

## Le glissement de Rigaud (Québec) du 3 mai 1978 : une interprétation du mode de rupture d'après la morphologie de la cicatrice

### The May 1978 Rigaud landslide: interpretation of the mode of failure from the morphology of the landslide scar

### Der Rigaud Erdrutsch, Mai 1978: Interpretation der Spaltungsweise aus der Morphologie des Erdrutsches Narbe

M. A. Carson

Volume 33, Number 1, 1979

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1000323ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/1000323ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (print)

1492-143X (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Carson, M. A. (1979). Le glissement de Rigaud (Québec) du 3 mai 1978 : une interprétation du mode de rupture d'après la morphologie de la cicatrice. *Géographie physique et Quaternaire*, 33(1), 63–92.  
<https://doi.org/10.7202/1000323ar>

Article abstract

Photographs are provided depicting the gross morphology and the detailed morphological appearance of the slide area of the 1978 May 03 landslide at Ste Madeleine de Rigaud. The slide, involving 300 m of valley slope, occurred at one of the pylon sites along the route of the main electricity transmission line from James Bay to Montréal. At the time of the slide, pile-driving was in operation at the top of the slope. No attempt is made here to investigate the causes of the slide. It is argued, however, that, from a study of the morphology of the slide area, the mode of failure can be identified. On the basis of a detailed survey immediately after the landslide, it is concluded that the landslide terrain is composed of multiple, quasi-parallel sharp-crested horsts and intervening grabens, a pattern of topography consistent with the "wedge-prism" mode of retrogressive failure previously proposed for 'earthflows' in sensitive Champlain Sea muddy sediments. The need for observations of slide debris in a fresh state, immediately after a landslide is emphasized, and illustrated by comparison of photographs taken one day and six months after the slide.

# LE GLISSEMENT DE RIGAUD (QUÉBEC) DU 3 MAI 1978 : UNE INTERPRÉTATION DU MODE DE RUPTURE D'APRÈS LA MORPHOLOGIE DE LA CICATRICE

M. A. CARSON, Department of Geography, McGill University, 805 ouest, rue Sherbrooke, Montréal, Québec H3A 2K6.

**RÉSUMÉ** Les photographies contenues dans ce travail illustrent la morphologie générale et les formes de détail du glissement de terrain qui s'est produit le 3 mai 1978 à Sainte-Madeleine-de-Rigaud. Le glissement, qui a affecté le versant d'un vallon sur une longueur de 300 m, a eu lieu sur le tracé de la ligne principale de transmission reliant la baie de James à Montréal. Au moment du glissement, on enfonçait, au sommet du versant, un des piliers. On ne cherche pas ici à trouver les causes du glissement, mais on tente plutôt d'expliquer le mode de fonctionnement du mouvement de masse à partir de l'étude morphologique du matériel affecté. Une étude détaillée effectuée immédiatement après le glissement révèle que le matériel glissé est composé de nombreux horsts et grabens presque parallèles; le tout se présente selon un modèle de glissement de coins et prismes de type rétrogressif tel qu'on l'a déjà proposé pour les coulées qui se produisent dans les argiles sensibles de la mer de Champlain. On insiste sur le fait que les observations doivent être faites immédiatement après le glissement, la dégradation des formes étant très rapide ainsi que l'attestent les photographies prises six mois après le glissement.

**ABSTRACT** *The May 1978 Rigaud landslide: interpretation of the mode of failure from the morphology of the landslide scar.* Photographs are provided depicting the gross morphology and the detailed morphological appearance of the slide area of the 1978 May 03 landslide at Ste Madeleine de Rigaud. The slide, involving 300 m of valley slope, occurred at one of the pylon sites along the route of the main electricity transmission line from James Bay to Montréal. At the time of the slide, pile-driving was in operation at the top of the slope. No attempt is made here to investigate the causes of the slide. It is argued, however, that, from a study of the morphology of the slide area, the mode of failure can be identified. On the basis of a detailed survey immediately after the landslide, it is concluded that the landslide terrain is composed of multiple, quasi-parallel sharp-crested horsts and intervening grabens, a pattern of topography consistent with the "wedge-prism" mode of retrogressive failure previously proposed for 'earthflows' in sensitive Champlain Sea muddy sediments. The need for observations of slide debris in a fresh state, immediately after a landslide is emphasized, and illustrated by comparison of photographs taken one day and six months after the slide.

