

TESTO DELLE RACCOMANDAZIONI
RECOMMENDATIONS

INTRODUZIONE

Il testo è stato redatto con l'obiettivo di mettere a punto una metodologia di studio integrata a partire dalle differenti esperienze acquisite in ciascuno dei due paesi.

Gli autori sono infatti convinti che tale metodologia debba derivare da un approccio multidisciplinare e che necessiti di uno sforzo da parte degli specialisti per armonizzare le conoscenze e i risultati nel campo della geologia e dell'ingegneria. Ciò ha condotto alla redazione di *raccomandazioni metodologiche comuni* che possono servire di indirizzo per orientare le scelte delle autorità responsabili e per fornire una metodologia di analisi del problema per coloro che vi si devono confrontare ad un livello prettamente tecnico.

Nelle intenzioni degli autori il lavoro deve sottolineare i tratti essenziali dell'approccio e le relative implicazioni tecnologiche e scientifiche. La preoccupazione principale è che in futuro gli studi possano essere affrontati e condotti nel modo più efficace possibile, tenendo nel debito conto l'ambito generale e le caratteristiche del contesto geologico.

Inoltre, come suggerisce l'esperienza comune a tutti i partecipanti, si è enfatizzata l'importanza di una comunicazione il più possibile chiara ed oggettiva tra gli specialisti, i gestori del rischio e le popolazioni che possono esserne interessate.

È stato quindi indispensabile chiarire un certo numero di aspetti che la pratica mostra essere all'origine di incomprensioni tra le diverse parti sociali che si trovano direttamente o indirettamente coinvolte dal fenomeno d'instabilità. La complessità degli studi e l'incertezza della conoscenza scientifica rendono problematiche le decisioni amministrative spesso avvertite come costrizioni dalle popolazioni.

Nel testo viene dedicata particolare attenzione alla precisazione dei limiti delle conoscenze teoriche e dei metodi impiegati in modo che nessuno si attenda dagli specialisti più di quello che le conoscenze attuali sul tema possano fornire.

2.1 CARATTERI SPECIFICI DEGLI STUDI DI STABILITÀ DEI VERSANTI

Gli obiettivi degli studi di stabilità dei versanti in un'ottica di protezione civile possono essere così sintetizzati:

1. individuazione e delimitazione delle zone attive;
2. identificazione della tipologia del movimento, stima delle geometrie e dei volumi interessati;
3. valutazione della evoluzione possibile del fenomeno e delle zone minacciate.

INTRODUCTION

L'objectif est de mettre au point une méthodologie d'approche intégrée à partir des différentes expériences acquises dans chacun des deux pays.

Les auteurs sont convaincus que l'étude doit dériver d'une approche pluridisciplinaire et suppose un effort de la part des spécialistes pour intégrer et harmoniser les connaissances et les résultats dans le domaine de la géologie et de l'ingénierie.

La comparaison entre les approches théoriques, les méthodes d'investigation mises en oeuvre et l'interprétation des résultats, a permis d'intégrer au mieux les connaissances acquises et a conduit à la rédaction de *recommandations méthodologiques communes*. Celles-ci peuvent être utilisées comme fil conducteur soit pour orienter les *choix* des décideurs, soit pour fournir une méthodologie expérimentale d'approche du problème pour ceux qui y sont confrontés à un niveau plus technique.

Dans l'esprit des auteurs, le texte doit souligner les traits essentiels de l'approche et ses implications scientifiques, technologiques et temporelles. La préoccupation principale est que à l'avenir, les études puissent être engagées et conduites de la façon la plus efficace possible, en tenant le plus grand compte du contexte général et des caractéristiques du milieu. D'autre part, l'expérience commune des participants démontre clairement toute l'importance d'une communication claire et objective entre les spécialistes, les gestionnaires du risque et les populations concernées. Compte tenu de la complexité des études qui conditionnent les décisions administratives, souvent perçues comme contraignantes, et de l'*incertitude de la connaissance scientifique*, liée à l'interprétation des phénomènes naturels, il est indispensable de clarifier un certain nombre de points dont la pratique montre qu'ils sont à l'origine d'incompréhensions entre les différentes parties. Ce fascicule prend soin, en outre, de bien préciser les limites de la connaissance théorique ainsi que des méthodes, afin que personne n'attende de la part des spécialistes plus que ce que les connaissances acquises jusqu'ici peuvent fournir.

2.1 CARACTÈRES SPÉCIFIQUES DES ÉTUDES DE STABILITÉ DES VERSANTS

Il convient avant tout de préciser les objectifs des études de stabilité des versants dans une optique de sécurité civile. Celles-ci ont pour but de définir les points suivants :

1. reconnaissance et délimitation des zones actives ;
2. identification de la typologie du mouvement, estimation de la géométrie et des volumes mis en jeu ;

1. Per *zona attiva* si intende una porzione di territorio caratterizzato da condizioni di instabilità. Queste zone sono identificate dalla presenza di disordini superficiali che sono spesso indizio di movimenti profondi. Tali movimenti possono essere accertati solo mediante indagini in profondità.

La delimitazione delle zone attive richiede tecniche opportune che ne consentano una rappresentazione cartografica utile per avviare azioni normative ed interventi di salvaguardia.

2. Il movimento gravitativo di un versante può dipendere da diversi meccanismi. A tale riguardo occorre osservare come ad ogni tipo di meccanismo corrisponda generalmente una tipologia frana caratterizzata da una specifica morfologia ed evoluzione temporale.

La comprensione del meccanismo permette:

- di formulare ipotesi sull'evoluzione del movimento;

- di conoscere gli elementi che ne condizionano l'evoluzione e la dinamica;

- di poter intervenire, se ciò è possibile, a titolo preventivo su alcuni fattori, per rallentare o contenere l'evoluzione prevista.

3. Le *zone minacciate* corrispondono alle aree che possono essere interessate dalla propagazione più o meno rapida del movimento, dopo il suo innesco.

La comprensione del meccanismo permette:

- di trarre indicazioni sull'evoluzione del movimento e, in caso di rottura, sull'ulteriore comportamento del fenomeno;

- di individuare gli elementi che condizionano l'evoluzione del movimento e quindi, di agire, se possibile, a titolo preventivo su alcuni di questi, per rallentarne o contrastarne l'evoluzione prevista.

Nota: La delimitazione delle aree coinvolte e minacciate richiede tecniche differenti. Nei due casi il risultato degli studi si concretizza in zonizzazioni cartografiche che costituiscono la base per l'applicazione di leggi e regolamenti in vigore.

La metodologia proposta, anche se basata sullo studio di quattro grandi movimenti franosi, ha tuttavia una portata più generale e può applicarsi anche a movimenti circoscritti.

3. évolution possible du phénomène et évaluation des zones menacées.

1. Par *zone active* on entend un territoire qui réunit un certain nombre de conditions qui déterminent l'instabilité. Ces zones sont identifiées par la présence de désordres superficiels qui sont souvent des indices de mouvements profonds. Ceux-ci ne peuvent être avérés que si l'on peut accéder à la troisième dimension, en utilisant les moyens techniques appropriés.

2. Le mouvement gravitaire d'un versant peut obéir à divers mécanismes, correspondant à des lois physiques différentes :

- à chaque type de mécanisme correspond généralement un *type de mouvement* caractérisé par un aspect morphologique et une évolution temporelle.
- la connaissance de la géométrie et du volume en mouvement est un élément fondamental.

La détermination du mécanisme est ainsi un élément fondamental pour l'appréciation du danger.

3. Les *zones menacées* correspondent aux aires qui peuvent être intéressées par la propagation plus ou moins rapide du mouvement, après son déclenchement.

La compréhension du mécanisme permet :

- de se faire une idée sur l'évolution du mouvement et, dans le cas où celui-ci conduit à une rupture brutale, sur le comportement ultérieur ;

- de connaître les éléments qui conditionnent l'évolution du mouvement et ainsi d'agir à titre préventif si cela est possible, sur certains d'entre eux, pour ralentir ou contenir l'évolution envisagée.

Remarques : La délimitation des zones concernées et menacées requiert différentes techniques. Dans les deux cas, le résultat des études se traduit par une représentation graphique des limites cartographiques qui serviront de base à l'application des lois et règlements en usage.

La méthodologie proposée, bien que basée sur l'étude de quatre mouvements de grande ampleur, a une portée plus générale ; en particulier, elle peut s'appliquer à des mouvements plus restreints.

2.2 METODOLOGIA DELLO STUDIO

La metodologia mira a stabilire un quadro globale del fenomeno, attraverso l'integrazione di approcci essenzialmente complementari:

- A) Approccio storico.
- B) Approccio geologico.
- C) Approccio morfodinamico.
- D) Approccio idrologico e climatologico.
- E) Approccio idrogeologico.

2.2 MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

La méthodologie vise à établir une image globale du phénomène par l'intégration d'un certain nombre d'approches essentiellement complémentaires :

- A) Approche historique.
- B) Approche géologique.
- C) Approche morphodynamique.
- D) Approche hydrologique et climatologique.
- E) Approche hydrogéologique.

F) Approccio geometrico.

G) Approccio geomeccanico.

Questi aspetti devono essere sviluppati ed approfonditi in parallelo e devono interagire il più possibile tra loro, per condurre ad una modellazione d'insieme. Essa è, per sua natura, un processo in divenire in relazione al progredire delle conoscenze. Il quadro d'insieme, costituito dal concorso di tutti gli approcci, deve permettere la definizione di:

H) Scenari di evoluzione spazio-temporale dei movimenti.

A) APPROCCIO STORICO

Lo studio storico è particolarmente utile per formare un quadro conoscitivo sul movimento frano e stabilirne una ricorrenza temporale e spaziale, fornendo inoltre utili elementi di definizione tipologica.

Si constata che questo tipo di indagine è raramente realizzata per i movimenti di versante o si riduce molte volte a fornire una serie di informazioni presentate in modo disorganico. Ciò può essere molto dannoso per la qualità dei dati.

Si raccomanda quindi che all'approccio classico (geologia, climatologia, idrologia, ecc.) si aggiunga quello specifico da parte di uno specialista storico delle questioni riguardanti la pianificazione del territorio in senso lato (aspetto tecnico, economico, politico e sociale) ed esperto conoscitore degli archivi, per contribuire in modo più efficace alla ricerca e alla critica dei dati.

