

APPORT DE L'IMAGERIE NUMERIQUE
A LA CARACTERISATION DE MOUVEMENTS DE TERRAIN
DE GRANDE AMPLEUR

par F. GIRAULT et J.P. ASTE (BRGM)

BRGM Avenue de Concy, BP 6009 Orléans cedex 2, France

1. Résumé

Les techniques de traitement d'images rendent désormais possible une approche relativement nouvelle de l'étude de l'évolution de versants instables, à condition de disposer de données spécifiques suffisamment précises pour décrire, dans le temps, la morphologie de tels versants.

Ces techniques sont utilisées pour la comparaison de modèles numériques de terrain (MNT) à mailles fines - 2 à 5 m de côté -, calculés à partir de données photogrammétriques traditionnelles, ou à partir de couples stéréographiques de clichés aériens numérisés ; dans ce dernier cas, ils sont obtenus par recherche automatique par auto-corrélation de points homologues d'un cliché à l'autre du couple.

La mise en oeuvre d'une méthodologie développée récemment (GIRAULT F., 1992) permet d'établir une cartographie de l'évolution, entre deux dates, d'un versant considéré. Les données de base ainsi que les informations obtenues sont exploitables au moyen des Systèmes d'Informations Géographiques - SIG - (ASTE J.P. et al., 1992).

2. Principe de la méthode

Dans le domaine de l'auscultation de versants affectés par des mouvements de terrain, la photogrammétrie est traditionnellement utilisée pour la réalisation de plan en courbes de niveau à très grande échelle.

Cependant, la comparaison de plans successifs, dans le temps, d'un même versant reste difficile et peu précise. La perception de son évolution est alors floue et ne peut être obtenue qu'à long terme, par instrumentation - elle dépend dans ce cas de la représentativité de l'échantillonnage - et par un nombre limité de personnes familiarisées avec le site.

Les modèles numériques de terrain apportent aujourd'hui une solution élégante à ce problème. En effet, en disposant de plusieurs MNT réalisés à partir de données décrivant la morphologie d'un site à des dates successives $T_0, T_1, T_2, \dots, T_n$, il est possible, moyennant certaines conditions, de mettre en évidence, par la comparaison des MNT, cette évolution.

Cette comparaison met en oeuvre les techniques de traitements d'images, largement développées ces dernières années pour les besoins de la télédétection spatiale ; elle consiste dans un premier temps à calculer une image de la différence entre deux MNT, et, dans une seconde phase, à interpréter cette image à la lumière du contexte géologique et climatologique local, et de l'historique de l'évolution des désordres.

3. Conditions de réalisation

Les MNT peuvent être calculés à partir de semis de points (données photogrammétriques brutes) ou de courbes de niveau saisies par numérisation. Pour être exploitables, ils doivent toutefois avoir une résolution en x, y et z suffisamment fine, qui dépend de la densité du semis de points descriptifs de l'état de surface du site, ou de l'équidistance des courbes de niveau des plans considérés. La méthode n'est donc performante que si l'ampleur des désordres survenus pendant l'intervalle de temps considéré est assez grande, ce qui en limite encore l'usage aux mouvements de terrain de grande ampleur.

Deux voies sont présentées ici :

- l'exploitation de données photogrammétriques traditionnelles, correspondant à un semis de points (données brutes) ;
- l'utilisation de "MNTAERO", modèles numériques de terrain issus de l'analyse numérique de couples photographiques aériens, obtenus auprès de la société ISTAR (France).

Les données ont été traitées au moyen du système 600 d'IIS, installé sur VAX au département de Télédétection du BRGM, mais il est tout à fait envisageable de les traiter sur du matériel type PC..

4. Exemples d'application

Deux exemples, situés en France, ont été traités pour définir et tester la méthodologie proposée : ce sont celui de la Clapière, dans les Alpes Maritimes, et celui de la Pointe de Friolin, en

Savoie. Des données photogrammétriques traditionnelles ont été traitées sur le premier, et des MNT obtenus à partir de clichés aériens sur le second.

4.1 La Clapière

Deux fichiers contenant les coordonnées géographiques (x, y, z), de plus de 50 000 points chacun, décrivant la morphologie de la Clapière en 1970 et en 1989 ont été traités pour la préparation de MNT selon une maille de 5 m x 5 m. Ce versant de près de 90 ha (1 km de longueur pour 700 m de hauteur - de 1 000 à 1 700 m d'altitude) est affecté par des désordres dont l'amplitude atteint 30 m. Il fait l'objet d'une surveillance par instrumentation depuis plus de 10 ans, de sorte que son évolution est maintenant bien connue.

Une photographie à l'échelle approximative du 1/10 000 a été numérisée et mise en conformité géométrique avec les MNT de façon à pouvoir être utilisée et superposée à l'image de la différence entre les MNT. Cette dernière, colorisée par pseudocouleurs, a permis d'établir une carte numérique de l'évolution du versant mettant en évidence les structures qui contrôlent l'évolution du site, à savoir :

- une formation pétrographique particulière, jouant un rôle de charnière dans ce glissement de type rotationnel,
- la fracturation, qui individualise trois compartiments évoluant peut-être plus ou moins indépendamment les uns des autres, ou en tout cas dans lesquels les désordres ne sont pas répartis de la même façon.

