

ETUDES ET RECHERCHES ENGAGEES EN 1989 ET 1990

ET FINANCEES PAR LE CONSEIL GENERAL DE L'ISERE

Mouvements de terrain

1 - RECHERCHE SUR LES LOIS DE COMPORTEMENT DES GLISSEMENTS DE TERRAINS ARGILEUX. - LE CAS DE MONESTIER-DU-PERCY

Il existe un certain nombre de glissements de terrain, en particulier en Isère, qui affectent des masses importantes de matériaux argileux (La Motte de Sinard, Avignonet, St Martin de Clelles, Ponsonnas, Monestier du Percy etc...). Ces mouvements sont en général lents, au point que certaines agglomérations sont construites dessus (St Martin de Clelles, Villarnet...). Or certains de ces mouvements connaissent des phases de paroxysme qui ne paraissent pas à priori liées à des événements météorologiques catastrophiques.

C'est pourquoi, il a paru important, au point de vue de la sécurité des habitants, d'entreprendre sur un site, celui de Monestier du Percy, une recherche dont le but est de comprendre le mécanisme de tels glissements.

Ce site qui a connu en avril 1978 une accélération brutale avec glissement d'un volume de 1 million de m³ d'argile, a été équipé de 4 sondes inclinométriques, 3 sondes piézométriques, un pluviomètre et un capteur de température reliés à une centrale d'acquisition des mesures.

D'après les premières mesures, il semble qu'il existe un niveau piézométrique critique au dessus duquel la vitesse croît régulièrement mais que les pluies locales ont une influence limitée sur l'accélération des mouvements.

Cette recherche d'une durée de trois ans, associe l'Association pour le Développement des Recherches sur les glissements de Terrain (ADRGT) au service de Restauration des Terrains en Montagne (RTM) de l'Isère.

2 - AUSCULTATION SISMO-ACOUSTIQUE DES VERSANTS ROCHEUX INSTABLES. SITE DES RUINES DE SECHILLENNE

En matière de mouvements de versants, on manque de critères d'alarme fiables, permettant en particulier d'alerter les populations avec un délai raisonnable. Les méthodes d'instrumentation classiques sont relativement superficielles et elles ne permettent pas toujours de caractériser correctement l'évolution interne du mouvement vers la rupture généralisée. C'est en particulier le cas pour les massifs rocheux fracturés, sans discontinuité cinématique nette, tels que les Ruines de Séchillienne.

L'auscultation sismo-acoustique peut permettre de mieux caractériser le comportement d'ensemble du massif : par le repérage des zones d'émission on peut espérer localiser les secteurs où apparaissent les fractures. Par l'étude des spectres vibratoires émis on espère caractériser le type d'événements. Enfin l'analyse de la fréquence des événements et de son évolution dans le temps peut compléter les dispositifs d'alarme usuels.

Le projet consiste à placer 3 capteurs sur le site et à recueillir les données fournies sur une centrale de mesures. Les informations seront ensuite exploitées sur un matériel et à l'aide de logiciels existant à l'Université.

La mise en route de ce travail a été retardée par des difficultés de choix de l'appareillage le mieux adapté au problème et de recrutement d'un chercheur correspondant au profil souhaité. Aujourd'hui, le matériel est livré et le choix des implantations sur le terrain est fait. Les premières mesures vont commencer.

Cette recherche associe : - Le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, le Centre d'études Techniques de l'Équipement de Lyon et 2 laboratoires de l'Université Joseph Fourier. - Le Laboratoire de Géologie et de Mécanique, avec le concours du Laboratoire de Géophysique Interne et de Tectonophysique.

Neige et glace

3 - DYNAMIQUE DES AVALANCHES

Dans le domaine de la dynamique des avalanches, de nombreuses études de modélisation ont été faites notamment en France, Suisse, Norvège, Japon, URSS. Mais les résultats obtenus ne sont guère utilisables par les praticiens, en particulier pour localiser les avalanches dans les documents d'urbanisme. Ceci provient du fait que, si les techniques numériques se sont améliorées, de nombreuses incertitudes subsistent concernant les lois d'écoulement et la détermination de divers paramètres physiques.

Seule l'expérimentation sur des avalanches réelles peut fournir les informations indispensables aux "réalisateurs" de modèles.