Il lavoro di ricerca storica non è sufficiente in ogni caso a stabilire gli scenari di evoluzione futura.

Definizione - L'analisi storica costituisce la prima tappa del processo di conoscenza di un fenomeno di instabilità. Essa permette di posizionarlo tra le altre trasformazioni spaziali di origine naturale o umana sopravvenute nel corso degli ultimi secoli nel settore interessato (infrastrutture di comunicazione, habitat, copertura vegetale, ecc.) e di precisarne la natura e la frequenza delle fasi di riattivazione.

Finalità - L'analisi storica deve permettere di stabilire a partire da quanto tempo il fenomeno è conosciuto e di ottenere informazioni sui danni provocati, sulla frequenza delle fasi di riattivazione e sull'evoluzione generale dell'instabilità.

Potenzialità - Se la raccolta delle informazioni storiche è sufficientemente completa ed affidabile, è possibile affinare i risultati ottenuti per mezzo di altri metodi di indagine.

Difetti e limiti - Il metodo di ricerca storica trova un limite importante nella carenza e nella imprecisione dei dati. Importanti riattivazioni di feno-

F) Approche topométrique.

G) Approche géomécanique.

Ces approches doivent être conduites en parallèle, interagissant entre elles le plus possible pour conduire à une modélisation d'ensemble. Une telle étude est par sa nature un processus en devenir du fait du progrès des connaissances. Le cadre d'ensemble constitué par le concours de toutes les approches doit permettre la définition des :

H) Scénarios d'évolution spatio-temporelle des mouvements.

A) APPROCHE HISTORIQUE

L'étude historique est particulièrement utile pour se faire une idée générale du phénomène et appréhender son éventuel caractère récurrent. Elle doit permettre de mieux positionner le phénomène sur une échelle chronologique large (siècles) dont la logique échappe souvent à l'observateur du présent. Elle fournit ainsi d'utiles éléments de définition et de typologie. Tous les travaux de recherche historique ne suffisent pas pour autant à établir des scénarios d'évolution future.

Par contre, ils peuvent enrichir utilement les banques de données spécialisées dont le développement est envisageable dans un proche avenir. On constate en fait que ce type d'investigation est très rarement réalisé pour les mouvements de versant. Lorsqu'il l'est, il se réduit le plus souvent à une série d'informations rassemblées et mises à disposition sans aucune méthode. Cela est très dommageable pour la qualité des données.

Aussi recommande-t-on qu'aux approches scientifiques classiques (géologie, climatologie, hydrologie, etc.), on adjoigne celle d'un historien spécialiste des questions touchant à l'aménagement du territoire au sens large (aspects technique, économique, politique et social). Il devra être un fin connaisseur des archives pour contribuer encore plus efficacement à la recherche et à la critique des données.

Definizione - L'analyse historique constitue la première étape du processus de connaissance d'un phénomène d'instabilité. Elle permet tout d'abord de le repositionner parmi les autres transformations spatiales d'origine naturelle ou humaine survenues au cours des derniers siècles dans le secteur affecté (infrastructures de communication, habitat, couvert végétal, etc.) et de préciser ensuite, s'il y a lieu, la nature et la fréquence des phases de réactivation du glissement.

Finalité - L'analyse historique doit permettre d'établir à partir de quand le phénomène est connu et d'obtenir des informations sur les dommages provoqués, sur la fréquence des phases de réactivation et sur l'évolution générale de l'instabilité.

meni possono in effetti non essere state registrate per mancanza di testimonianze scritte od orali. Ciò può risultare particolarmente pregiudizievole se gli eventi hanno provocato danni a beni e a persone. Inoltre, le descrizioni dei fenomeni, effettuate molto spesso da persone non specializzate, possono essere incomplete o inesatte.

Elementi necessari - Non esiste un minimo richiesto. In qualche raro caso, la ricerca storica può non essere possibile per mancanza di dati. La prima fase d'indagine, dovrà essere dedicata ad un inventario critico delle fonti.

Da evitare - L'analisi storica deve essere effettuata, nella fase di ricerca dei documenti, da personale in possesso di conoscenze tecniche adeguate, al fine di evitare di accumulare informazioni di poca utilità o anche di trascurare dati fondamentali.

Come fare - L'analisi storica combina due approcci complementari, che fanno riferimento l'uno alla memoria orale, l'altro alla memoria scritta:

– la ricerca d'archivio (documenti testuali o iconografici, manoscritti o stampe, ecc.). È certamente il metodo più affidabile, anche se comporta un investimento importante in termini di tempo e quindi di denaro;

– l'inchiesta orale presso le popolazioni locali. È un metodo da utilizzarsi, anche se i risultati che può fornire non sono sempre affidabili. La memoria orale può d'altra parte essere in certi casi la sola testimonianza disponibile e può anche confermare o sconfessare la memoria scritta.

L'analisi storica dovrebbe essere costituita da:

- una raccolta dei dati: predisposizione di uno schedario ricavato dalla consultazione di tutti i documenti inventariati (manoscritti, giornali, fotografie, testimonianze orali, ecc.). L'insieme di queste informazioni grezze deve essere l'oggetto di un dossier organizzato cronologicamente o tematicamente;

- un rapporto tecnico di sintesi dei diversi documenti. Dovranno essere indicati i riferimenti esatti alle fonti utilizzate, ad esempio sotto forma di note a piè pagina;

- una sintesi finale, nella quale venga descritta l'evoluzione storica del fenomeno di instabilità considerato e vengano commentati e ponderati in maniera critica i dati.

Nota - I risultati così ottenuti, non possono essere considerati come definitivi. In effetti, in linea teorica, la raccolta dei dati, come anche l'analisi critica di quelli esistenti, possono proseguire indefinitamente. È necessario precisare su ogni scheda la data della sua stesura. Si vigilerà con cura

Potentialité - Si la collecte des informations historiques est suffisamment complète et fiable, elle peut constituer la base d'un (outil de type statistique) et fournir la possibilité d'affiner les résultats obtenus au moyen d'autres méthodes d'investigation.

Défauts et limites - La méthode de recherche historique trouve une limite notable dans la carence et l'imprécision des données. D'importantes réactivations de phénomènes peuvent, en effet, ne pas être remarquées du fait d'un manque de témoignages écrits ou oraux. Ceci peut être particulièrement préjudiciable si ces événements ont provoqué des dommages à des biens et personnes. De plus, les descriptions des phénomènes, effectuées très souvent par des personnes non spécialisées, peuvent être incomplètes ou inexactes.

Éléments nécessaires - Il n'existe pas un minimum requis; dans quelques rares cas la recherche historique peut ne pas être possible par manque de données. La première phase d'investigation devra donc être consacrée à un inventaire critique des sources.

A éviter - Dans la phase de recherche de documents, l'analyse historique doit être effectuée par un personnel en possession des connaissances géotechniques adéquates, afin d'éviter l'accumulation de données de piètre utilité ou bien d'en négliger d'autres plus fondamentales. Il faut éviter également le manque d'analyse critique dans la phase de présentation synthétique des données.

Comment faire? - L'analyse historique combine deux approches complémentaires faisant appel l'une à la mémoire orale, l'autre à la mémoire écrite...

– *la recherche en archives* (documents textuels ou iconographiques, manuscrits ou imprimés, etc.): c'est certainement la méthode la plus fiable même si elle comporte un investissement important en temps et donc coûteux.

– *l'enquête orale* auprès des populations locales: c'est une méthode à utiliser, même si les résultats qu'elle peut fournir ne sont pas toujours fiables. La mémoire orale peut cependant être, dans certains cas, le seul témoignage disponible, ou bien encore confirmer ou infirmer la mémoire écrite.

L'approche historique se compose:

- d'une collation des données : fichier établi à partir de la consultation de tous les documents inventoriés (manuscrits, journaux, photographies, témoignages oraux, etc...). L'ensemble de ces informations brutes doit faire l'objet d'un dossier organisé chronologiquement ou selon différents thèmes.

- d'un rapport technique faisant la synthèse des différents documents. On veillera ici à indiquer les références exactes des sources utilisées, sous forme de notes de bas de page par exemple.

- d'une synthèse finale dans laquelle est décri-

sulle questioni di metodo, in modo che lo strumento di analisi storica conservi nel tempo rigore e flessibilità.

B) APPROCCIO GEOLOGICO

Definizione - Stabilisce le conoscenze riguardanti la natura e la struttura dei materiali che costituiscono l'ammasso roccioso sede del movimento di versante, al fine di stabilire il contesto geologico regionale che servirà di base alla costituzione del modello geo-strutturale del versante.

Finalità - Deve permettere la comprensione dei grandi meccanismi geologici che hanno condotto alla formazione dell'ammasso roccioso attuale e quindi alle recenti evoluzioni, che possono aver contribuito all'instabilità del versante. Si sintetizza in una carta geo-strutturale che deve essere più estesa della zona in movimento.

Potenzialità - Permette di stabilire la rappresentazione sintetica necessaria alla costituzione dei modelli idrogeologici e geomeccanici.

Difetti e limiti - La formulazione del modello geologico comporta una parte di soggettività, in particolare se non si hanno informazioni sull'ammasso roccioso in profondità. La qualità del rilievo geologico dipende da quella della base topografica, dal numero e dalla qualità degli affioramenti, dall'esperienza del geologo, dalle condizioni di accesso, ecc.

Elementi necessari - Base topografica di buona qualità, a scala idonea, foto aeree, archivi, ecc.

Risultati minimi - Una carta geo-strutturale originale in scala adeguata (almeno 1:5.000) e un rapporto che contenga:

- caratterizzazione litologica-strutturale;
- sezioni geologiche interpretative;
- una legenda esplicativa;
- note ed illustrazioni.

Da evitare - Evitare l'assunzione acritica di risultati di studi precedenti, soprattutto se aventi finalità differenti. I lavori precedenti, consultati o utilizzati, devono essere citati.

Come fare - Per elaborare una carta geologica, è necessario condurre una campagna di rileva-

te l'évolution historique du phénomène d'instabilité considéré, et où les données sont commentées et pondérées de façon critique.