**ZUSAMMENFASSUNG** *Der Rigaud Erdrutsch, Mai 1978: Interpretation der Spaltungsweise aus der Morphologie des Erdrutsches Narbe.* Die beiliegenden Photographien zeigen die allgemeine und spezifische Morphologie der Gegend des am 3. Mai 1978 in St-Madeleine de Rigaud entstandenen Erdrutsches. Der Rutsch, welcher 300 m eines Talabhanges umfasste, entstand an einem der Turmpfeilersitze an der Hauptelektrizitätslinie zwischen der James Bay und Montréal. Zur Zeit des Erdrutsches, wurden Pfeiler über dem Talabhang eingetrieben. Man versucht hier nicht die Ursachen des Erdrutsches zu ergründen. Man beweist aber, dass sich aus einer morphologischen Untersuchung der Erdrutschgegend, die Ursache dessen ermitteln lässt. An Hand einer gründlichen Untersuchung unmittelbar nach dem Erdrutsch, ersieht man, dass das Erdrutschgebiet aus vielfachen, fast parallelen, scharfkantigen Horsten und dazwischenkommenden Graben besteht. Ein topographisches Muster vereinbar mit der "Keil-Prismen" Form der "retrogressive failure" die schon vorhergehend für Erdrutsche in den empfindlichen, schlammigen Sedimenten des Champlain Sees angenommen wurde. Der Bedarf für Beobachtungen der frischen Trümmer unmittelbar nach einem Erdrutsch wird betont und illustriert durch das Vergleichen von Fotografien, die am Tage nach dem Erdrutsch und 6 Monate später gemacht wurden.

Dans la matinée du 3 mai 1978, un glissement de terrain a affecté, sur environ 300 m de long, le versant occidental d'un vallon situé à l'ouest du mont Rigaud (Québec), à deux kilomètres du pied de la colline<sup>1</sup>. La masse glissée est venue buter contre le flanc est du vallon. Une distance de 150 m sépare ce point du fond de l'amphithéâtre de glissement dont la figure 1, une photographie aérienne prise le lendemain du glissement, donne une vue d'ensemble. La figure 2 localise les autres photographies prises à l'intérieur de l'aire glissée. Celle-ci se situe sur le tracé d'une ligne de transmission électrique en voie de construction reliant la baie de James à Montréal. Deux piliers avaient été enfoncés au marteau, avant le glissement, à l'angle A (fig. 3) de l'assise d'un pylône; le mouvement de masse s'est déclenché alors que des ouvriers enfonçaient, au sommet du versant qui s'est effondré, l'un des deux piliers de l'angle B (fig. 3). Cet endroit correspondait à la pente la plus raide du versant ouest. Selon l'un des ouvriers présents, l'ensemble du mouvement de masse s'est déroulé en moins d'une minute.

Bien qu'il soit de dimension plus petite que la plupart des coulées qui se forment dans les argiles sensibles des basses terres du Saint-Laurent, le glissement de Rigaud ressemble à celui de Hawkesbury de 1955 (EDEN, 1956) et est considéré comme étant de type rétrogressif. Il entre plus exactement dans la catégorie des « ruptures rétrogressives par étalement » (*spreading failure*) qu'un article précédent (CARSON, 1977) a étudié en détail dans le cas des versants constitués de sédiments de la mer de Champlain. La « Discussion » de cet article par EDEN (1978) et par MITCHELL (1978) montre à l'évidence que les études classiques d'ingénierie, sur le terrain, ne considèrent pas la morphologie des cicatrices comme une donnée utile à la reconstitution du mode de glissement. C'est en réaction à une telle attitude que nous avons inclus, dans notre « Réponse » aux « Discussions » (CARSON, 1979), une brève description géomorphologique du glissement de Rigaud.

Les deux propositions, a) que des coulées d'argile sensible peuvent impliquer différents modes de fonctionnement et b) que la morphologie d'une cicatrice peut, dans un site donné, livrer les informations sur la nature du glissement en présence, nous semblent si importantes et, pourtant, ont été si négligées jusqu'ici, qu'elles méritent des développements plus amples que ceux que nous leur avons consacrés dans notre « Réponse » citée précédemment. Le glissement de Rigaud, pour lequel une importante documentation photographique a été établie dans les jours qui l'ont suivi, se prête particulièrement bien à la démonstration de la

seconde de nos deux propositions. Le but de cet article est de montrer à quel point la morphologie du matériel mobilisé peut contenir des informations précises sur le mode de fonctionnement du mouvement de masse. Ces données sont évidemment un prérequis indispensable à toute analyse quantitative du phénomène.

## LA RECONSTITUTION DU MODE DE GLISSEMENT

La figure 1 permet de déceler certaines des caractéristiques du terrain avant le mouvement de masse. La figure 3 en donne une vue détaillée; elle se base sur les plans d'arpentage qu'utilisait l'entreprise travaillant sur le site (Jenkins, Geodex Ltd., comm. pers.) et sur l'interprétation de photos aériennes verticales à 1/15 840, de 1975. À l'origine, la largeur du vallon, d'un rebord à l'autre, variait de 60 à 100 m. La profondeur de l'entaille dans la terrasse se situait entre 15 et 17 m. Plusieurs cicatrices d'anciens glissements de faible profondeur s'observaient à proximité immédiate du site, outre le vaste amphithéâtre visible sur la figure 1, résultant d'une ancienne coulée en direction de la rivière Rigaud.

