

VIRGIL SURDEANU (*)

LA RÉPARTITION DES GLISSEMENTS DE TERRAIN DANS LES CARPATES ORIENTALES (ZONE DU FLYSCH)

ABSTRACT: SURDEANU V., *The distribution of landslides in Eastern Carpathians (flysch zone)*. (IT ISSN 0391-9838, 1996).

The research came as a remark upon the repartition of the landslides in flysch mountains. We took into consideration those landslides which were active after the last major cycle of humidity excess, namely the period between 1970-1974. Five hundred landslides were monitorised and their distribution was analyzed according with their distribution in space and altitude.

In this area several correlations have been settled between the extent of some lithological entities, the frequency of slidings, the volume of the moving deluvium and the new morphology that has been created. It can be noticed that 70% of the landslides and 90% of the volume of the deluvium which has been set afoot, have been registered where clays, clays with marl intercalations, marn-limestones and sandstones are predominant.

As a result of the slopes evolution in time, in relation with lithology, and of the human actions for their stabilization, it has been found that landslides appear between 400 and 900 meters absolute altitude. In the last cycle of recrudescence, the most labile altitudinal areas were those ones between 500 and 600 m (29% of the total volume set afoot), where deepest anthropic actions had taken place and between 700-800 m (30% of the total volume) where landslides appeared as a «reply» of the irregularities of the previous cycle.

In the future, because of the lability of these zones, the extension of deforested areas, the exploitation of subsoil minerals and the constructions of roads, the major landslides will appear between 1100 and 1200 m.

The final part of the study suggests an evolution model of the slopes in flysch mountains by sliding processes.

KEY WORDS: Landslide, Flysch zone, Eastern Carpathians.

RÉSUMÉ: SURDEANU V., *La répartition des glissements de terrain dans les Carpates Orientales (zone du flysch)*. (IT ISSN 0391-9838, 1996).

La recherche veut faire le point de la répartition des glissements de terrain dans des reliefs flyschoides. On a considéré ces glissements qui se sont actifs après le dernier cycle d'humidité exceptionnelle (1970-74). On a inventorié 500 glissements, et on a analysé leur distribution par rapport à l'espace et à l'altitude.

Dans cette zone on a mis en évidence de corrélations entre l'extension de ces formations lithologiques, la fréquence des mouvements, le vo-

lume du matériel déluvial et la nouvelle morphologie induite. On a constaté que 70% des glissements et 90% de la masse déluviale à la base ont été relevés là où predominant des lithologies qui alternent des argiles, des marnes, des grès et des calcaires.

Les zones d'instabilité sont situées entre 400 et 900 m d'altitude. Durant le dernier cycle de réactivation, les altitudes les plus instables ont été celles entre 500 et 600 m (29% de la masse totale accumulé au pied) où les actions anthropiques ont été plus fortes, et entre 700 et 800 m (30% de la masse totale) où les glissements se sont manifestés comme «réponse» aux irrégularités du cycle précédent.

A l'avenir on pourrait s'attendre à un développement des glissements au niveau altitudinal entre 1100 et 1200 m, à cause de l'instabilité de ce niveau, de l'extension des zones déboisée, des travaux miniers et de la construction de voies de communication.

La partie finale de l'étude suggère un modèle évolutif dans l'aire du flysch au moyen de glissements.

MOTS CLÉS: Glissements de terrain, Zone du flysch, Carpates Orientales.

RIASSUNTO: SURDEANU V., *La dislocazione delle frane nei Carpazi Orientali (zona del flysch)*. (IT ISSN 0391-9838, 1996).

La ricerca vuole fare il punto sulla dislocazione delle frane in un tratto di catena montuosa caratterizzata da terreni flyschoidi. Sono state considerate quelle frane che si sono attivate a seguito del più recente ciclo di umidità eccezionale (1970-74). Dei cinquecento casi inventariati è stata analizzata la distribuzione in rapporto allo spazio e all'altitudine.

In quest'area sono state messe in evidenza le correlazioni fra l'estensione di alcune formazioni litologiche, la frequenza dei movimenti, il volume del materiale in movimento e la nuova morfologia indotta. Si è constatato che il 70% degli scivolamenti ed il 90% dei materiali mobilizzati si registrano là dove sono prevalenti litologie ad alternanza di livelli argillosi, marnosi, arenacei e calcarei.

Le zone di instabilità sono situate fra i 400 ed i 900 m di quota. Durante il più recente ciclo di riattivazione le altitudini più instabili sono state quelle fra 500 e 600 m (il 29% del materiale accumulato al piede) dove le azioni antropiche sono state più forti e fra i 700 e gli 800 m (30% della massa totale) dove gli scivolamenti si sono manifestati come risposte alle irregolarità del ciclo precedente.