Remarque - Les résultats ainsi obtenus ne peuvent toutefois être considérés comme définitifs. Par principe, en effet, la collation des données ne prend jamais fin, de même que l'*analyse critique* de celles précédemment recueillies. Il est nécessaire de préciser sur chaque fiche sa date de création. On veillera donc *avec soin* aux questions de méthode afin que l'outil d'analyse historique conserve dans le temps rigueur et souplesse.

B) APPROCHE GÉOLOGIQUE

Définition - Elle établit un ensemble de connaissances sur la nature et la structure des matériaux qui constituent l'édifice montagneux où se produit le mouvement de versant. Ces connaissances doivent permettre d'établir un contexte géologique régional qui servira de base à la constitution du modèle géologique local du versant.

Finalité - Elle doit permettre la compréhension des grands mécanismes géologiques, qui ont conduit à la mise en place de l'édifice montagneux actuel puis aux évolutions récentes, contribuant à l'instabilité du versant. Elle s'exprime par une carte géologique qui doit déborder largement la zone en mouvement.

Potentialité - Elle permet d'établir les représentations synthétiques nécessaires à la constitution des modèles hydrogéologiques et géomécaniques.

Défauts et limites - La formulation du modèle géologique comporte une part de subjectivité, notamment si on n'a pas accès à la 3^e dimension notamment en l'absence de reconnaissance en profondeur. La qualité du relevé géologique dépend : de celle du fond topographique, du nombre et de la qualité des affleurements, de l'expérience du géologue...

Éléments nécessaires - Un fond topographique de bonne qualité, à bonne échelle, photos aériennes, archives....

Résultats minimaux - Une carte géologique originale d'échelle adéquate (au moins au 1: 5000) et un rapport contenant :

- des coupes géologiques interprétatives ;
- une notice explicative ;
- des illustrations ;
- les interprétations possibles et leurs limites ;
- les indications pour des analyses ultérieures ;
- des annexes photographiques illustratives.

A éviter - Eviter de se fier aveuglément à des études antérieures surtout si leur finalité est diffé-

mento, la cui programmazione dovrà tener conto delle condizioni climatiche ed ambientali. La definizione dei tempi necessari è di competenza dello specialista e può variare in modo sensibile in funzione delle difficoltà incontrate. È importante che, a partire da questa fase, siano disponibili tutte le foto aeree e le basi topografiche.

Nota - È essenziale insistere sull'importanza del *rilevamento in situ*. I rilevamenti dovranno essere realizzati da un *geologo con idonea esperienza* nel campo dei movimenti di versante. Il ricorso a tecniche di indagine, quali i sondaggi, non avverrà eventualmente che in una seconda fase per verificare i dati geologici. La rappresentazione cartografica dei rilevamenti dovrà essere effettuata in modo tale da produrre facilmente più copie consultabili.

C) APPROCCIO MORFODINAMICO

Definizione - Si tratta essenzialmente di un metodo osservazionale che permette, per mezzo dell'analisi delle forme e delle loro evoluzioni spaziotemporali, di formulare, ipotesi sulla natura, la geometria e i meccanismi di evoluzione delle zone instabili.

Finalità - Permette una buona definizione della tipologia, delle dimensioni e dell'evoluzione del fenomeno di instabilità, la cui rappresentazione su supporto cartografico costituisce una base per studi più approfonditi.

Potenzialità - È possibile ottenere per confronto indicazioni qualitative sull'evoluzione del fenomeno, qualora i rilievi topografici e aerofotografici realizzati in periodi successivi siano disponibili. Se si dispone di cartografie numeriche ottenute posteriormente, è possibile effettuare simulazioni quantitative dell'evoluzione morfologica del fenomeno di instabilità.

Difetti e limiti - Il modello morfodinamico, che rappresenta il meccanismo di evoluzione dell'instabilità, è il risultato di una interpretazione. Per questo necessita di una esperienza notevole e di specializzazione, in particolare per la fase fotointerpretativa. Comunque esso venga realizzato non è mai esente da soggettività e dipende inoltre da possibili errori, mancanza di precisione o dall'aggiornamento della carta topografica utilizzata.

Elementi necessari - È necessario disporre di una carta topografica in scala adatta alle dimen-

rente. Les travaux précédents, consultés et utilisés, doivent être cités.

Comment faire? - Pour élaborer une carte géologique adaptée, il est nécessaire de mener une campagne de relevés. La programmation de celle-ci devra tenir compte des conditions climatiques et environnementales. La définition du temps nécessaire est de la compétence du spécialiste et peut varier sensiblement en fonction des difficultés rencontrées. Il est important que dès cette phase toutes les photos aériennes et les fonds topographiques soient disponibles.

Remarque - Il est essentiel d'insister sur l'importance des *relevés de terrains*. Ceux-ci devront être réalisés par un *géologue expérimenté* qui aura acquis les compétences spécifiques dans le domaine des mouvements de versant. Le recours à des techniques de reconnaissance tels que les sondages ne viendra éventuellement que dans une seconde phase pour valider les données géologiques. Il est opportun que soient réalisées des copies consultables de ces travaux.

C) APPROCHE MORPHODYNAMIQUE

Définition - Il s'agit essentiellement d'une méthode d'observation qui permet, au moyen de l'analyse des formes et de leurs évolutions spatio-temporelles, d'établir des hypothèses sur la nature, la géométrie et les mécanismes d'évolution des zones instables.

Finalité - Elle permet une bonne définition de la typologie, de la dimension et de l'évolution du phénomène d'instabilité, dont la représentation sur support cartographique constitue une base pour les projets d'étude et d'enquête plus approfondies.

Potentialité - Si des relevés topographiques et aéro-photographiques, réalisés à des périodes successives, sont disponibles, il est possible d'obtenir, par comparaison, des indications qualitatives sur l'évolution du phénomène. Si on dispose à ces différentes dates de cartographies numériques, des simulations *quantitatives* d'évolution du phénomène d'instabilité sont alors possibles.

Défauts et limites - Le modèle morphodynamique qui représente le mécanisme d'évolution de l'instabilité est le résultat d'une interprétation : il nécessite une expérience notable et une spécialisation et, de toute façon, n'est jamais exempt de subjectivité. Il dépend en outre des possibles erreurs, manques de précision ou de mise à jour de la carte topographique utilisée.

Éléments nécessaires - Il est nécessaire de disposer d'une carte topographique d'échelle adaptée aux dimensions du phénomène. Celle-ci devra

sioni del fenomeno. Tale carta dovrà coprire anche un'area sufficientemente estesa intorno alla zona interessata dal fenomeno di instabilità. Si può, a titolo indicativo, considerare la scala 1:5000 come sufficiente (se necessario verrà condotta una campagna di rilevamento appropriata). È indispensabile inoltre disporre di una copertura di fotografie aeree specifiche, per le quali bisognerà stabilire a priori la scala del volo, il periodo più adatto di effettuazione e la superficie da ricoprire.

Da evitare - Sono da evitare l'utilizzazione di un supporto topografico poco preciso o non aggiornato e l'effettuazione di ingrandimenti eccessivi ottenuti da carte a scala troppo ridotta.

Nota - Una carta topografica ottenuta da una fotorestituzione molto dettagliata facilita e rende molto più preciso l'approccio morfodinamico, sia nel corso della campagna di rilevamento, sia durante la fase di analisi delle foto aeree sia ancora nella fase di preparazione delle cartografie elaborate. Ci si dovrà basare sull'approccio geologico per l'elaborazione degli schemi di evoluzione.

D) APPROCCIO IDROLOGICO E CLIMATOLOGICO

Definizione - Consiste nell'analisi dei dati climatologici, effettuata a partire dalla raccolta dei valori dei parametri climatici (precipitazioni e temperatura) e dal loro trattamento con strumenti di tipo statistico.

Finalità - Occorre caratterizzare il sito interessato dal movimento di versante da un punto di vista climatico, vale a dire cercare di identificare i parametri più significativi in rapporto alla mobilitazione del fenomeno di instabilità.

Potenzialità - Gli strumenti di analisi appropriati, sviluppati nel campo dell'idrologia, permettono la determinazione della probabilità statistica del verificarsi di un evento meteorologico particolare, capace di provocare una riattivazione dell'instabilità.

Difetti e limiti - I dati possono essere quantitativamente poco numerosi o variamente lacunosi. La loro affidabilità dipende dalla cura con la quale sono stati registrati e poi elaborati.

Elementi necessari - L'analisi statistica di una serie di dati idro-climatologici è tanto più valida quanto più estesa e completa. A titolo indicativo, si deve considerare una serie storica ininterrotta di alcune decine di anni, contenenti almeno un processo di riattivazione del fenomeno.

Da evitare - È da evitare l'utilizzo di serie storiche di lunghezza troppo limitata o comprendente dati poco affidabili; è opportuno ricordarsi inol-

covrire una area sufficientemente grande della zona entourant l'instabilité. On peut, à titre indicatif, considérer l'échelle 1/5000 comme suffisante (si nécessaire mener une campagne de relevés appropriée). Il est nécessaire, en outre, de disposer d'une couverture de photographies aériennes spécifiques dont il faudra établir à priori: l'échelle de vol, la période la plus adaptée pour la prise de vue ainsi que la surface à couvrir.

A éviter - Utilisation d'un fond topographique peu précis ou non tenu à jour. Eviter les agrandissements excessifs obtenus à partir de carte d'échelle trop petite.

Remarque - Une carte topographique obtenue, par photorestitution très détaillée facilite et rend plus précise l'approche morphodynamique, soit au cours de la campagne de relevés, soit durant la phase d'analyse des photos aériennes, soit encore dans la phase de préparation des cartographies élaborées. On se base sur l'approche géologique pour l'élaboration des schémas d'évolution.

D) APPROCHE HYDROLOGIQUE ET CLIMATOLOGIQUE

Définition - L'analyse des données climatologiques nécessite une récolte des valeurs des paramètres climatiques (précipitations et températures), et leur traitement avec des instruments de type statistique afin de décrire le climat d'une région donnée.

Finalité - Caractériser le site intéressé par le mouvement de versant d'un point de vue climatique, c'est à dire chercher à identifier quels sont les paramètres les plus significatifs vis à vis de la mobilisation du phénomène d'instabilité.

Potentialité - Les instruments d'analyse appropriés, issus de l'hydrologie, permettent la détermination de la probabilité statistique de l'occurrence d'un événement météorologique particulier, potentiellement en mesure de déclencher une réactivation de l'instabilité.

