

Etude des processus d'instabilité des falaises et versants rocheux par prospection géophysique

1. Présentation du Projet

1.1 Description

Etat des connaissances

L'évaluation de la stabilité d'une falaise ou d'un versant rocheux de grande hauteur (plusieurs centaines de mètres) reste un problème complexe, principalement en raison de la multiplicité des mécanismes de déclenchement possibles et du manque de connaissances sur l'état réel du massif. Actuellement, elle est le plus souvent basée sur l'observation de la morphologie du versant et sur la mesure en surface des discontinuités (diaclasses, plans de stratifications, failles) qui l'affectent. Au cours du temps, ces discontinuités peuvent conduire à la déstructuration de la falaise ou du versant, qui se marque par des modifications de paramètres physiques tels que la vitesse de propagation des ondes P ou S, le facteur de qualité, les permittivité et résistivité électriques, la densité... Jusqu'à présent, les méthodes de reconnaissance géophysiques ont cependant été très peu appliquées aux grandes falaises et aux mouvements affectant les versants rocheux, sans doute en raison des difficultés de mise en œuvre. Ces techniques sont cependant les seules mesures envisageables qui permettent d'obtenir de l'information sur l'état intérieur du massif.

Objectifs

Le but du projet est de développer une méthodologie basée sur les techniques géophysiques en vue de reconnaître et de caractériser de manière quantitative l'état tri-dimensionnel des falaises (essentiellement calcaires) et des versants rocheux (dans les terrains cristallins). Dans la région de Grenoble, ces deux contextes géologiques et morphologiques fortement présents ont été ou sont affectés de phénomènes d'instabilité de grande ampleur, comme par exemple les éboulements des falaises de Chartreuse ou le glissement de Séchilienne dans le massif de Belledonne.

Sur la base d'une étude bibliographique et de l'expérience des partenaires, une sélection sera faite, parmi le vaste éventail de méthodes géophysiques à priori applicables (sismique, électrique, électromagnétique, radar, mesure de bruit), des techniques les mieux adaptées aux deux contextes pour mettre en évidence la déconsolidation des massifs à cette échelle.

L'accent sera d'abord mis sur des techniques rapides et robustes identifiant des zones déstructurées, qui feront alors l'objet de mesures plus précises permettant d'obtenir une image bidimensionnelle (tomographies sismique, électrique ou radar), parallèlement et perpendiculairement aux courbes de niveau. Cette étude préliminaire se basera sur des techniques géophysiques existantes et tentera d'étendre à l'intérieur du massif les observations structurales faites à la surface du massif rocheux.

Le projet s'inscrit donc dans le problème de l'évaluation de l'aléa mouvement de terrain de grande ampleur. La méthodologie développée, combinant mesures géophysiques et données morphologiques et structurales, pourrait être utilisée, d'une part pour détecter dans un massif rocheux (falaise ou versant) les zones potentiellement instables, et d'autre part pour étudier

l'évolution des mouvements progressifs affectant des versants rocheux (possibilité d'auscultations régulières à partir de méthodes géophysiques).

Méthodologie

Le projet vise à appliquer, sur des falaises rocheuses et des versants présentant des signes d'instabilité, des techniques géophysiques diverses adaptées au contexte géologique, et à évaluer et comparer ces résultats aux données géologiques et morphologiques existantes. Il s'agit d'une étude préliminaire ayant pour but d'évaluer l'applicabilité de techniques géophysiques à des objets géologiques dont l'aléa est difficile à appréhender et qui ont rarement été reconnus par ces méthodes.

Deux sites de mesure ont été sélectionnés dans la région de Grenoble. Dans les terrains cristallins, une campagne de reconnaissance géophysique sera organisée sur le site de Séchilienne qui a fait l'objet de nombreuses reconnaissances géologiques et géodésiques dans le passé. Les méthodes géophysiques envisagées à ce stade sont la sismique réfraction (profils de plusieurs centaines de m), l'inversion d'ondes de surface, la mesure du bruit sismique par des capteurs basse fréquence, la tomographie sismique (entre les galeries et le versant) et l'électromagnétique fréquentielle (dispositif deux boucles de faible diamètre). Sur les falaises calcaires, un site sera choisi dans le massif de la Chartreuse dans la région étudiée par le LIRIGM dans le cadre du contrat avec le SDAU (Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme). Outre les techniques mises en œuvre à Séchilienne, le radar sera testé sur les faces verticales des falaises afin de localiser des fractures ouvertes ou des zones fracturées. La réalisation des mesures sur le terrain, qui constitue une phase très importante du projet, sera réalisée conjointement par le LIRIGM et l'ADRGT avec une aide de l'Université de Liège qui prêtera son matériel de radar. Le matériel sismique sera fourni par le LGIT. Les mesures géophysiques prises seront interprétées par le LIRIGM, en collaboration avec le LGIT qui traitera les données d'ondes de surface et l'ADRGT qui fournira un stagiaire durant deux mois pour le traitement de certaines données géophysiques.