La recherche entreprise correspond à une première étape permettant de réactiver la recherche française sur la dynamique des avalanches, tout en préparant la mise en place d'un programme beaucoup plus ambitieux qui serait mené en commun avec la Suisse, l'Italie et la Norvège. Elle comprend la mesure de différentes variables physiques (vitesse, hauteur du front et de l'écoulement, masse volumique...) dans des avalanches réelles. Des prototypes de capteurs et supports de capteurs ont été réalisés.

Le site expérimental du Col du Lautaret a été amélioré mais un autre site, complémentaire de celui-là et connaissant une activité avalancheuse plus importante, doit être recherché.

Ce travail associe le CEMAGREF, division nivologie et le Laboratoire d'Instrumentation, Micro informatique et Electronique (LIME) de l'Université Joseph Fourier.

4 - AMELIORATION DU PROJECTILE DE L'AVALANCHEUR

Dans le domaine du déclenchement préventif des avalanches, pour la protection des routes de montagne et des domaines skiables, il est souhaitable, pour des raisons de rapidité d'intervention et de sécurité de favoriser les techniques à "distance". On en connaît plusieurs dont l'avalancheur, lanceur pneumatique utilisant l'azote comprimé et permettant l'envoi d'un projectile explosif à 1800m. Ce moyen était peu à peu tombé en désuétude en raison de problèmes techniques rencontrés sur le projectile.

Sous la responsabilité de l'ANENA (Association Nationale pour l'Etude de la Neige et des Avalanches) un cahier des charges a été élaboré avec les partenaires concernés: Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) possesseur du brevet, Société Ruggieri, licenciée du CEA, Société Nitrochimie, Cemagref et utilisateurs. Un nouveau projectile plus sûr, plus fiable, plus efficace, a été réalisé et plusieurs campagnes d'essais ont eu lieu en montagne au cours de l'hiver 1990 - 1991. Ces essais ont donné toute satisfaction et une présentation du projectile aura lieu à Chamonix en juin 1991 lors du Symposium International que l'ANENA organise.

5 - ESSAI D'UNE MACHINE A FORER SUR FORTE PENTE

L'évolution des techniques de mise en place des ouvrages de correction et de protection réalisés par les services de Restauration des Terrains en Montagne (RTM) conduit de plus en plus à éliminer les terrassements et à les remplacer par des ancrages ponctuels, notamment pour mieux respecter l'environnement. Celui-ci est en effet particulièrement menacé par les opérations de Génie Civil en haute montagne, là où le couvert végétal se reconstitue difficilement. Les recherches conduites par le Cemagref ont conduit à concevoir une machine apte à se déplacer sur fortes pentes et portant une foreuse de capacité suffisante. Après appel d'offres, cette machine a été réalisée par une entreprise de la région de Marseille.

Le travail réalisé avait pour but de tester cette machine dans des conditions réelles de fonctionnement sur un chantier de pose de filets paravalanche de la commune de Lavaldens (Isère). Les conditions de travail étaient particulièrement difficiles et les tests furent très satisfaisants.

Sismique

6 - ETUDE DE L'EFFET POTENTIEL D'UN SEISME DANS LA REGION GRENOBLOISE ET EVALUATION DES EFFETS DE SITE

Pour prévoir les dommages que peut produire un séisme, il faut, en complément de l'étude de la sismicité régionale, déterminer la vulnérabilité locale, c'est à dire la sensibilité aux effets du séisme des différents points de la zone atteinte. Celle-ci est gouvernée par la structure locale du sous-sol. De nombreux exemples récents comme Mexico, Spitak (Arménie), San Francisco, ont illustré dramatiquement l'importance cruciale des structures superficielles du sous-sol pour expliquer l'amplitude et la répartition des dégâts. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette recherche.

L'objectif est de déterminer les paramètres physiques des matériaux superficiels et tout particulièrement la vitesse des ondes de cisaillement dont le rôle est essentiel pour la réponse locale à une sollicitation sismique. En effet ces ondes sont amplifiées lors de la traversée des matériaux de couverture (alluvions...). Le taux d'amplification est fonction de la nature et des propriétés dynamiques de ces matériaux. Il est souvent de l'ordre de 2 et peut atteindre des valeurs très supérieures. Les sollicitations auxquelles sera soumis un immeuble fondé sur ces sols sont donc très variables.

