

OBSERVATION SPATIALE ET SIG: DES OUTILS POUR CARTOGRAPHIER LES ZONES SENSIBLES AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN

Jean-Yves SCANVIC*

RÉSUMÉ Les niveaux de sensibilité des sols aux mouvements de terrain ont été cartographiés dans différents bassins de risques en Bolivie, en Colombie et à Taïwan, selon une méthodologie développée au BRGM et fondée en partie sur l'extraction visuelle et numérique d'informations contenues dans les données de télédétection spatiale stéréoscopiques et leur gestion-valorisation dans un SIG. Ces cartes font apparaître l'intérêt de l'imagerie Spot pour la gestion du risque naturel.

• MOUVEMENT DE TERRAIN • RISQUE NATUREL • SIG • SPOT • TÉLÉDÉTECTION SPATIALE

ABSTRACT A methodology dedicated to the assessment of soil susceptibility to ground movements has been developed by BRGM and implemented in hazard areas in Bolivia, Columbia and Taiwan. The approach is based on the valorisation by GIS of the combination of visual interpretation and computer analysis of remote sensing data. The resulting maps show the usefulness of Spot imagery in natural hazard assessment.

• GIS • LANDSLIDE • NATURAL HAZARD • SATELLITE REMOTE SENSING • SPOT

RESUMEN Se cartografiaron varios niveles de sensibilidad de los suelos a los deslizamientos en distintas condiciones regionales de riesgos (Bolivia, Colombia y Taiwan), según una metodología desarrollada por el BRGM. Ésta se basa en la extracción visual y numérica combinada de las informaciones contenidas en los datos estereoscópicos de teledetección espacial y su valorización por medio de un SIG. Los mapas obtenidos subrayan el interés de los datos de Spot para la gestión de los riesgos naturales.

