

L'IMAGERIE SATELLITALE ET SON USAGE POUR DÉLIMITER LES ZONES DE GLISSEMENT. CAS DE LA VALLÉE DE LA PRAHOVA (ROUMANIE)*

ABDELKADER ABDELLAOUI, ANDRÉ OZER***, MIHAI IELENICZ,
ILEANA GEORGETA PĂTRU**

La Roumanie est exposée à divers risques naturels parmi lesquels les glissements de terrain représentent la forme la plus fréquente. Ces phénomènes prennent une importance particulière en zones habitées ; c'est le cas de la localité de Breaza sur la vallée de la Prahova (Roumanie) où le phénomène de glissement de terrain s'est accéléré de façon notable sous les effets conjugués de la nature du sol, de séquences pluviométriques particulières et de pression anthropique importante sur le milieu naturel.

L'objectif du présent travail est d'analyser l'apport de l'imagerie satellitale haute et moyenne résolution pour la délimitation des zones de glissement. Bien qu'un glissement de terrain ne concerne généralement qu'une faible étendue, nous montrons qu'il est possible, moyennant des traitements spécifiques, d'appréhender les manifestations extérieures du phénomène et son impact sur la recomposition de l'espace.

Ce travail est mené dans le cadre d'un projet de recherche partagé financé par l'Agence Universitaire de la Francophonie.

Mots clefs : imagerie satellitale, glissements de terrain, Spot, Landsat.

I. Introduction

La Roumanie est exposée à divers risques naturels parmi lesquels les glissements de terrain représentent la forme la plus fréquente. L'apparition d'un glissement de terrain est le résultat de la conjonction de plusieurs facteurs qui peuvent être : permanents (peu ou pas variables dans le temps ; dus à la présence de plans de rupture préférentiels par exemple, pente de terrain etc.) ou semi permanents (évolution dans le temps due à la teneur en eau des matériaux, à l'érosion en bas des pentes, à l'action anthropique). Lorsque l'un des facteurs subit une forte variation dans un laps de temps très court, il peut engendrer une déstabilisation du matériau et provoquer un glissement ou réactiver un

* Le travail fait partie du projet de recherche partagée « Convention 2015 RR303 Apports de la télédétection pour l'étude des géorisques en Roumanie » financée par A.U.F.

** Université Paris 12.

*** Université de Liège.

glissement préexistant ; il peut s'agir, par exemple, d'un épisode pluvieux exceptionnel ou d'une pression anthropique.

Ces deux facteurs (pluviométrie et pression anthropique) ont effectivement subi une forte variation sur une échelle de temps courte pour la vallée de la Prahova. Ce constat nous amène à nous interroger sur la faisabilité d'un système d'aide à l'estimation et au suivi du phénomène de glissement et sur l'apport de l'imagerie satellitale pour la réalisation de cet outil.

L'image satellitale enregistre la réponse de la surface à une excitation électromagnétique extérieure pouvant se situer dans l'une des gammes de longueurs d'onde du visible ou du proche infra rouge, de l'infra rouge thermique ou des hyper fréquences. Le phénomène de glissement se manifeste par des variations de l'état de surface et serait donc appréhensible à partir de l'imagerie satellitale à la condition minimale que l'échelle de variation corresponde à la résolution spatiale de l'image.

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une recherche partagée financée par le réseau de télédétection de l'AUF qui a permis, entre autre, l'acquisition de deux images satellitales (SPOT XS 1992 et LANDSAT TM 2000) couvrant le secteur d'étude.

II. La perception du phénomène de glissement

II.1. Les manifestations externes du glissement

Les glissements de terrain font partie de la catégorie des processus de versant qui en changent la géomorphologie. Un glissement peut se caractériser par :

- des niches d'arrachement ou crevasses, principales et latérales, avec brusque rupture de pente (pente concave), dans sa partie amont ;
- un bourrelet de pied (ou frontal) à pente convexe dans sa partie aval ; la poussée exercée par le bourrelet de pied se marque fréquemment par un tracé anormal des cours d'eau en aval ;
- une surface topographique bosselée (ondulations, dissémination de blocs de forte taille, contre pente).

Des manifestations telles que fissurations des bâtiments, arbres couchés ou inclinés, déformation du réseau routier traversant la zone de glissement sont aussi des critères d'identification de mouvements actifs.

Selon le stade d'évolution du glissement, la désorganisation plus ou moins importante de la masse glissée et l'importance du couvert végétal peut rendre difficile la perception du glissement sur le terrain.

Dans notre zone d'étude, les glissements de terrain, par leur intensité, ont entraîné une modification majeure de la morphologie du versant (*figure 1*).



Figure 1. L'observation du paysage à une date donnée ne renseigne pas forcément sur la cause du changement

Les glissements de terrain sont des phénomènes dynamiques. La mise en évidence de leur évolution nécessite ainsi des observations multitudes. Une observation ponctuelle, image à un instant donné d'un paysage, ne peut pas nous amener à conclure quant à la cause et la vitesse de ces phénomènes.

Un glissement de terrain se traduit généralement par une modification de l'état de surface du sol : déplacement ou accumulation de masse, altération de la couverture végétale, changement d'organisation de l'espace, fissures.

Les effets du glissement peuvent également se ressentir sur la végétation (arbres déracinés ou inclinés, dégradation du couvert végétal), le sol ou les ouvrages construits dans le cas de zone urbanisée (bâti, routes, voies de communication).

Les glissements présentent des gradins qui peuvent se superposer par chevauchement en aval. Une partie de la masse glissée peut être graduellement poussée dans le lit majeur du cours d'eau, le matériel étant remanié par la rivière par érosion latérale, ce qui peut mener au sapement de la base du versant.

Au niveau des causes, de nombreux facteurs peuvent provoquer, séparément ou en combinaison, des glissements de terrain ; nous pouvons regrouper ces facteurs en deux grandes catégories : les facteurs naturels (la lithologie, la géomorphologie, le climat, l'hydrologie, le sol, les facteurs édaphiques et biotiques) et les facteurs anthropiques (construction, déforestation, pratiques culturelles).

II.2. Les facteurs discernables

Un glissement de terrain peut générer un certain nombre de situations caractéristiques facilement discernables à l'échelle de l'observation directe, mais moins observable sur une photographie aérienne et encore moins sur une image satellitale à moyenne résolution. Parmi ces facteurs :

– Le recul d'un front de terrasse est facilement observable, comme c'est le cas de la zone de Breaza.

– L'apparition de ravines ou la coalescence de certains ravins de détachement et la création de quelques corniches en amphithéâtres peuvent engendrer localement le recul du front de terrasse et la disparition de tronçons de chemin ; c'est le cas du glissement du cimetière où, le chemin a été à moitié détruit en 1997.

– Les glissements de terrain induisent parfois un aspect ondulé et chaotique du paysage (*figure 2*) ; par exemple, dans le cas du cimetière et de l'école à Breaza, on remarque bien les ondulations qui apparaissent le long du front du glissement. Cet aspect est donné par l'alternance de micro-dépressions marécageuses avec les bourrelets de glissement ; la zone est couverte d'une végétation hydrophile caractéristique des dépressions marécageuses alimentées sans cesse par les nombreuses sources qui débouchent du versant.



Figure 2. Breaza : allure chaotique d'un versant affecté par un glissement de terrain

II.3. Quelles images utiliser ?

L'observation de l'impact d'un phénomène de glissement de terrain par imagerie satellitale dépend d'un ensemble de facteurs dont nous retiendrons :

- l'étendue spatiale de ces impacts ; plus la surface des impacts est importante, plus la probabilité d'observation est grande ; ainsi des ravines isolées et de petite dimension ne seront probablement pas observables ;
- la résolution de l'image traduite en terme de taille du pixel ; plus les dimensions du pixel sont petites et plus la probabilité de discrimination de la zone affectée est grande ;
- la réponse spectrale particulière, bien sûr ; elle joue un rôle fondamental dans la distinction du thème ou de l'objet.