Le travail entrepris consiste à caractériser les sols suivant une technique suffisamment rapide pour permettre d'envisager un travail de zonage sismique à assez grande échelle. La méthode développée (étude de la dispersion des ondes de surface) est originale et présente l'avantage de pouvoir être mise en oeuvre en milieu urbain. Trois sites de l'agglomération grenobloise ont servi à la tester : le Parc Bachelard, le Parc Paul Mistral, et le Domaine Universitaire. Les résultats obtenus sont très encourageants et la méthode devrait être prochainement "opérationnelle".

Parallèlement une validation des modèles d'amplification des mouvements du sol est faite dans des cas réels : vallée de l'Ubaye et étude des dommages réels lors d'un séisme de magnitude modérée à Liège (Belgique), dans un contexte que l'on peut rapprocher de celui de l'Isère.

Cette recherche associe le Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique et l'ADRGT (Association pour le Développement des Recherches sur les Mouvements de Terrain).

7 - MESURE PAR GEODESIE DES MOUVEMENTS ACTUELS LE LONG DE FAILLES POTENTIELLEMENT ACTIVES DANS LES ALPES OCCIDENTALES

Le suivi par géodésie des failles actives est un bon moyen pour déterminer les zones présentant un risque sismique dans les Alpes. Il permet de compléter les études de sismicité historique qui, ne couvrant que quelques siècles, ne permettent pas de prendre en compte de gros événements dont la période de récurrence est de quelques millénaires.

Les travaux entrepris comprennent :

- La détermination des failles actives ou potentiellement actives.
- La mesure des vitesses horizontales et verticales de déplacement et la largeur des zones déformées le long des failles.
- La détermination des zones de blocage qui interviendra dans une deuxième étape à partir des mesures des mouvements.

Les premières mesures faites par comparaisons de nivellements et triangulations historiques ainsi que par installation de mini réseaux géodésiques locaux ont mis en évidence un assez grand nombre de failles actives avec des vitesses verticales atteignant 2mm/an et des vitesses horizontales allant de 5 à 10 mm/an.

Cette recherche d'une durée de 3 ans, associe le Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique et le Laboratoire de Géologie et de Mécanique de l'Université Joseph Fourier, aux Laboratoires de Géodynamique et d'Instrumentation Géophysique de l'Université de Savoie.

Volcanisme

8 - ETUDE GEOCHIMIQUE DES FLUIDES VOLCANIQUES - LAC PAVIN (AUVERGNE) ET LAC NYOS (CAMEROUN)

Le gaz carbonique (CO₂) est le composant majeur des gaz volcaniques. On l'observe en grande quantité dans la presque totalité des fumerolles et sources chaudes. Plus dense que l'air, il peut stagner ou même ruisseler le long des pentes en conservant des concentrations situées au delà des

limites admissibles pour les êtres vivants. Il était considéré comme inoffensif, mais récemment il a fait de nombreuses victimes : Indonésie (150 morts en 1979), Cameroun (2000 morts en 1986). La communauté scientifique est actuellement divisée quant aux mécanismes naturels impliqués dans de telles catastrophes.

La recherche entreprise a pour but d'analyser les mécanismes profonds du phénomène afin de développer une gestion et une prévention des risques liés à ce gaz. Les travaux ont été menés sur le lac Nyos (Cameroun) et sur le lac Pavin (Auvergne) qui présente des émanations de CO₂ variables et appartient à un groupe de cratères récents pour lequel une surveillance peut être souhaitable.

Une méthodologie originale a été développée afin d'établir une cartographie des concentrations et des flux de CO₂ dans le sol en région volcanique.

Pour le lac de Nyos, il a été montré par l'étude radiométrique des sédiments que le CO₂ émis lors de la catastrophe, avait été précédé ou accompagné par un lent dégazage de Radon. L'étude des radioéléments descendants de ce gaz, dans les sédiments où ils se sont déposés, montre que la catastrophe a été précédée pendant 1 à 2 ans par un flux anormal de Radon précurseur.