Les figures 4 et 5 permettent de reconstituer le glissement comme suit. Pendant qu'à l'angle B (fig. 5) du chantier de construction du pilône on enfonçait l'un des piliers, une bande étroite de terrain (désignée par L sur la fig. 5), située au sommet du versant, s'est affaissée de manière plus ou moins verticale, le long d'une faille normale typique apparue juste à l'arrière de l'ancien versant (zone A de la fig. 5). Ce graben de forme allongée, en retrait du versant primitif, n'a été préservé que dans la partie sud de l'amphithéâtre de glissement (fig. 6) car, à cet endroit, aucune instabilité ultérieure n'est venue affecter son escarpement du côté de la terrasse. L'escarpement du graben, du côté du vallon, se voit sur les figures 7 et 8. Sa pente varie en gros de 55° à 70°; il présentait en plusieurs endroits, immédiatement après le glissement, des surfaces à stries de frottement (fig. 9).

En partie à cause de la pente de l'escarpement « amont » (du côté terrasse) du graben initial (fig. 10), mais aussi, nécessairement, suite au déplacement du matériel en profondeur qu'implique l'affaissement du coin L, une poussée horizontale s'est exercée sur l'escarpement « aval » (du côté vallon) du graben initial. En réponse à cette poussée, le bloc B et en conséquence le versant ouest du vallon ont subi une translation plus ou moins horizontale, vers le versant est. La profondeur de la surface de glissement de base n'est pas connue avec exactitude, mais un forage à l'intérieur de l'amphithéâtre (fig. 11) a révélé une mince zone d'argile molle sensiblement à la même altitude que l'ancien lit majeur. Ce niveau se situe toutefois au-dessus de la

1. L'endroit du glissement se trouve sur la carte topographique 31G/8W (Vaudreuil) à G. R. 495345.

base théorique atteinte par deux piliers (angle A) enfoncés dans l'argile et qui se sont déplacés pendant le glissement.

Les figures 12 et 13 montrent la partie A du versant ouest après son déplacement. En gros, cette partie conserve encore l'allure générale d'un bloc de terrain relativement intact ayant subi une poussée vers l'est. Néanmoins, le déplacement s'est accompagné de l'ouverture de plusieurs fissures et de la formation de quelques grabens obliques. De plus, le mouvement de translation a comprimé le matériel du lit majeur, entre le versant ouest qui a glissé et le versant oriental stable; et la partie inférieure du versant ouest a également été affectée par le mouvement de compression. Comme le montrent les photos, la zone A contraste fortement avec la zone B (fig. 8, 14, 15) qui, elle, se caractérise par un terrain plus bas, plus morcelé et à pente plus douce.

Ce contraste peut être mis en rapport avec une observation précédente: la zone B provient du secteur de pente le plus faible de l'ancien versant ouest. Il est permis de supposer que cette différence entre les zones A et B, qui ressort nettement des profils topographiques I et III de la figure 16, reflète pour la zone B, en plus de la translation, un mouvement de subsidence. Plusieurs faits étayaient cette interprétation: 1) il n'y a pas d'escarpement aval continu limitant la zone B, mais, à la différence de la zone A, seulement des escarpements discontinus (fig. 8) qui bordent une arête d'argile bleue, compacte, désignée par 1 sur la figure 5; 2) dans l'un des blocs (désigné par IV sur la fig. 8), qui constituent ces escarpements discontinus, isolés, le pendage apparent des lits de sable plonge, en direction de la rive est du vallon, de 12° du côté amont et de 23° du côté aval. Ces pendages correspondent à des plans de stratification pratiquement parallèles à la surface gazonnée du bloc. Si l'on admet qu'ils étaient à l'origine horizontaux, on peut en déduire que la topographie initiale était elle-même horizontale et appartenait ainsi, avant le glissement, au sommet de la terrasse plutôt qu'à une partie du versant; 3) la petite arête 1 qui longe l'escarpement «aval» (face ouest du bloc B de la fig. 10) discontinu de la zone B est mal conservée (fig. 15 et 17), mais la continuité de son tracé et sa localisation (entre deux bandes de sédiments superficiels dont l'une au moins s'est affaissée) suggèrent que sa genèse est identique à celle des arêtes spectaculaires (arêtes 2, 3 et 4) qui se sont formées dans la terrasse, en retrait du versant initial et dont nous reparlerons.

Si l'on admet que la bande de terre L (fig. 5) correspond à un coin qui, en s'affaisant, a déterminé la formation d'un graben dont seule l'extrémité sud a été préservée de mouvements subséquents, il convient de chercher le prolongement de l'escarpement «amont»

de ce graben à travers l'aire glissée. Il devait rejoindre l'escarpement intact au point X de la figure 7. Il a, bien sûr, été oblitéré. Mais ses vestiges peuvent encore se voir dans la face est de l'arête 2 (fig. 4 et 5) qui traverse l'amphithéâtre sur toute sa longueur. En effet, cette face constitue la partie supérieure de la faille normale (fig. 10: fd) qui rejoignait vers le haut une fissure de traction verticale (fig. 10: de); cette dernière, après l'affaissement du premier coin (L sur la fig. 10) formait l'escarpement «amont» du graben. Mais la subsidence du deuxième coin (M sur la fig. 10) a entraîné l'escarpement «amont» vers le bas, en arrière de l'arête 2 qui, de la sorte, a été mise en saillie. Par la suite l'arête 2 elle-même s'est effondrée en quelques endroits par éboulements (fig. 18) et autres phénomènes décrits ci-dessous.