Défauts et limites - Les données peuvent être quantitativement peu nombreuses ou plus ou moins lacunaires et leur fiabilité peut dépendre du soin avec lequel les données sont enregistrées puis élaborées.

Éléments nécessaires - L'analyse statistique d'une série de données hydro-climatologiques sera d'autant plus soignée que cette dernière sera étendue et complète. A titre indicatif on peut donner comme valeur minimale une série historique ininterrompue d'au moins dix ans, dans laquelle soit compris au moins un processus de réactivation du phénomène.

tre che l'indagine dei dati climatici fornisce risultati esclusivamente in forma probabilistica.

Come fare - È necessario consultare organismi specializzati, pubblici o privati, la cui esperienza sia provata e che gestiscano l'acquisizione e l'interpretazione dei dati meteorologici.

Nota - Tenuto conto del ruolo fondamentale giocato dall'acqua nella stabilità dei versanti, è essenziale caratterizzare gli apporti idrici, vale a dire le precipitazioni, la fusione della neve e l'eventuale influenza della evapotraspirazione.

Per valutare le precipitazioni, si dispone in generale di una rete più o meno fitta di stazioni pluviometriche situate ad alcuni chilometri o decine di chilometri intorno alla zona interessata dal movimento di versante. Il primo obiettivo consiste nell'identificare le stazioni di interesse e nell'analizzare le serie di dati di cui si dispone per ciascuna di esse. Tali dati sono sovente disponibili ad intervalli di tempo variabili: un'ora, due ore, ... 24 ore. A differenza di quanto avviene per l'idrologia nella valutazione del tempo di ritorno di piena, per lo studio delle instabilità dei versanti potrebbe essere sufficiente in molti casi un intervallo di tempo di 24 ore (piogge giornaliere). Il secondo obiettivo consiste nell'effettuare un'interpolazione spaziale tra i dati rilevati nelle diverse stazioni pluviometriche al fine di stimare le precipitazioni in corrispondenza del sito in cui avviene l'instabilità. Questo lavoro deve essere affidato a *specialisti*. Nelle regioni a rilievo più marcato, le precipitazioni possono in effetti variare in modo notevole in funzione della situazione meteorologica (orientazione dei versanti e posizione in rapporto alle cime circostanti). Si viene così a poter disporre sul sito ove si produce l'instabilità di una serie di dati pluviometrici calcolati su periodi abbastanza lunghi (venti, trent'anni o più). Parallelamente, è comunque buona norma allestire rapidamente una stazione pluviometrica sul sito stesso. Devono allora essere individuate delle correlazioni tra le precipitazioni eccezionali che si sono prodotte nel passato e i processi di riattivazione del fenomeno che sono stati osservati come pure correlazioni della stessa natura tra le precipitazioni misurate oggi e le fasi di accelerazione degli spostamenti misurati (vedi più oltre alla voce "approccio geometrico").

È infatti essenziale determinare come la frana reagisce alle precipitazioni e con quale ritardo di risposta (precipitazioni cumulate su periodi più o meno lunghi, effetto soglia, effetti di saturazione dei suoli, che possono prodursi con la fusione della neve o con piogge regolari seguite da piogge intense).

A éviter - Il faut éviter une utilisation de séries historiques de mesures trop courtes ou comprenant des données peu fiables. Il est opportun de se rappeler, en outre, que l'analyse de données climatiques fournit des résultats exclusivement sous forme de probabilité.

Comment faire - Il est nécessaire de recourir à la consultation d'*organismes spécialisés*, publics ou privés, dont l'expérience soit éprouvée et qui gèrent l'acquisition et l'interprétation des données météorologiques.

Remarque - Compte tenu du rôle primordial joué par l'eau dans les instabilités de versant, il est essentiel de caractériser les apports hydriques : précipitations, fonte de la neige, éventuellement influence de l'évapotranspiration.

Pour évaluer les précipitations, on dispose en général de stations pluviométriques qui sont situées à quelques kilomètres ou dizaines de kilomètres autour de la zone concernée par le mouvement de terrain, constituant un réseau plus ou moins dense.

La 1^{re} tâche consiste à identifier ces stations et à analyser les séries de données dont on dispose pour chacune d'elles. Ces données sont souvent disponibles à des pas de temps variables : 1h, 2h, ... 24h. Seuls les hydrologues ont besoin de pas de temps faibles pour évaluer les risques de crues éclair. Pour l'étude des instabilités de versant, le pas de temps de 24h (pluies journalières) est suffisant.

La 2^e tâche consiste à faire une interpolation spatiale entre les diverses stations pluviométriques pour estimer les précipitations sur le site même de l'instabilité. Dans les régions à relief marqué, les précipitations peuvent en effet varier dans des proportions notables en fonction des situations météorologiques (orientation des versants et position par rapport aux sommets environnants).

Ce premier travail étant fait, on dispose alors sur le site où se produit l'instabilité de séries de données pluviométriques calculées assez longues (souvent 20, 30 ans ou plus). Parallèlement, il est bon de mettre en place rapidement une station pluviométrique sur le site même.

Il faut alors chercher à établir des corrélations entre les précipitations exceptionnelles qui se sont produites dans le passé et les processus de réactivation du phénomène qui ont pu être observés. Des corrélations de même nature sont à établir entre les précipitations mesurées aujourd'hui et les éventuelles phases d'accélération du glissement que l'on mesure (voir plus loin "approche topométrique").

Il est en effet essentiel de déterminer comment le glissement réagit aux précipitations et avec quel délai de réponse (précipitations cumulées sur des périodes plus ou moins longues, effet de seuil, effets de saturation des sols - qui peuvent se produire

avec la fonte de la neige ou avec des pluies régulières – suivies de pluies intenses...). On cherchera à établir un modèle décrivant les types de réponse du mouvement aux précipitations auxquelles il est soumis.

E) APPROCCIO IDROGEOLOGICO

L'acqua gioca un ruolo essenziale nell'evoluzione e nell'attivazione dei movimenti, tanto nei suoli come nelle rocce.

Definizione - L'approccio idrogeologico di un movimento di versante di grande ampiezza consiste nel caratterizzare l'acquifero (il mezzo che riceve l'acqua) e le circolazioni di acque sotterranee che lo attraversano. Tale caratterizzazione deve interessare la zona attiva e una zona sufficientemente estesa intorno ad essa. L'acquifero è definito dalla geometria dei vuoti (fessure e fratture aperte, come anche interstizi intergranulari), le cui dimensioni (in particolare la larghezza delle fessure), orientazioni, connessioni, continuità e densità determinano la (le) permeabilità. I caratteri dell'acquifero si evolvono poco e in modo relativamente lento sotto l'effetto degli spostamenti che inducono dilatazioni e contrazioni e sotto l'effetto della saturazione.

Le circolazioni subiscono variazioni cicliche (stagionali) e istantanee sensibilmente più rapide.

Finalità - Le sollecitazioni che si producono nell'ammasso roccioso a causa della circolazione delle acque sotterranee costituiscono un fattore primario di instabilità dei versanti. La conoscenza di tali circolazioni contribuisce, insieme all'approccio geomeccanico, alla valutazione delle sollecitazioni. Tale valutazione costituisce un elemento di base necessario alla diagnostica e alla previsione dell'instabilità del versante.

Potenzialità - L'approccio idrogeologico presenta un interesse particolare, in quanto può evidenziare la possibilità di intervenire con particolari tecniche di drenaggio che, in alcuni casi, rappresentano le uniche tecniche di intervento efficaci possibili.

Difetti e limiti - L'approccio idrogeologico è sovente ostacolato, nel caso dei grandi movimenti franosi, dalla difficoltà e dal costo a volte esorbitante delle indagini in profondità, le sole in grado di fornire dati affidabili. La strumentazione disponibile è sovente di difficile uso nei mezzi fessurati. In queste condizioni, non si dispone di modelli di comportamento di provata validità e generalizzabili. D'altra parte, l'estrapolazione di modelli relativi ai movimenti di versante di ampiezza minore deve essere effettuata con molte precauzioni.

E) APPROCHE HYDROGÉOLOGIQUE

L'eau joue un rôle essentiel dans l'évolution et le déclenchement des mouvements tant dans les sols que dans les roches.

Définition - L'approche hydrogéologique d'un mouvement de terrain de grande ampleur consiste à caractériser dans le volume propre du glissement et dans un environnement assez large l'aquifère, c'est à dire le milieu qui reçoit l'eau, et les circulations d'eaux souterraines qui le traversent.

L'aquifère est défini par la géométrie des vides (fissures et fractures ouvertes ainsi qu'interstices intergranulaires). Leurs dimensions (notamment leur largeur pour les fissures), leurs orientations, leurs connexions, leurs continuités, leur densité déterminent la (les) perméabilité(s).

Les caractères de l'aquifère évoluent peu et relativement lentement, sous l'effet des déplacements induisant dilatations et contractions et sous l'effet du colmatage.

Les circulations connaissent des variations, cycliques (saisonniers) et instantanées, sensiblement plus rapides.

Finalité - Les sollicitations exercées par la circulation des eaux souterraines sur le terrain qui les contient constituent un facteur prépondérant de l'instabilité des versants. La connaissance de ces circulations contribue, associée à l'approche géomécanique, à une évaluation de ces sollicitations nécessaire pour fonder des diagnostics et des pronostics de stabilité pertinents.

Potentialités - L'approche hydrogéologique présente un intérêt particulier : elle peut dans certains cas mettre en évidence des possibilités de drainage du site et déboucher sur l'une des rares modalités de confortement efficaces pour les mouvements de terrain de grande ampleur.

Défauts et limites - L'approche hydrogéologique est souvent contrariée, dans le cas des mouvements de grande ampleur, par la difficulté et le coût, parfois rédhibitoires, des investigations en profondeur seules susceptibles de fournir des données incontestables.

L'instrumentation en usage est souvent mal adaptée aux milieux fissurés. Dans ces conditions, on ne dispose pas de modèles de comportement-type éprouvés et généralisables tandis que l'extrapolation de ceux mis en évidence dans les mouvements de terrain de moindre ampleur est sujette à caution.