Cette recherche d'une durée de 3 ans associe le laboratoire d'Etudes et de Sécurité Industrielle du CENG, le Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement du CNRS et le Centre des Faibles Radio-Activités du CNRS de Gif- Sur- Yvette.

Crués en rivières

9 - MESURE DES PRECIPITATIONS ATMOSPHERIQUES A ECHELLES FINES - UTILISATION D'UN RADAR METEOROLOGIQUE ET D'UN PLUVIOMETRE OPTIQUE

La mesure de la pluie et sa prévision a une grande importance pour la gestion et la prévention de plusieurs risques :

- Les risques de crués qui, en montagne, où les temps de concentration des eaux sont très courts, exigent un suivi en temps réel des chutes de pluies et si possible leur prévision à quelques heures.
- Les risques de débordement et de pollution des réseaux d'assainissement en zone urbaine qui présentent les mêmes exigences mais sur des temps plus courts (quelques minutes) et des espaces plus réduits.
- Les risques d'érosion qui sont gouvernés par les pluies fortes, de durée très courte.

La recherche en ce domaine a pour but d'estimer, de simuler et de prévoir la pluviosité, d'une part en testant de nouveaux outils de mesure, d'autre part en développant des modèles mathématiques capables de représenter la variabilité des précipitations dans l'espace et dans le temps. L'étude entreprise concerne le premier aspect.

En zone urbaine, les réseaux de pluviographes et le réseau national de 12 radars de Météo-France n'assurent pas une couverture suffisamment fine. On a donc testé la possibilité d'utiliser un radar météorologique de configuration légère (courte longueur d'onde, couvrant la ville dans un rayon de 20 km).

Les essais ont eu lieu à Grenoble. 10 situations orageuses ont été observées. Malgré une sous-détection liée à l'atténuation, on observe un bon synchronisme entre les mesures radar et les mesures de pluie au sol. Une correction de ce défaut d'atténuation a été faite grâce à un pluviomètre optique qui mesure la distribution granulométrique des gouttes.

A la suite de ces études préliminaires, un radar et un pluviomètre optique ont été achetés. Cet appareillage sera utilisé à Grenoble, puis intégré pendant 18 mois au dispositif de contrôle du réseau d'assainissement de la ville de Marseille.

Ce travail est conduit par l'Institut de Mécanique de Grenoble en collaboration avec divers partenaires (LCPC de Nantes, CNET, EDF) et trouve son prolongement dans un projet Européen associant 14 laboratoires.

10 - STATION HYDROMETRIQUE SUR L'ISERE

Il existe en France environ 2000 stations hydrologiques, mais il n'existe pas de stations d'essais et de contrôle de matériel. Il a donc été estimé utile de réaliser une telle station pour améliorer les moyens de mesure des débits. Elle permettra en outre d'assurer un suivi des crués à l'entrée de Grenoble et avec l'appui de l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique et de Mécanique de Grenoble (ENSHMG) d'assurer une formation de cadres techniques aux méthodes modernes. Ultérieurement, elle permettra un contrôle de la qualité des eaux de rivière.

Cette station est réalisée par l'ENSHMG en collaboration avec EDF ainsi que le Ministère de l'Environnement pour la formation en hydrométrie.

11 - VISUALISATION des ECOULEMENTS en CRUES et des POLLUTIONS

Dans l'étude de phénomènes catastrophiques, l'imagination peut facilement concevoir un évènement d'ampleur limitée par référence à un évènement observé. Il est en revanche difficile de se représenter un phénomène d'une ampleur exceptionnelle.

Le travail de recherche entrepris a eu pour but de remédier à la pauvreté de la représentation graphique des résultats de processus physiques complexes, notamment dans le domaine de la simulation des crues et des pollutions pour :

- . permettre aux techniciens de contrôler les résultats
- . permettre aux non-techniciens d'accéder à ces résultats
- . favoriser la communication des spécialistes avec les élus, les décideurs et le grand public.

L'environnement logiciel développé a permis la réalisation de plusieurs films d'animation :

- . inondations de la plaine du Grésivaudan par les crues de l'Isère
- . inondation consécutive à une rupture de barrage
- . transferts de polluants dans les eaux de surface et les eaux souterraines.

