni.

2.1. Misure di pianificazione :

Quando il rischio viene valutato sufficientemente a monte, la principale misura preventiva consiste nella predisposizione di documenti urbanistici che regolamentano l'uso del suolo in funzione del rischio / del pericolo evidenziato. Le restrizioni d'uso possono in certi casi giungere fino allo spostamento della popolazione.

I quattro *ateliers* hanno dimostrato che le pratiche in materia sono molto diverse da una regione all'altra. Queste differenze di scelta tra misure di prevenzione o tra prevenzione e protezione possono spiegarsi in parte con il quadro legislativo proprio di ogni regione e in parte con il contesto storico e culturale (si veda più oltre § 3. Precisazioni)

Per la Svizzera, vengono nell'insieme privilegiate la responsabilizzazione della popolazione, la preoccupazione di intervenire sui fenomeni e la cultura del «convivere con» (legata ad un forte coinvolgimento dei comuni nella decisione, sostenuta da procedure facilitate di finanziamento sovra-comunale). Al contrario, in Francia si usa piuttosto classificare come zona inedificabile (si veda § 3. Precisazioni) una gran parte dei territori dei comuni interessati da rischi gravi o medi (in particolare in assenza di studi preliminari che abbiano permesso di precisare la conoscenza dell'instabilità e di definire i lavori di protezione da realizzare prima di un'eventuale apertura all'urbanizzazione). In caso di minaccia grave per le persone e se non vi sono mezzi di protezione e di salvaguardia meno onerosi (lavori anche di manutenzione, dispositivo affidabile di sorveglianza, di allerta e di evacuazione), i beni possono essere espropriati, a volte su un intero lotto (*atelier 2*). Nella RAVA, possono essere impegnate somme molto rilevanti per lavori di protezione che consentano agli abitanti di rimanere sul posto e di evitare di espropriare gli abitanti (*atelier 4*).

Quando dagli studi emerge che una zona è soggetta ad un rischio grave, questa zona può essere dichiarata dunque inedificabile: si evita così un aumento della popolazione esposta, ma gli edifici esistenti rimangono abitabili ed i loro occupanti sono sempre sottoposti al medesimo rischio. In alcuni casi, possono essere adottate misure di protezione per ridurre il rischio (2.2 Opere di protezione). In altri casi, è possibile assicurare l'evacuazione temporanea della popolazione prima che il fenomeno si verifichi (2.4 Gestione del rischio residuo). Quando non è possibile nessuna di queste soluzioni, può rivelarsi necessario, per garantire la sicurezza della popolazione, attuare una procedura di esproprio degli abitanti.

In Francia, tale procedura è facilitata dalla legge del 03-02-1995, chiamata legge Barnier. Questa prevede una procedura di indennizzo originale, basata sulla creazione di un fondo di prevenzione dei rischi naturali più gravi. Tale approccio, molto statalizzato, permane lungo e vincolante ma è stato applicato a più riprese (**atelier 2**), nel caso in cui il rapporto bene / costo dei lavori sia sfavorevole (inferiore a 1).

In Vallese e in Valle d'Aosta questa procedura è giuridicamente possibile ma non è mai stata applicata (in VDA, *legge regionale 24 giugno 2002, si veda Quadro legislativo*). L'onnipresenza del rischio su questi territori molto montuosi, e di conseguenza la difficoltà di provvedere a ri-insediare la popolazione espropriata in una zona non pericolosa, sembra in questo caso essere un fattore essenziale.

2.2. Opere di protezione

Le opere di protezione, attive o passive, realizzate per proteggere le zone di attività umane o le vie di comunicazione contro i movimenti franosi sono sensibilmente le stesse nelle tre regioni partner. L'**Attività 5** del progetto è dedicata a queste e si articola in schede descrittive sulle diverse protezioni esistenti, comprendendo l'esperienza di tutti i partner esaminate durante i vari *ateliers*.

Negli *ateliers* 3 e 4 viene presentata una vasta gamma di opere di protezione contro le instabilità rocciose. Per il trattamento degli scivolamenti superficiali, sono piuttosto privilegiate le tecniche di drenaggio (*atelier* 1 e 2). Negli *ateliers* 1 e 4 sono invece state presentate opere di correzione dei torrenti e di protezione contro le piene.

2.3. Gestione della crisi

La nozione di *gestione della crisi* comprende l'insieme delle azioni da intraprendere e delle decisioni da adottare in caso di evento, che si realizzi brutalmente in qualche minuto (frana, colata di fango, etc.) o molto lentamente su più giorni o mesi (alluvione, scivolamento superficiale, fasi della frana, etc.). I 4 *ateliers* hanno presentato varie situazioni di imminenza di eventi realizzati o potenziali. Come principio, gli approcci adottati per assicurare la sicurezza delle persone sono le stesse nelle tre regioni, mentre possono differire riguardo alla loro applicazione.

In caso di fenomeno improvviso, la costituzione di una cellula di crisi in Francia è sistematica: questa è composta dai principali responsabili dei servizi tecnici coinvolti o da esperti, sotto la responsabilità, secondo i casi, del sindaco o del prefetto (**atelier 2** - frana di La Salle en Beaumont, **atelier 3** - frana di **Combelouvière**). In Valle d'Aosta, esiste una comunicazione tra le varie istanze ma senza costituzione effettiva di una cellula di questo tipo: il sindaco si ritrova allora più isolato sul campo (**atelier 4** - colata di fango di Pollein). In Vallese, la cellula cantonale in caso di catastrofe (CECA) interviene solo quando sono direttamente interessate le infrastrutture cantonali o in caso di evento eccezionale che interessa più comuni, come è avvenuto per gli eventi dell'ottobre 2000. La procedura abituale vuole che il comune colpito da un fenomeno naturale costituisca una propria cellula di crisi, mentre la CECA viene mobilitata solo a titolo sussidiario.

La regione Rhône-Alpes è ricca di esperienze sulla regolazione del traffico stradale in funzione dell'occorrenza di frane in roccia - cadute blocchi (esempi nell'**atelier 3**).

Oltre al fenomeno improvviso, esistono altri casi in cui non è possibile o auspicabile prevedere misure di protezione o di prevenzione :

- fenomeno di troppo vasta entità, non trattabile da misure di protezione: es. Séchilienne in Rhône-Alpes, Citrin in Valle d'Aosta (*atelier 4*) ;
- probabilità di occorrenza giudicata troppo bassa: Becca di Nona (*atelier 4*) ;
- rapporto sfavorevole tra costo dei lavori di protezione e beneficio ottenuto: su questo punto si è avviata la discussione sui lavori di protezione realizzati sui torrenti Comboé e Letze in Valle d'Aosta (*atelier 4*). Il Vallese, da parte sua, cerca di privilegiare soluzioni di gestione del rischio residuo nel caso in cui l'impegno finanziario legato alle misure di protezione sia troppo elevato. In Francia, la legge, Barnier facilita l'esproprio degli abitanti quando il costo dei lavori supera il costo dell'esproprio;
- mancanza di spazio sufficiente per installare le protezioni necessarie;

La gestione di tale rischio « residuo » conosciuto, nelle zone abitate viene fatta principalmente tramite un piano di soccorso o di evacuazione (*atelier 4, atelier 3*), associato ad un sistema di sorveglianza. I responsabili di siti a rischio (sindaci ed esperti geologi) sottolineano la difficile attuazione di questi piani :

- Difficoltà di sensibilizzare la popolazione alla permanenza del rischio: es. Esercitazioni di evacuazione molto seguite a Pollein nei primi 2-3 anni, poi forte disinteresse;
- Difficoltà di mantenere l'evacuazione di una popolazione quando il fenomeno sembra stabilizzarsi: es. frana di La Perrière, atelier 3.
- ...

3. Alcune precisazioni sulle differenze di pratiche

Una parte delle differenze di pratiche constatate nel corso degli *ateliers* tra le tre regioni partner è legata al contesto geografico, storico e culturale proprio di ogni regione nonché al suo specifico quadro legislativo. Questo paragrafo tenta di apportare alcune succinte delucidazioni rinviando comunque alla lettura di testi e documenti esistenti per approfondire la questione.

Contesto geografico, storico e culturale

La nozione di rischio naturale, e a maggior ragione di rischio accettabile, sembra non essere percepita nello stesso modo nelle tre regioni partner, il che, oltre al quadro giuridico, ha forti incidenze sulle politiche di gestione del territorio. L'aspetto geografico è anche determinante, poiché, per esempio, in Vallese e in Valle d'Aosta la quasi totalità del territorio, molto montuoso, è soggetta a rischi naturali legati alla pendenza, siano essi geologici, idrologici o nivologici.

Nel Cantone del Vallese, la rilevanza e l'onnipresenza dei rischi constatati e, parallelamente, la necessità di permettere agli abitanti di insediarsi, porta a « convivere con il rischio ». La popolazione stessa sembra maggiormente consapevole di questa nozione di rischio, probabilmente meglio radicata culturalmente che in Valle d'Aosta o nella regione Rhône-Alpes, dove la popolazione delle zone montane ha conosciuto un notevole mescolamento, con il massiccio insediamento di residenti non portatori di una cultura montanara. Dunque la nozione di rischio accettabile non viene contemplata dai magistrati italiani; il forte aumento dei ricorsi in giustizia, con la messa sotto accusa dei responsabili amministrativi, ha portato ad una politica che privilegia la realizzazione di lavori di protezione, a qualsiasi costo. Tale pressione giuridica esiste allo stesso modo in Francia, dove viene per esempio applicato un principio di precauzione nella stesura dei PPR; l'evoluzione della giurisprudenza ha così comportato un irrigidimento della zonizzazione, con la conseguenza dell'inserimento di porzioni a volte notevoli di comuni in « zona rossa » inedificabile (si veda il paragrafo seguente). In Svizzera, i responsabili locali ed i tecnici sono maggiormente coperti dalla gerarchia (il geologo cantonale serve da referente per la protezione delle infrastrutture cantonali e dà dei preavvisi ai comuni per le costruzioni in zone a rischio).

Quadro legislativo

La tabella che segue riporta i punti principali dei documenti cartografici ufficiali prendendo in considerazione i rischi idrogeologici nelle diverse regioni.

	RAVA	Rhône-Alpes (Francia)	Vallese
Documento di riferimento	Carta del rischio (A4P14). Carta dei rischi redatta dal comune e convalidata, con possibili modifiche, dalla Regione	Piano di Prevenzione dei Rischi naturali prevedibili (tutti i rischi sono compresi), basato su carte delle instabilità (distinzione frane /caduta pietre, scivolamenti duperficiali, colate di fango) (A2P4, Annexe 1,3) Deciso dallo Stato per il comune	Carta del rischio realizzata, secondo le direttive cantonali, da uno studio privato su mandato del comune
Legge relativa	Quadro normativo regionale : Legge regionale n°11 del 6 aprile 1998 art. 35 - 38, modificata dalle legge regionale n° 01 del 20 gennaio 2005 art. 16. + Delibera della giunta regionale n. 422 del 15/02/1999 + Delibera della giunta regionale n. 5002 del 30/12/1999. Quadro normativo italiano : Autorità di bacino del fiume Po – Parma. Atti del Comitato Istituzionale. Deliberazione 11 maggio 1999, n. 1/99. Adozione del progetto di piano stralcio per l’assetto idrogeologico (art. 17, comma 6 ter e art. 18, comma 10, della legge 18 maggio 1989, n. 183). Decreto -legge 11/06/1998 n. 180 (Décret Sarno) convertito il Legge n. 267 del 03/08/1998. Legge-quadro sulla difesa del suolo n.183 del 18/5/1989.	Legge nazionale 95-101 del 02 febbraio 1995, detta legge Barnier, Art.16 - 22	Legge federale sulla pianificazione territoriale (LAT) del 22.06.1979 e legge cantonale (LcAT) del 23.01.1987. Quest’ultima affida ai comuni la responsabilità della protezione di beni e persone rispetto ai rischi naturali
Zonizzazione	<u>Pericolo elevato</u> : divieto di costruire, salvo determinati lavori di sistemazione <u>Pericolo medio</u> : restauro e ingrandimento delle costruzioni esistenti senza aumento della capacità di accoglienza <u>Pericolo basso</u> : costruzione possibile previa verifica delle condizioni di sicurezza (A4P14)	<u>Zona rossa</u> : inedificabile salvo determinati lavori di sistemazione <u>Zona blu</u> : edificabile a determinate condizioni di studi e di concezione <u>Zona bianca</u> : edificabile senza particolari condizioni (A2P4, Annexe3)	<u>Pericolo elevato</u> (rosso) zona di divieto, salvo in caso di comprovato cambiamento dello stato del pericolo (studio specialistico che deve riguardare l’insieme del perimetro a rischio e non limitarsi al livello della particella) <u>Pericolo medio</u> (blu) : zona di regolamentazione. Di norma, l’edificabilità dipende dalla predisposizione di misure collettive di riduzione del rischio <u>Pericolo basso</u> (giallo) : zona di regolamentazione (misure individuali di riduzione del rischio) Nessun pericolo = zona bianca

