

MÉTHODOLOGIE DE DIAGNOSTIC DES LAVES TORRENTIELLES SUR UN BASSIN VERSANT ALPIN

THÈSE N° (2002)

PRÉSENTÉE AU DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES TECHNIQUES

PAR

Eric BARDOU

Ingénieur du génie rural diplômé EPF
de nationalité suisse et originaire de Thônex (GE)

acceptée sur proposition du jury:

Prof. L. Vulliet, directeur de thèse
Dr Ch. Ancey, rapporteur
Dr. D. Bérod, rapporteur
Ch. Bonnard, rapporteur
Prof. A. Musy, rapporteur
Dr. D. Rickenmann, rapporteur
Dr. M. Zimmermann, rapporteur

Lausanne, EPFL
2002

Résumé

La méthodologie de diagnostic des laves torrentielles proposée repose sur les développements de cinq points importants. Ces développements ont été nécessaires pour qu'un diagnostic équilibré puisse être donné. Ils ne représentent toutefois qu'une étape vers une meilleure compréhension du problème posé. La méthodologie a de ce fait été imaginée de façon à pouvoir évoluer au gré des avancées scientifiques. Ces développements ont été faits dans les domaines suivants :

- le positionnement du phénomène lave torrentielle parmi les autres mouvements de masse a permis de le définir, de façon univoque, comme "un écoulement granulaire lubrifié cinématiquement monophasique à l'échelle macroscopique" (chap. 2);
- les possibilités de liaisons entre la pluviométrie et l'apparition des laves torrentielles ont été évaluées. Ce chapitre analyse les difficultés de mesures de la pluie en région montagneuse. Ces difficultés permettent de fixer le niveau de confiance à donner aux modèles présentés (chap. 3);
- intuitivement, il existe un lien entre les laves torrentielles et leur bassin versant. La détermination relativement aisée des caractéristiques *in situ* (topographie, géomorphologie, géologie) fait de ce lien un outil primordial pour l'estimation du danger. Les travaux présentés montrent l'importance de la surface, de la pente, de la géologie, etc. pour prévoir le type de phénomène prépondérant, le volume, etc. (chap. 4);
- le déclenchement des laves torrentielles est essentiellement dû à deux mécanismes (l'érosion et la fluidification d'une masse glissée), qui peuvent apparaître selon plusieurs modalités. La connaissance de ces mécanismes permet de délimiter des zones de déclenchement potentielles, sur lesquelles les investigations seront concentrées (chap 5);
- pour refléter les observations de terrain, il est nécessaire de distinguer trois familles de laves torrentielles. Chacune de ces familles a une loi de comportement qui lui est propre. Il est donc important de bien pouvoir les distinguer pour pouvoir choisir le modèle de propagation adéquat. Des outils basés sur des essais rhéométriques sont donnés pour permettre ce choix (chap. 6).

Sur la base de ce corps de connaissances, il a été possible de donner une méthodologie pour poser le diagnostic d'un bassin versant alpin. Ce diagnostic se décompose en quatre étapes. Tout d'abord le diagnostic préliminaire vise à fournir les éléments minimaux nécessaires à une estimation grossière du danger. Les trois autres étapes peuvent être faites plus ou moins en parallèle et constituent le diagnostic proprement dit. Ce diagnostic ne traite pas de la propagation, mais doit fournir tous les éléments nécessaires aux modèles qui seront employés par la suite. La figure 7-5 résume ce diagnostic.

Summary

The proposed methodology is based on the developments of five significant points. These developments were necessary in order to give a balanced diagnosis. They represent however only one stage towards a better comprehension of the arising problem. The methodology is thus imagined to evolve with future scientific progress. These developments were made in the following fields :

- the positioning of the debris flow phenomenon among the other mass movements makes it possible to define it, in a univocal way, like "a lubricated granular flow, kinematically monophasic on a macroscopic scale" (chap. 2);
- the possibilities of connection between the pluviometry and the triggering of debris flows were evaluated. This chapter analyses the difficulties of measurements of the rain in a mountainous area. These difficulties make possible to fix the degree of confidence to be given to the presented models (chap. 3);
- intuitively, there is a link between the debris flows and their catchment area. The relatively easy determination of the *in situ* characteristics (topography, geomorphology, geology) makes of this link a useful tool to estimate the danger. The presented works show the importance of surface, slope, geology, etc. to forecast which is the dominating phenomenon, volume, etc. (chap. 4);
- the release of the debris flows is primarily due to two mechanisms (erosion and fluidification of a sliding mass), which can appear according to several modalities. The knowledge of these mechanisms makes possible to delimit potential zones of release, on which the investigations will be concentrated (chap 5);
- to reflect field's observations, it is necessary to distinguish three families of debris flows. Each one has a proper constitutive's law. It is thus significant to distinguish between these families to be able to choose the appropriate propagation's model. Tools based on rheometrical tests are given to allow this choice (chap. 6).

On the basis of this knowledge's body, it is possible to give a methodology in order to make a diagnosis of an alpine catchment area. This diagnosis is broken down into four stages. First of all the preliminary diagnosis aims to provide the minimum elements necessary for a coarse estimate of the danger. The three other stages can be made more or less in parallel and constitute the diagnosis itself. This diagnosis does not deal with propagation, but has to provide all the elements necessary to the models which will be used thereafter. Figure 7-5 summarizes this diagnosis.