Elementi necessari - Si tenta sovente di supplire all'assenza di informazioni dirette in profondità con una metodologia indiretta che si basa sull'analisi dei dati forniti dagli approcci geologici, idrogeologici e climatologici. Tale metodologia consiste in:

- censimento delle sorgenti permanenti e temporanee;
- interpretazione e utilizzazione dei dati strutturali relativi alla fratturazione forniti dall'approccio geologico;
- analisi dei fattori di alimentazione ottenuti dagli approcci idrologico e climatologico, quali pioggia, fusione della neve, acqua di ritenuta.

È anche possibile analizzare la tipologia delle sequenze accelerazioni-decelerazioni degli spostamenti e delle loro relazioni temporali con gli eventi meteorologici scatenanti. Ciò può essere fatto quando l'approccio geometrico fornisce dati cinematici sufficientemente frequenti.

Da evitare

- una durata insufficiente del periodo di osservazione. L'unità di tempo è un ciclo idrologico di quattro stagioni che costituisce il campione minimo. Conviene superare questa durata per evitare conclusioni sbagliate;

- una strumentazione troppo limitata in relazione alla grande ampiezza della zona potenzialmente instabile che implica necessariamente di strumentare dei volumi importanti;

- misure troppo discontinue. Le sollecitazioni determinanti per la stabilità possono risultare da parossismi idrogeologici di durata molto breve, che possono sfuggire alle misure discontinue. A fronte di errori di registrazione, si privilegeranno misure di tipo maxi-mini.

Come fare - L'approccio idrogeologico deve essere coerente con gli altri approcci. Il necessario censimento delle sorgenti superficiali può essere condotto in parallelo con la cartografia geologica e lo studio morfodinamico. La programmazione delle indagini idrogeologiche invece non può precedere la raccolta dei primi dati geologici (in particolare strutturali), idrogeologici e climatologici. Quando le indagini in profondità sono possibili, la fase di esecuzione dei fori permette osservazioni, misure e prove insostituibili. L'esecuzione non deve essere lasciata ai soli sondatori, ma deve essere supervisionata da tecnici specializzati.

Nota - I regimi a carattere marcatamente transitorio, legati a circostanze meteorologiche eccezionali o a modifiche interne associate con processi di rottura, possono determinare le instabilità maggiori e sono da considerarsi molto più importanti dei regimi ordinari. Il livello attuale di conoscenza delle specificità dell'idrologia dei mezzi rocciosi fratturati, che sono la sede della maggioranza dei

Éléments nécessaires - En l'absence d'investigations, on tente souvent de pallier l'absence d'informations directes en profondeur par une démarche indirecte reposant sur l'analyse des données fournies par les approches géologiques, hydrologiques et climatologiques :

- recensement des exutoires permanents et temporaires,

- dépouillement des données structurales relatives à la fracturation fournies par l'approche géologique,

- facteurs d'alimentation résultant de l'approche hydrologique et climatologique : pluie, fonte des neiges, niveau dans les éventuelles retenues.

On peut aussi analyser la typologie des séquences accélération-ralentissement et de leur relations temporelles avec les événements météorologiques susceptibles de les déterminer, quand l'approche topométrique fournit des données cinématiques suffisamment suivies.

A éviter

- une durée insuffisante de la période d'observation : l'unité de temps est un cycle hydrologique de quatre saisons qui constitue l'échantillon minimum ; il convient de dépasser cette durée pour éviter des conclusions hâtives.

- une instrumentation trop réduite: la grande ampleur de l'instabilité implique nécessairement de reconnaître des volumes importants.

- des capteurs inadaptés dans les milieux fissurés.

- des mesures trop discontinues : les sollicitations majeures déterminantes peuvent résulter de paroxysmes hydrogéologiques de durée très brève qui peuvent échapper aux mesures discontinues. À défaut d'enregistrement, on privilégiera des mesures du type maxi-mini.

Comment faire - L'approche hydrogéologique doit être cohérente avec les autres approches. Le nécessaire recensement des exutoires superficiels peut être conduit en parallèle avec la cartographie géologique et l'étude morphodynamique, mais la conception d'un programme d'investigations hydrogéologiques ne peut précéder les premières données géologiques (notamment structurales), hydrogéologiques et climatologiques qu'il doit prendre en compte.

Lorsque des investigations en profondeur sont possibles, la phase d'exécution des forages permet des observations, des mesures et des essais irremplaçables ; elle ne doit pas être abandonnée aux seuls sondeurs mais mobiliser des techniciens spécialisés.

Remarque - Des régimes très transitoires, liés à des circonstances météorologiques exceptionnelles ou à des modifications internes associées aux ruptures, peuvent déterminer les instabilités majeure

movimenti di terreno di grande ampiezza, è ancora insufficiente. La realizzazione di un modello idrogeologico rappresentativo rimane un'operazione delicata.

F) APPROCCIO GEOMETRICO

Definizione - La caratterizzazione degli spostamenti e delle deformazioni passate e attuali è un elemento essenziale dell'analisi dei movimenti di terreno. L'approccio geometrico permette di quantificare questa analisi attraverso la misura della superficie topografica, delle sue deformazioni, e per quanto possibile, dei movimenti in profondità.

Finalità - L'approccio mira alla costruzione di una rappresentazione spazio-temporale oggettiva dei movimenti e della deformazione della zona instabile e della loro evoluzione. Essa contribuisce in modo determinante all'elaborazione dei modelli geologici e geomeccanici del sito e alla loro taratura.

Potenzialità - L'approccio geometrico riguarda un insieme di metodologie di misura varie e complementari che, se impiegate in modo corretto e in funzione delle condizioni particolari del sito, permettono di avere accesso a un livello di informazioni variabili in densità e precisione:

- deformazioni superficiali di insieme (fotogrammetria differenziale, modelli numerici del terreno, trattamento di immagini);
- determinazione precisa dei movimenti superficiali localizzati (geodesia ottica o satellitare);
- movimenti in profondità (inclinometri, strumentazione di gallerie di indagine);
- cinematica continua dei movimenti (stazioni geodetiche automatiche, estensimetri).

Difetti e limiti - La messa in opera delle metodologie sudette necessita sempre (ad eccezione della fotogrammetria) dell'installazione di una strumentazione preliminare (reticoli di riferimento, capisaldi di misura, reti di sensori, ecc.). La realizzazione e la messa a punto della strumentazione e delle metodologie necessitano a volte di tempi lunghi, variabili a seconda delle caratteristiche del sito. La realizzazione delle misure geodetiche dipende dalle condizioni meteorologiche. Esistono d'altra parte metodi fotogrammetrici che impongono un limite supplementare relativo alla visibilità e alla illuminazione del suolo (fotografie prese in assenza di foglie, scelta dell'ora in funzione dell'esposizione del sito). La presenza di una vegetazione densa costituisce ugualmente una difficoltà per le misure geodetiche che necessitano di condizioni di visibilità (geodesia ottica) oppure di spa-

res et ils sont à considérer en sus des régimes ordinaires. Le niveau actuel de connaissance des spécificités de l'hydrogéologie des milieux rocheux fracturés, qui sont le siège de la plupart des mouvements de terrain de grande ampleur, reste très insuffisant. L'établissement d'un modèle hydrogéologique représentatif reste délicat.

F) APPROCHE TOPOMÉTRIQUE

Définition - La caractérisation du déplacement et des déformations passés et actuels est un volet essentiel de l'analyse des mouvements de terrain. L'approche topométrique permet de quantifier cette analyse par la mesure de la géométrie de la surface topographique, des déformations de celle-ci et dans la mesure du possible des mouvements en profondeur.

Finalité - L'approche topométrique vise à l'établissement d'une image spatio-temporelle objective des mouvements et des déformations de la zone instable et de leur évolution. Elle contribue de manière déterminante à l'élaboration des modèles géologiques et géomécaniques du site et à leur adaptation. Elle constitue le support intégrateur de l'ensemble des données géométriques et cinématiques.

Potentialité - La topométrie recouvre un ensemble de méthodes de mesures variées et complémentaires. Employées judicieusement et en fonction des conditions particulières du site, celles-ci peuvent permettre d'avoir accès à des niveaux d'informations variables en densité et en précision :

- déformation superficielle d'ensemble (photogrammétrie différentielle, modèles numériques de terrain, traitement d'images),
- détermination précise de mouvements superficiels localisés (géodésie optique ou satellitaire),
- mouvements en profondeur (inclinométrie, pendules inversés, équipement de gallerie de reconnaissance),
- cinématique continue des mouvements (stations géodésiques automatiques, capteurs extensométriques).

Défauts et limites - La mise en oeuvre des méthodes topométriques nécessite toujours (à l'exception de la photogrammétrie) un équipement préalable du site (canevas d'appui, repères de mesure, réseaux de capteurs...). La réalisation et la mise au point de cette infrastructure et le rodage des méthodes, nécessitent un délai éventuellement important, variable selon le site. La réalisation des mesures géodésiques est tributaire des conditions météorologiques. Il en est de même des méthodes photogramétriques qui imposent en outre une contrainte supplémentaire de visibilité et d'éclairage du sol (prises de vues en l'absence de feuil-

zi liberi davanti all'antenna (geodesia satellitare). La determinazione dei movimenti in profondità necessita della realizzazione di sondaggi strumentati. Tali sondaggi possono essere resi impossibili a causa di movimenti di grande entità o della limitata sicurezza della zona attiva, ma risultano indispensabili per ottenere informazioni sui movimenti in profondità.

Elementi necessari - La definizione del dispositivo geometrico deve essere fatta a tappe, in funzione dello stato di avanzamento del modello geologico, e quindi di quello geomeccanico. La concezione e la collocazione dei dispositivi di misura richiedono un piano topografico rappresentativo della morfologia del versante (piano fotogrammetrico in scala 1:5.000 o superiore). La scelta dei punti di riferimento stabili posti ai margini esterni della zona instabile deve essere effettuata con molta attenzione. Tale scelta si basa sui dati disponibili (in particolare quelli geologici). La conoscenza di eventuali dati precedenti, relativi a movimenti avvenuti nel sito di interesse o nelle immediate vicinanze, costituisce un elemento importante.

Da evitare - Un allestimento non strettamente coordinato con l'approccio geologico o geomeccanico può condurre a misure difficilmente utilizzabili e di poco interesse.

L'assenza della supervisione di uno specialista competente nel campo del rilevamento dei movimenti di terreno, può condurre a una inadeguatezza dei metodi o dei mezzi messi in opera e ad una perdita definitiva di informazioni essenziali. Oltre al possibile aumento dei costi, ciò potrebbe comportare un ritardo nella diagnostica, pregiudizievole per la sicurezza.