Considerazione delle opere di protezione esistenti	La delimitazione delle zone inedificabili considera la presenza delle opere di protezione che possono diminuire il grado di rischio senza tuttavia annullarlo. (L.R. 11/98)	Molto bassa, poichè l'efficacia non viene considerata una garanzia a lungo termine. « non si proteggono più zone naturali esposte ad un'instabilità media (e a maggior ragione forte) per permettere l'urbanizzazione. »	L'edificabilità dipende dalla predisposizione di misure di protezione e di sorveglianza. Nonostante diminuiscano il grado di pericolo, tali misure non autorizzano il cambiamento di colore (per es. passaggio dal blu al giallo): un perimetro ombreggiato si sovrappone al colore.
Approvazione e valore giuridico	Non sottoposto a pubblica inchiesta perché proposto dalle Amministrazioni locali (nessuna / poca concertazione con la popolazione)	Soggetto a pubblica inchiesta, dopo concertazione con gli amministratori locali; Una volta approvato con decreto del prefetto, vale come servitù di pubblica utilità, opponibile ai terzi;	Carta del rischio convalidata dallo specialista cantonale e poi sottoposta a pubblica inchiesta (dal 2006). Omologata dall'autorità cantonale una volta trattati gli eventuali ricorsi e riportata <i>a titolo indicativo</i> sul piano comunale di pianificazione delle zone (plan communal d'aménagement des zones - PAZ)
Modifiche possibili	Cartografia dinamica: modifiche possibili dopo studi specifici o dopo la realizzazione di opere di protezione. Procedura amministrativa simile a quella dell'approvazione delle carte del rischio, complessa e molto lunga.	Modificabile solo con una revisione altrettanto complessa dell'approvazione iniziale	La carta del rischio omologata è modificabile sulla base di uno studio convalidato dallo specialista cantonale e sottoposta a pubblica inchiesta.
Rapporto con documenti urbanistici	Legge regionale n. 13 del 10 aprile 1998, recante approvazione del Piano territoriale paesistico della Valle d'Aosta (PTP). PRGC = Piano Regolatore Generale Comunale).	Allegato al Piano locale di urbanistico (Plan Local d'Urbanisme); Non ha forza di legge in materia di norme di costruzione: l'applicazione delle disposizioni edilizie è responsabilità dei committenti.	La carta del rischio è legata ad un articolo specifico del regolamento comunale delle costruzioni e delle zone (règlement communal des constructions et des zones - RCCZ) che regola l'edificabilità secondo i gradi di pericolo

In Francia, gli enti territoriali hanno inoltre l'obbligo di prendere in considerazione i rischi naturali nei documenti urbanistici e di pianificazione: così, per esempio, vi sono comuni non coperti dai PPR che inseriscono direttamente nel loro piano regolatore comunale (Plan Local d'Urbanisme), generalmente su richiesta del Prefetto, i documenti informativi esistenti e che hanno fatto realizzare (carte delle instabilità), delimitando di conseguenza le diverse zone, edificabili o meno, e definendo norme urbanistiche adeguate ai rischi prevedibili.

In Valle d'Aosta, la Legge regionale n° 5 del 18 gennaio 2001 recante misure in materia di organizzazione delle attività regionali di protezione civile regola le attività di previsione, prevenzione e soccorso in materia di rischi idrogeologici.

In Svizzera, la LAT permette a qualsiasi cittadino di verificare l'edificabilità di una particella classificata in zona a rischio.

Espropriazione

In Francia, l'espropriazione a titolo preventivo è resa possibile dalla legge Barnier del 03-02-1995 (Art. 11 - 15), ormai codificata nel Codice dell'Ambiente integrata da un decreto n° 95-1115 del 17-10-1995 e successive modificazioni (decreto 2005-29) e da una circolare ministeriale del 10-07-1996, successivamente abrogata (circolare del 23-02-2005); un indennizzo viene previsto grazie alla creazione di un fondo di prevenzione dei rischi naturali, alimentato dalle polizze di assicurazione. Il Decreto n° 2005-29 del 12 gennaio 2005 relativo all'espropriazione dei beni esposti a determinati rischi naturali gravi che minacciano gravemente le vite umane nonché al fondo di prevenzione dei rischi naturali, che modifica il precedente, rende inoltre possibile l'acquisizione in via consensuale dei beni minacciati.

In Valle d'Aosta, la Legge regionale n° 11 del 24 giugno 2002, recante normativa sulle misure e gli strumenti per la delocalizzazione degli immobili situati in zone soggette a rischio idrogeologico, permette giuridicamente l'esproprio ma ad oggi non è mai stata applicata.

In Svizzera, tale misura non è esplicitamente prevista dalla legge sulle espropriazioni. E' infatti una misura assai poco usuale nell'ambito dei pericoli naturali e viene regolata caso per caso in via consensuale facendo riferimento a tale legge nella misura del possibile.

Documenti legislativi consultabili :

Si veda la versione su CD Rom di questo documento e il progetto Interreg IIIA n°098 « Prinat ».

Attività 2 – Strumentazione dei siti pilota

A. Introduzione

Sei siti interessati da movimenti gravitativi sono stati strumentati dai partner CETE e RAVA. La dotazione, iniziale o complementare rispetto a quanto già esistente, ha due scopi distinti :

- tarare e comparare strumenti già provati in situazioni di pericolo diverse;
- o moltiplicare i test in situ di strumenti prototipi in materia di sorveglianza o di gestione del rischio a distanza con generazione di allerta.

La seguente tabella riporta, per ogni sito, la strumentazione specificatamente installata nell'ambito del progetto.

Ente pilota	Sito	Strumenti installati
CETE	1. Sallèdes (Massiccio centrale, Francia)	2 piezometri 1 pluviometro 1 flussometro 1 centralina di acquisizione
RAVA	2. Becca di Nona (Comune di Charvensod, Valle d'Aosta)	7 capisaldi GPS manuali + 3 automatici 4 estensimetri 1 stazione meteo 1 centralina di acquisizione
	3. Bosmatto (Comune di Gressoney St.Jean, Valle d'Aosta)	6 capisaldi GPS manuali + 4 automatici; 4 estensimetri a filo 1 stazione meteo 2 centraline di acquisizione
	4. Citrin (Comune di St.Rhémy-en-Bosses, Valle d'Aosta)	8 capisaldi GPS manuali 1 stazione meteo 3 estensimetri 1 centralina di acquisizione interferometria radar terrestre
	5. Vollein (Comune di Quart, Valle d'Aosta)	1 stazione totale + 15 prismi 8 capisaldi GPS manuali 1 stazione meteo 1 idrometro 1 centralina di acquisizione Interferometria radar satellitare (già realizzata, i risultati saranno presentati alla fine del 2006) Laser scanner (in corso di realizzazione)
	6. Mont de La Saxe (Comune di Courmayeur, Valle d'Aosta)	5 perforazioni con inclinometri e piezometri

Tabella 2. 1. Riassunto della strumentazione installata su ogni sito pilota

Ogni sito è oggetto di una scheda dettagliata che precisa la localizzazione, il contesto geologico e la storia del sito, la problematica in termini di sorveglianza, la strumentazione installata e l'analisi dei primi risultati. Vengono fatti dei rinvii alle descrizioni dei siti presentate durante *atelier* 4 di Aosta : foto degli eventi, della strumentazione installata, dettaglio delle poste in gioco.

Questo rapporto presenta qui di seguito una sola scheda-tipo, a titolo di esempio.

B. Esempio di scheda Sito

Sito pilota 2 Becca di Nona

Comuni di Charvensod e Pollein (Valle d'Aosta)

1. DESCRIZIONE DEL SITO

1.1. Localizzazione

Il settore della Becca di Nona si trova nelle media Valle d'Aosta, sulla sponda destra della Dora Baltea, nel Comune di Charvensod. Il movimento gravitativo è situato sulla riva destra del Torrente Comboué, sul versante nord-ovest della Becca di Nona, tra 1550 m (località Ponteille) e circa 2300 m. La pendenza è in media da 34 a 45°.

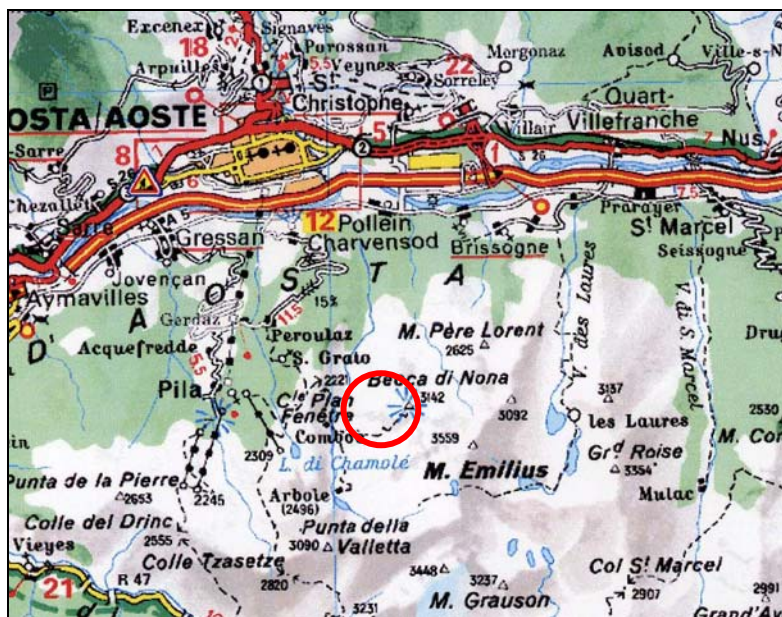


Figura.2. 1. Localizzazione del sito

1.2. Contesto geologico

La nicchia principale dello scivolamento separa il substrato, a monte, e i depositi di copertura, a valle.

Per quanto riguarda il substrato, il settore si trova al confine tra Ofioliti e scisti lustrati della Zona Piemontese s.l. e gli gneiss del klippen del Mont-Emilius (Falda della Dent Blanche). Più precisamente :

- 1) Falda della Dent Blanche:
 - Complesso di « micascisti eclogitici »
 - Complesso di « gneiss minuti ».
- 2) Zona Piemontese s.l.
 - Prasiniti con metagabbro;
 - Scisti lustrati ;
 - Serpentine e serpentinoscisti.

Tra i depositi di copertura si distinguono:

- depositi alluvionali, nell'alveo del torrente Comboué, sulla porzione a valle delle omonime cascate;
- depositi di versante (conoidi di detriti e falde), sulle due sponde del torrente Comboué ; si sviluppano a partire dai piedi degli zoccoli rocciosi;
- depositi di frana, ad esclusione della zona specifica dei questo studio, risultanti dal franamento localizzati o estesi delle pareti rocciose;
- depositi glaciali, distribuiti sui versanti, legati allo scioglimento dei ghiacciai che si trovavano ai piedi delle falesie della Becca di Nona ;
- depositi di colate di fango, accumulati sui lati dei corridoi di colamento oppure al loro sbocco.

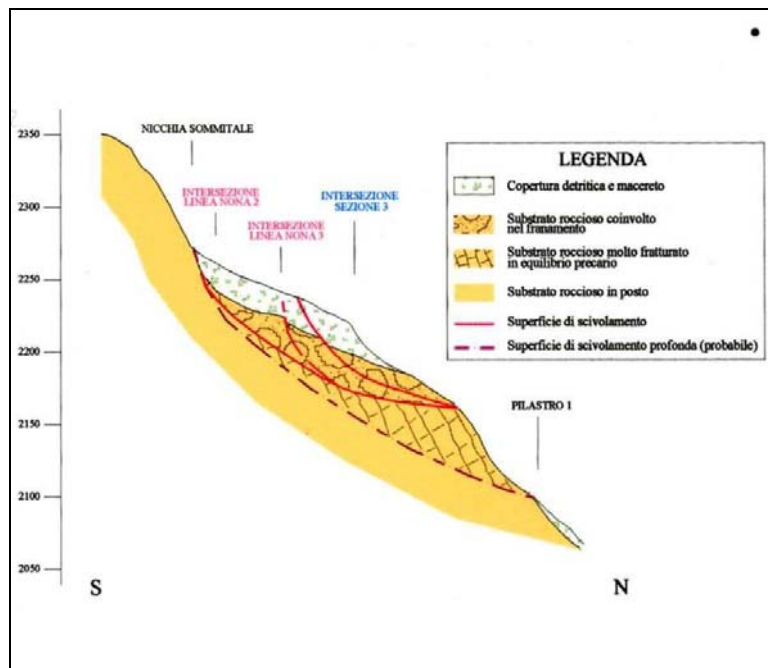


Figura.2. 2. Sezione geologica

Il meccanismo dell'instabilità può essere interpretato come composito. Anche se l'apparenza generale è quella di uno scivolamento unitario, come testimonia l'unica nicchia di distacco principale (Fig.2.3), i processi e le velocità di evoluzione sono diversi nei diversi settori della massa instabile.

Il volume dei materiali in movimento è calcolato con la seguente formula empirica:

$$V_i = \pi/6x(L_r x W_r x D_r) \text{ (WP/WLI, 1990),}$$

V_i = volume iniziale ;

L_r = distanza, in metri, tra il punto sommitale della nicchia e il punto inferiore della superficie di rottura;

W_r = maggiore larghezza tra i limiti laterali della frana, in metri, misurata perpendicolarmente a L_r ;

D_r = maggior profondità supposta, in metri, della superficie di rottura misurata perpendicolarmente al piano che contiene L_r e W_r .