• DESLIZAMIENTO • RIESGO NATURAL • SIG • SPOT • TELEDETECCIÓN ESPACIAL

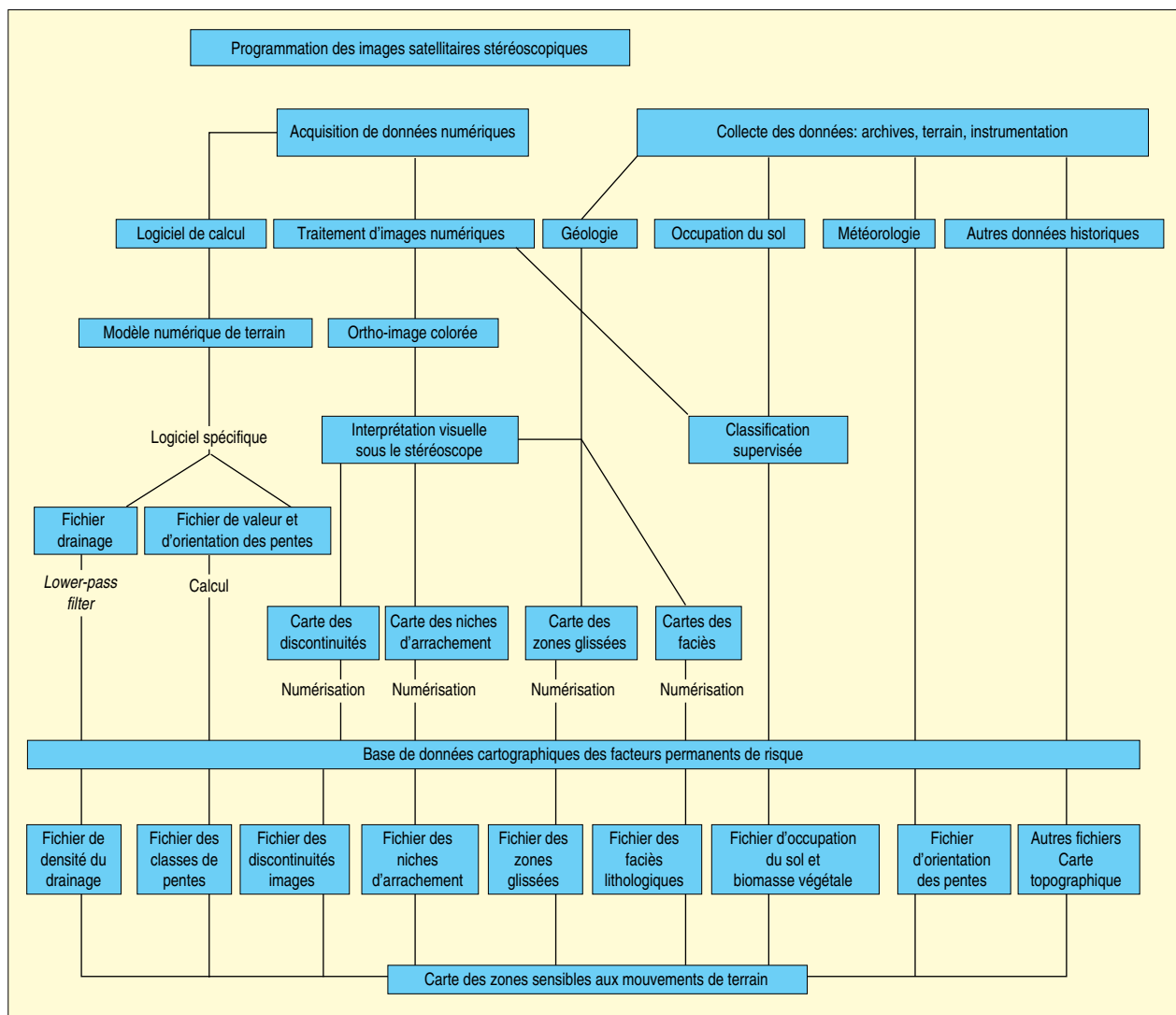
La décennie du risque

Inondations, tsunamis, cyclones, feux de forêt, désertification, érosion, avalanches, mouvements de terrain, tremblements de terre, éruptions volcaniques et chutes de météorites sont les risques les plus fréquents affectant le milieu naturel. Tous ont en commun de porter atteinte aux personnes et aux biens. Certains risques naturels tels que tremblements de terre, éruptions volcaniques et mouvements de terrain ont une origine en tout ou partie géologique et l'on admet généralement que les derniers sont une des causes les plus fréquentes de catastrophes. D'origine principalement lithologique et morphologique, contribuant à la mise en mouvement des terrains dans certaines conditions, ils peuvent être directement induits par un tremblement de terre ou une éruption volcanique; mais ils apparaissent aussi, de plus en plus souvent, sous l'effet de l'action déstabilisatrice de l'homme: développement de l'urbanisme et des infrastructures, déforestation, pratiques agricoles, pollutions des

eaux, gestion des eaux, exploitations de carrières et travaux miniers, qui s'ajoutent et amplifient les causes naturelles. Ainsi, l'hiver pluvieux de 1993-94 succédant à une longue période de sécheresse s'est caractérisé par une série de catastrophes naturelles: inondations en Camargue, mouvements de terrain le long du TGV Nord, à La Salle-en-Beaumont en Savoie, dans la région de Saint-Étienne et près de Nice.

Pour ces raisons, l'étude et la prévention des mouvements de terrain est devenue une préoccupation majeure des responsables des pays à risque et des organisations internationales. Elles sont parmi les principales justifications du programme «Décennie Internationale pour la Réduction des Risques Naturels» (IDNDR) qui, sous le patronage de l'UNESCO, a débuté en 1991, et s'attache en particulier à l'inventaire des zones perturbées par des mouvements anciens et récents et à la cartographie des zones sensibles. Impliqué dans ce programme, le BRGM y a développé une méthodologie qui est l'aboutissement d'une

* Expert en télédétection, BRGM, Orléans-la Source.



A. Les étapes de la cartographie

réflexion sur l'évolution des outils de saisie et d'analyse de l'information et du concept de cartographie du risque naturel (Scanvic *et al.*, 1995). Cette réflexion a montré que les techniques de télédétection aérospatiale, imagerie satellitaire et photographies aériennes, paraissaient bien adaptées à la cartographie de certains risques, et a conduit à en privilégier la mise en œuvre dans le domaine des mouvements de terrain.

Évolution des outils et du concept cartographique

Les géologues se sont tout d'abord intéressés à la typologie et à la cartographie des zones glissées ou en mouvement, ainsi qu'à celles des indicateurs précoces et des désordres de surface. On entend par mouvement de terrain un déplacement, *a priori* mesurable, de tous les matériaux, roches, formations superficielles qui, sur un versant, peuvent être mis en mouvement par suite d'une rupture d'équilibre. Les indicateurs de surface de

mouvements de terrain sont, en général, inscrits dans la morphologie du site et l'analyse commence par l'identification de la zone de désordres et de ses limites apparentes à l'aide de critères spécifiques: niches d'arrachement, bourrelets, effondrements, ravinements, crevasses, éboulis, surfaces de rupture (concave), masse déplacée (convexe), gradins, etc.