Nota - L'approccio si sviluppa durante l'intero processo di indagine e di studio del sito. Per questo motivo, è di carattere evolutivo e deve adattarsi alle variazioni di assetto del sito. Parallelamente, questa evoluzione deve essere legata a quella dei modelli geologici e geomeccanici e implica un adattamento dei dispositivi e dei metodi in funzione del progredire delle conoscenze del sito¹.

¹ MISURA E DESCRIZIONE DEGLI SPOSTAMENTI E DI TUTTI I PARAMETRI MISURABILI IN SITU.

Definizione - Si intende per misura e descrizione dei movimenti quella fase del processo conoscitivo di un fenomeno di

les, choix de l'heure en fonction de l'exposition du site).

La présence d'une végétation dense constitue également une difficulté pour les mesures géodésiques qui nécessitent des conditions de visibilité (géodésie optique) ou de dégagement d'antenne (géodésie satellitaire).

La détermination des mouvements en profondeur nécessite la réalisation de forages instrumentés. Celle-ci peut être rendue impossible par la vitesse des mouvements ou l'insécurité de la zone active.

Éléments nécessaires - La définition du dispositif topométrique doit être faite par étape, en fonction de la mise en place du modèle géologique, puis du modèle géomécanique, que l'approche topométrique contribue parallèlement à éclairer. La disposition d'un plan topographique correctement représentatif de la morphologie du versant (plan photogrammétrique à l'échelle du 1/5000 ou supérieur) est nécessaire pour la conception et l'implantation des dispositifs de mesure.

La recherche de points de références stables à l'extérieur de la zone active doit être effectuée avec attention. Les données disponibles, notamment géologiques, doivent permettre cette recherche. La connaissance de données antérieures éventuelles, relatives à des mouvements sur le site ou dans son environnement, constitue un élément important à prendre en compte.

A éviter - La mise en place d'un dispositif topométrique qui ne serait pas étroitement coordonné avec l'approche géologique et géomécanique, peut conduire à des mesures difficilement exploitables et de peu d'intérêt, nécessitant des compléments d'instrumentation coûteux.

L'absence d'étude d'ensemble correcte de la démarche topométrique par un spécialiste compétent dans le domaine de l'auscultation des mouvements de terrain, peut conduire à une inadéquation des méthodes ou des moyens mis en oeuvre, et à une perte définitive d'informations essentielles. Outre le surcoût qu'elle implique, celle-ci entraîne un recul des délais de diagnostic qui peut être préjudiciable à la sécurité.

Remarque - L'approche topométrique se développe pendant tout le processus d'investigation et de suivi du site. Elle est de ce fait évolutive et doit être adaptée en continu aux modifications intervenant sur le site. Parallèlement, cette évolution doit être liée à celles des modèles géologiques et géomécaniques, et elle implique une adaptation des dispositifs et des méthodes en fonction de la progression de la connaissance du site¹.

¹ MESURE ET DESCRIPTION DES DÉPLACEMENTS ET DE TOUS LES PARAMÈTRES MESURABLES IN SITU.

Définition - On entend par mesure et description des mouvements, la phase du processus de connaissance d'un phé-

G) APPROCCIO GEOMECCANICO

Definizione - Si tratta dell'integrazione sintetica dal punto di vista meccanico delle conoscenze ottenute dagli approcci geologico, morfodinamico, idrogeologico, geofisico e topometrico.

Finalità - Stabilire un quadro del fenomeno d'instabilità sufficientemente rappresentativo delle proprietà del mezzo e dei principali meccanismi che determinano e controllano l'evoluzione del fenomeno.

Potenzialità - Deve permettere di formulare e di verificare le indicazioni quantitative messe in evidenza dagli altri approcci, relative all'evoluzione del fenomeno d'instabilità. Inversamente, l'approccio geomeccanico permette di precisare o di suggerire un adattamento delle ipotesi di base assunte negli altri approcci.

Difetti e limiti - Necessita della conoscenza quantitativa di numerosi parametri fisici, geometrici e meccanici di difficile valutazione. In ogni caso, le scelte e le ipotesi necessariamente semplificative, possono impedire di cogliere la complessità della realtà e condurre a interpretazioni riduttive o anche erronee del problema.

Come fare

– Raccolta, analisi, schematizzazione delle conoscenze ottenute con gli approcci precedenti;

instabilità in cui si cerca di definire la cinematica e l'estensione geometrica della porzione di versante instabile e di mantenere sotto sorveglianza l'insieme delle dislocazioni.

Il controllo viene effettuato in superficie fissando alcuni punti significativi e rappresentativi dell'evoluzione degli spostamenti nel tempo; allo stesso modo si ripete il procedimento in profondità, avendo cura di scegliere con altrettanta cura sia la localizzazione in superficie che la quota sotto il piano campagna in base a considerazioni geomeccaniche ed idrogeologiche.

Il controllo, nel tempo, di tutte le grandezze misurabili, ad esempio le pressioni piezometriche, permette di valutare nell'insieme l'evoluzione del fenomeno.

Difetti e limiti - Essendo le misure di tipo puntuale, si corre il rischio di estendere valutazioni estremamente circoscritte all'insieme del fenomeno. Inoltre i risultati dipendono in modo determinante dal tipo e dalla sensibilità dello strumento.

Come fare

– In superficie: metodi topografici, estensimetri superficiali.

– In profondità: inclinometri, estensimetri profondi.

Nota - Le misure devono essere frequenti. I risultati devono essere convalidati mediante l'interpolazione di tutti i metodi disponibili.

G) APPROCHE GÉOMÉCANIQUE

Définition - Il s'agit de l'intégration synthétique du point de vue mécanique des connaissances obtenues par les approches géologique, morphodynamique, hydrogéologique, géophysique et topométrique.

Finalité - Etablir une image du phénomène d'instabilité suffisamment représentative des propriétés du milieu et des principaux mécanismes qui déterminent et contrôlent l'évolution du phénomène.

Potentialité - Elle doit permettre de formuler et de vérifier les hypothèses quantitatives, mises en évidence par les autres approches, sur l'évolution du phénomène d'instabilité. Inversement, l'approche géomécanique permet de préciser ou de suggérer une adaptation des hypothèses utilisées dans les autres approches.

Défauts et limites - Elle nécessite la connaissance quantitative de nombreux paramètres physiques, géométriques et mécaniques dont l'évaluation est difficile. Dans tous les cas, les choix et les hypothèses nécessairement simplificatrices, peuvent empêcher de saisir la complexité de la réalité et conduire à des interprétations réductrices voire erronées du problème.

Comment faire

– Récolte, analyse et schématisation des connaissances recueillies par les approches précédentes;

nomène d'instabilité, dans laquelle on cherche à reconnaître la cinématique et l'extension géométrique du désordre et à maintenir sous surveillance l'ensemble des déplacements.

La surveillance s'applique en surface à quelques points considérés comme significatifs et représentant l'évolution des déplacements dans le temps. Il en est de même en profondeur, en ayant soin de choisir aussi bien la localisation en surface que la profondeur en se basant sur des considérations géomécaniques et hydrologiques.

Le suivi de toutes les grandeurs mesurables, par exemple les pressions piézométriques, permet d'évaluer dans l'ensemble l'évolution du phénomène.

Défauts et limites - Les mesures étant ponctuelles, on court le risque d'étendre des comportements locaux à l'ensemble du phénomène. En outre, les résultats dépendent de manière déterminante du type de lissage, et de la sensibilité de l'instrumentation.

Comment faire

– En surface: méthodes topographiques, extensomètres superficiels.

– En profondeur: inclinomètres, extensomètres profonds.

Remarque - Les mesures doivent être fréquentes.

Il faut valider les résultats avec toutes les méthodes disponibles.

- definizione e misura dei parametri meccanici²;
- elaborazione di un modello concettuale del comportamento meccanico del versante;
- scelta del metodo di calcolo;
- scelta dei parametri d'ingresso del modello di calcolo;
- confronto dei risultati ottenuti dal calcolo con le misure disponibili e le conoscenze acquisite in precedenza;
- valutazione dei risultati ottenuti, allo scopo di una formulazione di ipotesi quantitative sull'evoluzione del fenomeno.

H) SCENARI D'EVOLUZIONE SPAZIO-TEMPORALE DEI MOVIMENTI

Definizione - La definizione degli scenari d'evoluzione spatio-temporale consiste nel valutare i differenti tipi di evoluzione possibili (verso una stabilizzazione, o verso un movimento lento o rapido), dei volumi messi in gioco, delle zone minacciate (in particolare dai movimenti rapidi) e l'or-

- Définition et mesure des paramètres mécaniques² ;
- Elaboration du modèle conceptuel du comportement mécanique du versant ;
- Choix des méthodes de calcul ;
- Choix des paramètres d'entrée du modèle de calcul ;
- Comparaison des résultats obtenus par le calcul avec les mesures disponibles et avec les connaissances acquises précédemment ;
- Evaluation des résultats obtenus, dans le but d'une formulation des hypothèses quantitatives sur l'évolution du phénomène.

H) SCÉNARIOS D'ÉVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DES MOUVEMENTS

Définition - La définition des scénarios d'évolution spatio-temporelle consiste à évaluer les différents types d'évolution possibles (vers une stabilisation, un mouvement lent ou rapide), les volumes mis en jeu, les zones menacées (en particulier par des mouvements rapides) et les échelles de

² DETERMINAZIONE DELLE PROPRIETÀ FISICO-MECCANICHE RAPPRESENTATIVE

Definizione - Si intendono, per proprietà fisico-meccaniche, le caratteristiche fisiche e meccaniche che condizionano il comportamento della roccia.

Finalità - La valutazione dei parametri fisici e meccanici da utilizzare per un modello di verifica o di previsione, costituisce il punto di partenza per l'analisi quantitativa del fenomeno d'instabilità. Indipendentemente dai metodi di calcolo utilizzati, l'affidabilità dei parametri d'entrata rappresenta un elemento indispensabile per ottenere risultati validi e quindi per operare scelte appropriate di progetto.

Difetti e limiti - Può risultare difficile determinare valori realistici dei parametri. Inoltre bisogna tener conto della variabilità, avendo cura di verificare i valori sia massimi che minimi.