Riferimenti :

WP/WLI (International Geotechnical Societies=UNESCO Working Party on World Landslide Inventory), 1990. A suggested method for reporting a landslide. Bulletin International Association for Engineering Geology, 41: 5-1

Considerando una superficie di scivolamento a 50 m di profondità, il volume è stimato a circa 1.950.000 m³ ; nell'ipotesi più ottimistica, esso si ridurrebbe a circa 1.100.000 m³.

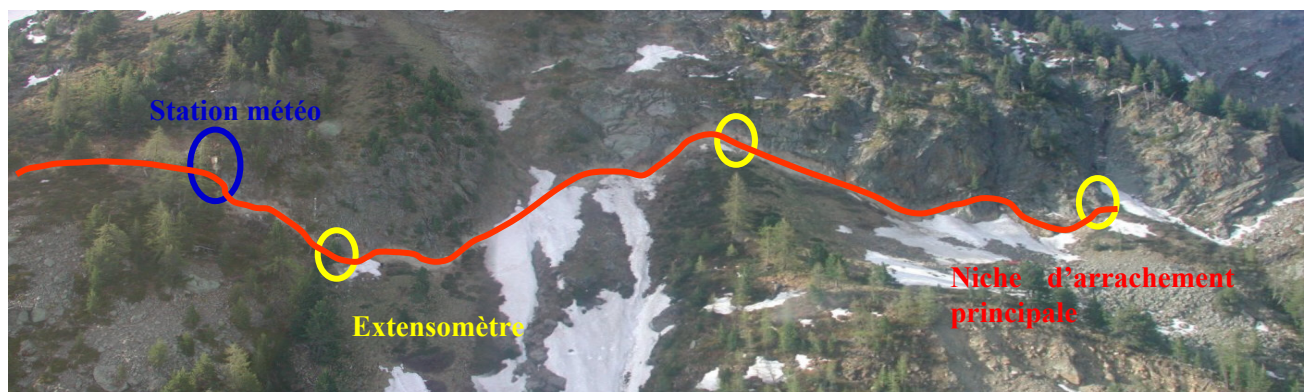


Figura.2. 3. Vista della parte alta del versante, con la nicchia principale ed una parte della strumentazione

1.3. Cenni storici sul sito

- 1976: le foto aeree segnalano piccoli movimenti gravitativi. Vi sono già sul settore delle scarpate, uno a sinistra e l'altro a destra, un po' più bassi rispetto all'attuale nicchia di distacco ;
- 1996 : prima evidenziazione della nicchia principale, sviluppata al contatto tra il substrato e la copertura, su una lunghezza di 345 metri ; vengono installati 4 estensimetri ;

In seguito alle intense precipitazioni dell'ottobre 2000, la frana si è riattivata. Circa tre giorni dopo l'inizio dell'episodio, i 4 estensimetri, installati sulla nicchia di distacco che delimita la parte alta del settore in movimento, hanno evidenziato un rapido aumento delle velocità di spostamento, che raggiungono valori prossimi ai 6 mm/h.

La riattivazione della frana stessa è stata preceduta dalla messa in movimento di una zona di deposito a valle, a livello di un pilastro roccioso (nicchia di distacco bassa– alt.1990m- Fig2.4. Il materiale si è distribuito in parte sui conoidi e in parte sull'area di Ponteille.

2. PROBLEMATICA

2.1. Problematica del sito

Le poste in gioco :

Il sito sovrasta i comuni di Charvensod e di Pollein, nei quali 130 e circa 900 abitanti sono rispettivamente coinvolti direttamente nel piano di soccorso della Protezione civile, predisposto per evacuare le persone a tempo debito.

Sono stati delineati due scenari di rottura dell'instabilità:

SCENARIO 1: Il grande movimento gravitativo è unitario: i materiali messi in movimento nel loro insieme provocano lo sbarramento del torrente Comboué e la formazione di un lago, con riempimento e straripamento molto rapido e conseguente inondazione dei villaggi a valle (comuni di Pollein e Charvensod).

SCENARIO 2: frane progressive coinvolgono, in tappe successive, diverse porzioni di volume instabile ; deviazione dell'alveo del torrente a valle, fino alle modifiche indotte dall'apporto di materiali e rischi di lava torrentizia su Pollein e Charvensod

Le motivazioni per installare una strumentazione

La stabilizzazione del movimento gravitativo non è possibile, da una parte perché i volumi in movimento sono considerevoli, dall'altra perché il settore di intervento non è accessibile ai veicoli meccanici. I lavori di protezione realizzati (A4P11) non sono sufficienti, soprattutto in caso di scenario 1. Dopo gli eventi dell'ottobre 2000, l'Assessorato al Territorio, all'Ambiente e alle Opere pubbliche aveva incaricato una società di proporre dei lavori sul sito di Ponteille, che potrebbero evitare la formazione di uno sbarramento (scenario 1) ; i costi troppo elevati e le difficoltà logistiche ne hanno sconsigliato la realizzazione.

L'evoluzione del movimento franoso (scenari 1 e 2) può interessare le zone abitate della piana della Dora. I mezzi di sorveglianza permettono dunque di controllare il fenomeno e di far scattare gli allarmi in caso di necessità.

2.2. Obiettivi della strumentazione

La presenza dell'acqua, in seguito ad intensi episodi piovosi, sembra essere un fattore scatenante del fenomeno. È stato dunque installato un pluviometro, oltre a degli estensimetri e a dei capisaldi GPS a lettura automatica che seguono i movimenti della frana.

L'obiettivo essenziale di questo sistema di sorveglianza è assicurare l'attivazione del piano di evacuazione della Protezione civile, e cioè la sicurezza degli abitanti delle zone situate a valle:

- in un primo tempo, si è cercato di capire bene le caratteristiche morfologiche del movimento gravitativo, in modo da stabilire le soglie di allerta;
- in seguito, viene assicurata una sorveglianza continua per poter far scattare le allerte gestite dal sistema di sorveglianza situato presso la Protezione Civile (*Atelier 4*).

3. STRUMENTAZIONE INSTALLATA

Il sito è strumentato con 7 capisaldi GPS manuali, 3 capisaldi GPS automatici e 4 estensimetri a filo di produzione ISMES, nonché con una stazione meteo che comprende pluviometro e termometro.

La rete GPS, installata inizialmente nel luglio 1997 e completata in seguito, è attualmente composta da 7 capisaldi GPS manuali posizionati nel settore in movimento, di cui due installati all'inizio di giugno 2001 per controllare il settore a valle della frana (BN7 e BN8).

Tutti gli strumenti di sorveglianza sono collegati alla centrale operativa ubicata presso la sede della Protezione Civile, dove si trova il sistema di sorveglianza Eydenet, che interpreta i dati e è preposto alla gestione delle allerte (*Atelier 4, Attività telesorveglianza*). In caso di necessità, si possono interrogare gli strumenti da questa centrale per controllare il corretto funzionamento del sistema.

Le caratteristiche tecniche degli strumenti di sorveglianza sono descritte nel paragrafo 6 dell'*Inventario Metodi e Strumentazione* dell'Attività 4.

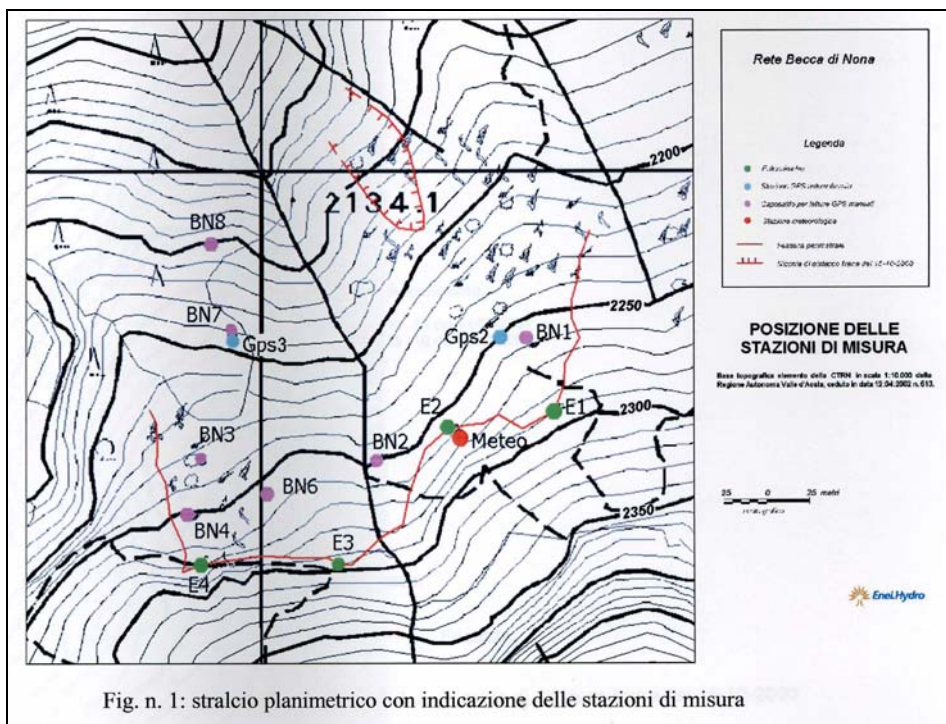


Figura .2. 4. Estratto planimetrico con indicazione delle stazioni di misura

Frequenza delle misurazioni:

estensimetri: oraria;
 meteo: oraria;
 GPS manuali: 2 volte all'anno (giugno e ottobre);
 GPS automatici: una lettura ogni 6 ore.

Connessione alla centralina di acquisizione:

estensimetri: cavo;
 meteo: cavo;
 GPS automatici: ognuno ha una stazione di acquisizione.

Trasferimento dei dati alla centrale operativa della Protezione civile:

estensimetri: radio-modem;
 meteo: radio-modem;
 GPS automatici radio-modem.

Dato che le misurazioni sono iniziate nel 1997, i dati sono attualmente dell'ordine delle misure standard, poiché la fase di test / sperimentazione è avvenuta nei primi anni di sorveglianza della frana.

4. RISULTATI E PRIME ANALISI

I dati riportano la tendenza della temperatura, la pioggia accumulata, gli spostamenti dei 4 estensimetri, dei 3 capisaldi GPS automatici e dei 7 GPS manuali. I risultati disponibili sono riportati nei diagrammi presentati in occasione dell'*atelier* di Aosta (**A4P4**).

In linea generale, i dati ottenuti dai 7 capisaldi GPS manuali confermano l'evoluzione della frana osservata durante gli studi preliminari, sia in termini di direzione o di senso degli spostamenti sia in termini di valore assoluto dello spostamento. Sono stati registrati spostamenti fino a più di 10 cm all'anno, legati alle condizioni locali e al fatto che si sta trattando una frana costituita da detriti, con variazioni locali di comportamenti dinamici.

Come per i dati dei GPS automatici, i valori ottenuti confermano l'evoluzione del movimento franoso ossia in termini di direzione o di senso degli spostamenti sia in termini di valore assoluto dello spostamento. In un regime di precipitazioni stagionali, gli spostamenti registrati dalla rete GPS automatica variano da 0 ad alcuni centimetri (< 5 cm all'anno).

Per quanto riguarda i dati pluviometrici, i valori-soglia utilizzati nelle procedure di Protezione civile sono stati superati una volta nel corso del 2003 e due volte nel 2004, à in occasione di fenomeni temporaleschi brevi ma intensi. Questi fenomeni non hanno generato instabilità specifiche nel corpo della frana; le reti di estensimetri e di GPS automatici non hanno registrato valori di spostamento particolari.

I dati degli estensimetri, situati sulla nicchia di distacco principale, concordano con quelli dei capisaldi GPS automatici, con valori di spostamento che variano nel corso dell'anno. In generale, gli estensimetri E2 e E3 registrano una componente verticale dello spostamento molto più importante rispetto alle componenti orizzontali, caratteristica dovuta a situazioni morfologiche locali particolari (la pendenza è particolarmente elevata).

Spostamenti :

Giugno-ottobre 2003: E1 (Estensimetro 1) = 20 mm ; E2= 20 mm; E3= 392 mm ; E4= 11 mm.

Luglio-novembre 2004: E2= 172 mm; E3= 81 mm; E4= 12 mm.

La rappresentazione grafica dei dati annuali mette in evidenza spostamenti causati dalla neve all'inizio e alla fine dell'anno. L'allungamento dei fili degli estensimetri è dovuto al manto nevoso il cui peso può giungere a provocare la rottura dei fili (esempio: il filo dell'estensimetro 2 nel febbraio 2003). I risultati sono considerati "virtuali" ed il corretto funzionamento degli strumenti è ristabilito non appena il sito torna ad essere accessibile in tutta sicurezza, quando la copertura nevosa è totalmente scomparsa, cioè normalmente nella seconda quindicina di giugno, periodo in cui sono effettuate le attività di manutenzione programmate per tutto il sistema.

Oltre alle problematiche legate alla presenza della neve, la strumentazione di sorveglianza deve considerare altri aspetti, come l'esposizione del versante all'irraggiamento solare e la caduta di blocchi. Le stazioni di acquisizione e di trasmissione dei dati sono alimentate da pannelli solari e batterie. Durante la sorveglianza, la potenza dei pannelli solari è stata aumentata perché il versante è esposto a nord e l'irraggiamento solare risulta insufficiente.