En réalité, ces effets sont intimement liés : sur un contexte homogène, un objet de faible surface (constitué d'un faible nombre de pixels) pourra être visible même sous conditions de faible contraste. En milieux hétérogènes, cas les plus fréquents, la visibilité d'un objet ne sera assurée qu'à deux conditions :

- i) un contraste élevé entre la réponse de l'objet et celle de son environnement ;
- ii) un nombre de pixels suffisamment conséquent pour représenter un thème.

Les figures 3 et 4 illustrent ce concept.

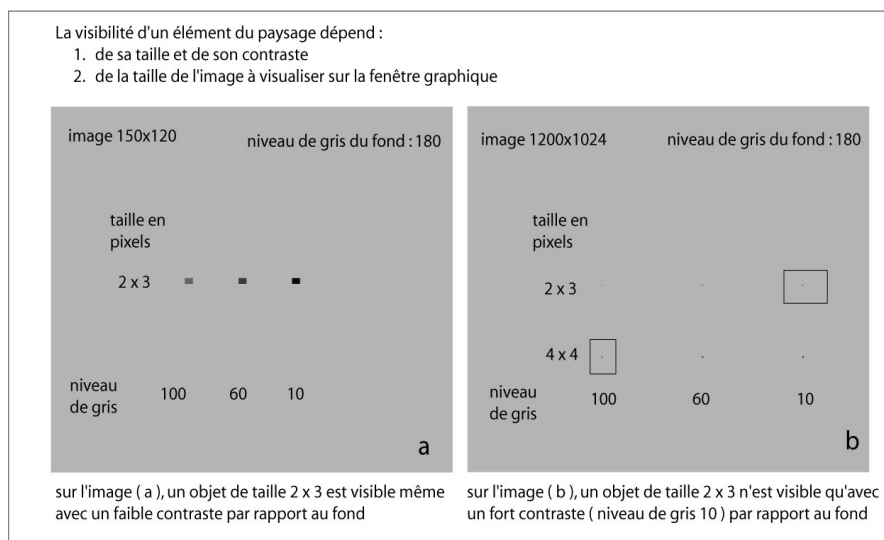


Figure 3. Cette figure montre que la visibilité d'un élément d'espace dépend de plusieurs facteurs : i) la taille de l'objet et son contraste par rapport à son environnement et ii) la taille de l'image à visualiser dans la fenêtre graphique

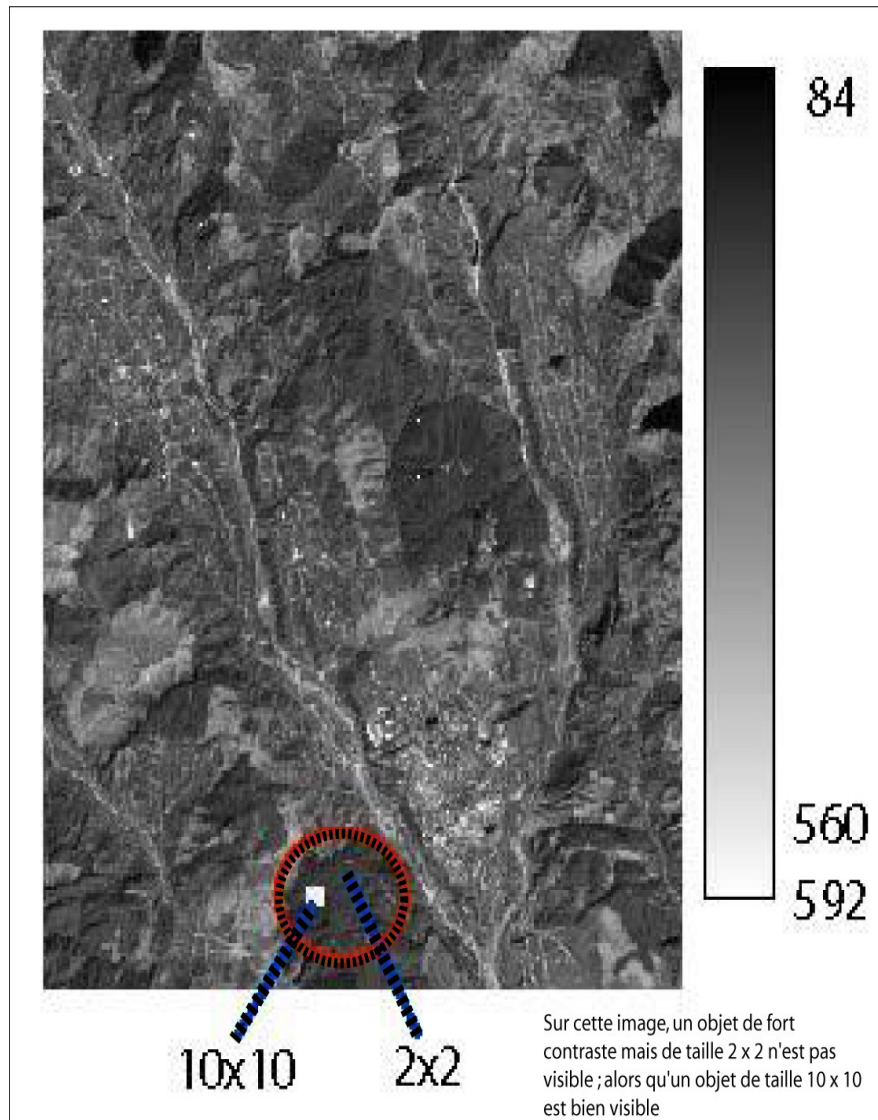


Figure 4

La perception d'un objet dépend également de la taille totale de l'image qui contient cet objet ; la *figure 5* montre un objet de 10 x 20 pixels à peine visible sur une image de 3000 x 3000 pixels.

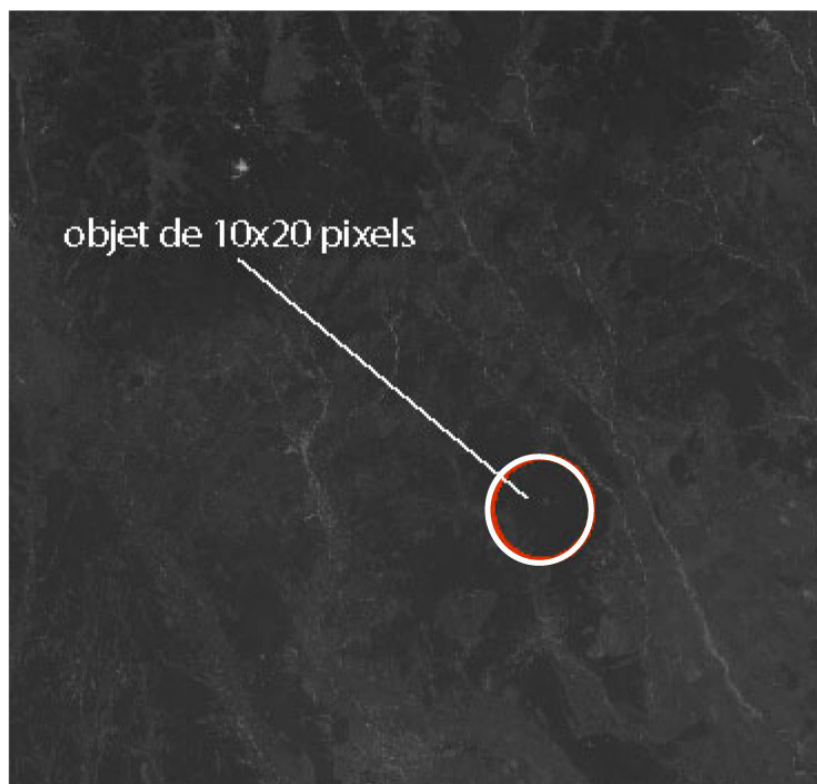


Figure 5. La perception d'un objet dépend aussi de sa taille relative par rapport à la taille de l'image qui le contient

La perception d'un objet dépend enfin de l'importance relative (surface, réflectance) de l'objet dans un pixel.

Enfin, la perception d'un objet dépendra également de sa surface relative dans le pixel et par rapport à un cumul de pixels (s'il s'agit d'un élément linéaire par exemple) ainsi que de l'importance de sa luminance par rapport à son contexte.