In futuro ci potremo attendere uno sviluppo degli scivolamenti in una fascia altimetrica fra i 1100 ed i 1200 m, a causa dell'instabilità di questo livello, dell'estensione delle zone disboscate, dei lavori minerari e della costruzione di vie di comunicazione.

La parte finale del lavoro suggerisce un modello evolutivo dei versanti delle aree montuose flyschoidi per mezzo dei movimenti franosi.

TERMINI CHIAVE: Frane, Zona del flysch, Carpazi Orientali.

(*) *Université «Babeş-Bolyai», Faculté de Géographie, Cluj-Napoca - Roumanie.*

INTRODUCTION

Les Carpates Orientales représentent, par suite de leur évolution dans le temps géologique, une mosaïque lithologique très diversifiée. Dans la partie ouest, la plus jeune aire montagneuse de la Roumanie, les roches d'origine volcanique sont les plus répandues. Après une zone centrale cristallino-mésozoïque, à l'est, prédominent les roches flyschoides. C'est bien cette aire montagneuse, du flysch, qui, à la longue, a favorisé la parution et puis, la plus large extension des glissements de terrain dans l'espace montagneux. À cet égard, la zone en discussion s'inscrit, après les Plateaux (de la Transylvanie et de la Moldavie) et la région souscarpatique, parmi les zones où les réactivations des glissements sont très fréquentes, affectant des surfaces étendues (fig. 1).

L'aire du flysch présente quelques particularités distinctes, dont nous allons énumérer les plus importantes:

- les dépôts de flysch représentent la formation la plus étendue de toutes les Carpates Roumaines (40 km du côté nord et plus de 80 km dans la partie sud, de la courbure). Au point de vue pétrographique et structural, les dépôts ont l'aspect de nappes largement déversées dans la direction ouest-est, et formées de roches d'âge crétacico-paléogène;

- les interfluves et les vallées forment un système quasi-parallèle aux adaptations évidentes à la lithologie et à la structure géologique. Leur évolution durant le post-sarmatien a mis en évidence de façon prégnante leur rôle dans la morphologie et la morphométrie des montagnes du flysch;

- leurs altitudes sont généralement peu élevées, dépassant rarement 1700 m (à peu près 2/3 de leurs hauteurs se situent à moins de 1000 m altitude absolue);

- une grande variété lithologique, une forte fragmentation tectono-structurale ont favorisé le développement d'un réseau dense de vallées profondes, ayant l'aspect soit de défilé, soit de bassins d'érosion évoquant les dépressions. Par rapport aux ruisseaux principaux, entre les interfluves et le fond des vallées, se sont créées des énergies

de relief variant de 350 à 500 m. Alors que l'énergie de relief née sur les ruisseaux secondaires connaît des valeurs différentes, de 100 à 200 m, sur les ruisseaux primaires elle ne dépasse pas 50 m. La déclivité des versants, par conséquence d'une forte fragmentation, se situe, sur 60% de la surface, entre 10 et 25 degrés. La longueur des versants varie, elle aussi, en fonction de la lithologie, à partir de quelques centaines de mètres jusqu'à quelques kilomètres;

- parmi les formations lithologiques, les plus répandues sont celles où alternent les argiles, les marnes, les grès et les calcaires, avec des fréquences variées (tab. 1). Les versants sont recouverts d'une couverture de dépôts superficiels dont l'épaisseur varie, en fonction de la lithologie du substratum, de 3 à plus de 30 m. Leur épaisseur, variable, ainsi que leurs propriétés physico-mécaniques ont favorisé le déclenchement des glissements (tab. 2 et fig. 2), actifs, au point de vue dynamique, pendant le même cycle de récurrence ou durant des cycles dynamiques différents;

- la quantité moyenne multiannuelle des précipitations varie, dans l'aire des montagnes du flysch, de 600 à 1000 mm. En moyenne, on y enregistre 85 jusqu'à 125 jours à précipitations par an, et la couche de neige persiste 100 à 180 jours;

- les forêts y sont très bien représentées (40% du patrimoine forestier de la Roumanie se trouve dans les Carpates Orientales);

- la zone du flysch voisine avec l'aire de grande sismicité de Vrancea. Des tremblements de terre ayant une magnitude de 6 à 7 degrés sur l'échelle Richter ravagent fréquemment cette zone, tels ceux de 1940, 1977, 1986, 1990.