Durante l'anno 2004, la stazione meteo dotata degli strumenti di acquisizione e di trasmissione dei dati è stata completamente distrutta da una caduta di blocchi. Allo stesso modo, è necessario sostituire di tanto in tanto il filo degli estensimetri, danneggiato dalla caduta di blocchi dal versante.

Attività 3 – Sistemi di telesorveglianza

Premessa

Con l'avvento, da una decina di anni a questa parte, delle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione (NTIC) da una parte, e dei nuovi mezzi e metodi di strumentazione dall'altra, la telesorveglianza è diventata una componente a pieno titolo della strategia di attenuazione dei rischi legati alle instabilità. Nelle aree alpine, i vincoli topografici, associati ad ambienti di misurazione esigenti e generalmente a risorse limitate, fanno della telesorveglianza spesso l'unico mezzo per ridurre in modo oggettivo la vulnerabilità dei beni e delle persone vicini siti giudicati a rischio (potenziale o comprovato) fino quando non sia possibile realizzare misure di protezione durevoli. Recenti esempi hanno dimostrato che in caso di danni, in particolare alle infrastrutture di trasporto, l'interruzione, anche solo di alcune settimane, di collegamenti stradali e/o ferroviari, che costituiscono la spina dorsale delle valli alpine, può avere importanti ripercussioni sull'economia delle regioni frontaliere e transfrontaliere. A questo titolo, la telesorveglianza costituisce oggi un mezzo affidabile ed economicamente interessante per prevenire o limitare tali perdite di esercizio attraverso una più efficace gestione del rischio.

I [rinvii](#) fanno riferimento all'[Attività 3](#) della versione su CD-Rom del presente documento.

1. Obiettivi e approccio

Attraverso il confronto delle soluzioni implementate sui rispettivi territori (cf. tab. 3.1) e la condivisione delle esperienze acquisite tramite la concezione, lo sviluppo e la gestione di questi sistemi, i promotori del progetto RiskYdrogeo, CETE, Vallese e Valle d'Aosta, intendono fornire ai committenti e ai futuri capoprogetti incaricati dell'applicazione di un dispositivo di telesorveglianza

- I) gli elementi di riflessione necessari all'analisi e all'espressione precisa delle loro necessità nonché all'elaborazione di un capitolato,
- II) i criteri di dimensionamento tecnico ed economico
- III) alcuni orientamenti per le scelte di progettazione e le opzioni tecnologiche disponibili.

In ultimo, questo studio deve permettere di estrapolare le componenti comuni che partecipano all'architettura generale di un sistema di sorveglianza dedicato alla gestione dei rischi idrogeologici in regione montana.




Sistema	Progettazione - Sviluppo	Gestione : committente – mandatario	Messa in funzione
EYDENET 	ISMES, 1996	RAVA – Dipartimento assetto del territorio, ambiente e risorse idriche – Direzione protezione del territorio. Mandataire : ISMES	2000
GESSRI 	CETE Lyon, 1988-1999	CETE Lyon – LRPC Rhône-Alpes	1988
GUARDAVAL 	CREALP, 2001	Canton du Valais – DTEE – Geologo cantonale. Mandatario : CREALP	2003

Tabella 3.1 : Caratteristiche dei 3 sistemi di telesorveglianza valutati nell'ambito del progetto RiskYdrogeo

Questa valutazione si fonda su un'analisi dettagliata dei tre sistemi e intende mettere in evidenza le scelte di progettazione, le tecnologie utilizzate, le specifiche funzionali, le strategie e procedure di gestione integrate nonché l'ambito di utilizzo di ogni soluzione, indipendentemente da qualsiasi giudizio di valore. L'approccio utilizzato è incentrato su una comparazione multicriteriale che prende in considerazione le diverse componenti che sono parte integrante di un dispositivo di telesorveglianza (si veda [§2, figura 3.1](#) per i dettagli)

✓	Il sito di misurazione	✓	La gestione degli allarmi
✓	L'acquisizione di misure	✓	I sistemi di supporto alla decisione
✓	L'architettura del sistema	✓	La piattaforma di sviluppo

2. Principali risultati

Siti sotto sorveglianza

Non ci potrebbe essere sorveglianza senza siti esposti ad un rischio potenziale o comprovato. La caratterizzazione dei siti monitorati da un sistema di telesorveglianza è rivelatrice delle capacità del sistema in termini:

- *di integrazione di dispositivi di misurazione concorrenti ed (strumentazione)*
- *di adattabilità ai vincoli sui siti (topografia dimensioni del sito) e di esigenze di misurazione (frequenza e affidabilità delle misurazioni)*
- *di sicurezza di funzionamento (vincoli di affidabilità imposti dalle poste in gioco)*
- *di longevità (durata effettiva e/o previsionale del monitoraggio)*

Per consentire la comparazione, i siti controllati da ognuno dei tre sistemi sono stati descritti in termini di:

- *Fenomeno : tipo di instabilità che caratterizza il sito*
- *Volume : volume della massa rocciosa potenzialmente in movimento*
- *Poste in gioco : oggetti del territorio esposti all'instabilità*
- *Strumentazione : dispositivo/i di sorveglianza installati sul sito*
- *Durata del monitoraggio: data in cui è stata installata la telesorveglianza*

La localizzazione geografica e la comparazione dettagliata dei vari siti sotto sorveglianza sono disponibili al [§3.1](#), [figura 3.2](#).

Acquisizione delle misure

La problematica dell'acquisizione dei dati costituisce indubbiamente la chiave di volta di un sistema di telesorveglianza. Essa condiziona in larga misura:

- *lo sviluppo hardware et software del sistema*
- *la sua architettura generale: complessità, livello di integrazione,*
- *la sua gestione in particolare in termini di sicurezza di funzionamento : affidabilità e vulnerabilità*
- *la sua affinità rispetto ai vari materiali (sensori e dispositivi di trasmissione delle misurazioni, ecc.) : polivalenza e versatilità*
- *la sua evolutività : integrazione di nuovi dispositivi di misurazione e/o sensori, gestione di nuovi tipi e/o formati di dati*
- *i costi di investimento, di installazione, di gestione e di manutenzione del sistema.*

La comparazione effettuata ([§ 3.3](#)) fa emergere in particolare la polivalenza di EYDENET in termini di integrazione di dispositivi di misura eterogenei (unità di acquisizione, sensori) e di modalità di trasmissione dei dati.

Architettura dei sistemi

L'architettura globale di una soluzione di telesorveglianza dipende strettamente dalle scelte di progettazione e dai vincoli stabiliti a livello delle fasi di implementazione e di integrazione del sistema (modularità, evolutività, adattabilità, reattività, sicurezza). La considerazione di questo criterio nella procedura di valutazione ha richiesto la definizione preliminare di una modalità di rappresentazione unificata che esprimesse in modo simbolico ma sufficientemente fedele l'architettura di ognuno dei tre sistemi. Questa schematizzazione permette di evidenziare le scelte di progettazione nonché le specifiche funzionali e tecniche di ogni dispositivo (cfr. [fig. 3.1](#)).

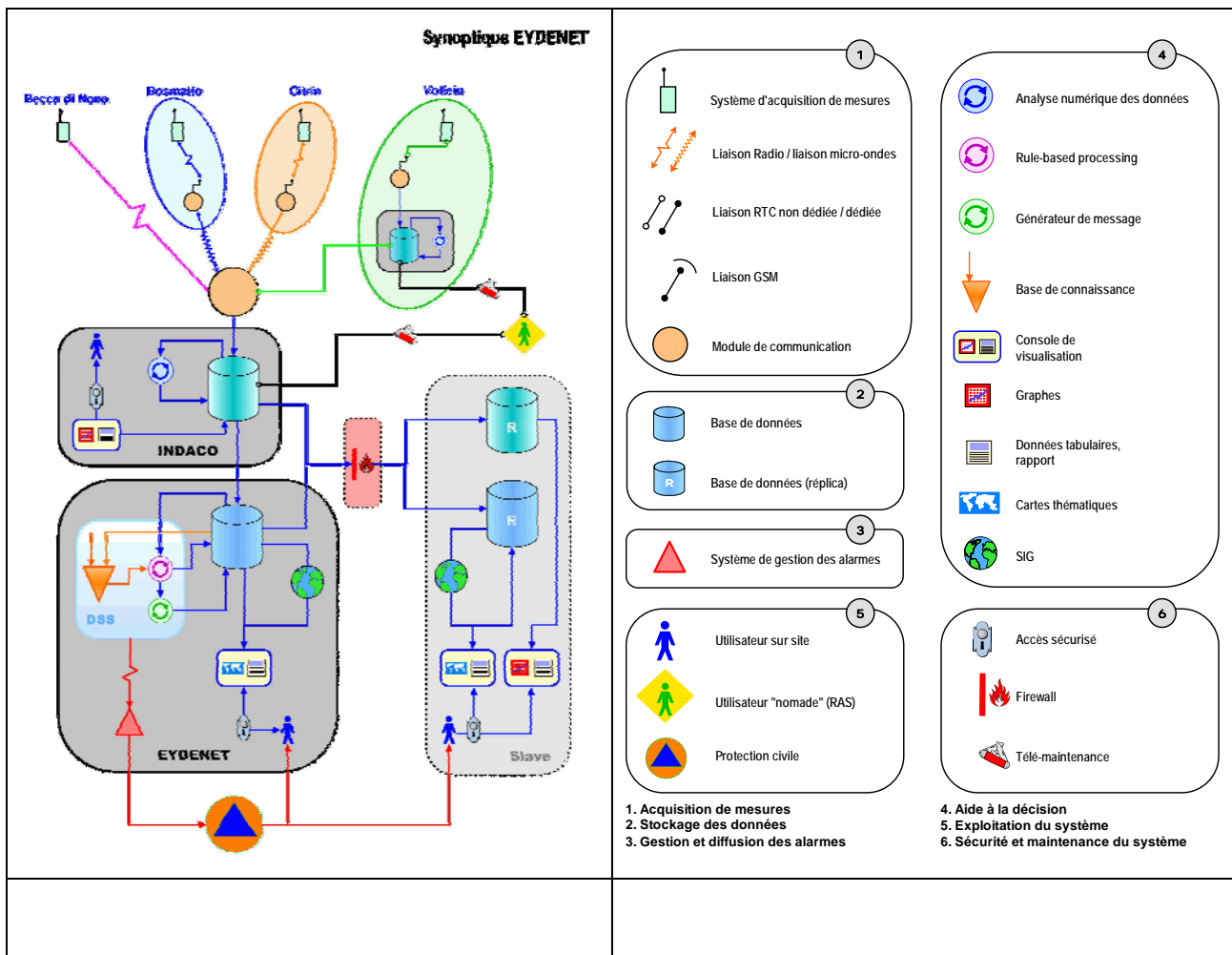


Figura 3.1 : Architettura schematizzata di EYDENET e componenti funzionali utilizzati per la rappresentazione simbolica dei sistemi.

L'architettura comparata dei tre sistemi e le specifiche funzionali che ne derivano sono fornite nella versione su CD-Rom di questo documento (§ 3.2).

Supporto decisionale (§ 3.4).

Il supporto decisionale ha come obiettivo assistere il o i responsabili incaricati della sorveglianza nel processo che porta dalla misurazione alla decisione, quando è necessario. I sistemi di supporto decisionale forniscono un ambiente concepito per facilitare e ottimizzare la presa di decisione beneficiando dei dati acquisiti o prodotti dal monitoraggio. I supporti decisionali implementati in ognuno dei tre sistemi assumono forme diverse ed associano vari strumenti e diversi modalità di conoscenza e di rappresentazione dell'informazione. GESSRI e ancor più EYDENET combinano strumenti e tecnologie relativamente sofisticati:

- *sistema esperto a base di conoscenza (regole di produzione)*
- *sistema di Ragionamento Basato su Casi (RBC) associato ad un Base storica.*
- *Funzioni di analisi multicriteriale*
- *Sistema di informazione geografico (GIS)*
- *Generatore di messaggi in « linguaggio naturale »*

Piattaforma di sviluppo (§ 3.5).

La scelta delle piattaforme di sviluppo e operative è determinante in termini di progettazione, integrazione, evolutività e portabilità del sistema. Tutti aspetti che condizionano fortemente il ciclo di vita di un sistema informatico. In materia di telesorveglianza, le soluzioni « chiavi in mano » (« off-the-shelf » software) in grado di coprire l'integralità delle necessità senza che sia necessario apportarvi adeguamenti, modifiche o sviluppi informatici complementari sono rare, per non dire inesistenti. Questi costi di sviluppo partecipano anche in larga misura alla scelta dell'ambiente software associato al sistema. In questo contesto, sono ipotizzabili diverse alternative:

- Sviluppo di elementi software specifici che si fondano su strumenti e linguaggi di standard sul mercato: casi di EYDENET e GUARDAVAL. In termini di controllo dei costi, le soluzioni software libere (« open source ») costituiscono oggi alternative interessanti e tecnicamente provate soprattutto per gli strumenti di pubblicazione Web ed i sistemi di gestione di basi dati.
- Implementazione basata sull'utilizzo di strumenti integrati di sviluppo di applicazioni industriali e/o scientifiche specificatamente dedicate alla realizzazione di sistemi di informazione, di controllo o di supervisione: caso di GESSRI il cui sviluppo si fonda ampiamente sul pacchetto software PANORAMA.