Les éboulements ont, en fait, été si importants que, par endroits, l'ensemble de l'escarpement «amont» du graben initial (bande L) a été détruit. Néanmoins l'alignement remarquable des portions de l'arête et de débris éboulés, visible dans les premiers jours qui ont suivi le glissement, renforce l'interprétation selon laquelle l'arête 2 représente le tracé de l'escarpement «amont» du graben initial. Là où l'arête est demeurée intacte après le glissement (fig. 19), sa face orientale, dont la pente est de 56 à 63°, présentait des taches brunes suite à l'affaissement, le long de son plan, du coin L dont les couches supérieures pédogénisées étaient oxydées.

#### **LA PARTIE INTERNE DU GLISSEMENT: RÉTROGRESSION SUBSÉQUENTE DE L'ESCARPEMENT AMONT, PROGRESSION DU VERSANT INITIAL ET STABILISATION FINALE**

Pour qu'un microrelief du type de l'arête 2 puisse se former, il ne suffit pas d'un affaissement d'une bande de terrain (L) unique; il n'en résulterait qu'un simple graben. Il faut, par contre, tel qu'indiqué schématiquement par les figures 10 et 20, qu'il se produise un mouvement de subsidence des deux côtés de l'arête, d'où la mise en saillie d'un horst dont la crête aiguë sépare deux bandes de terres affaissées. L'article d'où est tirée la figure 20 (CARSON, 1977) montre que la force horizontale s'exerçant vers l'amont, sur la face d'un prisme (dans la fig. 10, sur la face du prisme 2 à partir du coin L) peut être inférieure à la force horizontale en direction de l'aval s'exerçant sur ce prisme à partir d'un coin (M dans la fig. 10) qui commence à s'affaisser; cette situation, qui ne se réalisera que si l'affaissement du premier coin (L de la fig. 10) excède une profondeur critique, déterminera un déplacement du prisme (2 de la fig. 10) vers l'aval. Alors, le coin M s'affaissera à son tour et un nouveau prisme pourra se former.

En théorie, il y aura ainsi évolution rétrogressive (fig. 20) jusqu'à ce que l'importance de l'affaissement devienne, brutalement ou graduellement, inférieur au seuil nécessaire pour entretenir le mouvement. Lorsque l'on pense que la subsidence de chaque nouveau coin implique la translation horizontale d'une masse mobilisée de plus en plus grande, il n'est pas difficile de prévoir que la valeur seuil de l'affaissement ne sera finalement plus atteinte et, qu'en conséquence, l'évolution rétrogressive sera stoppée. Dans le cas du glissement de Rigaud, le stade de stabilisation a été atteint assez rapidement, lorsque le versant ouest (le bloc B dans la fig. 10) a été poussé contre le versant est (fig. 4). Les déformations de cette zone frontale (fig. 12) témoignent de la force de résistance qui s'est exercée à ce moment-là à toute nouvelle progression du front ainsi qu'à toute nouvelle subsidence de coins et, par le fait même, à toute évolution rétrogressive de l'escarpement « amont ».

Le rebord, au sommet de l'ancien versant ouest (fig. 3), a subi un recul (R) relativement modeste (environ 30 à 70 m), ce qui représente à peine quatre fois la hauteur (H) initiale du versant. Le glissement de Rigaud se distingue de cette façon de la plupart des autres coulées d'argile des basses terres du Saint-Laurent qui présentent souvent des rapports R/H supérieurs à 20. Or les sédiments de Rigaud sont très sensibles (> 100 d'après la technique du cône suédois): l'interruption rapide du processus d'évolution rétrogressive découle, à première vue, du fait que le premier bloc ayant glissé (les zones A, B, C: fig. 5) était trop large pour être évacué en aval, le long du vallon. De plus, le vallon était très boisé (fig. 21) et son tracé était très irrégulier.

### ARGUMENTS EN FAVEUR D'UNE INTERPRÉTATION DU GLISSEMENT DE RIGAUD EN TERMES D'UN MODÈLE DE COINS ET PRISMES

La ressemblance entre la morphologie de l'amphithéâtre de Rigaud (*cf.* fig. 16) et le schéma d'un modèle de glissement par coins et prismes (fig. 20) publié à peine sept mois avant que ne se produise le mouvement de masse de Rigaud est telle que de prime abord elle n'exige pas de longues démonstrations. Certains points méritent néanmoins d'être soulignés.

1) Bien que les surfaces gazonnées des coins montent, à Rigaud, des fissures profondes plus fréquentes que dans le cas de la figure 20, l'absence d'un pendage amont systématique de ces bandes de terrain oblige d'écarter l'hypothèse d'un modèle rétrogressif classique par glissement rotationnel de tranches successives. Du reste, la plus forte fissuration ne contredit en rien le

modèle de coins et prismes. Certes, les surfaces gazonnées des coins présentaient des pentes variables, allant jusqu'à 14°, mais dans l'ensemble, elles se situaient près de l'horizontale.