CAUSES POTENTIELLES DES GLISSEMENTS

Durant la période 1970-1990, on a inventorié plus de 500 glissements de terrain actifs, ayant entraîné des volumes variant de quelques centaines à 3 millions mètres cubes. De même, nos expérimentations de terrain ont suivi l'évolution du processus dans 8 bassins hydrographiques du

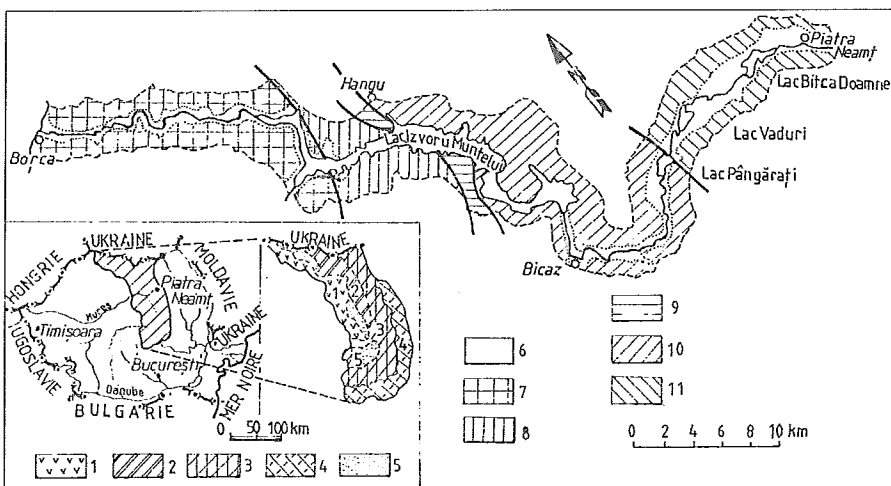


FIG. 1 - 1) Roches volcaniques; 2) Roches cristallines et sédimentaires mésozoïques; 3) Roches du flysch; 4) Molasse néogène; 5) Dépression intramontagneuse; 6) Dépôts quaternaires; 7) Unité de Ceahlău; 8) Unité de Teleajen; 9) Unité de Audia; 10) Unité de Tarcău; 11) Unité de Vrancea.

FIG. 1 - 1) Volcanic rocks; 2) Crystalline and sedimentary mesozoic rocks; 3) Rocks belonging to flysch; 4) Neogene molasse; 5) Depression among the mountains; 6) Quaternary deposits; 7) Ceahlău Unit; 8) Teleajen Unit; 9) Audia Unit; 10) Tarcău Unit; 11) Vrancea Unit.

TABLE 1 - Relations quantitatives entre les entités lithologiques élémentaires dans le flysch crétacique et paléogène; les nombres indiquent les valeurs percentuales.

TABLE 1 - Quantitative relationships between the elementary lithological amounts in the cretacic and paleogenic flysch; the numbers indicate the percentual values.

| Unité | Formations lithologiques | Entités lithologiques élémentaires | Grès | Marnes argileuses | Marnes | Marno-calcaires | Argiles | Microconglomérats et conglomérats |
|----------|-----------------------------------|------------------------------------|-------|-------------------|--------|-----------------|---------|-----------------------------------|
| | | | | | | | | |
| Ceahlău | Formation de Sinaia | Horizon supérieur | 25 | 50 | | 15 | 5 | 5 |
| | | Horizon inférieur | 30 | | 20 | 40 | 5 | 5 |
| | Formation de Bistra | Horizon supérieur | 80 | 12-15 | | 5-8 | | |
| | | Horizon inférieur | 40 | | 30 | 20 | | 10 |
| Teleajen | Formation de Palanca | | 40 | 40-50 | | | 10-20 | |
| | | | 9-30 | 70-91 | | | | |
| | Formation de Cotumba | | 50-75 | 25-50 | | | | |
| | | | 50-60 | 40-50 | | | | |
| Audia | Formation de Argiles Noires | Horizon schisteux | 24 | 68 | | 5-7 | | |
| | | Horizon supérieur à grès | 4-19 | 61-93 | | 2-7 | | |
| | | | 60-70 | | 30-40 | | | |
| Tarcau | Formation de Hangu (à inoceramus) | | 3-20 | 59-80 | | 8-26 | | |
| | Formation de Izvor | | | | 79 | 6 | | 13-15 |
| Vrancea | Formation de Bisericanî | | | | 100 | | | |