La *figure 6* est une photo montrant un paysage affecté par un glissement de terrain. La grille superposée à la photo est constituée de mailles d'environ 2 m de côté. Sur le pixel (1), le phénomène d'arrachement de la végétation, conséquence du glissement occupe à peu près 90% de la surface du pixel mais possède une réflectance très forte par rapport à celles des autres pixels ; ce pixel sol sera par conséquent dominant ; cependant, le sol à nu ne représente que 1/100 ème d'un pixel SPOT XS (20m) et moins de 1/200 ème d'un pixel LANDSAT 30 m) ; il

ne pourra donc être observé qu'à la conjonction de deux facteurs : étalement suffisant sur plusieurs pixels et importance de la réflectance par rapport au contexte.

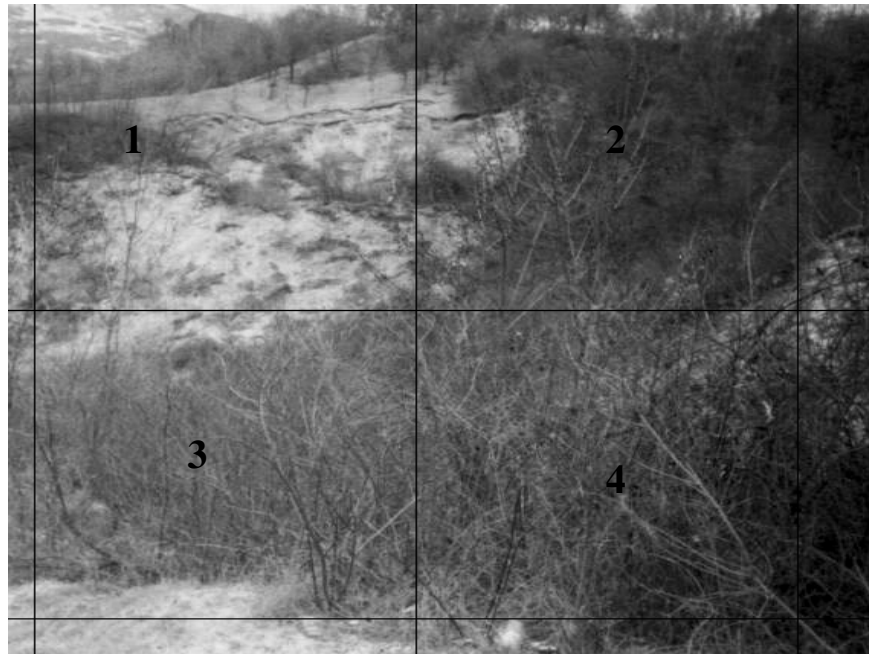


Figure 6. Effet de l'hétérogénéité du pixel

II.4. Quels traitements choisir ?

Les traitements à appliquer devront mettre en évidence les manifestations en surface du phénomène du glissement de terrain :

- dégradation du couvert végétal : densité de couverture, état de la végétation ;
- état de surface du sol ;
- état des routes : coupure, déformation.

Pour mettre en évidence ces divers thèmes, nous considérons trois groupes principaux de traitements :

- ceux qui visent l'amélioration de l'image : étalement dynamique, décorrélation, filtrage;
- ceux qui ont pour objectif d'accentuer un thème particulier, notamment les indices spécifiques (végétation, sol) ;
- ceux dédiés à la mise en évidence d'objets linéaires.

En plus des indices classiques de végétation (NDVI ou TVI par exemple), il est possible d'utiliser l'indice ARVI qui pourrait, en atténuant l'effet de diffusion atmosphérique, produire une image plus contrastée sur laquelle les détails d'une zone de petite surface apparaîtraient avec plus de netteté.

III. La zone de Breaza et les facteurs de glissement de terrain

III.1. Le facteur géologique

Le cadre général géotectonique de l'orogène carpatique est décrit comme une succession de couches qui se chevauchent du nord au sud. Le cadre tectonique est très compliqué à cause des déformations affectant les plis et des ruptures dans les unités structurales.

Le style général de plissement, déterminé par l'avancement et par la mise en place des couches, a mené à la formation d'alignements de synclinaux et d'anticlinaux orientés est-ouest. Ces structures sont très faillées avec des flancs subverticaux. La zone étudiée se superpose au synclinal Breaza-Buciumeni, qui représente un pli normal, axialement faillé, avec des flancs également développés.

Dans sa partie inférieure, affleurent les Conglomérats de Brebu. Par-dessus se trouve une série limoneuse supérieure, constituée des grès quartzeux traversés par des diaclases remplies de limon et d'anhydrite. Cette roche représente un élément essentiel dans la genèse du glissement de terrains.

III.2. Le facteur géomorphologique

La densité de fragmentation est élevée à cause de la présence de roches friables et de la proximité du niveau de base (le lit de la rivière Prahova).

La plus grande densité (8 km/km²) se trouve devant la gare de Breaza. Les valeurs moyennes sont de 2,5 km/km² et se retrouvent sur la plupart des versants de Prahova.

La profondeur de la fragmentation varie entre 0 et 50 m/km² d'une part et, d'autre part, jusqu'à 250 m/km² avec des valeurs dominantes entre 101 et 150 m/km². Les valeurs assez élevées de la profondeur de la fragmentation s'expliquent par les différences lithologiques (des conglomérats et des grès durs en alternance avec des marnes, des argiles et des sables), ainsi que par les mouvements tectoniques et la proximité du niveau de base constitué par le lit de la Prahova.

La pente représente un facteur potentiel important pour le déclenchement des processus géomorphologiques actuels. On distingue :

- *des pentes en-dessous de 3°* : le lit majeur et les plateaux des terrasses, ainsi que quelques surfaces de l'interfluve attaquées par de faibles processus de dénudation ;
- *des pentes entre 3 et 10°* : sur les versants et les surfaces structurales dominés par l'érosion superficielles ;

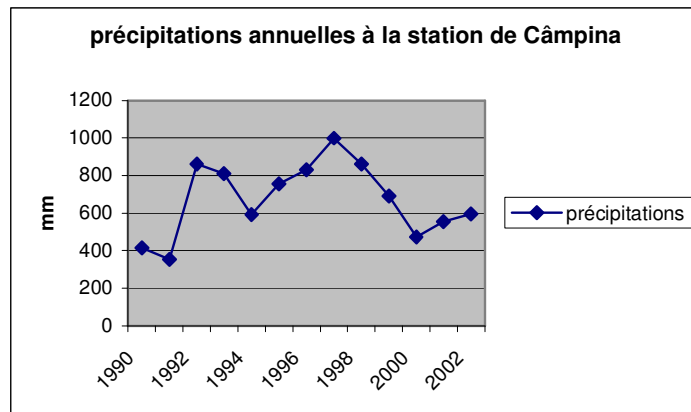
- *des pentes entre 10 et 20°* : surfaces de raccord entre les terrasses et le versant ; elles sont affectées de processus torrentiels complexes;
- *des pentes supérieures à 20°* : elles correspondent aux fronts de terrasses et aux crêtes qui se caractérisent par la présence de quelques processus intenses d'érosion linéaire accompagnés de fréquents et rapides glissements de terrain combinés avec des processus d'écroulement, des détachements et des chutes de matériau.

III.3. Le facteur climatique

Le climat est le composant le plus dynamique du cadre naturel qui intervient dans la morphogénèse des versants.

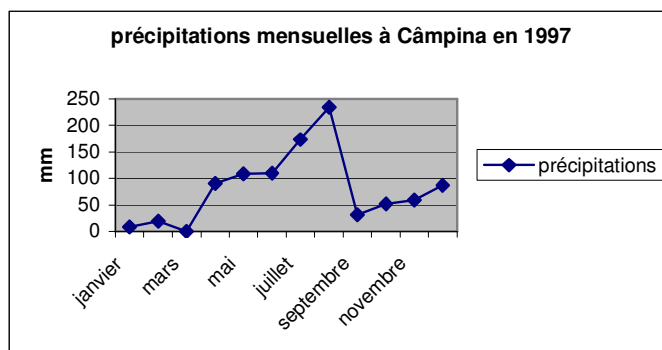
Les précipitations agissent sur la stabilité des versants par l'impact des gouttes de pluie et par l'influence sur le degré de cohésion des formations superficielles, sur le régime d'écoulement des rivières et sur les paramètres hydrogéologiques de la région.