Gestione degli allarmi (§ 3.6)

Così come l'acquisizione dei dati, la gestione degli allarmi costituisce una componente cruciale di qualsiasi dispositivo di telesorveglianza. La sua applicazione presenta molteplici implicazioni che vanno dallo sviluppo alla gestione del sistema. La considerazione di questa tematica va ampiamente oltre il semplice ambito tecnico. Essa implica anche che si consideri l'ambito operativo nella sua globalità (cf. fig. 3.2). Il processo di gestione degli allarmi deve integrarsi in modo coerente nel dispositivo di telesorveglianza, da cui la necessità di individuare chiaramente le diverse tappe di trattamento, le interazioni con gli altri procedimenti e le componenti richieste (§ 3.6.1). Questa analisi deve precedere l'implementazione degli strumenti e l'elaborazione delle regole di gestione proprie al trattamento degli allarmi.

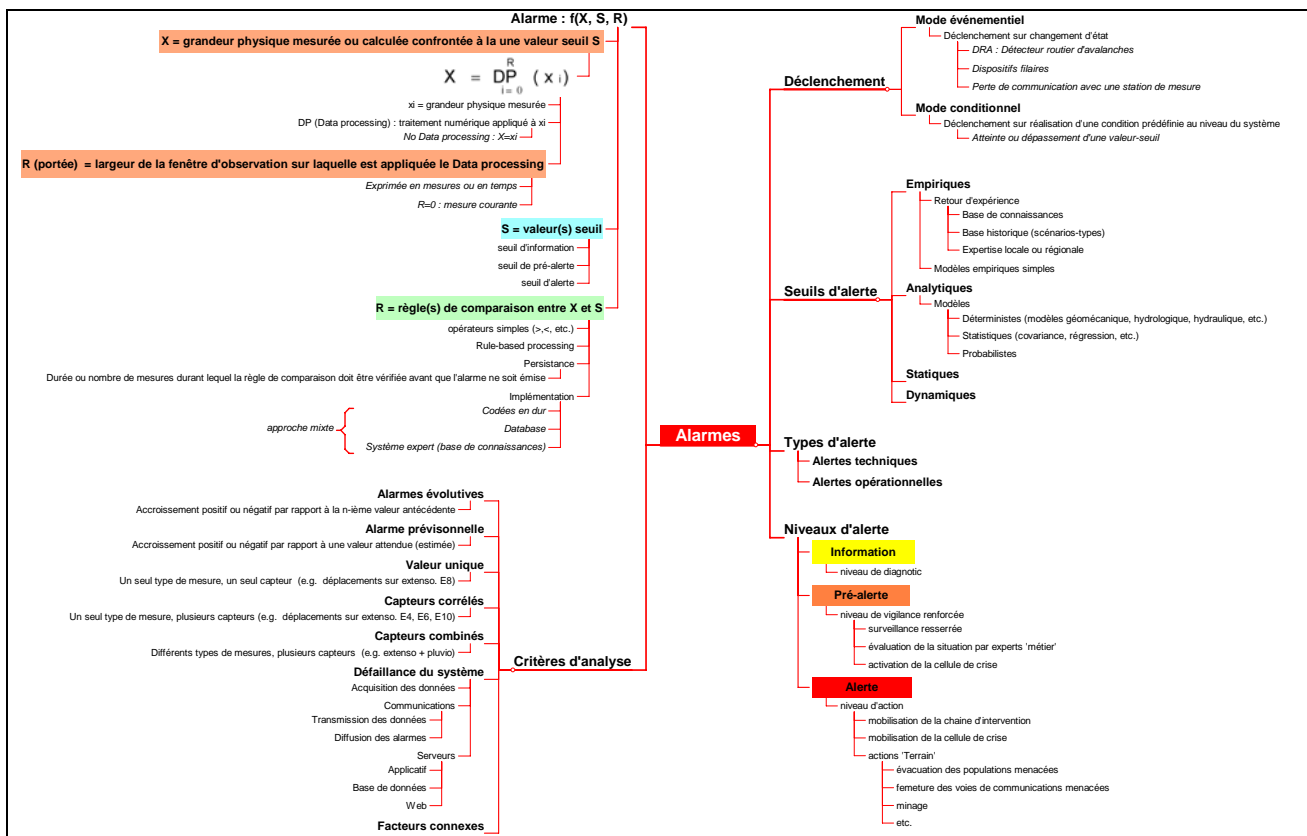


Figura 3.2 : Quadro generale della problematica di gestione degli allarmi in un sistema di telesorveglianza.

Tipi di allerta

La gestione razionale delle allerte in un sistema di telesorveglianza impone di serializzare in modo preciso i diversi tipi di allerte previsti, di precisare i livelli di attivazione associati ad ogni tipo nonché le norme operative e di gestione associate ad ogni livello. Le allerte sono principalmente di due tipi:

- **L'allerta tecnica** relativa al funzionamento generale del sistema. È associata ad un malfunzionamento del dispositivo di sorveglianza e necessita in intervento di manutenzione più o meno urgente. Queste allerte possono riguardare l'insieme del dispositivo di sorveglianza, dall'acquisizione delle misurazioni fino alle comunicazioni e alle risorse informatiche.
- **L'allerta operativa** attesta una sensibile evoluzione del fenomeno sotto osservazione che può sfociare su un aumento significativo del rischio. In funzione della criticità della situazione, si possono distinguere diversi livelli di attivazione:

- *Lo stato di pre-allerta che corrisponde ad una soglia di vigilanza rafforzata che fa seguito ad una recrudescenza dell'attività del sito .*
- *Lo stato di allerta corrispondente, vista l'evoluzione dei parametri di monitoraggio, ad una situazione di rischio potenziale o comprovato.*

Soglie d'allerta (§ 3.6.2)

In teoria, le allerte scattano consecutivamente al superamento dei valori-soglia fissati per le variabili di allerta del sistema. Se vi sono ambiti in cui la questione delle soglie d'allerta è relativamente sotto controllo (qualità dell'aria, qualità delle acque, idrometria, ecc), non è così per i movimenti gravitativi dove la complessità dei meccanismi che entrano in gioco e la molteplicità delle variabili, misurate o meno, impongono una riflessione caso per caso. Qui l'approccio basato sul ritorno di esperienza è ancora ampiamente privilegiato. Questa conoscenza empirica viene implementata in ognuno dei sistemi valutati in modo più o meno sofisticato:

- *base di conoscenze (EYDENET)*
- *base storica che individua scenari-tipo (EYDENET, GESSRI)*
- *valori-soglia fissati sulla base dell'expertise locale o regionale (EYDENET, GESSRI, GUARDAVAL)*

Tipi e criteri di analisi (§ 3.6.4)

L'attivazione di un allarme operativo è basata sull'analisi dei dati acquisiti dal sistema di telesorveglianza. A seconda del tipo di misurazioni effettuate, del grado di conoscenza del sito, dei modelli di evoluzione predefiniti, del numero di variabili associate al comportamento del fenomeno e delle possibilità di implementazione offerte dal sistema, le regole di analisi applicate possono essere più o meno complesse. Le strategie integrate ai tre sistemi di telesorveglianza EYDENET, GESSRI e GUARDAVAL combinano diversi tipi e criteri di analisi (allarme di evoluzione o di previsione, misurazioni uniche, correlate o combinate). Oltre ai dati direttamente derivati dal monitoraggio, l'analisi può anche includere criteri connessi esterni che – tenuto conto dell'ambiente geologico, idrologico e meteorologico locale o regionale – possono essere considerati fattori di aggravamento o al contrario di attestazione della stabilità del sito (condizioni meteo-climatiche, piezometria, attività sismica, ecc.).

3. Conclusioni

Il presente studio ha permesso di confrontare i tre dispositivi di telesorveglianza attualmente operativi sul territorio dei partner del progetto RiskYdrogeo. La valutazione che ne è stata fatta ha permesso di individuare le caratteristiche e le peculiarità di ogni sistema. Essa deve permettere, in una certa misura, di delineare un « sistema-tipo » che offra il miglior compromesso tra vantaggi ed inconvenienti delle soluzioni (cf. tab. 3.2) tenendo conto degli obiettivi ricercati e dei mezzi a disposizione.

L'implementazione dei tre sistemi si è svolta su un arco di una quindicina d'anni (1988-2003). Questo dato merita anche di essere considerato nella presente valutazione in termini di:

- *Know-How: esperienza delle problematiche associate alla sorveglianza a distanza (p.es. comunicazioni, usura degli strumenti), nonché in materia di strumentazione e dei mezzi e metodi da applicare*
- *Tecnologie utilizzate : soluzioni tecnologiche, hardware e software, disponibili o prevalenti al momento dello sviluppo del sistema*
- *Maturità del sistema: affidabilità e sicurezza di funzionamento del sistema*

	EYDENET	GESSRI	GUARDAVAL
+	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Supporto decisionale ▪ Gestione evoluta delle allerte (tipi e criteri di analisi) ▪ Polivalenza (versatilità) ▪ Sicurezza - affidabilità 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestione evoluta delle allerte (tipi e criteri di analisi) ▪ Sicurezza - affidabilità ▪ Polivalenza (versatilità) ▪ Interoperabilità 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integrazione a Internet ▪ Reattività, adattabilità ▪ Gestione centralizzata ▪ Evolutività, portabilità ▪ Ambito di utilizzo
-	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Architettura (infrastrutture, manutenzione, risorse richieste) ▪ Procedure di trattamento delle allerte (gestione decentrata) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Architettura (infrastrutture, manutenzione, risorse richieste) ▪ Ambito di utilizzo ▪ Reattività 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sécurité du système ▪ Gestione semplificata delle allerte (tipi e criteri di analisi)

Tabella 3.2 : Raffronto dei 3 sistemi di telesorveglianza nell'ambito del progetto RiskYdrogeo

Lo sviluppo, l'installazione e la messa in funzione di un sistema di telesorveglianza dedicato ai siti instabili è una pratica esigente che implica:

- *Competenze professionali molteplici: geologia, geotecnica, metrologia, informatica, telecomunicazioni, ecc.*
- *Scelte molteplici: concettuali, tecnologiche, ed economiche (soluzione chiavi in mano » e/o sviluppo specifico)*
- *Vincoli molteplici: sicurezza del sistema (affidabilità, vulnerabilità), ciclo di vita (evolutività, adattabilità)*

La scelta di una soluzione esistente o l'implementazione di un nuovo sistema di telesorveglianza implica, infine, oltre alle scelte concettuali e tecniche, che vengano inoltre precisati gli obiettivi ricercati dall'applicazione del sistema, che si tratti di scopi generali e particolari o di obiettivi attuali e futuri. Tali scelte di dimensionamento determineranno l'ambito di utilizzo del sistema (cf. fig. 3.3).

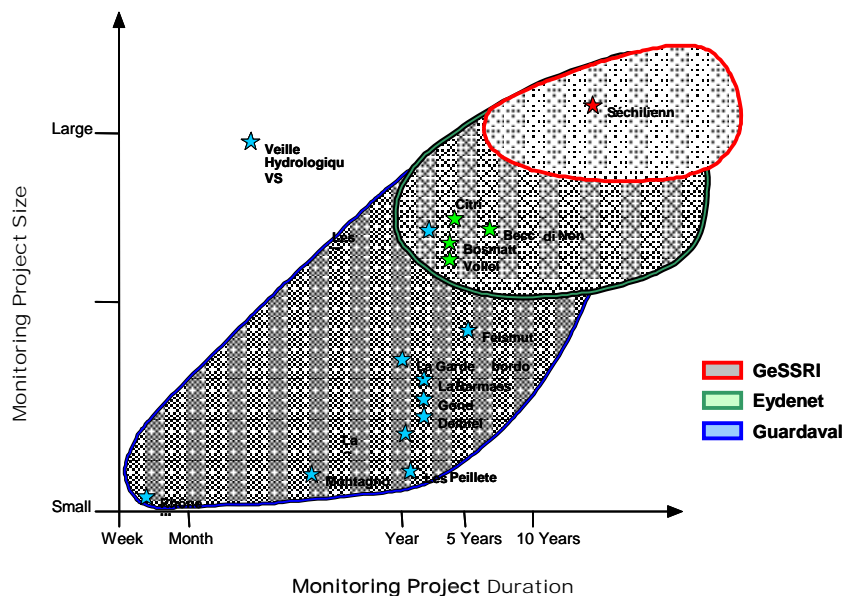


Figura 3.3 : Valutazione degli ambiti di utilizzo potenziali di EYDENET, GESSRI e GUARDAVAL (si veda § 3.7 per il dettaglio dei parametri considerati).

Queste diverse esigenze sottolineano l'importanza della predisposizione preliminare di un capitolato d'onere allo scopo di dimensionare precisamente il sistema e di evidenziare i limiti legati alla sua realizzazione e al suo utilizzo. (Attività 4, § 2.2 seguente).

Attività 4 – Sistemi di strumentazione

Questo capitolo ha lo scopo di fornire agli uffici-studi, ai committenti e ai direttori lavori che hanno a che fare con un problema di sorveglianza di versanti instabili elementi per la scelta e la definizione di un sistema adeguato al problema da affrontare: messa sotto sorveglianza di un sito decisa dopo uno studio esauriente (soprattutto quando la protezione delle popolazioni o dei beni minacciati sembra tecnicamente o finanziariamente impossibile) oppure installata d'urgenza su un sito divenuto molto di recente instabile (miglioramento e adeguamento del dispositivo una volta realizzati gli studi di ricognizione e di caratterizzazione).