TABLE 2 - Propriétés physiques des dépôts déluviaux

TABLE 2 - Physical properties of deluvial deposits

| Unité | Formation lithologique | Granulométrie | | | | Limites de plasticité | | | | | | Porosité | Poids volumique | Indice d'activité colloïdale |
|---------|--|---------------|-------------|---------------|------------|-----------------------|---------------------|------------|------------|----------------------|-----------------------|----------|-----------------|------------------------------|
| | | > 2.0 mm | 2.0-0.05 mm | 0.05-0.005 mm | < 0.005 mm | Diamètre moyen | Squelette / matrice | inférieure | supérieure | Indice de plasticité | Indice de consistance | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| * | Sinaia | 1,0-40,4 | 24,8-35,0 | 15,3-34,2 | 18,5-31,3 | 0,014-0,094 | 1:1-1:2,5 | 36,5-45,0 | 13,7-17,2 | 21,3-31,3 | 0,8-0,9 | | | |
| ** | Corumba Lutu Roşu | 3,6-20,0 | 25,6-27,6 | 24,0-34,3 | 24,3-43,7 | 0,008-0,015 | 1:3,3-1:20,7 | 45,5-49,0 | 16,5-19,1 | 29,0-30,0 | 0,5-0,9 | | | 1,1-1,9 |
| Audia | Argiles noires | 14,5-37,6 | 7,5-31,4 | 12,1-27,0 | 19,0-45,0 | 0,005-0,023 | 1:1,4-1:4 | 47,8-57,5 | 15,4-21,5 | 32,4-36,0 | 0,7-1,0 | | | 0,9-1,1 |
| | Argiles noires inoceramus | 10,0-47,6 | 13,0-47,7 | 15,0-48,0 | 13,4-37,0 | 0,004-0,03 | 1:5,3 | 30,3-34,5 | 10,7-20,4 | 14,1-23,8 | 0,5-1,0 | | | 0,7-1,8 |
| Tarcau | Inoceramus | 12,7-27,1 | 12,4-35,5 | 9,9-30,5 | 14,6-48,2 | 0,003-0,024 | 1:0,7-1:4,3 | 37,4-55,2 | 15,2-19,8 | 20,8-36,4 | 0,8-0,9 | 40-70 | 1,61 | 0,6-3,5 |
| | Inoceramus + Straja | 10,9-27,2 | 10,9-48,3 | 19,1-41,0 | 40,5-44,5 | 0,003-0,01 | 1:2 | 49,0-51,0 | 17,0-19,5 | 30,0-34,0 | 0,6-1,1 | | | 0,5-7,7 |
| | Inoceramus vallée du Suceava | 10,4-31,0 | 29,4-64,8 | 14,9-17,3 | 13,3-26,9 | 0,08-0,008 | 1:1,5 | 39,5-52,0 | 17,3-19,0 | 22,0-34,0 | 0,7-0,9 | | | 0,8-0,9 |
| Vrancea | Ménilites • marnes et grès du Kliwa | 0-32,0 | 36,1-71,0 | 24,9-43,0 | 0,9-18,8 | 0,03-0,08 | 1:7,3 | 33,0-35,0 | 15,0-17,0 | 16,0-20,0 | 0,7-0,9 | | | 2,5-9,3 |
| | Gura Soimului | 14,2-57,0 | 22,9-46,5 | 9,7-23,4 | 7,2-25,7 | 0,002-0,015 | 1:0,9 | | | | | | | 0,8-0,9 |
| | Ménilites •• disodiles marnes et grès du Kliwa | | 25,0-5,50 | 15,0-50,0 | 15,0-57,0 | | | | 25,0-49,0 | 14,0-19,0 | 21,0-29,0 | 0,6-1,1 | | 10-70 |

* Ceahlău ** Teleajen • Vallée du Bistrîta •• Zone Tasbuga

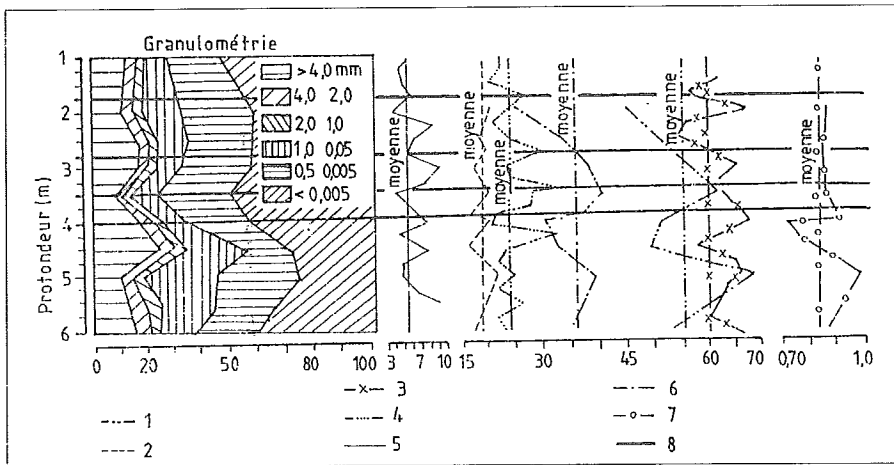


FIG. 2 - 1) Limite supérieure de plasticité; 2) Limite inférieure de plasticité; 3) Porosité; 4) Humidité de la matrice; 5) Humidité du squelette; 6) Indice de plasticité; 7) Indice de consistance; 8) Surface de glissement.