Elementi necessari - È d'importanza fondamentale conoscere i seguenti parametri:

- parametri di deformabilità (modulo di deformabilità);
- parametri di resistenza (coesione e angolo di attrito o anche qualunque altro parametro definito secondo la legge di resistenza utilizzata, resistenza a compressione).
- peso di volume.

Da evitare - È opportuno realizzare il maggior numero di prove possibili in modo da avere un numero sufficientemente grande di dati da trattare statisticamente.

Come fare - Prove di laboratorio e in situ, rilievo geomeccanico.

Nota - La stima dei parametri deve essere sempre un processo in divenire, suscettibile di aggiustamenti continui dovuti al progresso delle conoscenze. Non occorre mai considerare come terminata questa fase del processo conoscitivo del processo di instabilità.

² DÉTERMINATION DES PROPRIÉTÉS PHYSICO-MÉCANIQUES REPRÉSENTATIVES

Définition - On entend, par propriétés physico-mécaniques, les caractéristiques physiques et mécaniques qui conditionnent le comportement de la roche.

Finalité - L'évaluation des paramètres physiques et mécaniques à utiliser pour un modèle de vérification ou de prévision constitue le point de départ pour des analyses quantitatives du phénomène d'instabilité. Indépendamment des méthodes de calcul employées, la fiabilité des paramètres d'entrée représente un élément indispensable pour obtenir des résultats valides et ainsi opérer des choix de projet appropriés.

Défauts et limites - Il peut être difficile de déterminer des valeurs réalistes des paramètres avec, par conséquent, un risque d'analyse erronée. En outre, il faut tenir compte de la variabilité en ayant soin de vérifier les valeurs aussi bien maximales que minimales.

Éléments nécessaires - Il est d'une importance fondamentale de connaître les paramètres suivants:

- paramètres mécaniques: déformabilité: module d'élasticité; résistance: cohésion et angle de frottement ou bien tout autre paramètre défini selon la loi de résistance employée, résistance à la compression;
- physiques: poids volumiques.

A éviter - Il est opportun de réaliser le plus d'essais possible de façon à avoir le plus possible de données à traiter statistiquement.

Comment faire - Essais de laboratoire et in situ, relevés géomécaniques.

Remarque: L'estimation des paramètres doit toujours être un processus en devenir, susceptible d'ajustement continus dus au progrès de la connaissance. Ne jamais considérer cette phase du processus cognitif d'un phénomène d'instabilité comme terminée.

dine di grandezza degli intervalli di tempo nei quali il fenomeno previsto può svilupparsi (giorni, mesi, anni, decenni).

Finalità - La definizione degli scenari deve permettere una migliore gestione dei rischi incombenti su persone e cose.

Elementi necessari - La definizione degli scenari è basata su una modellizzazione globale che utilizza i risultati dei diversi approcci descritti precedentemente.

Metodologia - Nei casi più semplici trattati nell'ingegneria civile è possibile, integrando i dati forniti dai differenti approcci, realizzare un modello geomeccanico sufficientemente vicino alla realtà che permetta una previsione relativamente affidabile del comportamento di un pendio.

Nel caso dei movimenti di versante, la complessità del fenomeno generalmente non consente la realizzazione di modelli geomeccanici di previsione sufficientemente rappresentativi. La definizione degli scenari di evoluzione del fenomeno deve perciò basarsi sull'insieme degli approcci descritti in precedenza, anche se l'approccio geomeccanico risulta spesso determinante. Tale definizione comporta necessariamente un aspetto empirico e soggettivo.

Gli scenari possono essere migliorati nel tempo in quanto basati su modelli del fenomeno, che si affinano grazie alle informazioni raccolte durante l'evoluzione degli spostamenti o nel corso di nuove indagini. Di conseguenza, gli scenari devono essere periodicamente aggiornati, con frequenza tanto più elevata quanto più alta è la velocità di evoluzione del fenomeno. Ai fini della sicurezza, è necessario stabilire alcuni criteri che permettano di individuare gli scenari che comportano i rischi più evidenti per le persone e le cose. Tali criteri si riferiscono ai risultati del monitoraggio del sito (per esempio, agli spostamenti registrati in alcuni punti).

Risultati - L'individuazione degli scenari di evoluzione deve essere accompagnata dalla definizione e dall'installazione di un dispositivo di controllo, che permetta di stabilire con sufficiente anticipo il verificarsi di scenari che comportano una fase di rischio. Tale dispositivo comprende in genere un sistema di misura degli spostamenti, un sistema di acquisizione dati e una procedura di trattamento dei dati.

temps sur lesquelles les phénomènes envisagés sont susceptibles de se dérouler (jour, mois, année, décennie...).

Finalité - La définition des scénarios doit permettre une meilleure gestion des risques encourus par les personnes et les biens.

Éléments nécessaires - La définition des scénarios est basée sur une modélisation globale qui utilise les résultats des différentes approches décrites précédemment.

Méthodologie - Dans les cas les plus simples traités en génie civil, il est possible, en intégrant les données fournies par les différentes approches, de constituer un modèle géomécanique suffisamment proche de la réalité, qui permette une prévision relativement fiable du comportement d'un talus.

Dans le cas des mouvements de versants, la complexité des phénomènes est généralement telle, qu'il n'est pas possible de constituer un modèle géomécanique suffisamment représentatif pour qu'il constitue le seul moyen de prévision. La définition des scénarios d'évolution doit alors s'appuyer sur l'ensemble des approches décrites précédemment, même si l'approche géomécanique reste souvent déterminante. La démarche comporte nécessairement un aspect empirique et une part de subjectivité.

Les scénarios retenus doivent être suffisamment crédibles. Leur définition peut s'améliorer au cours du temps car elle est basée sur les différents modèles du phénomène, qui s'affinent grâce aux informations fournies par l'évolution du mouvement ou par de nouvelles investigations. Les scénarios doivent donc être périodiquement actualisés, avec une fréquence d'autant plus élevée que le phénomène évolue rapidement.

Pour une bonne gestion de la sécurité, des critères doivent être fixés, permettant de détecter l'occurrence de scénarios comportant des phases de risque pour les personnes et les biens. Ces critères concernent les résultats de la surveillance du site (par exemple les déplacements de certains points).

Résultats - La définition des scénarios d'évolution doit être accompagnée de la définition et de la mise en place d'un dispositif de surveillance, qui permette d'identifier suffisamment tôt l'occurrence d'un scénario comportant une phase de risque. Ce dispositif comprend généralement un appareillage de mesure des déplacements, une chaîne d'acquisition et une procédure de traitement des données.

CONCLUSIONI

Sembra utile far precedere alle conclusioni alcune osservazioni sul carattere scientifico degli studi di stabilità dei versanti. L'approccio scientifico a tali problemi è basato su alcune caratteristiche specifiche che distinguono questo genere di studi da quelli che riguardano le scienze dell'ingegneria o della fisica.

Queste per esempio analizzano fenomeni riproducibili e prevedibili: il medesimo esperimento può essere ripetuto, entro certi limiti, in ogni momento, in qualunque laboratorio. Negli studi dei movimenti di versante le condizioni di accadimento sono irripetibili, vale a dire un fenomeno franoso non può essere riprodotto nello stesso luogo ed alle medesime condizioni.

Contrariamente a quanto si verifica in molti campi dell'ingegneria, gli studi di stabilità dei versanti hanno come oggetto un materiale (l'ammasso roccioso) che il progettista non sceglie e le cui caratteristiche meccaniche e geometriche (ad esempio i limiti tra le diverse unità geologiche, giacitura e caratteristiche delle discontinuità) sono di difficile valutazione.

Da un punto di vista geometrico, ad esempio, gli episodi di deformazione subiti dall'ammasso roccioso nel corso della sua storia portano a stati complessi di fratturazione che rendono molto difficile la schematizzazione di dettaglio dei blocchi elementari all'interno del pendio.

Se poi si considerano le forze che concorrono all'equilibrio di una massa rocciosa, si constata che alcune possono essere valutate con sufficiente grado di affidabilità mentre altre possono essere difficilmente conosciute in modo oggettivo. Tra le prime, citiamo ad es. il peso di volume della roccia o le sollecitazioni esercitate da manufatti. Per contro, le forze d'origine idraulica, sismica o tettonica (legate ai movimenti passati o presenti della crosta terrestre) non sono ben conosciute. Si capisce perciò che l'approccio puramente analitico ad un problema di stabilità di versante roccioso è generalmente destinato al fallimento.

Ciò che caratterizza dunque gli studi di stabilità è l'incertezza. L'origine di questa incertezza ineluttabile è una lacuna "insormontabile" nella conoscenza delle caratteristiche dell'ammasso roccioso, anche se vengono impiegate le tecniche più evolute. Dire che la mancanza di conoscenza che sta all'origine dell'incertezza è "insormontabile" significa che oltre una determinata soglia, l'aumento di spesa non produrrà che un aumento minimo di conoscenza.

Ecco il significato profondo dei modelli, che rappresentano un aspetto semplificato della realtà e il cui comportamento d'insieme deve essere il più possibile rappresentativo del reale. Appare chiaro allora che tutti i modelli proponibili e tutti gli scenari di evoluzione che ne deriveranno pre-

CONCLUSION

Avant toute conclusion, il semble utile de bien situer le contexte scientifique des études de versants instables. L'approche scientifique de ces problèmes révèle un certain nombre de caractères spécifiques qui distinguent ce genre d'études de celles qui relèvent des sciences de l'ingénieur ou de la physique. Cette dernière par exemple traite de phénomènes reproductibles et prévisibles : la même expérience peut être répétée, à tout moment, dans n'importe quel laboratoire. Il n'en est pas de même pour l'étude des mouvements de versants instables où contrairement à d'autres risques (crues, avalanches...), les conditions d'occurrence étant irréversibles, un autre glissement ne peut pas se produire, au même endroit, dans les mêmes conditions.

Les massifs rocheux, au sein desquels se manifestent les instabilités étudiées, sont en fait constitués par un agencement complexe de masses rocheuses, de tailles et de natures différentes, parcourues par un réseau plus ou moins dense de fractures. La nature et donc la qualité des roches, ainsi que la fracturation qui affecte le massif, représentent l'aboutissement d'une très longue histoire géologique dont la durée peut se chiffrer en millions d'années. Les épisodes de déformations parfois nombreux et importants auxquels le massif a été soumis pendant de telles durées (par exemple lors de la formation des chaînes alpines) font que l'arrangement de détail des blocs élémentaires est parfois très complexe et, de ce fait, impossible à reconstituer.