Suite aux intenses précipitations de l'année 1997 et de janvier 1998, des glissements de terrain se sont produits ; ils ont provoqué la destruction de nombreuses rues, alors que d'autres ont été fortement détériorées, suite à l'effet répété du processus gel-dégel et à l'épaisseur insuffisante de la couverture d'asphalte. Ces effets entraînent la dégradation des chemins : fissures, fentes et trous. De l'analyse des précipitations annuelles entre 1990 et 2002, on remarque une alternance d'années sèches (1990 – 413 mm ; 1991 – 353 mm ; 2000 – 473 mm) et d'années pluvieuses (1992 – 861 mm ; 1993 – 809 mm ; 1996 – 830 mm ; 1997 – 999 mm ; et 1998 – 860 mm) (*graphe 1*).



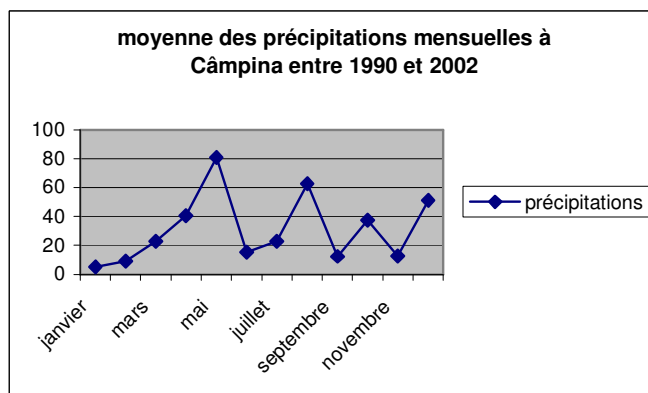
Grappe 1. Précipitations précipitations annuelles à la station de Câmpina entre 1990 et 2002

Du point de vue des précipitations, l'année 1997 était exceptionnelle, enregistrant à la station de Câmpina des valeurs maxima en juillet-août (142-274 mm), comme nous pouvons voir sur le *graphe 2*. Les précipitations tombées le 3 août 1997 ont été de 94,3 mm, ce qui représente des valeurs deux à trois fois plus grandes que les moyennes mensuelles d'autres années (20,7 mm en août 2000, par exemple).



Graphe 2. Précipitations mensuelles pour l'année 1997 à la station de Câmpina

De la comparaison entre les valeurs moyennes des précipitations mensuelles en août, entre 1990 et 2002 (*graphe 3*), on remarque que les précipitations du mois août 1997 sont dix fois plus grandes que celles d'août 2000 et, généralement, deux à trois fois plus grandes que celles des autres années analysées. Donc, c'est une valeur anormalement élevée pour ce mois, qui, en général, est sec.



Graphe 3. Moyennes mensuelles sur la période 1990-2002 à Câmpina

III.4. Le facteur hydrologique

Le débit maximum de la Prahova enregistré à la station de Câmpina a été de 369 m³/s, le 17.07.1998, tandis que le débit moyen annuel à la même station a été de 12,20 m³/s, en 1970, une année considérée comme exceptionnelle pour le régime hydrométéorologique de la Roumanie. Dans la zone étudiée, la nappe phréatique varie de façon désordonnée. Les ressources d'eau les plus riches se trouvent dans les formes d'accumulation : terrasses, lits majeurs, cônes de déjection, talus rocheux. Dans le lit majeur de la Prahova, le niveau hydrostatique est très proche de la surface (0,8-2,1m) et varie en fonction du niveau de l'eau de la rivière.

III.5. Le facteur anthropique

III.5.1. La population

L'évolution du nombre d'habitants entre 1912 et 1998 montre une croissance continue et implicitement une pression sur les versants, ayant des effets graves dans l'état d'équilibre de ceux-ci.

La densité de la population a augmenté de 306 hab./km² en 1930, à 435 hab./km² en 1992, reflétant la pression de plus en plus grande de l'homme sur l'environnement.

III.5.2. Le bâti

Le nombre de constructions à Breaza a augmenté comme suit : de 820 bâtiments en 1905 à 8486 bâtiments en 1992. Ce rythme de croissance rapide a engendré une augmentation de la densité des bâtiments et surtout une surcharge sur le versant. Certaines nouvelles voies de communication, perpendiculaires au versant, guident les eaux superficielles vers le versant alimentant ainsi les glissements de terrain.

La surcharge des terrains, les déforestations, les exploitations du gravier de la vallée de la Prahova, les tranchées pour des conduites, les fossés, les chemins, l'absence de réseau d'égouttage sont des facteurs anthropiques qui ont un impact extrêmement agressif sur les versants.

IV. Les traitements de l'image satellitale

IV.1. Les images satellitales disponibles et la localisation de la zone d'étude

Le terrain d'étude est situé sur la rive droite de la rivière Prahova entre Nistorești et la gare Breaza (*figures 7 et 8*) ; il s'agit d'un versant incliné ayant subi plusieurs modifications morphologiques au cours des dernières années. Le

versant présente une pente moyennement marquée, de 3° à 20° , se traduisant par plusieurs niveaux de pente :

- un premier palier supérieur à 20° et correspondant au front de terrasse ;
- un second niveau entre 20° et 10° ;
- un troisième palier situé entre 10° et 3° ;
- et un dernier palier en dessous de 3° .