FIG. 2 - 1) Upper plasticity limit; 2) Lower plasticity limit; 3) Porosity; 4) Humidity of the matrix; 5) Humidity of the skeleton; 6) Plasticity index; 7) Consistency index; 8) Sliding surface.

deuxième ordre, situés sur le versant gauche de la vallée de la Bistrița. Le déplacement s'est produit avec des vitesses qui ont atteint des valeurs maximales de 40-50 mètres par jour.

Parmi les causes potentielles de la parution et de l'extension des glissements de terrain dans l'aire montagneuse du flysch, nous allons mentionner les plus importantes:

- une lithologie ayant engendré des couvertures de dépôts dont les propriétés physico-mécaniques sont favorables au processus;

- une grande extension du processus de glissement durant la période postglaciaire, qui a entraîné ces dépôts vers la base des versants, où ils se sont accumulés dans des couvertures avec de très grandes épaisseurs, de plus de 30 m (BARBU, 1976; DONISĂ, 1968; ICHIM, 1979; ILENICZ, 1984; ROMAN, 1987; SURDEANU, 1987);

- l'existence d'un étage morphoclimatique, situé entre 500-900 m d'altitude, favorisant le déclenchement et l'évolution du processus (MORARIU & MAC, 1972; ICHIM & SURDEANU, 1972-1973; ICHIM, 1979; SURDEANU, 1987);

- dans la plupart des cas, les réactivations des anciennes surfaces à glissements durant le dernier cycle, ont été favorisées par l'humidité augmentée des dépôts de versant, à la suite des précipitations extrêmement riches produites vers la fin du printemps et au début de l'été. Bien des fois, durant cette période, rien qu'un seul mois, il y a eu des pluies qui ont dépassé de plus de 1/2 la quantité moyenne multiannuelle (avril 1984 - 400 mm). L'excès pluviométrique venait augmenter l'humidité des dépôts, déjà accrue par la fonte de la neige. À des altitudes plus élevées, dépassant 750 m, la surhumectation des dépôts déluviaux présente une continuité dans le temps (printemps - automne), comme suite aux conditions climatiques favorables (UJVARI & BUZ, 1973);

- la réalisation de certaines périodes à excès pluviométrique, ayant une cyclicité d'environ 30 ans (1912-1913; 1942; 1970-1972);

- des changements majeurs du mode d'emploi des terrains dans l'espace montagneux du flysch, à la suite d'une

pression anthropique toujours plus grande, tels les déboisements massifs produits dans les bassins hydrographiques de la Courbure des Carpates, du Troțuș, de la Bistrița. Par la suite, se sont créées des surfaces étendues de prés et de pâturages, beaucoup d'entre elles étant exploitées de façon irrationnelle. Il nous faut aussi mentionner les exploitations du substratum (des minéraux utiles et des gisements de pétrole et de charbon), les constructions de maisons et de voies de communications (dans les zones à exploitations pétrolières, la densité des chaussées est de 6,4 km/km²), les aménagements des cours d'eau et les constructions de barrages. La magnitude de cette pression anthropique, commencée il y a deux siècles, a atteint des valeurs maximales surtout ces derniers 50 ans.

REPARTITION DES GLISSEMENTS DE TERRAIN

Au point de vue de l'espace, nous pouvons affirmer que le processus de glissement, dans la zone qui fait l'objet de nos investigations, connaît une grande extension là où, dans le substratum, prédomine une alternance rythmique d'argiles, marnes, marnocalcaires et grès, les formations argilo-marneuses étant les plus répandues. Les glissements s'y produisent avec une grande fréquence, surtout là où la matrice (la fraction au diamètre à moins de 1 mm) représente 50-84% de la masse déluviale, et, à l'intérieur de la matrice, la fraction argileuse tient 35-62%. Une grande fréquence des glissements a été enregistrée aussi dans la partie inférieure des versants (500-600 m), où dans le temps, se sont accumulées de gros dépôts déluviaux et où l'intervention anthropique, ample, a influé négativement sur leur degré de stabilité.

Vu que l'évacuation complète du matériel déluvial ne s'effectue pas pendant un seul cycle majeur de réactivation, on assiste à un transfert cyclique de masse, si bien que, sur certaines aires, se manifestent fréquemment des processus de décharge naturelle, et, dans d'autres, se produit le phénomène de surcharge géologique. Chaque cycle de réacti-

vation constitue, à la fois, une réponse aux conditions «créées» pendant le cycle antérieur et la prémisse du cycle dynamique à venir.

L'examen de la disposition altitudinale des 500 glissements actifs inventoriés durant la période mentionnée, nous a conduit aux conclusions suivantes:

– la plupart des glissements (38%) se sont produits entre 500-600 m altitude absolue. Suit après l'étage altitudinal de 600-700 m (32%);

– 85% des glissements actifs se sont produits à l'étage optimal pour la parution du processus, de 500-800 m.