Jusqu'à une époque récente, l'inventaire des mouvements de terrain a été fondé sur l'aérophotographie et la photo-interprétation utilisées en complément des levés de terrain. Actuellement, malgré les développements de la télédétection spatiale et l'évolution programmée de ses caractéristiques, on s'accorde à dire que la photographie aérienne restera l'un des outils de la cartographie du risque, car c'est l'archive photographique la plus ancienne.

Au cours des années 1970-1980, les géologues ont jeté les bases de la cartographie des zones sensibles, aux fins de prévention. Il

a fallu pour cela définir des facteurs de déclenchement, qu'ils soient naturels ou anthropiques. On retient généralement comme tels la nature des roches, la teneur en eau, la pente du versant, son exposition, le degré de fracturation et d'altération, et l'état d'occupation des sols. Il existe aussi des facteurs aggravants liés à la météorologie et à l'action de l'homme.

Dès 1972, avec le lancement du satellite Landsat MSS, les possibilités de la télédétection spatiale sont apparues dans ce domaine; mais, jusqu'à la mise en orbite des satellites de deuxième génération, Landsat TM et Spot stéréoscopique, cette technique n'a été que peu utilisée. Enfin, la mise au point des Systèmes d'Information Géographique a été décisive. Depuis, grâce d'abord à l'instrument Doris, embarqué à bord de Spot 2, puis aux capacités interférométriques du radar de ERS1, il paraît possible d'assurer le suivi de l'évolution des masses glissées et d'en mesurer le déplacement avec une bonne précision. On s'attache pour cela à définir des modèles de déformation.

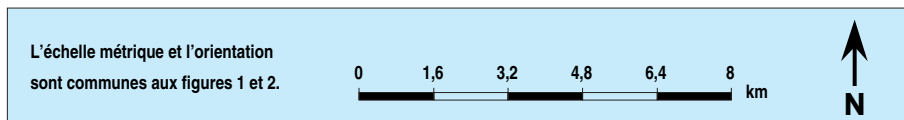
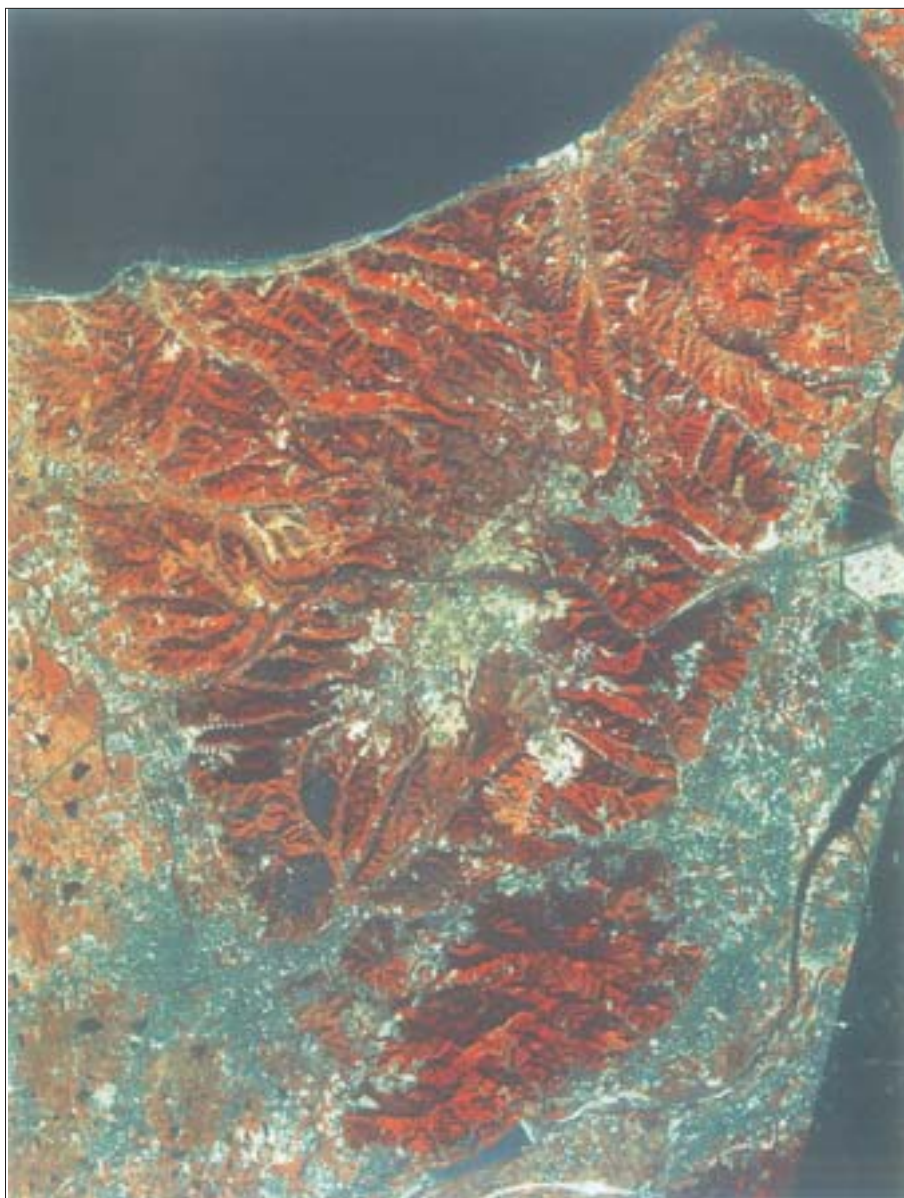
Les étapes de la cartographie des zones sensibles par télédétection