Ce travail a été réalisé par le Laboratoire Hydraulique de France (LHF) en collaboration avec l'Institut de Mécanique de Grenoble et la Société GÉTRIS Image. Grâce à la technologie ainsi développée, le LHF a obtenu deux contrats d'études et participe au projet EUREKA-VISIMAR qui concerne les processus environnementaux dans les eaux côtières.

12 - ETUDE des COURBES INTENSITE-DUREE-FREQUENCE des PRECIPITATIONS dans les ALPES

Les crues et laves torrentielles sont provoquées par des pluies fortes et courtes que les pluviographes mesurent bien ; mais ces appareils ne sont automatisés que depuis les années 1980. Les enregistrements antérieurs constituent un trésor d'informations inexploitées.

Pour mettre ces données à la disposition de tous, sous une forme utilisable, EDF-Division Technique Générale et le CEMAGREF se sont associés et ont entrepris le dépouillement de ces enregistrements et leur traduction sous une forme statistique directement exploitable, appelée courbes Intensité-Durée-Fréquence qui, pour tous les postes des Alpes, donnera la pluie de 1 heure (ou 2, ou 6...ou 24 h) qui se produit une fois tous les 5 ans (ou 10, ou 20 ou 1 000 ans). Ces données sont irremplaçables pour tous les projets de corrections torrentielles. Le travail en cours concerne 77 postes et totalise 1 800 années-stations enregistrées.

13 - REALISATION d'une PLATEFORME TORRENTIELLE POLYVALENTE pour MODELISATION PHYSIQUE des PHENOMENES NATURELS

Une façon usuelle d'étudier les phénomènes hydrauliques complexes consiste à les reproduire à échelle réduite. Pour les crues torrentielles, cette possibilité n'existe pas actuellement en France. Plusieurs partenaires (SOGREAH, CEMAGREF, Laboratoire Hydraulique de France, Services de Restauration des terrains en Montagne) ont décidé de s'associer pour combler cette lacune et réaliser un tel outil qui sera localisé dans les laboratoires de SOGREAH. Il sera utilisé alternativement pour des essais industriels et des travaux de recherche dans une collaboration entre SOGREAH, l'Institut de Mécanique de Grenoble et le CEMAGREF. Tous les types de crues torrentielles seront modélisés : crues d'eau claire, crues chargées en débris solides, laves torrentielles et il sera possible de tester les aménagements de protection.

Avec cet équipement, Grenoble rejoint les rares sites mondiaux les plus en pointe dans l'étude des laves torrentielles, au Japon, en Chine et à Zurich (Suisse). La réalisation est prévue pour l'été 1991.

14 - MISE au POINT d'un APPAREIL de MESURES du TRANSPORT SOLIDE par MESURE de l'ABSORPTION DES RAYONNEMENTS GAMMA

La mesure des transports solides dans les écoulements torrentiels est à l'heure actuelle impossible. Or, ces données permettraient de dimensionner correctement les ouvrages de rétention qui protègent les sites urbains et économiques situés sur les cônes de déjection des torrents.

Aucun procédé de mesure simple ne semble utilisable. Par contre, la radioactivité artificielle constitue une piste intéressante. Un projet a été élaboré par les deux partenaires associés dans cette étude : le Commissariat à l'Energie Atomique - Service d'Application des Radio-Eléments et le CEMAGREF.

Après test en laboratoire, ce matériel sera installé et testé sur un site de mesures du CEMAGREF, le Bassin Expérimental de Draix, près de Digne.

Intrumentation

15 - SYSTEME de VISION TELECOMMANDEE pour la SURVEILLANCE de PHENOMENES NATURELS

Le CEA-Division LETI a développé un système de vision destiné à la surveillance des risques naturels.

Une caméra couleur est montée sur une tourelle placée à courte distance de la zone à étudier. Conçue à l'origine pour l'étude des volcans, elle peut être placée dans un environnement hostile. Elle est télécommandée à partir d'un PC où l'image est reçue et traitée.

Ce système permet la surveillance de sites dangereux avec l'acquisition de paramètres physiques. Il permet la surveillance visuelle sans opérateur avec la possibilité de connexion à un système d'analyse d'image.

La Division LETI étudie la possibilité d'utiliser ce matériel pour la surveillance à distance de divers risques naturels : feux de forêts....