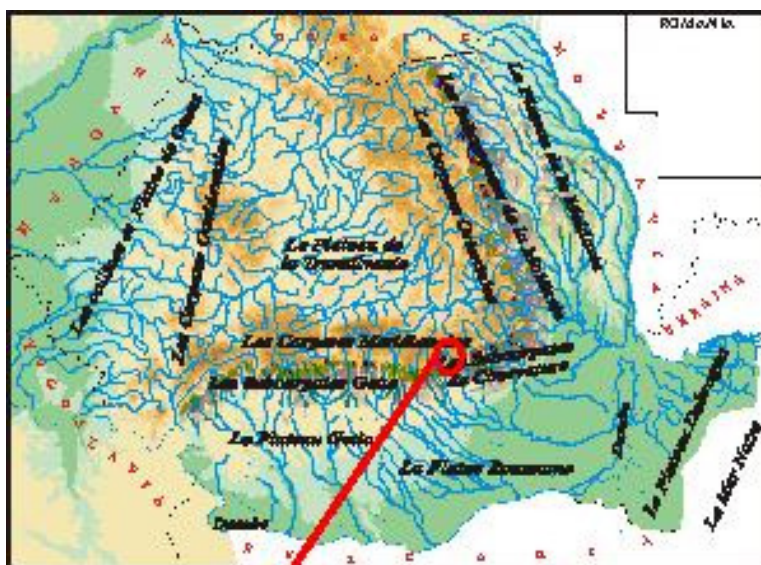


Figure 7. Localisation de la zone d'étude

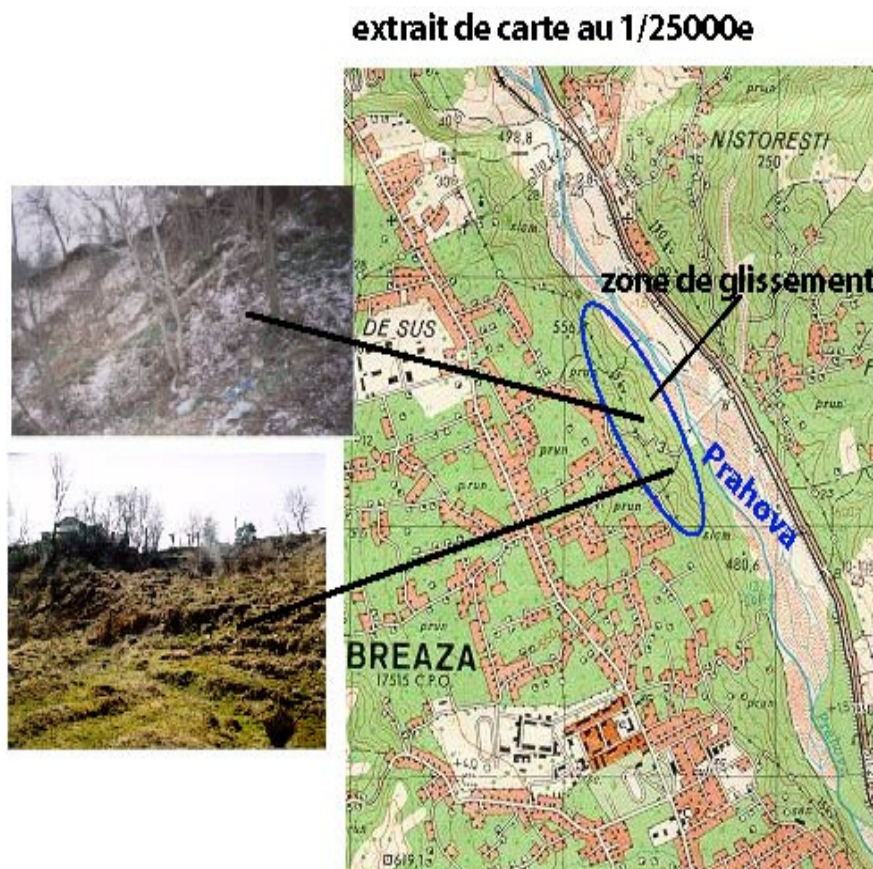


Figure 8. Localisation de la zone de glissement sur la carte au 1/25 000e

Par les divers traitements spécifiques appliqués aux images SPOT et Landsat TM, nous essayons de mettre en évidence un changement d'apparence de la surface ou tout au moins un caractère de grande hétérogénéité qui pourrait traduire la présence de glissement de terrain : hétérogénéité anormale au niveau de la surface du sol ou de la végétation.

Les tentatives de localisation de la zone d'étude sur les images satellitales laissent entrevoir de grandes difficultés pour son appréhension et la lisibilité de sa structure et de sa texture sur les images. La difficulté majeure est, bien évidemment, la taille de la surface à étudier : surface d'environ 30 x 6 pixels soit moins de 200 pixels sur l'image (figure 9).

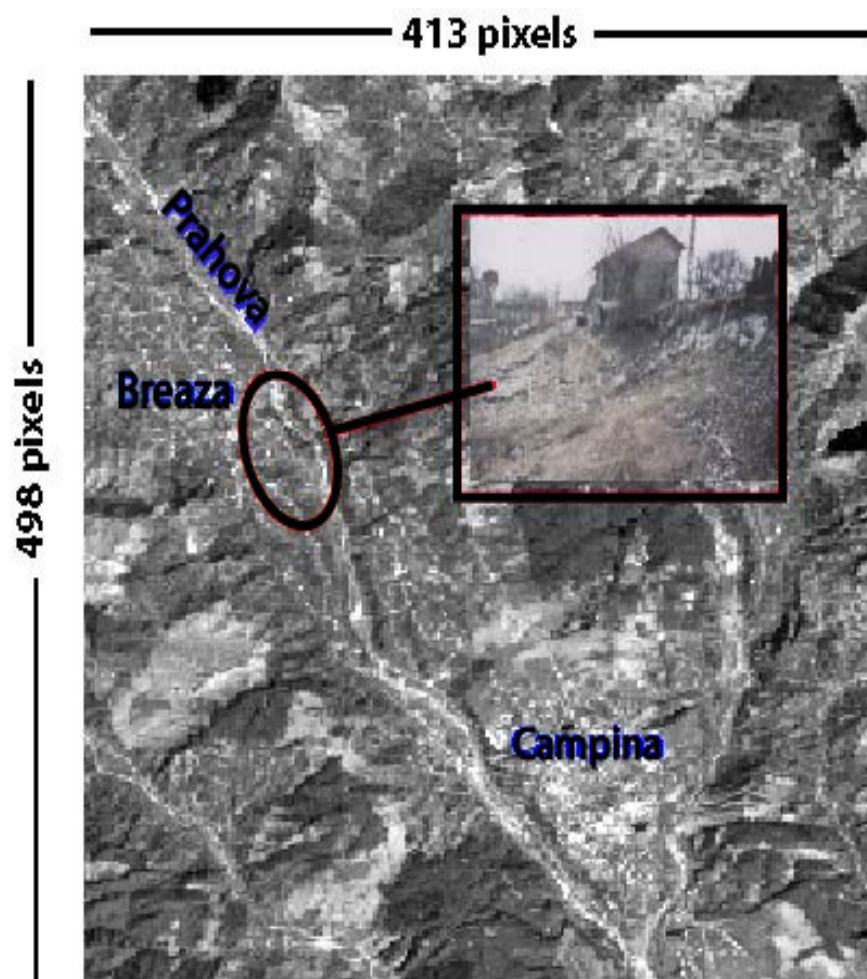


Figure 9. Localisation de la zone de glissement sur un extrait de scène Landsat TM

IV.2. Dynamique et corrélation

Il n'est pas utile de revenir ici sur les traitements d'amélioration préliminaires de l'image. Nous présentons cependant les résultats de l'analyse en composantes principale de l'image SPOT du 11 août 1992 (figure 10).

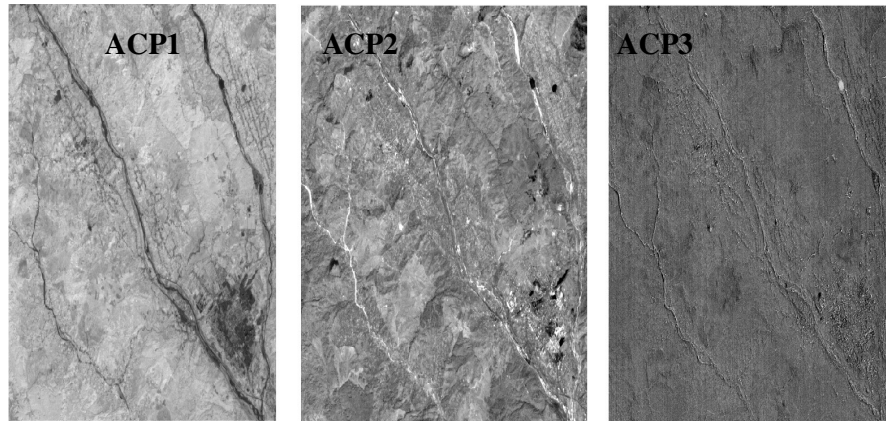


Figure 10. Analyse en composantes principales de l'image SPOT du 11 août 1992

La première composante principale est la plus riche en informations mais les deux autres composantes (auxquelles nous avons fait subir une amélioration de la dynamique) apportent un complément d'information.

Un agrandissement et un rehaussement de la partie d'image correspondant à la zone d'étude nous permet de mettre en évidence des agencements de pixels de thème sol nu ou végétation très altérée de direction correspondant à celle des glissements observés (figure 11).

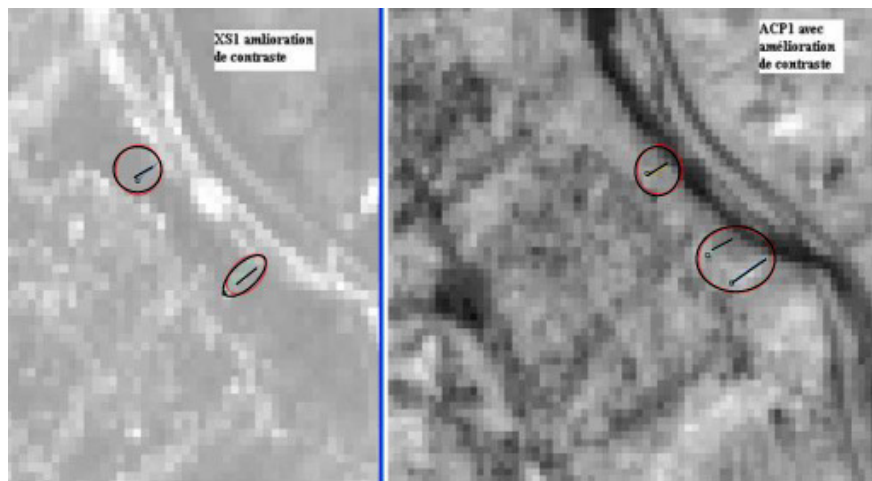


Figure 11. Mise en évidence d'agencements de pixels sur des directions privilégiées dans le sens de la pente du glissement

Ce résultat est confirmé par un traitement d'extraction de contour (utilisation de filtre de Sobel). Comme la zone d'étude est de très faible étendue, les parties affectées occupent un nombre réduit de pixels et les contours sont difficilement discernables (*figure 12*).