Sul CD-Rom, tre documenti di lavoro distinti rendono conto del lavoro realizzato nell'ambito del progetto RiskYdrogeo :

- Un **Inventario dei Metodi e Strumentazione (IMI)**, di cui si riprendono qui di seguito le grandi linee;
- Una **base dati « Sensori »** che formalizza le parti 4 e 5 di questo inventario;
- Un **glossario** che esplicita i principali termini legati alla strumentazione.

1. Premessa

Tra i vari attori coinvolti nella sorveglianza di un sito, il vero operatore è il geotecnico o il geologo specialista di stabilità dei pendii; legato contrattualmente al committente (sindaco del comune interessato, gestore dell'opera minacciata...), egli effettua le misurazioni (o le sub-appalta a tecnici specializzati), interpreta le misure, allerta se lo ritiene necessario il responsabile della sicurezza (committente o persona da lui delegata) che decide in merito all'allarme e gestisce la crisi (evacuazione, ecc.).

La predisposizione di una sorveglianza di un versante instabile non si riduce all'installazione di strumenti sul sito da parte di tecnici. E anche assolutamente necessario:

- prevedere **fin dall'inizio** la gestione delle informazioni fornite dal sistema: trasmissione delle allerte e loro seguito (scenari d'azione formalizzati sotto forma di un piano di soccorso);
- da parte del Committente, prevedere i mezzi necessari ad assicurare il funzionamento e la durata nel tempo del sistema (manutenzione, personale reperibile ecc.).

Definizioni preliminari (definizioni dettagliate nell'**IMI**).

Il termine "sorveglianza" viene spesso utilizzato in senso ampio, comprendente nozioni diverse in quanto ad obiettivi ed implicazioni. In « senso stretto », la sorveglianza designa gli aspetti più operativi, con un **obiettivo direttamente applicato alla gestione della sicurezza** (in opposizione all'auscultazione che è maggiormente correlato allo studio fenomenologico, al monitoraggio o all'osservazione).

In funzione delle caratteristiche del sito, la modalità di sorveglianza può essere periodica, permanente o discontinua, continua o in tempo reale.

2. Concezione generale– Modello di sorveglianza

2.1. Definizione degli obiettivi , formalizzazione e adeguamento al sito del progetto di sorveglianza

Non esiste un metodo buono o cattivo di "sorveglianza"¹, ma piuttosto metodi o mezzi adeguati o meno ad un obiettivo o a condizioni d'applicazione determinate. E' dunque necessario individuare bene gli ambiti ed i limiti applicativi dei vari strumenti utilizzati.

È indispensabile che vi sia un'azione coerente e coordinata dei vari attori di una strategia di "sorveglianza". Questo presuppone una definizione chiara degli **obiettivi**, delle modalità d'applicazione che ne derivano e dei limiti corrispondenti, tramite un **capitolato** che deve essere portato a conoscenza degli attori coinvolti: specialisti incaricati della "sorveglianza", consulenti, servizi gestori, autorità responsabili della sicurezza, servizio di soccorso, popolazioni esposte

¹ In questo documento il termine "sorveglianza" sarà d'ora in poi utilizzato in senso ampio

2.2. Definizione di un capitolato

A seconda della natura delle azioni di "sorveglianza" considerate, il contenuto del capitolato è variabile e la sua complessità crescente con il grado di implicazione nel piano di soccorso.

Sette elementi di riflessione, che devono **necessariamente** essere presi in considerazione (Fig. 4.1), sono esplicitati nella versione su CDROM di questo documento (*IMI*).

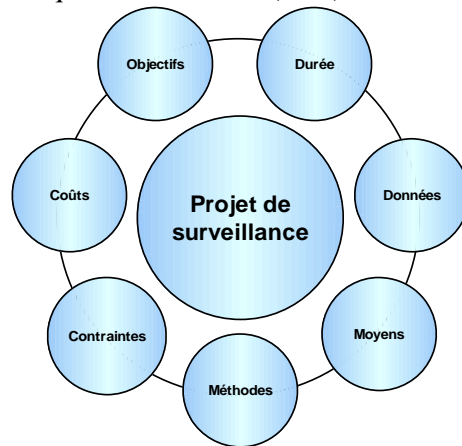


Figura 4.1. Componenti del capitolato di un progetto di sorveglianza.

Questo capitolato e le sue modalità di attuazione devono essere aggiornati in funzione dell'evoluzione del fenomeno e delle circostanze.

2.3. Modello di sorveglianza

Un modello di sorveglianza raggruppa in modo strutturato gli elementi relativi ai seguenti punti:

- Obiettivi generali e specifici;
- Definizione dei mezzi e dei metodi applicati;
- Architettura del dispositivo strumentale e di trattamento;
- Definizione delle modalità di funzionamento;
- Definizione dei metodi di trattamento;
- Definizione dei modelli di interpretazione;
- Formalizzazione dei prodotti elaborati.

Esso richiama inoltre i limiti che devono essere presi in considerazione a livello della fase di progettazione.

3. Modello di interpretazione - Diagnosi

I modelli di interpretazione applicati nell'ambito delle azioni di sorveglianza sono evidentemente legati ai modelli di comportamento derivati dallo studio dei meccanismi.

Nel caso dell'auscultazione, è possibile applicare una modellazione relativamente complessa, strettamente correlata ai modelli di comportamento = *Modello geomeccanico*: relazioni tra variabili misurate, caratteristiche geomeccaniche dell'ambiente e variabili di comando, che possono esprimersi in modo diretto (calcolo del tipo analisi di stabilità) o indiretto (modello del tipo correlazione);

Per la sorveglianza (in senso stretto), invece, il carattere sistematico del trattamento ed i limiti legati al tempo di risposta portano a privilegiare il trattamento di serie cronologiche = *Modello cinematico*: relazioni tra le variabili misurate, il tempo ed eventualmente dei parametri di comando. Questo tipo di modello a "scatola nera" ignora i fenomeni fisici che controllano il comportamento; si presuppone che tali meccanismi rimangano costanti ed identici a se stessi nel corso del tempo e in particolare durante l'evoluzione del sito. Questa ipotesi è probabilmente giustificata come prima approssimazione, fino a quando la massa non subisce modificazioni meccaniche importanti. Non è più così quando si avvicina la rottura.

Periodo di inizializzazione

Un periodo di inizializzazione è indispensabile per tarare i modelli di interpretazione. Per i modelli cinematici, la durata di questo periodo è intrinseca e irriducibile: tenuto conto del frequente comando idraulico da cui dipendono i meccanismi di rottura, essa deve coprire **due cicli annuali come minimo** in modo da identificare l'elemento ciclico legato al clima. In generale, le difficoltà di messa a punto e di taratura dei modelli geomeccanici portano a prevedere un periodo di inizializzazione.

Problematica della previsione – Valutazione previsionale

L'approccio previsionale riguarda da un lato **la previsione della rottura**, possibile in alcuni casi limitati (difficoltà legate alle modificazioni interne dell'instabilità nel corso del tempo: utilizzo e limiti di un "modello mobile"², **IMI §4.5**), ma soprattutto **la valutazione previsionale a breve termine** dell'aggravamento della situazione, da cui dipende l'avvio delle diverse fasi del piano di soccorso nei tempi indispensabili alla loro applicazione. Alcuni scenari di valutazione previsionale permettono di stabilire tali **termini di preavviso** (**IMI, §4.5 e 4.6**) che possono andare da 24 ore ad alcuni giorni.

4. METODI DI SORVEGLIANZA

Le grandezze fisiche misurate ed analizzate in generale nell'ambito della sorveglianza dei versanti instabili ed i diversi metodi di sorveglianza esistenti sono citati qui di seguito. La loro descrizione tecnica è consultabile sulla versione su CD Rom del progetto, nell'**Inventario metodi e Strumentazione**. L'insieme degli elementi analizzati per ogni metodo deve permettere di determinare nel modo più obiettivo possibile il loro rispettivo ambito di applicazione in funzione degli obiettivi considerati (valutazione dei punti di forza e dei punti di debolezza). Esso consente inoltre di far emergere orientamenti secondo i quali sarebbero eventualmente necessari dei progressi

	Variabile misurata	Metodo
Posizioni e spostamenti	Deformazioni superficiali	Estensimetria ; Fotogrammetria Geodesia ; Radar Interferometria ; Topografia Laser ; Videogrammetria
	Deformazioni profonde	Estensimetria Riflessometria
	Rotazioni della verticalità profonda e superficiale	Inclinometria
Sforzi	Pressioni interstiziali	
	Livelli piezometrici	Piezometria
	Pressioni totali	Pressiometria
Danneggiamento	Propagazione di fessure	Emissione acustica
	Altezza delle precipitazioni (acqua e neve) ;	Meteorologia
	Temperatura	
	Umidità	
	Velocità del vento	

5. Strumentazione

Il presente paragrafo "strumentazione" (in senso ampio) considera l'insieme degli strumenti utilizzati in un'azione di sorveglianza: sistema di misurazione, strumenti di trattamento e strumenti software.

La definizione e la progettazione di un sistema di sorveglianza, in funzione delle grandezze caratteristiche del fenomeno e delle *correlazioni* necessarie da ricercare, è sempre complessa. Per aiutare l'utilizzatore a

² Per analogia con la nozione di media mobile

selezionare la strumentazione che meglio si adatta ad ogni applicazione, si propone qui una classificazione degli strumenti disponibili sul mercato.

5.1. Descrizione tecnica degli strumenti di misurazione

Una descrizione sintetica di 108 strumenti attualmente disponibili sul mercato è consultabile nella versione CD Rom del progetto (*Inventario Metodi e Strumentazione, § 6*). Viene applicata alla strumentazione la stessa procedura di analisi strutturata utilizzata per i metodi. Vista la complessità dei temi, è stata fatta la scelta di porsi dal punto di vista dell'utente, mentre gli aspetti tecnici devono rimanere subordinati agli obiettivi ed ai limiti dell'applicazione.

Si definiscono innanzitutto delle categorie generali (« strumenti »), che presentano dispositivi che servono per lo stesso tipo di misurazione. Queste categorie si suddividono a loro volta in categorie basate sul « principio di funzionamento» (per es. inclinometro dotato di sonda amovibile o di sonda fissa), che a loro volta possono differenziarsi in funzione del tipo di « trasduttore/sensore » che eventualmente incorporano (per es.: inclinometro dotato di sonda amovibile con sensori servo-accelerometrici monoassiali, sensori potenziometrici biassiali ecc.). Queste categorie si differenziano per fattori come l'installazione, la configurazione, il sistema e le modalità di misurazione ecc., il che permette di confrontarle e precisarne i rispettivi vantaggi ed inconvenienti.

Una volta scelto lo strumento, rimane indispensabile analizzare nel dettaglio i limiti intrinseci e le caratteristiche metrologiche contenute nelle **schede tecniche dei sensori fornite dai fabbricanti** (*ambito di misurazione, risoluzione, precisione, ripetibilità*, definizioni nell'IMI §6.1)

5.2. Data base « Sensori » e glossario

Un *data base* disponibile su CDROM (versione francese – italiano), formalizza la procedura appena citata. La base dati definisce per ogni tipo di strumento (108 strumenti attualmente implementati) una griglia di analisi che riporta l'essenziale degli elementi costitutivi della strumentazione nell'ambito dei movimenti gravitativi.

La rubrica « Ricerca » della base permette all'utilizzatore di trovare il o gli strumenti di misurazione più adeguati per il suo problema, in funzione dei criteri di input che seguono:

- Tipo di metodo (secondo definizioni del § *Metodo*) ;
- Velocità stimata di evoluzione del fenomeno (classi adottate da Cruden e Varnes, 1994) ;
- Grandezza misurabile ;
- Tipo di funzionamento;
- Ambito di sorveglianza (secondo definizioni del § 2).

Ogni strumento risultato dalla Ricerca viene descritto nelle sue caratteristiche principali :

- Metodi a cui fa riferimento (secondo definizioni del § *Metodo*) ;
- Ambito di applicazione ;
- Grandezza misurabile ;
- Tipo di output (digitale, analogico, interfaccia specifica) ;
- Tipo di funzionamento (manuale o automatico);
- Necessità o meno di una pre-elaborazione dei dati;
- Caratteristiche tecniche del sensore;
- Influenza delle condizioni ambientali;
- Tipo di alimentazione ;
- Vulnerabilità ;
- Punti di forza e di debolezza generici;
- Vantaggi e inconvenienti specifici;
- Costo ;
- Altro.

Le prime quattro rubriche della base (Unità di misurazione UDM, Vantaggi-Inconvenienti, Tipi di strumenti - Principi di funzionamento e Classificazione degli strumenti) permettono all'utilizzatore di incrementare la base con i propri sensori.

Un *glossario* completo dei termini tecnici utilizzati nell'ambito della strumentazione accompagna la base dati. Lo scopo è consentire al non specialista di dissipare ogni ambiguità sul vocabolario e le abbreviazioni utilizzate.

6. ESERCIZIO

6.1. Norme di esercizio

In linea generale, ogni azione di sorveglianza deve essere accompagnata dalla definizione di norme di esercizio, o destinate al servizio che attua la sorveglianza (definizione delle procedure messe in applicazione nei diversi tipi di situazioni), o destinate al servizio responsabile della sicurezza e della gestione del rischio naturale (in particolare quando non vi è un piano di soccorso).