Localisation et durée

Les essais géophysiques seront réalisés sur deux sites correspondant aux deux contextes géologiques les plus courants aux environs de Grenoble et présentant des risques d'instabilité majeurs : le versant de Séchilienne et les falaises de Chartreuse.

Le projet s'étalera sur un an.

Une phase préliminaire, évaluée à deux mois, précédera la campagne de terrain. Elle comprendra le repérage, le choix précis du site de mesures sur les falaises de la Chartreuse et sur Séchilienne, le relevé topographique, le choix définitif des méthodes géophysiques et la préparation et vérification du matériel.

Chaque site fera alors l'objet d'une reconnaissance géophysique durant une semaine environ avec 5 à 6 personnes présentes sur le terrain. Les essais seront impérativement réalisés dans de bonnes conditions météorologiques afin de tester les possibilités optimales des méthodes utilisées.

L'interprétation séparée, puis conjointe des différents jeux de données, s'étalera sur une période effective de quatre mois, vu le volume important d'information acquise. Les résultats obtenus seront alors comparés aux données géologiques, géodésiques et morphologiques existantes (deux mois).

Enfin, la dernière période (trois mois) couvrira la synthèse des résultats, la proposition d'une méthodologie issue de la discussion entre les trois partenaires et la rédaction d'un rapport.

1.2 Organismes pilote et associés

Organisme Pilote : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche Impliquant la Géologie et la Mécanique (LIRIGM), Université J. Fourier, Grenoble, D. Jongmans et D. Hantz.

Organismes associés :

- Laboratoire de Géophysique Interne et de Tectonophysique (LGIT), Université J. Fourier, Grenoble, H. Pedersen.
- Association pour le Développement de la Recherche sur les Glissements de Terrain (ADRGT), Pierre Desvarreux.

1.3 Financement demandé 85 kF

- 2 mois stagiaire : 15.000 F
- Participation de l'ADRGT sur le terrain durant 6 jours : 12.000 F
- Location de matériel géophysique durant deux semaines : 15.000 F
- Frais d'envoi du matériel de Liège et logement d'une personne: 12.000 F
- Frais de location 4x4 durant deux semaines : 10.000 F
- Frais déplacement : 5.000 F
- Consommables (batteries, piquets, disquettes, explosifs...) : 6.000 F
- Frais de fonctionnement et de gestion : 10.000 F

L'interprétation d'une partie des résultats sera prise en charge par C. Dussauge (UJF) et H. Teerlynck (Université de Liège) dans le cadre de leur thèse de doctorat

2. Présentation des Programmes dans lequel s'insère ce projet

Ce projet s'insère dans le cadre des recherches menées par le LIRIGM, depuis une dizaine d'années, sur les mouvements de versants rocheux. Il constitue le prolongement logique des études consacrées, d'une part, aux mécanismes de déformation des versants métamorphiques (Vengeon, 1998, Vengeon et al., 1999), d'autre part, à l'évaluation de l'aléa éboulement rocheux dans les falaises calcaires (Hantz et al., 2001; Vengeon et al., 2001, thèse de C. Dussauge en cours). Dans ce contexte, certains essais préliminaires de prospection géophysique ont déjà été effectués en 1999, dans le cadre d'un précédent projet financé par le PGRN (Hantz et Dussauge, 1999).

De plus, le développement de nouvelles méthodes de reconnaissance des falaises et versants rocheux répond à une demande des différents intervenants opérationnels, comme l'a montré un bilan sur l'état des connaissances, effectué dans le cadre d'un contrat Etat Région Rhône-Alpes (LIRIGM-ADRGT-CETE, 1999). Le projet sera réalisé en liaison avec les études effectuées actuellement par le LIRIGM et l'ADRGT pour évaluer l'aléa éboulement rocheux dans l'agglomération grenobloise, à la demande du SDAU (LIRIGM, 2000; ADRGT, 2000). Par ailleurs, le projet permettra l'application aux versants rocheux alpins, de méthodes géophysiques déjà utilisées sur des glissements de terrains en Belgique et au Kyrgystan (Jongmans et al, 2000 ; Havenith et al., sous presse) ou sur d'autres objets géologiques comme les failles actives (Demanet et al., 2001).

Parallèlement à cet projet dont le financement couvre essentiellement des frais de campagnes de terrain, une demande de bourse de thèse sur ce thème a été introduite auprès de l'école doctorale.

3. Nature des résultats

Le principal résultat de ce projet sera la proposition d'une méthodologie d'étude des grands mouvements de terrain incluant des mesures géophysiques et des données géologiques et morphologiques.