Si jusqu'à l'altitude de 600 m, les glissements affectent des versants à exposition diverse, prédominant néanmoins ceux du côté sud (27% des cas), au-delà de cette altitude, la fréquence de leur apparition sur les versants sud s'accroît (plus de 80% des cas, à plus de 800 m altitude absolue).

En ce qui concerne le volume de déluviums mis en mouvement, on a pu constater que 51,6% du total proviennent du substratum prédominamment argileux, suivis par ceux affectant le flysch schisteux-argileux à intercalations de marno-calcaires et grès (39%), où ils occupent, d'ailleurs, les plus grandes surfaces (fig. 3).

Bien que le processus soit fréquent sur plusieurs aires altitudinales, cependant, lors du dernier cycle de réactivation, nous avons remarqué que le plus grand volume de déluviums a été entraîné dans l'aire altitudinale située entre 700-800 m (environ 41,4%). Le fait est dû à plusieurs facteurs, dont nous allons citer les suivants: la surcharge géologique réalisée pendant les cycles antérieurs; la pluviosité élevée; un grand nombre de jours à précipitations; la couche de neige qui y atteint les épaisseurs les plus grandes. Ce dernier aspect explique aussi le fait que la surhumidification des déluviums présente ici des valeurs relativement élevées pendant toute la saison chaude de l'année.

Dans l'aire altitudinale située à 500-600 m altitude absolue, le volume de déluviums mis en mouvement a représenté 38,5% du total entraîné. Les autres étages altitudinaux, de 300-500 m et, respectivement, de 600-700 m, ont fourni un volume beaucoup plus réduit de matériel, se constituant plutôt en aires de transit déluvial ou en tant que bases de stockage temporaire.

Pendant le dernier cycle de réactivation, les plus grandes surfaces à glissements actifs ont été enregistrées dans les aires altitudinales de 500-600 m et 700-800 m, sur des versants ayant dans le substratum du flysch argileux-schisteux à marno-calcaires et grès intercalés, ou du flysch prédominamment argileux (tab. 3).

En ce qui concerne la morphologie induite par le processus de glissement, nous avons constaté que le volume le plus considérable de matériel (75,4% du total) a été distribué sur les versants sous une forme complexe, en particulier, dans les aires altitudinales de 500-600 m et 700-800 m.

Une autre forme morphologique imposée par la structure du flysch carpatique est celle de la «vallée de glissement», créée à la suite de l'entraînement d'un volume de matériel représentant 13,3% du total (tab. 4).

CONCLUSIONS

L'étude de la répartition des glissements de terrain dans la zone du flysch carpatique nous a autorisé de construire un modèle synthétique pour la vallée de la Bistrița, dans la proximité immédiate de l'un des plus grands lacs de barrage créés sur les rivières intérieures, à savoir le lac de Izvorul Muntelui (fig. 4).

Les zones d'instabilité situées aux altitudes de 500-600 m, 750-800 m et tout près de 900 m sont bien celles qui vont coordonner l'évolution ultérieure des versants. Déjà

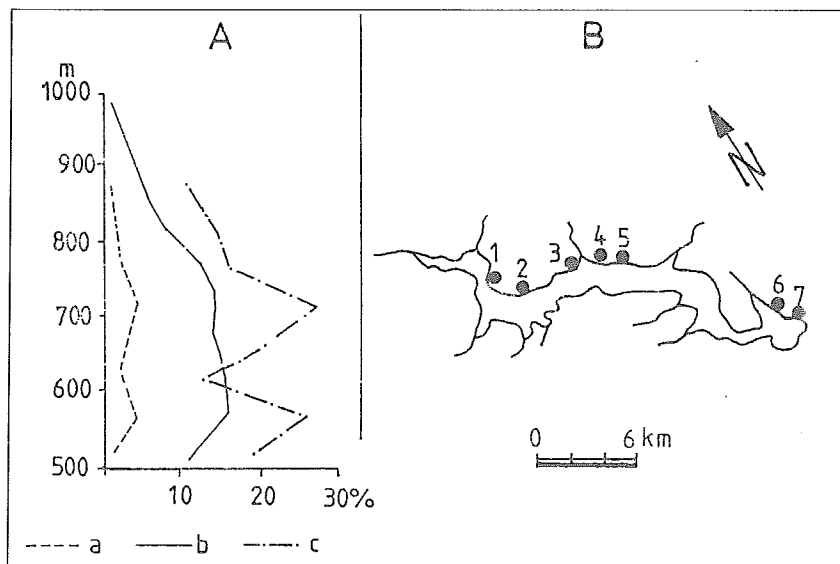


FIG. 3 - a) Surface des glissements de terrain % de la surface du bassin; b) Surface du bassin par rapport à l'altitude (%); c) Surface des glissements de terrain (% S); 1) Vârlan; 2) Buba; 3) Chirișeni; 4) Huiduman; 5) Brădișel; 6) Valea Mormântului; 7) Naclad.