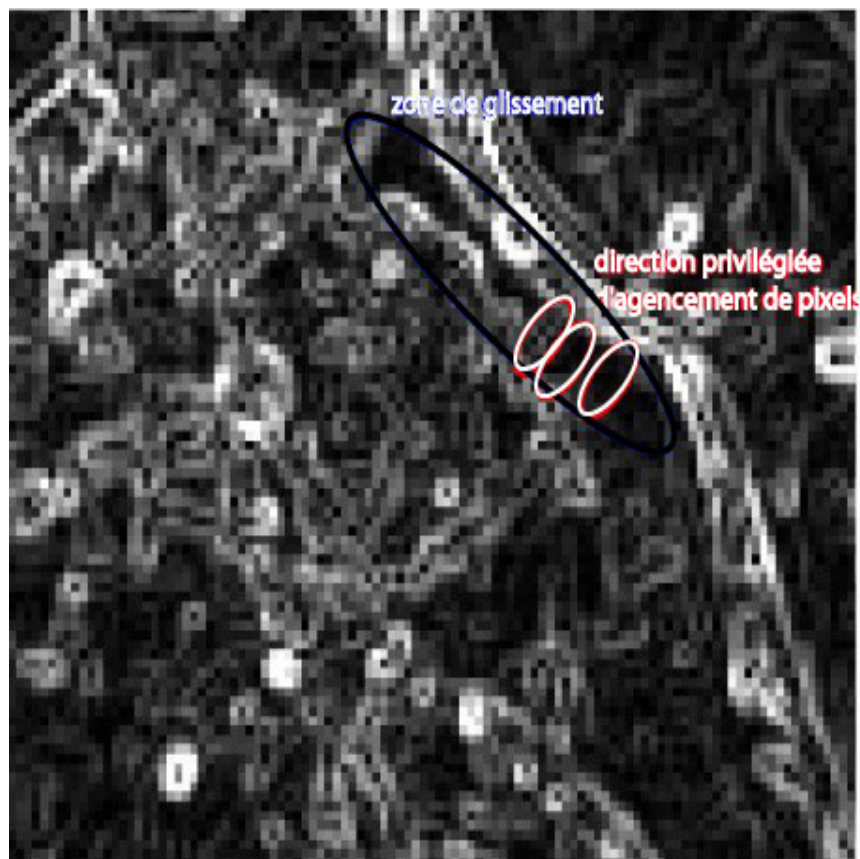


Figure 12. Extrait de l'image détection de contour à partir du canal XS1 (SPOT 1992)

IV.3. Les indices et combinaisons de canaux

Nous avons testé plusieurs combinaisons de canaux ; celle qui nous semble donner le meilleur résultat est la combinaison (XS2-XS1) que nous avons améliorée par un traitement spécifique (*figure 13*).

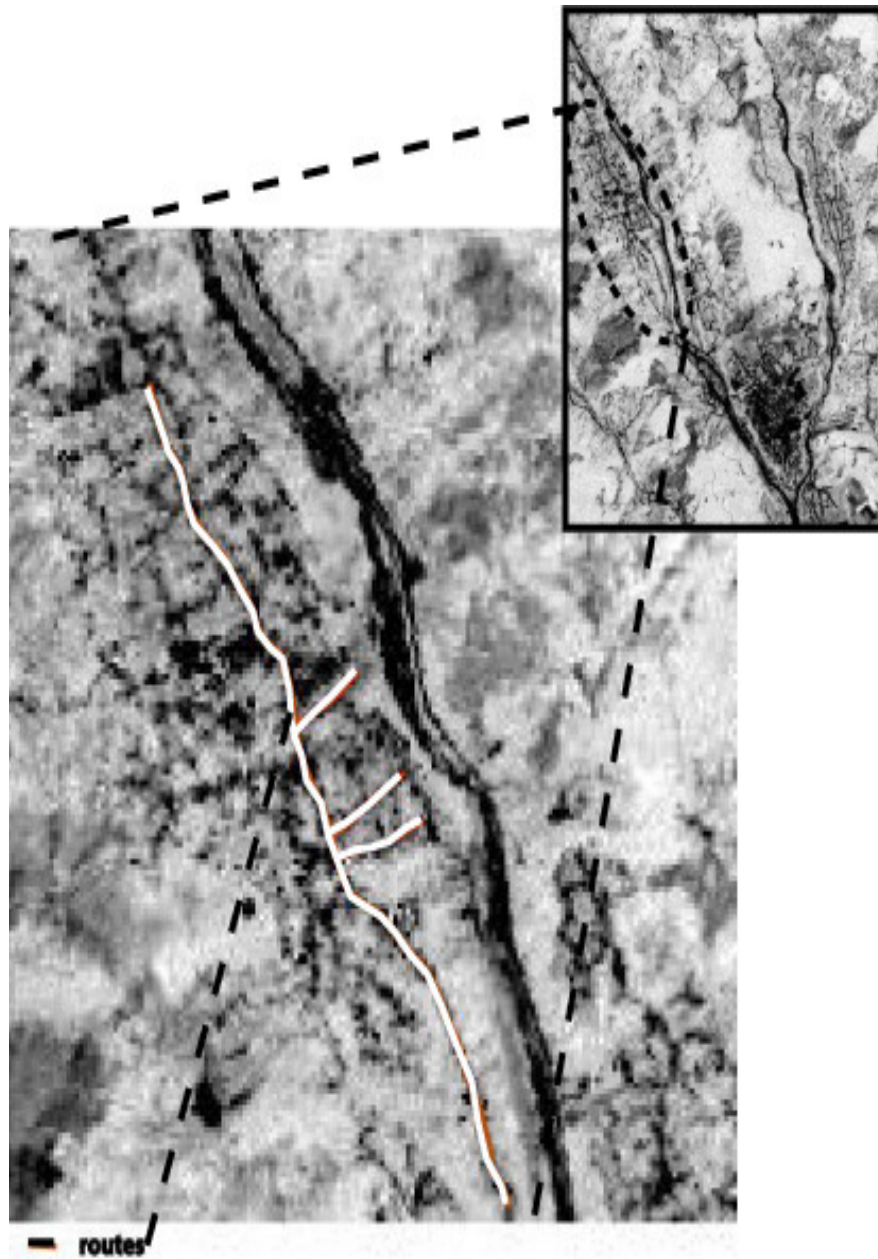


Figure 13. Agrandissement amélioré de l'image XS2-XS1

Le même algorithme appliqué aux canaux de l'analyse en composantes principales confirme l'hétérogénéité des réponses des pixels sur la zone affectée et l'existence d'une direction privilégiée (front de terrasse-cours d'eau) d'agencement de pixels à forte réflectance pouvant correspondre au sol nu (*figure 14*).