Ces résultats feront l'objet de publications dans les revues françaises et internationales et seront présentés aux scientifiques et responsables en charge de l'aléa naturel (CETE, RTM, DDE, SDAU...).

Bibliographie

- ADRGT, 2000. Recherche des aléas majeurs d'écroulement rocheux sur les falaises calcaires du Y grenoblois. *Rapport d'étape*.
- DEMANET D., RENARDY F., VANNESTE K., JONGMANS D., CAMELBEECK T. AND MEGHRAOUI M., 2001, The use of geophysical prospecting for imaging active faults in the Roer graben, Belgium, *Geophysics*, 66, 78-89.
- HANTZ D., DUSSAUGE C, 1999. Evaluation des risques d'éboulements rocheux: bilan et perspectives. *Journée bilan du Pôle Grenoblois Risques Naturels, 26/10/99*.
- HANTZ D, VENGEON J-M, DUSSAUGE C, 2001. Approche historique, géomécanique et probabiliste de l'aléa éboulement rocheux. *Soumis au XV^o Congrès Français de Mécanique*.
- HAVENITH H.-B., D. JONGMANS, K. ABDRAKMATOV , P. TRÉFOIS, D. DELVAUX, AND I. A. TORGOEV, Geophysical investigations on seismically induced surface effects, case study of a landslide in the Sausamy valley, Kyrgyzstan, *Survey of Geophysics*, accepted.
- JONGMANS D., HEMROULLE P., DEMANET D., RENARDY F. AND VANBRABANT Y., 2000, Application of 2D electrical and seismic tomography techniques for investigating landslides, *European Journal of Environmental and Engineering Geophysics*, 5, 75-89.
- LIRIGM, ADRGT, CETE, 1999. Evaluation des risques d'éboulements rocheux : bilan et perspectives. *Rapport scientifique, Contrat de plan Etat-Région Rhône Alpes*.
- LIRIGM, 2000. Etude des aléas majeurs d'écroulement rocheux sur les falaises calcaires du Y grenoblois. *Rapport d'étape*.
- VENGEON J.M., HANTZ D., GIRAUD A., ROCHET L, 1999. Recherche du mécanisme de déformation d'un versant rocheux métamorphique. *9^o Congrès int. de mécanique des roches, Paris*, p.145-148. Balkema, Rotterdam.
- VENGEON J-M, HANTZ D, DUSSAUGE C, 2001. Prédicibilité des éboulements rocheux : approche probabiliste par combinaison d'études historiques et géomécaniques. *Revue Française de Géotechnique, à paraître*.

FICHE DE SYNTHÈSE

1. Titre du projet

Etude des processus d'instabilité des falaises et versants rocheux par prospection géophysique

2. Coordonnateur du projet

Jongmans, Denis, Professeur

Adresse : LIRIGM, Université Joseph Fourier, BP 53-38041 Grenoble cedex 9

Téléphone : 0476 828117 - Télécopie : 0476 828070

Email : Denis.Jongmans@ujf-grenoble.fr

Laboratoire : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche Impliquant la Géologie et la Mécanique (LIRIGM). Directeur : J-P Gourc.

Organisme gestionnaire de la subvention : Université J. Fourier, Grenoble.

3. Liste des personnes et organismes collaborant au projet

D. Jongmans et D. Hantz, Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche Impliquant la Géologie et la Mécanique (LIRIGM), Université J. Fourier, Grenoble.

H. Pedersen, Laboratoire de Géophysique Interne et de Tectonophysique (LGIT), Université J. Fourier, Grenoble.

P. Desvarreux, Association pour le Développement de la Recherche sur les Glissements de Terrain (ADRGT).

4. Financement du projet

- Montant du financement demandé (en kF TTC) : 85 kF
- Coût total du projet : 85 kF
- Autres financements : bourse de thèse MEN

5. Résumé du projet

Dans l'évaluation de l'aléa naturel lié aux éboulements rocheux (falaises calcaires) et aux grands mouvements de versant dans les terrains cristallins, la prospection géophysique constitue un outil susceptible d'apporter de l'information sur l'état du massif en profondeur. Jusqu'à présent, ces techniques ont cependant été très peu utilisées sur les grands phénomènes d'instabilité en raison de la taille de ces derniers et des problèmes pratiques de mise en œuvre. Le projet a pour but d'évaluer l'intérêt de l'utilisation d'une série de méthodes géophysiques (à priori adaptées) sur deux sites réels de contexte géologique différent (massifs calcaires et cristallins) Il s'agit d'une étude préliminaire visant à jeter les bases d'une méthodologie d'étude quantitative des phénomènes d'instabilité combinant des mesures géophysiques aux autres données géologiques, géomécaniques et géodésiques généralement utilisées.

Signature du coordonnateur

Signature des directeurs des organismes concernés