2) Il est vrai que les lits de sable visibles dans la partie sommitale des arêtes n'étaient pas toujours horizontaux (fig. 22), mais ils présentaient, en deux points au moins, des pendages vers l'est de 15°. Cependant, l'inclinaison des lits généralement faible, le voile de terre brune qui recouvre souvent les surfaces de glissement striées et le contexte morphologique global indiquent que ces arêtes ne peuvent pas résulter du retournement de tranches de matériel profond qui auraient subi un glissement rotationnel préalable, comme cela avait été suggéré pour des « pinacles » d'autres glissements (par exemple celui de Hawkesbury, par EDEN, 1956). Ces arêtes présentent l'allure caractéristique de horsts à crêtes aiguës telle que représentée par la figure 20. Le faible pendage des lits n'a jamais été rencontré dans l'escarpement « amont » du glissement. Dans les arêtes où on peut l'observer, il semble résulter d'un renversement vers l'avant (aval-écoulement) de la partie supérieure du prisme qui a pu décoller de la masse principale souterraine. Un tel décollement, qui pourrait être facilité par la présence d'un lit de sable permettrait une faible rotation vers l'avant de la pointe de l'arête, selon une charnière qui se situerait sur la face est du prisme là où elle émerge du plancher du glissement; ce phénomène devrait se produire dans le cas d'un freinage brusque de la masse en train de glisser. À la limite, on aurait un renversement complet de l'arête vers l'avant, un phénomène qui se rencontre à Rigaud (fig. 23) bien qu'il soit moins fréquent que le renversement vers l'arrière dont il sera question plus bas.

3) Les surfaces à stries de frottement des arêtes d'argile présentent des pentes de 55° à 64°, ce qui correspond bien aux valeurs moyennes de 60° qu'implique la théorie de glissements basée sur un état actif de contraintes.

4) Un forage dans un prisme (arête 3 du profil I: fig. 16) a indiqué, sur l'ensemble de sa profondeur, l'absence d'une zone de matériel remanié, à l'exception d'un passage de 10 à 15 cm qui appartient probablement à la surface de glissement basale. Ainsi, l'arête 3 est composée sur au moins 16 m de profondeur de sédiments non perturbés, un fait qu'il est difficile de concilier avec le modèle de glissement rétrogressif de MITCHELL et MARKELL (1974) qui prévoit une épaisse zone d'écoulement plastique en profondeur et l'extrusion en surface de petites rides d'argile compacte.

Au total, les arêtes observées à Rigaud, sur le terrain, présentent des caractéristiques qui se conforment bien à celles qui devraient apparaître, d'après notre schéma

(fig. 20) par l'affaissement de deux coins. Il reste néanmoins regrettable que le manque de ressources n'ait pas permis un programme détaillé de sondages permettant de vérifier complètement la coupe de la figure 20. Par ailleurs, la cicatrice de glissement de Rigaud se distingue du schéma de prismes et coins (fig. 20) par deux points. 1) Au cours du glissement, il ne fait aucun doute qu'en beaucoup d'endroits les arêtes (la partie émergée des prismes) se sont effondrées par décollement ou renversement, comblant les crevasses voisines de blocs d'argile cohérente (fig. 24, 25, 27 et 29); ces blocs s'étendaient même à la surface des coins adjacents. Des renversements vers l'arrière étaient particulièrement fréquents: ce qui suggère que la première poussée exercée par l'affaissement d'un coin sur le prisme immédiatement en aval devait être relativement brusque. Toutefois, dans l'ensemble, à Rigaud, les arêtes ont été relativement bien conservées pendant le glissement; il en résulte que le plancher de l'amphithéâtre n'a été que faiblement recouvert de débris meubles. C'est précisément ce fait qui explique la netteté de la topographie de horsts et de grabens qui caractérise la cicatrice de Rigaud. Il est évident que dans des cas où pratiquement l'ensemble des arêtes se seraient effondrées, ne laissant que quelques pinacles isolés, le plancher du glissement serait recouvert d'un manteau tellement important de blocs d'argile que seule une étude morphologique et stratigraphique extrêmement serrée permettrait de reconstituer le mécanisme du mouvement de masse. 2) À Rigaud, sauf en deux points, il n'y a pas eu de remplissage à ras bords des crevasses par de l'argile remaniée; il s'agit là d'une différence notable d'avec le schéma théorique de la figure 20. Cela peut s'expliquer par l'obstruction de la partie supérieure des crevasses par les blocs éboulés, que nous venons de mentionner.