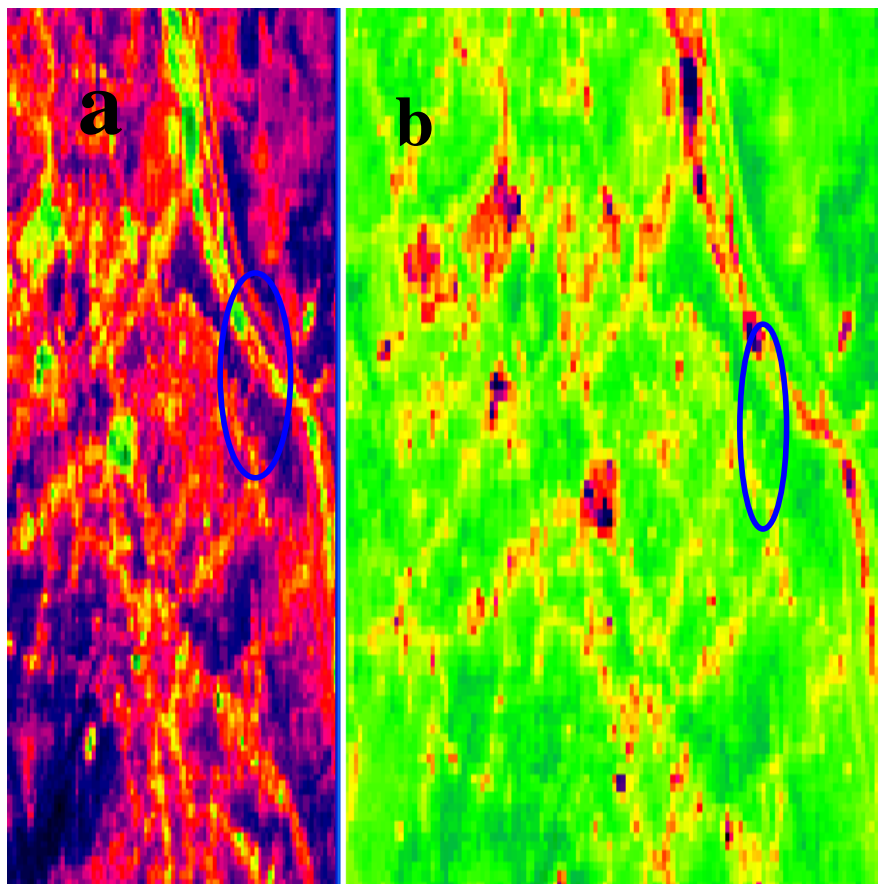


Figure 14. Combinaison 2-1 appliquée : aux canaux XS1 et XS2 (a) puis aux canaux de l'analyse en composantes principales ACP1 et ACP2 (b)

Nous avons testé l'indice de végétation (NDVI : *figure 15*), un ration (IR / R) et l'indice ARVI calculé selon la formule suivante :

$$\text{ARVI} = (\text{pIR} - \text{RB}) / (\text{pIR} + \text{RB})$$

Où : $\text{RB} = \text{R} - \text{B}$ (canal rouge-canal bleu),

cet indice apparaît comme une nouvelle version de l'indice de végétation normalisé en introduisant une stabilisation par rapport aux effets d'atmosphère (figure 16).

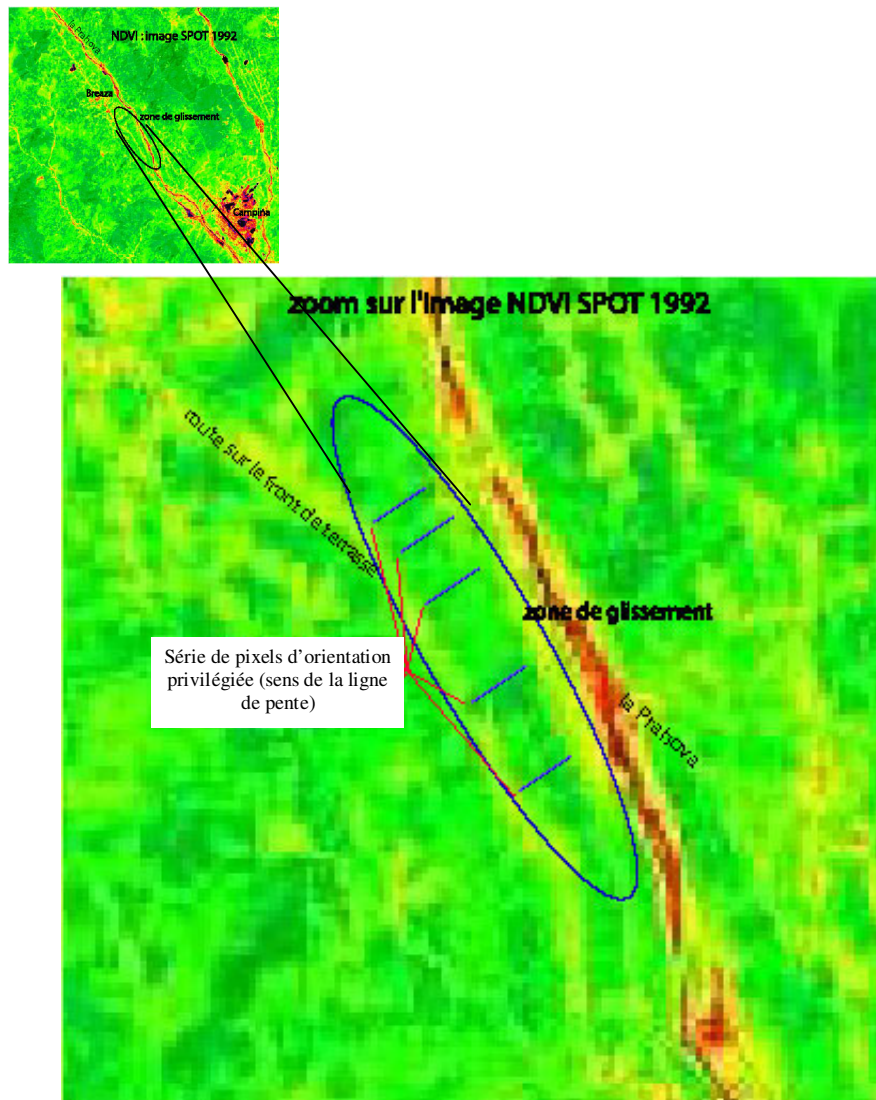


Figure 15. NDVI sur l'image SPOT de 1992 ; cette image confirme l'hétérogénéité de l'apparence des pixels de la zone de faible étendue et l'existence d'une direction privilégiée d'agencement des pixels dans le sens du glissement

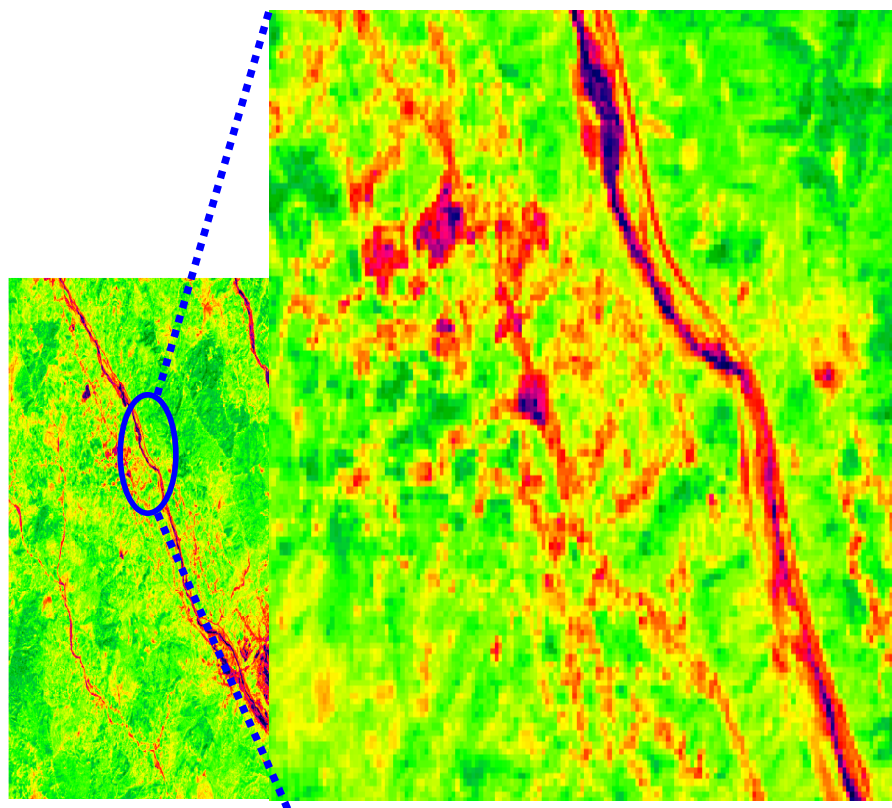


Figure 16. Indice ARVI appliqué à l'image SPOT du 11 août 1992

V. Interprétation et conclusion

Les divers traitements des données satellitales ne suffisent pas, pour un secteur aussi restreint que celui du glissement de terrain de Breaza, pour étudier ce phénomène. Seule l'analyse stéréoscopique classique à partir de photographies aériennes autorise l'étude géomorphologique de tels transports de masse.