Dans le meilleur des cas, on doit donc se contenter d'approcher les grandes lignes de l'architecture des blocs rocheux qui constituent le massif. C'est bien la signification profonde des modèles qui représentent un aspect simplifié de la réalité et dont le comportement d'ensemble doit être aussi représentatif que possible du réel.

Si maintenant on considère les forces qui concourent à l'équilibre d'une masse rocheuse donnée, on constate rapidement que certaines peuvent être évaluées correctement alors que beaucoup d'autres restent objectivement inconnues. Parmi les premières, citons les poids de volumes rocheux bien définis, ou les sollicitations exercées par des ouvrages. Par contre, les forces d'origine hydraulique, sismique, tectonique (liées aux mouvements passés ou présents de l'écorce terrestre) sont très mal connues. On conçoit bien que l'approche purement analytique d'un problème de stabilité d'un versant rocheux soit vouée à l'échec.

Ce qui caractérise donc les études de stabilité, c'est l'incertitude.

L'origine de cette incertitude est une lacune obligatoire et «incompressible» dans la connaissance que l'on peut acquérir du massif, y compris par l'emploi des techniques actuelles les plus évo-

senteranno caratteri di aleatorietà e dovranno esprimersi solamente in termini di probabilità.

La metodologia per lo studio di instabilità si fonda su una concatenazione di ipotesi che dovrà affinarsi nel tempo, in modo da migliorare la verosimiglianza delle ipotesi ultime. Il fattore tempo gioca dunque un ruolo primario in tutti gli studi di instabilità. Ciò significa che si può disporre in un dato momento solo di risultati parziali, i quali consentono di formulare una diagnosi provvisoria. Ciò rende necessario controllare il movimento mediante misure in modo da rivedere la correttezza delle ipotesi assunte e, conseguentemente, verificare le ipotesi evolutive più probabili, mediante un procedimento di affinamento iterativo.

L'evoluzione gravitativa di un versante è generalmente caratterizzata da periodi di crisi e periodi di quiescenza. Le sollecitazioni possono infatti rivestire un carattere periodico dovuto a fluttuazioni climatiche. Ogni crisi determina il decadimento della resistenza globale dell'ammasso che non può, in alcun caso, migliorare durante il periodo di calma successivo. Il degrado del versante instabile è generalmente progressivo.

Generalmente le popolazioni minacciate non sopportano l'incertezza e dubitano facilmente della competenza degli specialisti. È per questo motivo che occorre sforzarsi di limitare al massimo le cause di contrapposizione tra amministrazione e amministrati e predisporre efficacemente le misure di prevenzione.

luées. Dire que le défaut de connaissance qui se trouve à l'origine de l'incertitude est «incompréhensible» signifie pratiquement que l'argent ne peut résoudre le problème: au delà d'un certain seuil, *l'accroissement des dépenses ne conduira qu'à un gain en connaissances relativement minime.*

Il s'ensuit que tous les modèles qu'il sera possible de proposer, et tous les scénarios d'évolution qui en seront tirés devront être considérés comme aléatoires et ne devraient logiquement s'exprimer qu'en termes de probabilités.

La méthodologie d'étude des instabilités repose sur un enchaînement d'hypothèses que l'on ne cessera d'affiner avec le temps de façon à améliorer la vraisemblance des hypothèses ultimes.

L'évolution gravitaire d'un versant passe généralement par des périodes de crises et par des périodes de latence ou de rémission. Les sollicitations peuvent en effet revêtir un caractère périodique qu'il s'agisse de fluctuations climatiques (variation des précipitations) ou de secousses sismiques... Mais il faut bien voir que chaque crise détériore davantage la résistance du massif et que la situation ne peut, en aucun cas, s'améliorer au cours de la période de calme suivante. Il y a une dégradation progressive du versant instable. Le facteur temps joue donc un rôle majeur dans toute étude de stabilité et on ne peut disposer à un moment donné que de résultats partiels permettant d'étayer un diagnostic provisoire.

Les populations menacées ressentent généralement très mal l'incertitude et en viennent rapidement à douter de la compétence des spécialistes. C'est bien pour cette raison qu'il faudrait s'efforcer de limiter au maximum les causes de litiges entre administrations et administrés par la mise en oeuvre de mesures de prévention.

Per affrontare in modo corretto lo studio dell'instabilità di un versante naturale è opportuno:

- costituire un gruppo di studio interdisciplinare, formato da esperti, competenti nei diversi approcci descritti in precedenza;
- stabilire un programma di studi coerenti. Le fasi ed i mezzi di studio devono essere identificati da un collegio di esperti;
- approfondire il più possibile le indagini, le quali devono includere i dati storici, geologici, morfologici ed idraulici.

Per quanto riguarda la gestione del rischio:

- le incertezze condizionano sovente le conoscenze acquisite in un dato momento. Le decisioni che ne derivano dipendono da tali incertezze e in qualche misura esse devono adattarsi;
- è pertanto necessario che l'evoluzione del fenomeno e le condizioni meteorologiche vengano costantemente controllate in modo da procedere ad un'attualizzazione permanente del rischio diretto o indotto. Ciò comporta il reperimento dei mezzi finanziari necessari per tutto il tempo di osservazione previsto;
- sulla base della formulazione di scenari di evoluzione spazio-temporali, occorre stabilire uno schema coerente degli scenari che serviranno di base per l'allestimento di misure di sicurezza (piani di soccorso, studio delle misure preventive, opere, ecc.);
- è inoltre bene realizzare un'analisi il più dettagliata possibile della vulnerabilità dei settori minacciati dal fenomeno in sé e da eventuali fenomeni indotti, nonché organizzare con gli esperti un sistema di informazione e fissarne i criteri di diffusione, per non ingenerare nella popolazione inutili allarmismi e provvedere alle modalità di gestione dell'emergenza.

Pour aborder dans de bonnes conditions l'étude de l'instabilité d'un versant naturel il convient :

- de constituer une équipe d'étude pluridisciplinaire, expérimentée, compétente dans les diverses approches préalablement citées ;
- d'établir un programme d'études cohérent, le phasage et les moyens d'études devant être identifiés par un collègue d'experts ;
- de lancer le plus tôt possible les investigations lesquelles doivent inclure les données historiques, géologiques, morphologiques et hydrauliques.

Pour ce qui concerne la gestion du risque :

- les décisions étant tributaires des connaissances acquises à un instant donné, elles doivent intégrer les incertitudes et s'adapter en conséquence ;
- il est donc nécessaire d'assurer un suivi continu de l'évolution du phénomène et des conditions météorologiques afin de procéder à une actualisation permanente du risque direct ou induit ce qui implique de prévoir les moyens financiers nécessaires dans la durée ;
- il faut faire établir un schéma cohérent de scénarios, lesquels serviront de base à l'établissement des mesures de sécurité (plans de secours, étude de mesures préventives, ouvrages...);
- il convient de réaliser une analyse aussi détaillée que possible de la vulnérabilité en prenant en compte les aspects économiques, sociaux, juridiques, urbanistiques ... des secteurs menacés par le phénomène lui-même et par les éventuels phénomènes induits ;
- il est nécessaire d'organiser avec les experts une politique de communication envers les populations en y associant les représentants des populations concernées ;
- il est indispensable de mettre au point un système d'information très complet;
- il convient d'étudier et de déterminer très rapidement les mesures de prévention et de protection ;
- enfin si les études de vulnérabilité, la législation ou la réglementation imposent une alerte aux populations, les mesures topométriques adéquates doivent être diligentées.

ALLEGATO
al testo delle Raccomandazioni

ANNEXE
aux Recommandations

ESEMPIO DI SCHEDA
per la raccolta di dati storici

MODÈLE DE FICHE
d'enquête historique

SCHEDA:

RILEVATORE:

LUOGO:

DATA:

Persona intervistata

Sesso:

Professione:

Età:

Residenza:

Testimonianza

DIRETTA

INDIRETTA

Parenti:

Altra persona:

Documento:

FENOMENO

DESIGNAZIONE:

Altra(e) denominazione(i):

DATAZIONE (*secolo, 1/2 secolo, decennio, anno, mese, giorno, ora*):

SE FENOMENO RIPETITIVO

Data del più recente:

Casi osservati (*conoscenza diretta o indiretta*):

SITUAZIONE GEOGRAFICA

Comune:

Località:

Limiti d'estensione (*terreno, carta, schema*):

– Punto d'inizio:

– Punto di fine:

DESCRIZIONE

Caratteristiche degli elementi naturali coinvolti:

Dimensione:

Velocità:

Energia di movimento (*indicativa*):

Assetti morfo-dinamici:

Altre indicazioni (*rumore, soffio, polvere, ecc.*):

DANNI

Vittime:

Infrastrutture (*strada, pista, traliccio, diga, opere murarie, sbarramento, ecc.*):

Costruzione (*precisare*):

Terreni agricoli (*precisare*):

Bosco (*precisare*):

Altro:

FICHE :

ENQUÊTEUR :

LIEU :

DATE :

Personne interrogée

Sexe :

Profession :

Age :

Résidence :

Témoignage :

DIRECT

INDIRECT

Parents :

Personne autre :

Document :

PHENOMÈNE

DÉSIGNATION(S) :

Autre(s) appellation(s) :

DATATION (siècle, 1/2 siècle, décennie, année, mois, jour, heure) :

SI PHÉNOMÈNE RÉPÉTITIF

Date du plus récent :

Nombre observé ou rapporté :

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Commune :

Lieu-dit :

Limites d'extension (terrain, carte, croquis) :

Point de départ :

Point d'arrivée :

DESCRIPTION

Nature des éléments mobilisés :

Dimensions :

Vitesse :

Puissance relative (indices) :

Aspects morfo-dynamiques :

Divers (bruit, souffle, poussières, etc.) :

DÉGÂTS

Pertes humaines :

Infrastructures (route, piste, pylone, digue, mur, barrage, etc.) :

Bâtiments (préciser) :

Espaces agricoles (préciser) :

Forêt (préciser) :

Autres :