Mais il faut également envisager une autre cause. La hauteur sur laquelle l'argile «fluide» pénètre dans les crevasses dépend du volume de «fluide» déplacé (qui est lui-même fonction de la profondeur de l'affaissement du coin) et du volume total de crevasses disponible à l'injection de la boue, à l'intérieur de l'amphithéâtre de glissement. Des articles antérieurs (CARSON 1977, p. 93; 1979) examinent la situation où l'argile remaniée est injectée dans les crevasses, entre un prisme et un coin jusqu'à la surface du coin sans déborder sur le plancher de l'amphithéâtre. Dans un tel cas, la distance entre les arêtes est, théoriquement, d'après les symboles de la figure 10:

$$d = 2 \cdot \cot(\alpha) [h_1 + (\Delta h^2 - z^2)/2h_2 + (h_3 - h_2)].$$

À Rigaud on a mesuré les valeurs suivantes:  $h_1 \pm 20$  m;  $\Delta h \pm 7,3$  m;  $h_2 \pm 12,7$  m;  $z \pm 3$  m;  $(h_3 - h_2) \pm 2$  m; et  $\alpha \pm 62^\circ$ ; ce qui permet de calculer la valeur  $d$ : 25,3 m. Avant le glissement, la largeur de chaque coin a été, d'après la théorie, de

$$a = 2 \cot(\alpha) \cdot (h_1 - z)$$

soit, d'après les valeurs mesurées précédentes, 18 mètres. L'affaissement de chaque coin a donc écarté les sommets des prismes de  $a = 18$  m à  $d = 25,3$  m, soit une augmentation de 7,3 m. Comme quatre coins (fig. 16: L, M, N, O) se sont affaissés en retrait du versant ouest du vallon, ce versant a subi une translation rectiligne théorique vers l'est de  $4 \times 7,3 = 29,2$  mètres. On a mesuré, sur le terrain, le déplacement réel subi par ce versant; les mesures varient de 23 à 36 m. On peut en conclure que les crevasses ont été suffisamment larges pour recevoir, à ras bords mais sans débordement, l'argile remaniée et injectée de la base des coins. Il est possible que les crevasses aient été localement plus larges que nécessaire. Par ailleurs, il ne faut pas oublier qu'entre les crevasses, des fissures sont apparues dans les coins d'argile compacte et qu'elles ont, elles aussi, pu être injectées d'argile remaniée.

#### LA DÉGRADATION DES AMPHITHÉÂTRES: VITESSE D'OBLITÉRATION ET DANGER DE TIRER DES CONCLUSIONS À PARTIR DES ANCIENNES CICATRICES

L'intérêt des photographies de cet article réside principalement dans la fraîcheur des formes qu'elles représentent. Des études antérieures, tentant de reconstituer des processus à partir des formes, en utilisant des photographies aériennes d'anciennes cicatrices de coulées d'argile (par exemple MOLLARD et HUGHES, 1973), doivent être abordées avec beaucoup de circonspection en raison des changements notables qui se produisent, au cours du temps, dans la morphologie d'un amphithéâtre de glissement. Ces changements introduisent des caractères ambigus comme le montrent les modifications survenues à Rigaud au cours des six mois après le glissement. Les changements survenus aux emplacements représentés par les figures 25 (fig. 26), 27 (fig. 28) et 29 (fig. 30 et 31) sont représentatifs de l'évolution de l'ensemble de l'amphithéâtre. La dégradation de l'extrémité nord de l'arête 2 (fig. 32 et 33) est particulièrement frappante.

Bien qu'il y ait eu des modifications locales d'origine anthropique, la majeure partie des changements est due aux processus naturels, principalement des phénomènes de décohesion, et l'alternance de dessiccation et d'humidification des sédiments à nu. Il serait de toute évidence difficile de reconstituer le mode de glissement à partir de la morphologie actuelle de l'amphithéâtre. Cette tâche devient pratiquement impossible après une période de quelques années. On peut espérer que la comparaison des photographies qui constituent la partie centrale de cette étude et celles représentant l'état de dégradation des formes six mois à peine après leur formation, montre les limites ainsi que

l'intérêt pour les sciences géotechniques de reconstituer les mécanismes à partir de la morphologie.

#### REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Jacques LEBUIS qui a mis à ma disposition un hélicoptère, ce qui m'a permis de prendre les photographies contenues dans cet article; la Sûreté du Québec pour m'avoir permis de travailler dans l'amphithéâtre du glissement; Ralph JENKINS pour m'avoir remis les plans d'arpentage exécutés avant le déclenchement du mouvement de masse; Doug MACGREGOR et Abal SEN pour leur aide au moment de l'exécution des figures; Brian BIRD pour sa lecture critique d'une version préliminaire; enfin, Pierre GAN-GLOFF pour son assistance à la rédaction française.