6.2. Procedure di auto-adequamento

Il dispositivo di sorveglianza ed il suo funzionamento devono poter essere modificati e adattati in funzione dell'evoluzione del sito e di circostanze esterne. Tali modifiche possono riguardare la frequenza delle misurazioni o del trasferimento dei file di dati, la ripartizione spaziale dei sensori o dei punti di misurazione, la configurazione dei cicli di acquisizione, le soglie di allerta, ...

In situazioni corrispondenti a scenari individuati, alcune procedure possono essere attuate tramite auto-adequamento del sistema.

6.3. Procedure di diagnosi

Si tratta di realizzare modelli di interpretazione e di fornire informazioni interpretate che permettano una valutazione della situazione da parte dello specialista responsabile (variabili cinematiche caratteristiche, spostamenti cumulati, condizioni ai limiti, variabili di comando).

Le procedure di diagnosi sono avviate o in modo automatico a partire dalla definizione di soglie d'allerta o su iniziativa del responsabile della gestione del sistema. Gli elementi risultanti da queste procedure sono oggetto di un'interpretazione che dà luogo ad una valutazione previsionale della situazione.

6.4. Gestione delle allerte

Si possono distinguere molti tipi di allerta e per ogni tipo più livelli. Ognuno di essi deve essere oggetto di una gestione molto rigorosa le cui modalità, aggiornate in funzione della situazione e della conoscenza del comportamento del versante, devono essere definite nelle norme di esercizio.

A titolo di esempio, le seguenti nozioni sono quelle utilizzate dal CETE di Lione ed adottate dalla Regione Autonoma Valle d'Aosta.

Le allerte tecniche che individuano un malfunzionamento o una necessità di manutenzione del dispositivo di sorveglianza: **Livello 1** (intervento di manutenzione preventiva), **Livello 2**, **Livello 3** (malfunzionamento grave che necessita di un intervento d'urgenza).

Le allerte operative che corrispondono al superamento delle soglie fissate per le variabili di allerta del sistema: **Livello 1** (stato preparatorio, pre-allerta dei servizi tecnici gestori), **Livello 2** (aggravamento della situazione rilevata dal livello 1, stadio di vigilanza rafforzata), **Livello 3** (dopo convalida di un'allerta di livello 2, livello di preoccupazione seria: permanenza rafforzata al centro operativo e sul sito, trasmissione alle autorità responsabili della sicurezza, applicazione dello stato di pre-allerta o di allerta del piano di soccorso)

6.5. Procedure di collegamento con le autorità

L'individuazione dei destinatari, le procedure di collegamento e la natura delle informazioni da trasmettere devono essere state chiaramente definite allo stadio del capitolato ed elencate nelle norme di esercizio: comunicazioni regolari degli elementi del monitoraggio al Committente, elenchi telefonici aggiornati e regolarmente diffusi delle persone incaricate ...

Attività 5 – Opere di protezione

Introduzione

Questo capitolo presenta le opere di protezione utilizzate contro i movimenti gravitativi, essenzialmente le instabilità rocciose. Alcune protezioni possono a volte essere applicate a movimenti di suolo mobile / movimenti di versante, in particolare le due schede sul drenaggio, superficiale e profondo. Il trattamento delle lave torrentizie non viene specificatamente affrontato (anche se alcune reti utilizzate per la caduta di blocchi possono anche servire a ritenere le lave).

Le schede proposte sono in parte tratte dalla guida tecnica del L.C.P.C. « Parades contre les instabilités rocheuses », ma esse comprendono numerosi contributi, integrazioni ed aggiornamenti ed alcune di esse sono state completamente rielaborate. In particolare, è stata integrata l'esperienza dei partner vallesani e valdostani, e le specifiche tecniche utilizzate in ogni regione vengono precisate in particolare attraverso esempi locali. Anche gli elementi normativi ed i costi sono stati aggiornati, nel caso siano cambiati dopo l'edizione del 2001 del L.C.P.C..

Non si tratta di uno studio bibliografico esauriente ma piuttosto della formulazione e della condivisione delle pratiche dei diversi partner di progetto.

A. Elenco delle schede - protezioni

Parade 1 – Valli e rilevati paramassi	Parade 7 – Soppressione dell'instabilità
Parade 2a – Barriere rigides	Parade 8 – Sostegno
Parade 2b – Barriere fisse	Parade 9 – Ancoraggi
Parade 3 – Barriere paramassi a dissipazione di energia	Parade 10 – Cemento iniettato
Parade 4 – Reti addossate e reti appese	Parade 11 – Reti e pannelli di fune addossati
Parade 5 – Gallerie di protezione	Parade 12 – Rinverdimento
Parade 6 – Rimboschimento	Parade 13 – Drenaggio di superficie
	Parade 14 – Drenaggio profondo

B. Elenco degli allegati

- Annexe 5.1.1. Esempio di impianto di un vallo in un versante con riprofilatura del versante a monte
- Annexe 5.1.2. Dimensionamento di una fossa di ricezione
- Annexe 5.3.1. Prove di trazione su moduli di reti metalliche di dimensioni 4m x 4m
- Annexe 5.3.2. Principio dei test realizzati in Svizzera
- Annexe 5.3.3. Principio dei test definiti nell'ETAG
- Annexe 5.6.1. Classificazione della resistenza delle essenze rispetto al faggio

C. Esempio di scheda– Protezione : gli ancoraggi

Protezione 9 : Ancoraggi

1. DESCRIZIONE

1.1. Obiettivo

Opera di protezione attiva per la stabilizzazione di pendii in terreno mobile, di scarpate rocciose o di pareti di uno scavo.

1.2. Principio

Gli ancoraggi agiscono alla superficie della massa rocciosa. Una volta installati, contribuiscono a migliorare le caratteristiche geotecniche globali del versante. Trasmettono gli sforzi ai quali sono sottoposti al terreno che, a sua volta, fornisce la resistenza necessaria per la reazione all'equilibrio. Secondo la tipologia dell'ancoraggio (puntuale o ripartito), la trasmissione degli sforzi dell'ancoraggio al terreno si effettua tramite:

- Un sistema meccanico, realizzato con dispositivi di espansione che agiscono durante l'avvitamento del dado. Si parla allora di **ancoraggi puntuali**.
- Il fissaggio dello spazio tra il foro della perforazione e la barra di ancoraggio. Il fissaggio della barra può essere effettuato o solo in fondo al foro di trivellazione o su tutta la lunghezza della barra. Si parla allora di **ancoraggi ripartiti**.

1.3. Descrizione tecnica

In funzione della loro tipologia e della loro funzione, gli ancoraggi si classificano in chiodi, bulloni e tiranti di ancoraggio.

I chiodi e i bulloni sono barre metalliche inserite in fori trivellati nella roccia o direttamente conficcate nel terreno. Sono sollecitati durante gli sforzi di taglio. I chiodi e i bulloni sono fissati alla superficie esterna da una piastra di ripartizione e da un dispositivo di bloccaggio (dado) e fissati al terreno grazie a una cementazione (mescole di cementi diversi e resine), o tramite mezzi meccanici. I chiodi hanno un diametro inferiore a 25 mm, e possono talvolta essere costruiti in plastica rinforzata con fibre di vetro. Sono fissati al terreno in tutta la loro lunghezza (Fig. 5.1). I bulloni hanno un diametro superiore a 25 mm e lunghezze variabili (massimo 12 m)(Fig. 5.2 e 5.3.)

I tiranti di ancoraggio vengono sollecitati durante gli sforzi di trazione. Possono trasmettere le forze resistenti all'ammasso roccioso o al terreno in cui sono inseriti. Un tirante di ancoraggio è costituito da una testa dotata da una piastra di ripartizione e da un sistema di bloccaggio. Questi elementi sono legati ad una parte libera che comprende la parte che può essere messa in tensione, e la guaina di rivestimento, e ad una fondazione armata (Fig. 5.4). La testa del tirante è di solito cementata ad una struttura di sostegno (muro, barriera o palo).

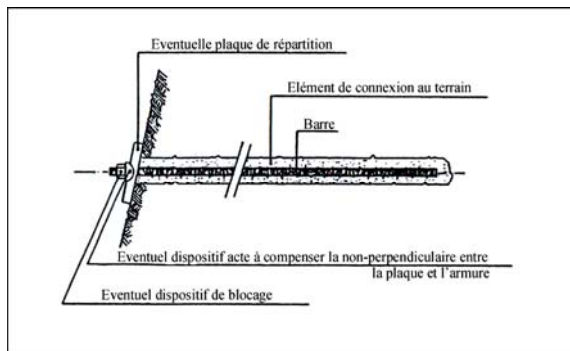


Figura 5.1: Chiodo di ancoraggio (AICAP, 1993).

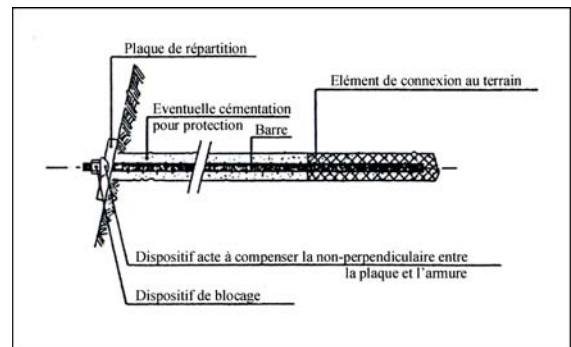


Figura 5.2: Bullone di ancoraggio: ancoraggio per cementazione (AICAP, 1993).

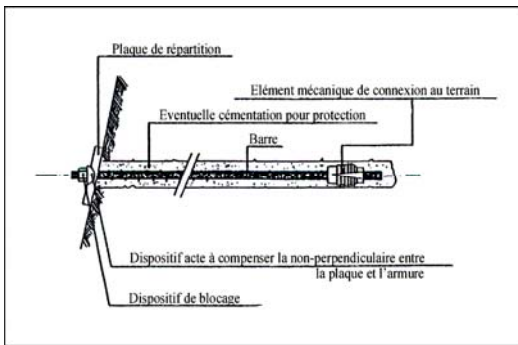


Figura 5.3: Bullone di ancoraggio: ancoraggio per espansione meccanica (AICAP, 1993).

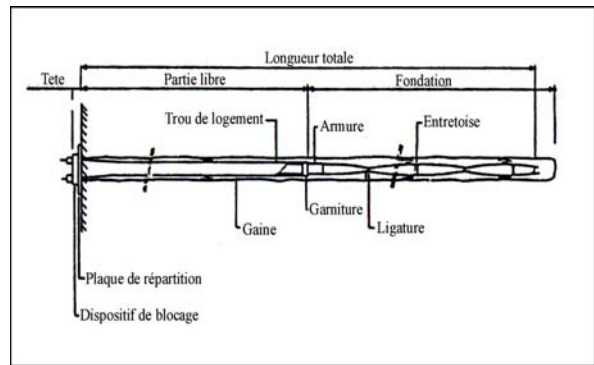


Figura 5.4 : Tirante d'ancoraggio (AICAP, 1993).

I tiranti d'ancoraggio possono essere:

- **Pre-sollecitati** (o attivi): quando sono messi in tensione durante la realizzazione dell'ancoraggio.
- **Non pre-sollecitati** (o passivi): quando sono sollecitati da sforzi di trazione collegati a movimenti o deformazioni dell'ammasso roccioso.
- **Parzialmente pre-sollecitati**: quando sono messi in tensione durante la realizzazione dell'ancoraggio, con una tensione inferiore a quella prevista durante il funzionamento.

2. AMBITO DI UTILIZZO

Gli ancoraggi sono ampiamente utilizzati per la stabilizzazione ed il rinforzo delle strutture (muri di sostegno, barriere, banchine portuali, palancole, argini, piloni), dei pendii e delle scarpate rocciose nonché dei terreni mobili. In particolare, gli ancoraggi sono efficaci:

- In terreni naturalmente coesivi (argille e silts a bassa plasticità e dunque poco deformabili).
- In terreni naturalmente cementati o sabbie e ghiaie che presentano una coesione reale (dovuta alla frazione fine) o apparente (fornita dall'umidità).
- Nelle rocce dislocate.
- Nei terreni situati sopra rocce di cattiva qualità.

L'utilizzo degli ancoraggi è invece meno indicato per gli interventi relativi alla stabilizzazione dei terreni che presentano un comportamento coesivo.

2.1. Prestazioni

Le prestazioni degli ancoraggi sono legate al diametro delle barre utilizzate e alla resistenza dell'acciaio. La resistenza può raggiungere varie centinaia di kN. L'impatto visivo degli ancoraggi è generalmente limitato a causa delle caratteristiche intrinseche di questo tipo di opera che si sviluppa principalmente all'interno della massa rocciosa o del terreno mobile. L'impatto visivo può inoltre essere facilmente minimizzato utilizzando le stesse tecniche usate per i muri di sostegno.

I limiti degli ancoraggi sono essenzialmente:

- L'impossibilità di realizzare perforazioni nei terreni saturi.
- Le difficoltà associate all'erosione dei terreni poco coerenti costituiti principalmente da sabbie e ghiaie.
- I problemi legate ad una grande densità di linee sotterranee (rete elettrica, telefono, gas, ecc.).
- Problemi potenziali di funzionamento ottimale in terreno gelato.