Cette cartographie, réalisée dans un SIG, est fondée sur l'acquisition, le traitement numérique et l'analyse statistique des informations extraites des données spatiales stéréoscopiques (tab. A). L'accès à la stéréoscopie est essentiel à deux niveaux de cette cartographie: celui de

l'observation des formes du relief et de leur interprétation en termes géologiques, structuraux et d'inventaire des zones de désordre et indicateurs de glissement; et celui de la réalisation d'un modèle numérique de terrain, source de produits dérivés indispensables: carte des pentes, d'exposition de pentes, de drainage et d'ortho-images; couple stéréo simulée et vues panoramiques. S'appuyant actuellement sur la photo-interprétation

et la classification numérique, cette méthodologie devrait, à très court terme, tirer profit des progrès de la photo-interprétation assistée par ordinateur en vision 3D.

Elle a été expérimentée en Bolivie, Colombie et à Taïwan. Les cartes produites ont été validées à partir des documents d'archives et par un contrôle sur le terrain, le déclenchement de nouveaux glissements les justifiant *a posteriori* en des points



1. Image Spot XS du site de Linkou (Taïwan)

© CNES, traitement BRGM.



2. Carte de sensibilité des sols aux mouvements de terrain sur le site de Linkou (Taïwan)

Rouge: sensibilité forte, jaune: sensibilité moyenne, bleu sensibilité faible.
 Traitement BRGM.

précis (fig. 1 et 2). Ces cartes allient de façon optimale l'observation de terrain et la vision offerte par la télédétection aérospatiale. Elles font apparaître l'intérêt de l'imagerie Spot stéréoscopique pour la gestion des risques naturels, et les mouvements de terrain en particulier, à différents niveaux où son usage est nécessaire, sinon suffisant ou irremplaçable à coût égal. Cet intérêt est reconnu dans de nombreux domaines comme la connais-

La matière de cet article est le résultat de recherches entreprises dès 1990 au BRGM, Département Télédétection, grâce à un financement de la Direction Scientifique et un cofinancement du programme Spot Aval du CNES. La municipalité de La Paz (Bolivie), INGEOMINAS (Colombie), ITRI (Taïwan), l'Université Paris VI, la société ISTAR et le Comité GARS (UNESCO-IUGS) ont collaboré, à différents degrés, à la réalisation des études.

sance de l'état de surface et son évolution, l'occupation du sol, les zones de désordres, la géomorphologie, la spatialisation de l'information, les références historiques, les modèles de déformation et le contrôle de qualité. À des degrés divers, cet usage peut être étendu aux autres risques de nature géologique, volcanisme, sismicité, érosion.

Références bibliographiques

SCANVIC J.-Y., CARNEC Cl., GIRAULT F. et ROUZEAU O., 1995, «Observation spatiale et Systèmes d'Information Géographique, outils de cartographie des risques naturels géologiques: exemples des zones sensibles aux mouvements de terrain en zone andine et à Taïwan», Université d'été internationale *Espace et Environnement*, Brest, juillet 1994, Toulouse, Éd. Cepadues (à paraître).