#### RÉFÉRENCES

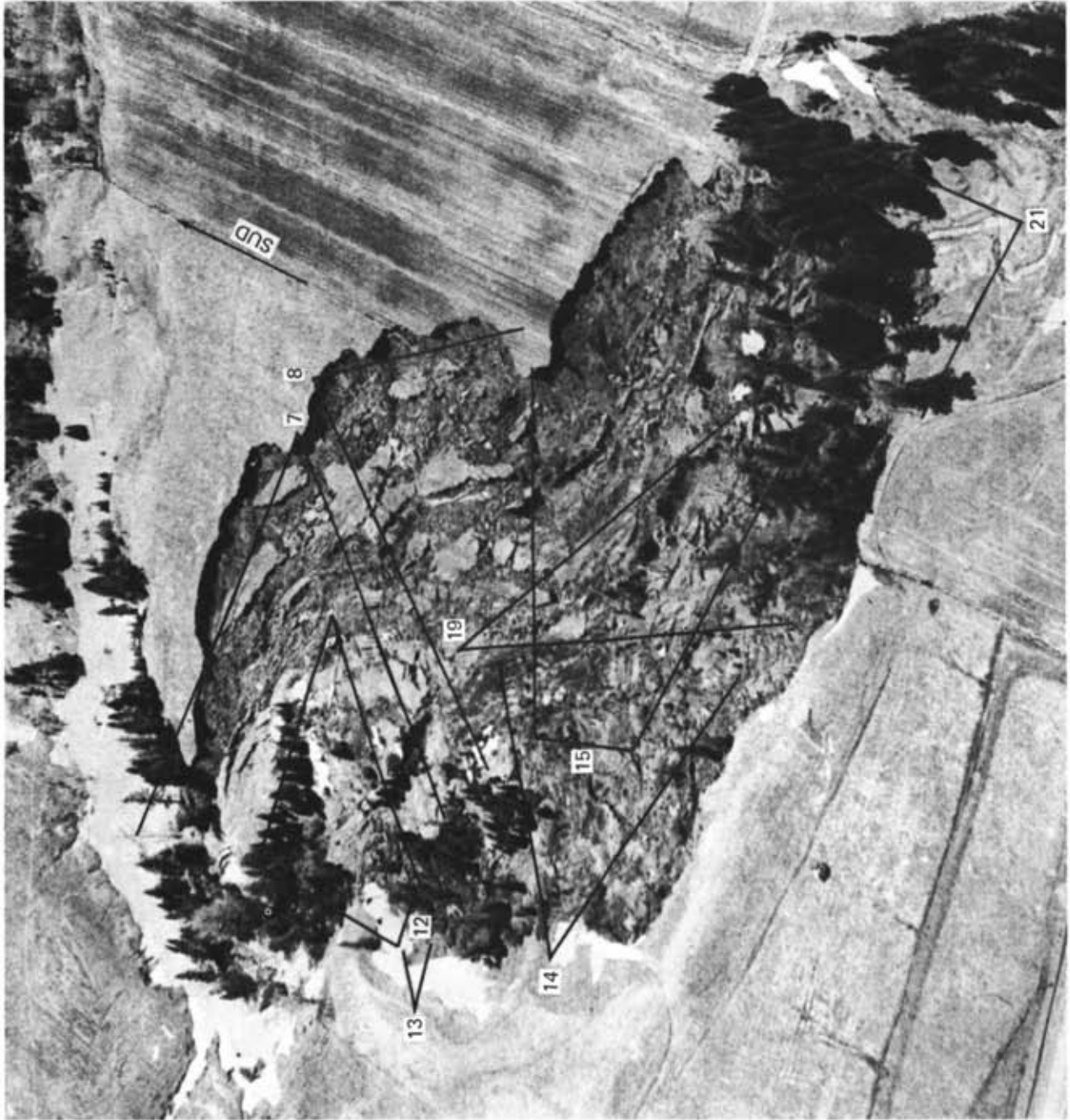
- CARSON, M. A. (1977): On the retrogression of landslides in sensitive muddy sediments, *Can. Geotech. J.*, vol. 14, p. 582-602.
- (1979): Reply, *Can. Geotech. J.*, vol. 16 (sous presse).
- EDEN, W. J. (1956): The Hawkesbury landslide, *Proc. 10th Can. Soil Mech. Conf.*, Ottawa, p. 14-22.
- (1978): Discussion, *Can. Geotech. J.*, vol. 15, p. 451-453.
- MITCHELL, R. J. et MARKELL, A. R. (1974): Flowsliding in sensitive soils, *Can. Geotech. J.*, vol. 11, p. 11-31.
- MITCHELL, R. J. (1978): Discussion, *Can. Geotech. J.*, vol. 15, p. 446-450.
- MOLLARD, J. D. et HUGHES, G. T. (1973): Discussion, *Can. J. Earth Sciences*, vol. 10, p. 324-328.



Oblique view of the 1978 Rigaud slidebowl looking slightly east of south. The centre-line of the planned pylon line is marked on the photograph following, with the field boundaries, a due N-S orientation. The cars of visitors to the slidebowl are parked in an older, larger earthflow bowl, part of the back-scarp of which is marked on the photograph. Also indicated, by four circles, are the four pairs of friction piles to support the next pylon north of the 'landslide pylon' site (after CARSON, 1979, modified).