2.2. Tecniche associate

Questa tecnica è spesso associata ad interventi che modificano la resistenza meccanica dell'ammasso roccioso (rivestimento con reti, cemento iniettato) e/o a misure di sostegno (travi e pilastri in cemento). Tutte queste misure tendono a stabilizzare scarpate naturali o artificiali costituite da ammassi rocciosi fratturati e stratificati, interessati da scivolamenti, ribaltamenti e/o cadute di blocchi. Inoltre, gli ancoraggi sono associati

ad interventi destinati ad impedire l'inizio di fenomeni di alterazione superficiale dell'ammasso roccioso (reti e pannelli di fune addossati).

3. REALIZZAZIONE

3.1. Progettazione

La progettazione degli ancoraggi si basa su studi che riguardano:

- La definizione del modello geologico e geotecnico del sottosuolo.
- L'individuazione delle condizioni ambientali (aggressive o no) in cui saranno installati gli ancoraggi.

Gli elementi di base da definire sono:

- La situazione topografica, che deve essere preventivamente definita con un rilievo planimetrico e altimetrico.
- La situazione geologica, attraverso la definizione delle caratteristiche:
 - Geomorfologiche del luogo, con individuazione delle eventuali instabilità esistenti o potenziali ed una stima della loro evoluzione.
 - Litologiche dei terreni o delle rocce.
 - Strutturali, sia alla scala del volume di sottosuolo interessato dall'opera da costruire che a quella del volume di terreno interessato dall'ancoraggio .
 - Idrogeologiche generali del luogo, con indicazioni sulle caratteristiche degli acquiferi (libero o in pressione).
- La situazione geotecnica, con definizione delle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni (resistenza al taglio, deformabilità e permeabilità) e delle pressioni idrauliche nel sottosuolo.
- La situazione ambientale, con l'individuazione di eventuali situazioni aggressive (rischio di corrosione) dell'ambiente nel quale saranno installati gli ancoraggi.

3.2. Messa in opera

Nel caso di terreni a coesione nulla o bassa o in caso di rocce dislocate, possono essere usati due metodi diversi di perforazione:

- **L'incamiciatura dei fori:** in modo da stabilizzare le pareti del foro di perforazione, si realizza una camicia temporanea all'interno della quale saranno introdotte la barra e l'iniezione. Dopo aver posizionato correttamente la barra all'interno della camicia, si estrae quest'ultima.
- **Il Self Drilling Anchors (SDA):** la barra di perforazione si comporta come una barra installata e iniettata. Questo sistema è costituito da una barra che può essere utilizzata o per la perforazione o per l'iniezione all'interno di terreni a bassa coesione senza utilizzo dell'incamiciatura. Questa barra è caratterizzata dalla presenza di un foro longitudinale per l'iniezione e da una filettatura per il montaggio sul materiale di perforazione standard.

3.3. Elementi di costo

Chiodo di ancoraggio: fornitura e installazione di chiodi di ancoraggio, che comprende il conficcamento e la cementazione di barre di ferro rotonde tipo Fe 32K di 30 mm di diametro, di lunghezza variabile, all'interno di perforazioni di 40 mm di diametro e di profondità media equivalente ai 2/3 della lunghezza di barre di ferro rotonde: 14,60 Euro/m'.

Tirante d'ancoraggio: fornitura e installazione di tiranti d'ancoraggio, che comprende la perforazione con rotopercolazione in terreni di qualsiasi natura o consistenza, anche in presenza di acqua ad una profondità di 30 m, l'eventuale utilizzo di fanghi di bentonite, la fornitura e la posa in opera dell'armatura in acciaio armonico costituita da trefoli de 6,6" di diametro rivestiti all'origine da guaine in P.V.C. ed il materiale anticorrosivo. Sono anche comprese le teste degli ancoraggi complete con i dispositivi di conficcamento dei cavi, le iniezioni della miscela di cemento, la messa in tensione del tirante con i martelli oleopneumatici il fissaggio finale della testa del tirante. A seconda della messa in tensione del tirante (tra 60 T e 150 T), i prezzi sono variabili:

- Messa in tensione 60 T: 105,27 Euro/m'.
- Messa in tensione 150 T: 176,46 Euro/m'.

4. MANUTENZIONE

I tiranti d'ancoraggio si suddividono, a seconda della durata di esercizio, in:

- **Provisori:** tiranti destinati ad esercitare la loro funzione per un periodo inferiore ai due anni.
- **Permanenti:** tiranti destinati a svolgere la loro funzione per un periodo uguale o superiore ai due anni. Per questa categoria, deve essere previsto un piano di sorveglianza dell'opera nel tempo. Tale piano deve far parte del progetto completo che deve inoltre comprendere:
 - La tipologia e la durata di funzionamento del tirante.
 - Il numero e la distanza tra i tiranti.
 - La lunghezza della fondazione e quella della parte libera del tirante.
 - La posizione e l'inclinazione dei tiranti.
 - Il diametro della perforazione.
 - Le misure di protezione anti-corrosione.
 - Le caratteristiche delle mescole di iniezione, ecc.

5. ESEMPI

5.1. SS 26 (Km. 70+750) presso Montjovet , Valle d'Aosta.

Ancoraggi passivi in chiodatura su una lastra rocciosa (“ *Zona di calcescisti con pietre verdi* “) a forte pendenza. I chiodi sono disposti secondo una maglia rettangolare, con una distanza orizzontale di circa 50 cm, ed una distanza verticale di circa 80 cm (foto 5. 1). La parte sinistra della parete è stata ricoperta da reti in acciaio inossidabile a doppia torsione a maglie esagonali (60x80 mm), rinforzate con cavi incrociati tra loro e ancorati all'ammasso roccioso.



Foto 5. 1: Panoramica della parte con gli ancoraggi passivi (al centro) e le reti addossate.

5.2. SS 26 Km (83+600), comune di Chambave, Valle d'Aosta.

L'inondazione del novembre 1994 ha completamente spazzato via la strada statale su una lunghezza di circa 100 m e parzialmente distrutto il muro di sostegno situato a monte di questa; contemporaneamente, questo evento ha provocato un cedimento dell'insieme del versante e in particolare degli edifici situati 30 m a monte della strada. Al fine di evitare un'eventuale accelerazione del fenomeno, nel 2004 è stato realizzato un nuovo muro di sostegno (foto 5. 2 e 5. 3). Il muro è stato ancorato con dei tiranti al muro che era stato ricostruito dopo gli eventi del 1994. Da notare, sopra il muro, la presenza della terra armata.



Foto 5.2: panoramica del muro di sostegno e degli ancoraggi attivi (nei fori).



Foto5.3: Dettaglio del tirante con i tre trefoli e la piastra di ripartizion

5.3. A21 Martigny – Gran Sant Bernardo, comune di Sembrancher, Vallese.

Dopo la drammatica frana di 600 m³ di roccia sulla galleria della Monnaie nel novembre 2001, la parte instabile è stata stabilizzata utilizzando 46 ancoraggi passivi da 6 a 8 m di profondità, composti da barre d'acciaio pre-iniettate di 32 mm di diametro e dotate di rivestimenti in cotone. Gli ancoraggi sono stati impiantati sulla base di un modello geomeccanico e strutturale 3D ottenuto con rilievo laser.



Foto5. 4: Installazione (con trasporto per elicottero) degli ancoraggi passivi nelle pareti sovrastanti la strada Martigny – Gran SanBernaro in località "Les Trappistes".

6. BIBLIOGRAFIA

- A.I.C.A.P. (1993): "Ankoraggi nei terreni e nelle rocce: raccomandazioni". Edigraf, Roma.
- Airoidi S. : "I bulloni d'ancoraggio nel consolidamento delle scarpate". Atti Convegno "Bonifica di versanti rocciosi per la protezione del territorio", Trento, 2004.
- Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (APAT, 2003): "Atlante delle opere di sistemazione dei versanti". Manuali e linee guida 10/2002, pp 71-73.
- Agostini R., P. Mazzalai, A. Papetti (1988): "Le reti metalliche a maglie esagonali nella difesa dei versanti". Officine Maccaferri S.p.A., pp. 25-31.
- Bidaut P., Durville J.-L., Guillemain P., Richard J.-C., Viktorovitch M.(2006). Essais de cisaillement sur discontinuités armées par ancrages passifs : utilisation d'une boîte de cisaillement de grandes dimensions. Bull. Labo. P. et Ch. n°spécial à paraître
- Brawner, C.O., 1994. Rockfall hazard mitigation methods, NHI course 13219, Participants workbook.
- Cravero M., Iabichino G., Oreste P.P., Teodori S.P.: "Metodi di analisi e dimensionamento di sostegni e rinforzi per pendii naturali o di scavo in roccia". Atti Convegno "Bonifica di versanti rocciosi per la protezione del territorio", Trento, 2004.

- Collectif (Mai 2004). *Guide technique : Protection contre les risques naturels – Ancrages passifs en montagne : conception, réalisation, contrôle*. MEDD, CEBTP et Cemagref. 146 p.
- Ente Nazionale per le Strade - Gruppo Tecnico per la Sicurezza Stradale (2001) – *"La protezione del corpo stradale contro la caduta massi"*. ANAS.
- Hoek E. & D. Wood (1988): *"Rock support"*. Article publié dans le magazine *"Gallerie e grandi opera sotterranee"*, 4, pp. 39-44, 1990.
- Liste des prix de la Région Autonome Vallée d'Aoste, dernière mise à jour janvier 2006.
- Pelizza S., Peila D., Oggeri C.: *"Tipologie di intervento per la bonifica di versanti rocciosi"*. Atti Convegno "Bonifica di versanti rocciosi per la protezione del territorio", Trento, 2004.
- Willie, D.C. and Norrish, N.I., 1996. Stabilization of rock slopes. In: A.K. Turner and R.L. Schuster (Editors), *Landslides, Investigation and Mitigation*. National Academy Press, Washington, D.C., pp. 474-504.

Conclusioni e prospettive

Dai risultati ottenuti si evince che il progetto ha raggiunto i principali obiettivi.

L'inventario e la schedatura dei metodi di sorveglianza e delle strumentazioni dei siti hanno prodotto uno strumento esauriente per gli addetti ai lavori chiamati ad intervenire nella strumentazione dei siti instabili (Attività 4, descrizione tecnica di ogni metodo e strumento + base dati).

Se per il momento la valutazione degli strumenti di osservazione dei 6 siti-pilota strumentati dalla RAVA e dal CETE non consente ancora di concludere che vi sia un adeguamento convalidato di tali strumenti alla problematica « instabilità » - soprattutto visto il breve periodo di osservazione -, essa permette tuttavia di farsi un'idea sufficientemente chiara delle difficoltà incontrate nella gestione di tali strumenti.

La predisposizione dell'elenco delle opere di protezione più frequentemente utilizzate sul perimetro coperto dal progetto ed il confronto dei tre sistemi di telesorveglianza a distanza Eydenet, GeSSRI e Guardaval in funzione presso i partner sono stati molto valorizzanti per l'insieme dei partner. I risultati sono di buon auspicio per le importanti potenzialità di scambio e di test incrociati, al fine di lavorare sullo sviluppo comune di sistemi di sorveglianza e di opere di protezione efficienti contro i rischi idrogeologici.

È comunque incontestabile che il contributo più proficuo per tutti i partner rimane quello degli atelier sperimentati dal progetto, vale a dire 4 x 2,5 giorni dedicati ad un tema e ripartiti saggiamente tra presentazioni in sala e visite sul campo. Vedere, valutare, discutere e criticare ciò che fa il nostro vicino resta il modo migliore di progredire verso soluzioni comuni sia nei metodi, nelle strumentazioni e nelle opere di protezione che nelle procedure e regolamentazioni amministrative che permettono ad ogni regione di prendere in considerazione i rischi naturali nei confronti della popolazione, dei beni e delle infrastrutture.

L'équipe progettuale è attualmente composta da una quindicina di persone che appartengono sia all'amministrazione e agli enti parastatali che agli istituti di ricerca e agli studi specializzati. Lavorando insieme su vari progetti Interreg fin dal 2000, queste persone hanno il vantaggio di conoscersi bene, il che è una garanzia di successo non trascurabile per raggiungere gli obiettivi prefissati.

Se vi dovesse essere un seguito per questo progetto, le prospettive di collaborazione sono in gran parte state individuate:

- Riguardo la telesorveglianza, l'obiettivo sarebbe di lavorare nella direzione di un sistema uniformizzato che permetta di accedere online ai dati delle stazioni di misurazione attraverso il Web, associando tutto ciò ad un sistema di allerta/allarme ;
- Per le opere di protezione paramassi, l'idea è
 - 1) di portare a 10'000 kJ la capacità di assorbimento energetico delle reti e di migliorare la loro geometria,
 - 2) di lavorare sui valli cellulari in modo da diminuire i costi di costruzione e di manutenzione e
 - 3) di innovare in materia di resistenza delle gallerie di protezione lavorando sulla capacità di deformazione plastica (ammortizzatori) dei pilastri.
- Per le opere di protezione per gli scivolamenti superficiali, si tratterebbe di testare su siti già studiati il contributo della geofisica per impiantare in modo ottimale le perforazioni drenanti.