Zusammenfassung

Die vorgeschlagene Methodologie ist auf den Entwicklungen von fünf wichtigen Punkten basiert. Diese Entwicklungen waren notwendig, damit eine ausgewogene Diagnose gegeben werden kann. Sie stellen allerdings nur eine Etappe in der Richtung eines besseren Verständnisses des entstandenen Problems dar. Die Methodologie ist daher vorgestellt, um entwicklungsfähig zu sein. Diese Entwicklungen wurden in den folgenden Bereichen gemacht :

- die Positionierung des Phänomens Murgang unter den anderen Massenbewegungen erlaubt, ihn in einer eindeutigen Weise, als "granularer und geschmierter Absatz, der kinematisch monophasic auf einer makroskopischen Skala ist", zu definieren (Kap. 2);
- die Verbindungsmöglichkeiten zwischen der Regenmessung und der Auslösung der Murgänge wurden geschätzt. Dieses Kapitel gibt eine Analyse der Schwierigkeiten, den Regen in gebirgiger Region zu messen. Diese Schwierigkeiten erlauben, der Vertrauensniveau der vorgestellten Modellen festzulegen (Kap. 3);
- intuitiv gibt es eine Verbindung zwischen den Murgängen und ihrem Einzugsgebiet. Die ziemlich leichte Bestimmung der Eigenschaften *in situ* (Topographie, Geomorphologie, Geologie) macht von dieser Verbindung ein wesentliches Werkzeug für die Schätzung der Gefahr. Die vorgestellten Arbeiten zeigen die Wichtigkeit der Oberfläche, des Abhanges, der Geologie usw., um die ausschlaggebende Art des Phänomens, das Volumen, usw. vorzusehen (Kap. 4);
- die Auslösung der Murgänge ist zwei Mechanismen hauptsächlich zurückzuführen (die Erosion und die Verflüssigung einer gerutschten Masse), die nach mehreren Modalitäten erscheinen können. Die Kenntnis dieser Mechanismen erlaubt, potentielle Auslösungszonen abzugrenzen, auf die die Feldarbeit konzentriert wird (Kap. 5);
- um die Feldbeobachtungen widerzuspiegeln ist es notwendig, drei Murgänge Familien zu unterscheiden. Jede dieser Familien hat ein Verhaltensgesetz, das ihm eigen ist. Es ist also wichtig, diese Familien zu unterscheiden, um den passenden Verbreitungsmodell wählen zu können. Werkzeuge, die auf rheometrischen Versuchen basiert sind, werden gegeben, um diese Wahl zu erlauben (Kap. 6).

Auf Grund dieses Kenntniskörpers war es möglich, eine Methodologie zu geben, um die Diagnose eines alpinen Einzugsgebiets zu schätzen. Diese Diagnose zersetzt sich in vier Etappen. Zuerst die vorläufige Diagnose, die darauf abzielt, die minimalen Elemente zu liefern, die für eine grobe Schätzung der Gefahr notwendig sind. Die drei anderen Etappen können mehr oder weniger parallel dazu gemacht werden, und stellen die eigentliche Diagnose dar. Diese Diagnose behandelt nicht nur von der Verbreitung, sondern soll auch alle Elemente liefern, die für die Modelle notwendig sind, die später gebraucht wird. Die Abb. 7-5 fasst diese Diagnose zusammen.

Riassunto

La metodologia proposta è basata sugli sviluppi di cinque punti significativi. Questi sviluppi sono necessari per dare una diagnosi equilibrata. Rappresentano tuttavia soltanto una fase verso una comprensione migliore del problema presentante. La metodologia è immaginata così per evolversi con progresso scientifico futuro. Questi sviluppi sono stati fatti nei seguenti settori :

- posizionare del fenomeno di colata detritica fra gli altri movimenti di massi permette di definirlo, in un modo univoco, come "un flusso granulare lubrificato, cinematicamente monofasico su una scala macroscopica" (cap. 2);
- le possibilità di collegamento fra la pioggia e le scatto dei colate detritiche sono state valutate. Questo capitolo analizza le difficoltà delle misure della pioggia in una zona montagnosa. Queste difficoltà permettono che può riparare il grado di riservatezza da dare ai modelli presentati (cap. 3);
- intuitivo, ci è un collegamento fra le colate detritiche ed il loro bacino idrologico. La determinazione relativamente facile delle caratteristiche in situ (topografia, geomorfologia, geologia) fa di questo collegamento uno strumento utile per valutare il pericolo. Gli impianti presentati mostrano l'importanza di superficie, del pendio, della geologia, ecc. per prevedere quale è il fenomeno prevalente, il volume, ecc. (cap. 4);
- lo scatto dei colate detritiche è soprattutto dovuto a due meccanismi (erosione e fluidificazione di slittate masse), che possono comparire secondo parecchie modalità. La conoscenza di questi meccanismi permette di delimitare le zone potenziali delle scatto, su cui le indagini saranno concentrate (cap. 5);
- per riflettere le osservazioni di terreno, è necessario da distinguere tre famiglie dei colate detritiche. Ognuna ha una legge cosituante adeguata. È così significativo distinguersi fra queste famiglie per potere scegliere il modello di propagazione adatto. Gli strumenti basati sulle prove rheometriche sono dati per permettere questa scelta (cap. 6).

In base a questo corpo di conoscenze è possibile dare una metodologia per fare una diagnosi d'un bacino idrologico alpino. Questa diagnosi è suddivisa in quattro fasi. In primo luogo la diagnosi preliminare, tende a fornire gli elementi minimi necessari per una valutazione del pericolo. Le tre altre fasi possono essere effettuate più o meno parallelamente e costituire la diagnosi in se. Questa diagnosi non si occupa della propagazione, ma deve fornire tutti gli elementi necessari ai modelli quale sarà usato da allora in poi. La figura 7-5 ricapitola questa diagnosi.