FIG. 3 - a) Surface of the landslided % of the basin surface; b) Surface of the basin related to the altitude (%); c) Surface of the landslided (% S); 1) Vârlan; 2) Buba; 3) Chirișeni; 4) Huiduman; 5) Brădișel; 6) Valea Mormântului; 7) Naclad.

TABLE 3 - Relations quantitatives entre les différents flysch selon leur répartition altitudinale
 TABLE 3 - Quantitative relationship between the different flysch types according to their altitude

| Substratum lithologique | Flysch gréseux calcaire - schisteux - argileux | | Flysch prédominamment argileux | | Flysch argiloschisteux à intercalations de marnocalcaires et grès | | Flysch schisteux-argileux à intercalations de grès massifs sableux | | Flysch prédominamment gréseux | | Flysch calcaire-gréseux schisteux - argileux | | TOTAL | | |
|-------------------------|--|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|---|-----------------------|--|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|--|-----------------------|------------|-----------------------|----------|
| | S ha | Volume m ³ | S ha | Volume m ³ | S ha | Volume m ³ | S ha | Volume m ³ | S ha | Volume m ³ | S ha | Volume m ³ | Surface ha | Volume m ³ | |
| Étage altitudinal | | | | | | | | | | | | | | | |
| 301-400 | | | | | 0,21 | 1800 | | | 0,25 | 10700 | | | 0,46 | 0,1 | 12500 |
| 401-500 | | | 13,99 | 977600 | 6,92 | 107125 | | | 0,04 | 500 | 3,46 | 208925 | 24,41 | 6,9 | 1294150 |
| 501-600 | 4,24 | 187525 | 17,49 | 740200 | 116,5 | 5042486 | 0,44 | 1720 | 0,46 | 6025 | 2,86 | 483200 | 144,0 | 40,4 | 6461156 |
| 601-700 | 4,54 | 78577 | 6,56 | 124700 | 36,04 | 941473 | 5,66 | 561700 | | | 0,02 | 375 | 52,82 | 14,8 | 1706825 |
| 701-800 | 1,04 | 3400 | 98,43 | 6756530 | 13,58 | 179895 | 0,87 | 9350 | | | | | 113,92 | 32,0 | 6949175 |
| 801-900 | 1,60 | 39990 | 2,77 | 51905 | 16,41 | 262327 | | | | | | | 20,79 | 5,8 | 354222 |
| TOTAL | 11,42 | 309492 | 139,2 | 8650935 | 191,68 | 6535106 | 6,97 | 572770 | 0,75 | 17225 | 6,34 | 692500 | | | |
| % din TOTAL | 3,2 | 1,8 | 39,1 | 51,6 | 53,8 | 39,0 | 2,0 | 3,4 | 0,2 | 0,1 | 1,7 | 4,1 | 356,4 | 100 | 16778028 |

les principales aires fournisseuses de masse déluviale ont migré à plus de 1000 m au nord de la vallée du Trotus, et à plus de 1100 m dans la zone de courbure. L'existence des zones d'instabilité situées à 550-600 m et, respectivement, à 750-800 m, correspond à des accumulations déluviales datant de cycles dynamiques antérieurs, alors que celle supérieure, située à plus de 900 m, correspond à une ancienne zone d'arrachement (probablement du Pléistocène) (DALRYMPLE & *alii*, 1968). Les plus grandes

quantités de déluviums ont été mises en mouvement dans les aires montagneuses ayant dans le substratum des entités lithologiques prédominamment argileuses ou argilomarneuses.

En ce qui concerne l'évolution des versants dans les cycles dynamiques à venir, nous estimons qu'on pourrait s'attendre à une accentuation encore plus marquée de l'instabilité, notamment aux étages altitudinaux de 500-700 m et, respectivement, de 900-1000 m (1100 m).

TABLE 4 - Relations quantitatives entre les différents types morphologiques de glissements selon leur répartition altitudinale
 TABLE 4 - Quantitative relationship between the different types of landslide forms according to their altitude

| Types morphologiques | Gradins et sillons | Glissements lenticulaires | Monticules et vallons | Vallées de glissement | Fragmentation complexe | TOTAL | |
|----------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|------------------|
| | | | | | | m ³ | % |
| Étage altitudinal | | | | | | | |
| 301-400 | 10600 | 1900 | | | | 12500 | 0,17 |
| 401-500 | 69325 | 10323 | | | 1214500 | 1294150 | 7,70 |
| 501-600 | 594325 | 49895 | 77904 | 753100 | 4985932 | 6461156 | 38,5 |
| 601-700 | 301615 | 73395 | 132945 | 171320 | 1027550 | 1706825 | 10,2 |
| 701-800 | 412600 | 13385 | 68190 | 1310050 | 5144950 | 6949175 | 41,4 |
| 801-900 | 9775 | 38012 | 36435 | 1500 | 268500 | 354222 | 2,1 |
| TOTAL | m ³ % | 1398240 8,3 | 186912 1,1 | 315474 1,9 | 2235970 13,3 | 12641432 75,4 | 167780028 100 |