L'amplitude minimum de la composante verticale des désordres détectée par cette méthode est de l'ordre du mètre.

La carte obtenue, dont l'interprétation confirme, mais aussi précise, les connaissances déjà acquises sur le site, montre l'empreinte en surface de phénomènes plus ou moins profonds que l'on peut dès lors tenter de décrire.

Les résultats obtenus sont en parfait accord avec les observations de terrain. Le déplacement de cibles topométriques, dont la position a été déterminée sur l'image numérique, est conforme aux mesures fournies par le dispositif de surveillance.

Des profils topographiques ont été extraits des MNT. L'évolution dans le temps d'un même profil montre de façon nette la progression spectaculaire de la base du versant selon une rotation de 5° environ à partir d'un axe situé vers 1 400 m d'altitude.

Mais surtout, il a été possible de quantifier le volume des déformations superficielles qui faisaient jusque là l'objet d'estimations plus ou moins précises, et de reconnaître la distribution statistique des désordres - du moins de leur composante verticale - dans le versant pris dans son entier, ainsi que dans chacune des unités pétrographiques.

Cette distribution montre que les déformations sont dans l'ensemble assez régulières ; elle permet de visualiser la participation des écroulements (ou au contraire du bourrelet de pied) aux désordres et de comparer l'importance de ceux-ci d'un compartiment structural ou d'une formation pétrographique à l'autre.

Ainsi dispose-t-on d'éléments fiables pour caractériser au mieux et appréhender l'évolution du site, voire l'origine des désordres.

4.2 Le Friolin

La pointe de Friolin, située en Vanoise (Savoie) présente, sur son versant est, des désordres très importants qui résultent (GOGUEL B., 1989) d'un mouvement en masse qui s'est produit en 1982, affectant toute la face rocheuse sur une longueur de près de 600 m ; la hauteur du ressaut atteint 250 m. Le mouvement s'est en réalité traduit par un abaissement de plus de 50 m de cet escarpement.

Les MNT utilisés pour décrire l'évolution de ce site ont été obtenus auprès d'une société spécialisée dans leur préparation, d'après une méthodologie développée pour la réalisation de MNT dérivés de couples stéréographiques d'images SPOT, puis adaptée à l'exploitation de photographies aériennes. Il s'agit donc de fichiers acquis par sous-traitance.

Dans cet exemple, les photographies utilisées, très classiques, sont celles de l'Institut Géographique National (IGN, mission de 1970 et 1986) à l'échelle du 1/30 000. Les MNT ont été restitués avec une maille de 4 m x 4 m, et les orthophotos correspondantes avec un pas de 2 m x 2 m. Les exemples traités depuis montrent que l'on peut obtenir, selon la qualité des clichés utilisés, des MNT plus fins (2 m x 2 m).

Comme pour la Clapière, le calcul de la différence entre les MNT et sa restitution sous forme d'image a permis d'établir une carte de l'évolution du versant. L'utilisation de pseudo-couleur en facilite l'analyse.

Les résultats obtenus sont, là aussi, en accord avec les observations de terrain. Outre cette carte, dont l'examen révèle la présence d'un axe séparant les affaissements (en amont) des gonflements (en aval), une vingtaine de profils topographiques ont été réalisés à partir des MNT. Tous montrent que l'événement de 1982 se traduit par un basculement de la surface topographique du versant, suggérant que le mouvement était en fait un glissement rotationnel.

Le site n'est pas, actuellement, instrumenté, mais on dispose dorénavant et déjà d'une carte qui permettrait d'optimiser l'installation éventuelle d'un dispositif de surveillance.

5. Conclusion

D'une manière générale, la méthodologie proposée permet d'établir rapidement - à partir du moment où l'on dispose des données, ce qui peut demander environ 1 mois - un bilan de l'évolution d'un site affecté par un mouvement de terrain. La réalisation d'une carte de l'évolution entre deux dates de ce site permet aux géologues et aux géotechniciens d'appréhender la structure des désordres, au travers de laquelle transparaissent la dynamique des mouvements et les structures qui contrôlent l'évolution du site (fracturation, lithologie, pétrographie...).

La mise en oeuvre de cette méthode permet donc aux responsables d'orienter le choix d'un dispositif de surveillance, ou d'optimiser les reconnaissances traditionnelles ponctuelles (implantation de forages de reconnaissance, prélèvement d'échantillons, etc...). Elle les guide aussi dans leur diagnostic sur le type de mouvement en cause, et, éventuellement, sur la nature et l'origine des désordres.

Références

GIRAULT F. - Auscultation de versants instables par imagerie numérique ; thèse d'ingénieur CNAM, Paris, 1992.

ASTE J.P., GIRAULT F. - GIS, SPOT, DEM and morphology of major land movements; 6th Int. Conf. on Landslides, Christchurch, 1992

GOGUEL B. - Le glissement du Friolin, en Savoie : un mouvement majeur révélé par les photographies ; Rev. Franç. Géotechn. n° 48, pp.55-64, 1989.

Remerciements Cet article est la publication scientifique n°92006 du BRGM; il a été réalisé dans le cadre d'un projet financé sur crédits de recherche du BRGM.