Par contre, l'analyse des données satellitales souligne des facteurs explicatifs de ces glissements comme une grande hétérogénéité du versant de la Prahova à hauteur de Breaza comme on le voit de façon assez nette sur l'image ASTER de 2003 (*figure 17*).

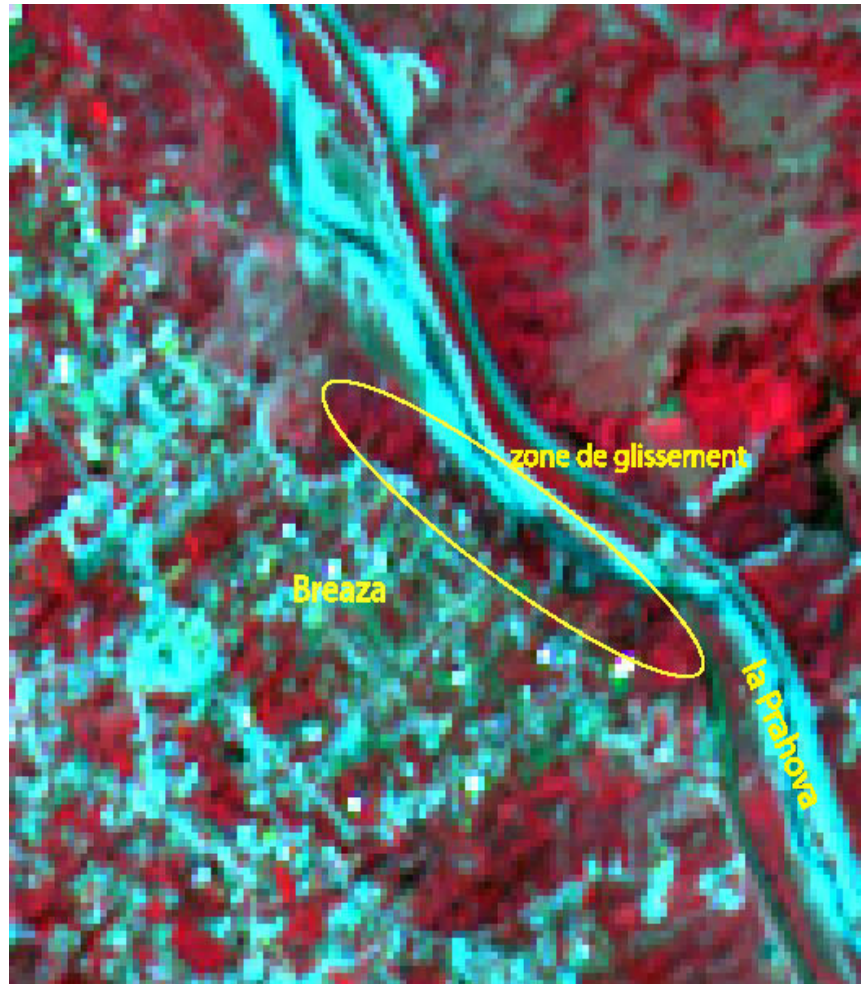
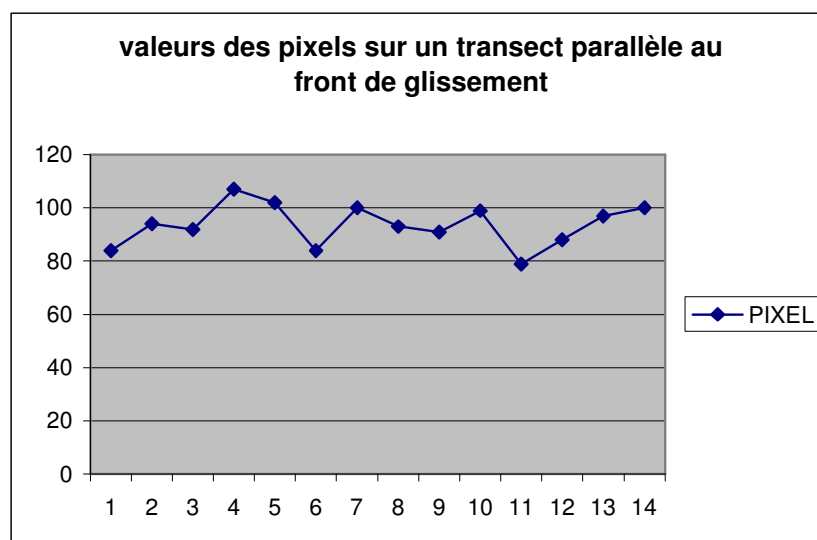


Figure 17. Composition colorée de l'image ASTER (2003) – conversion en Noir et Blanc

Le *graphe 4* montre cette hétérogénéité sur un transect de l'image ASTER 2003, parallèle au lit de la Prahova. Sur l'image ASTER par exemple (*figure 17*) cette hétérogénéité se traduit par une diversité de couleur des pixels due à la juxtaposition de teintes rouges sombre (végétation dense de feuillus), rouge clair (pâturage arboré sur versant) et des zones gris-clair où le minéral domine, témoin de terrains dénudés soit par l'érosion, soit par des surfaces de décrochement, soit encore par des rejets d'inertes par le sommet.



Graphe 4. Hétérogénéité de la zone de glissement sur un transect parallèle au lit de la Prahova sur l'image ASTER 2003

Il faut souligner que les versants « normaux » de la Prahova présentent une couleur rouge sombre homogène témoin de versants boisés en liaison avec la forte pente des versants.

Les images satellitales mettent aussi en évidence d'autres éléments qui peuvent mieux expliquer le développement de glissement à cet endroit :

- À la base du versant, le tracé concave de la Prahova au droit du glissement de terrain, permet d'expliquer l'érosion latérale du cours d'eau et donc le sapement à la base du versant.

- Au sommet, le plateau présente une densification croissante de l'habitat (mise en évidence lorsqu'on compare de données multi-sources : photographies aériennes, cartes topographiques et diverses images satellitales), ce qui exerce une pression sur le versant.

- Enfin, toujours sur le plateau, l'image satellitale souligne l'organisation du réseau routier et surtout l'existence d'une route perpendiculaire au versant et une pente régulière vers celui-ci, qui ne peut que drainer l'eau du nouveau lotissement vers le versant qui, lors de fortes précipitations ne fait qu'accélérer le déclenchement des transports de masse.

USAGE OF SATELITE IMAGERY IN DETERMINING LANDSLIDES.
CASE STUDY PRAHOVA VALLEY (ROMANIA)

Summary

Romania is exposed to various natural risks among which landslides represent the most frequent shape. These phenomena take a particular importance in urban zones; it is the case of the city of Breaza on the valley of Prahova (Romania) where the phenomenon of landslide accelerated in a considerable way under the combined effects of the nature of the ground, the particular pluviometric sequences and the important anthropological pressure on the natural medium.

The objective of the present work is to analyze the contribution of the satellital imaging high and average resolution for the demarcation of the zones of gliding. Although a landslide concerns generally only a weak area, we show that it is possible, for specific treatments, to arrest the outside appearances of the phenomenon and its impact on the reorganization of the space.

This work is led within the framework of a project of shared research financed by the Agence Universitaire de la Francophonie.

Keywords : satellite images, landslides, SPOT, Landsat.

BIBLIOGRAPHIE

- MIHAI IELENICZ, ILEANA PĂTRU, 1997, « A Slope Model for the Curvature Subcarpathians, Romania », in *Z. Geomorph N. F.*, Berlin-Stuttgart, August, pp. 179-184.
 MIHAI IELENICZ, ILEANA PĂTRU, MIHAI BOGDAN, 1999, « Some Geomorphologic Types of Landslides in Romania », *Transactions Japanese Geomorphological Union*, Volume 20, nr. 3, May 1999, pp. 287-296.
 MIHAI IELENICZ, ILEANA PĂTRU, MIOARA GHINCEA, 2003, *Subcarpații României*, Editura Universitas, Bucarest.