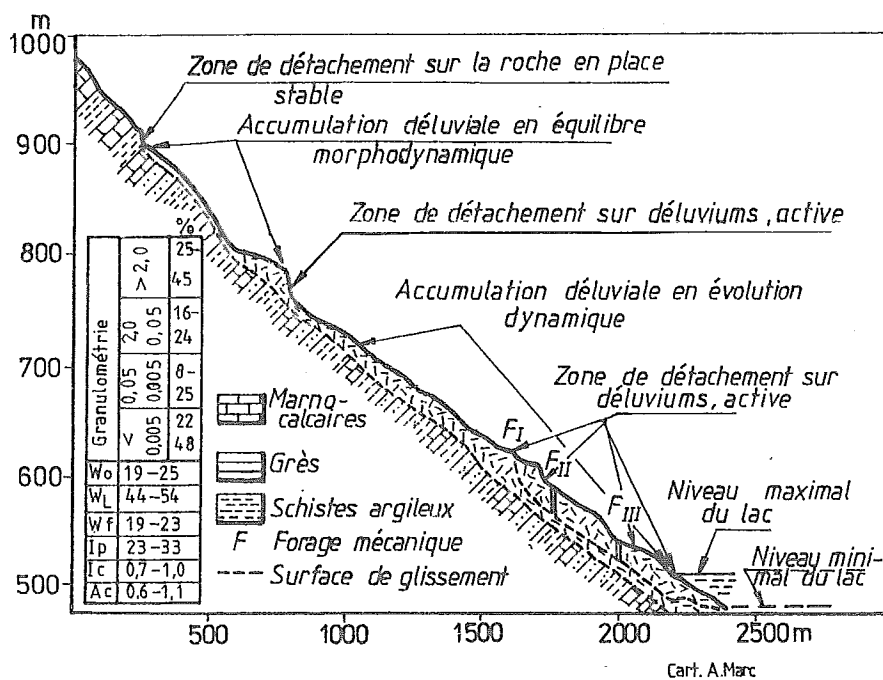


FIG. 4 - Évolution du versant gauche de la vallée de la Bistrita, zone de Huiduman, sous l'influence des glissements de terrain.

FIG. 4 - Evolution of the left side slope of the Bistrita Valley, Huiduman zone, under the influence of landslides.

RÉFÉRENCES

- BARBU N. (1976) - *Obcinele Bucovinei*. Ed. Șt. și Enciclop., București, pp. 315.
- DALRYMPLE J.B., BLONG R.J. & CONACHER A.J. (1968) - *An hypothetical nine unit landsurface model*. *Zeit Geomorph.*, 12, 60-77.
- DONISA I. (1968) - *Geomorfologia văii Bistriței*. Ed. Acad. Bucuresți, 285 pp.
- ICHIM I. (1979) - *Munții Stânișoara - Studiu geomorfologic*. Ed. Acad., București, 121.
- ICHIM I. & SURDEANU V. (1972-1973) - *Harta alunecărilor de teren din valea Bistriței din sectorul Borca - Bicaz*. *Lucrările stațiunii «Stejarul», S. Geol.-Geogr., Pângărați*, 99-115.
- IELENICZ M. (1984) - *Munții Ciucas-Buzău. Studiu geomorfologic*. Ed. Acad., București, 1-146.
- MORARIU T. & MAC I. (1972) - *Procese predominante și accesorii în modelarea actuală a reliefului României*. *St. Univ. «Babeș-Bolyai», 17 (2)*, Cluj-Napoca, 3-13.
- ROMAN F. (1987) - *Unele aspecte geomorfologice actuale din zona de fliș a Vrancei*. *Lucrările Semin. Geogr. «D. Cantemir», 7/1976*, Iași, 27-33.
- SURDEANU V. (1982) - *Recherches experimentales de terrain sur les glissements*. *Studia Géomorph. Carpatho-Balcanica*, 15, 49-65.
- SURDEANU V. (1987) - *Studiul alunecărilor de teren din valea mijlocie a Bistriței (zona munților flișului)*. Teză doctorat, Iași, 1-200.
- UJVARI I. & BUZ V. (1973) - *Perioadele caracteristice de supraumectare litologică, de regenerare a apelor subterane și procesele gravitaționale de versant*. *St. Univ. «Babeș-Bolyai», 18 (2)*, Cluj-Napoca, 9-19.