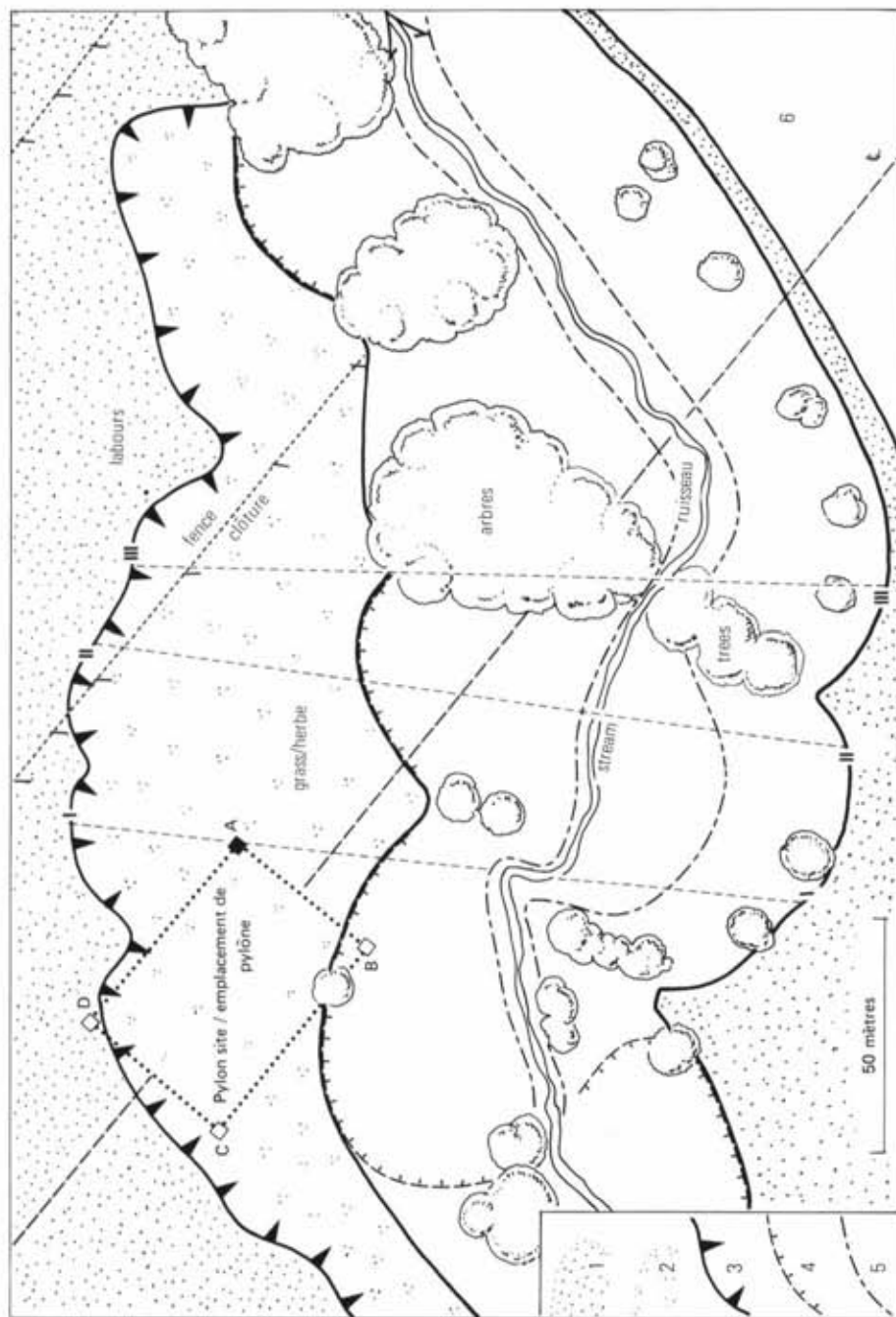
FIGURE 1. Photographie oblique de la cicatrice de glissement de Rigaud prise en direction du sud. En surcharge, le tracé prévu de la ligne de transmission électrique; les quatre cercles indiquent les emplacements des quatre paires de piliers formant l'assise du premier pylône immédiatement au nord de la cicatrice. Les limites des champs sont orientées nord-sud. Les voitures des visiteurs du site sont stationnées dans un ancien amphithéâtre de glissement, plus grand, et dont l'escarpement amont est dessiné sur la photo (d'après CARSON, 1979, modifié).





An enlargement of the slidebowl shown in Fig. 1 revealing detail observed in a 'side' view, and indicating locations of other air and ground photographs.

FIGURE 2. Agrandissement de la figure 1 montrant le détail du glissement; vue oblique à partir de sa limite nord. Les emplacements des autres photos prises au sol ou d'hélicoptère ont été reportés sur la figure.



Plan of the pre-failure area of the landslide, location of the pylon site on the terrace edge, and the June 1978 outline of the backscarp of the slide. 1) Terrace unaffected by landslide; 2) terrace involved in landslide; 3) landslide backscarp; 4) scar of old, minor slide; 5) lower limit of valley side slope along creek; 6) floor of old flowbowl.

FIGURE 3. Plan du terrain avant le glissement; à noter la localisation du site de construction du pylône, sur le rebord de la terrasse, et la position de l'escarpement «amont» du glissement au mois de juin 1978: 1) terrasse non affectée par le glissement; 2) partie de la terrasse entraînée par le glissement; 3) escarpement «amont» de l'amphithéâtre; 4) cicatrice d'un ancien petit glissement; 5) pieds de versants limitant le lit majeur du vallon; 6) plancher de l'ancien amphithéâtre de glissement.



FIGURE 4. Vue oblique du glissement vers le sud-ouest, à partir de la zone frontale. Les différentes unités morphologiques sont identifiées sur la figure 5. A "frontal" view of the landslide bowl looking towards the southwest. The various morphological units shown here are identified in Fig. 5.

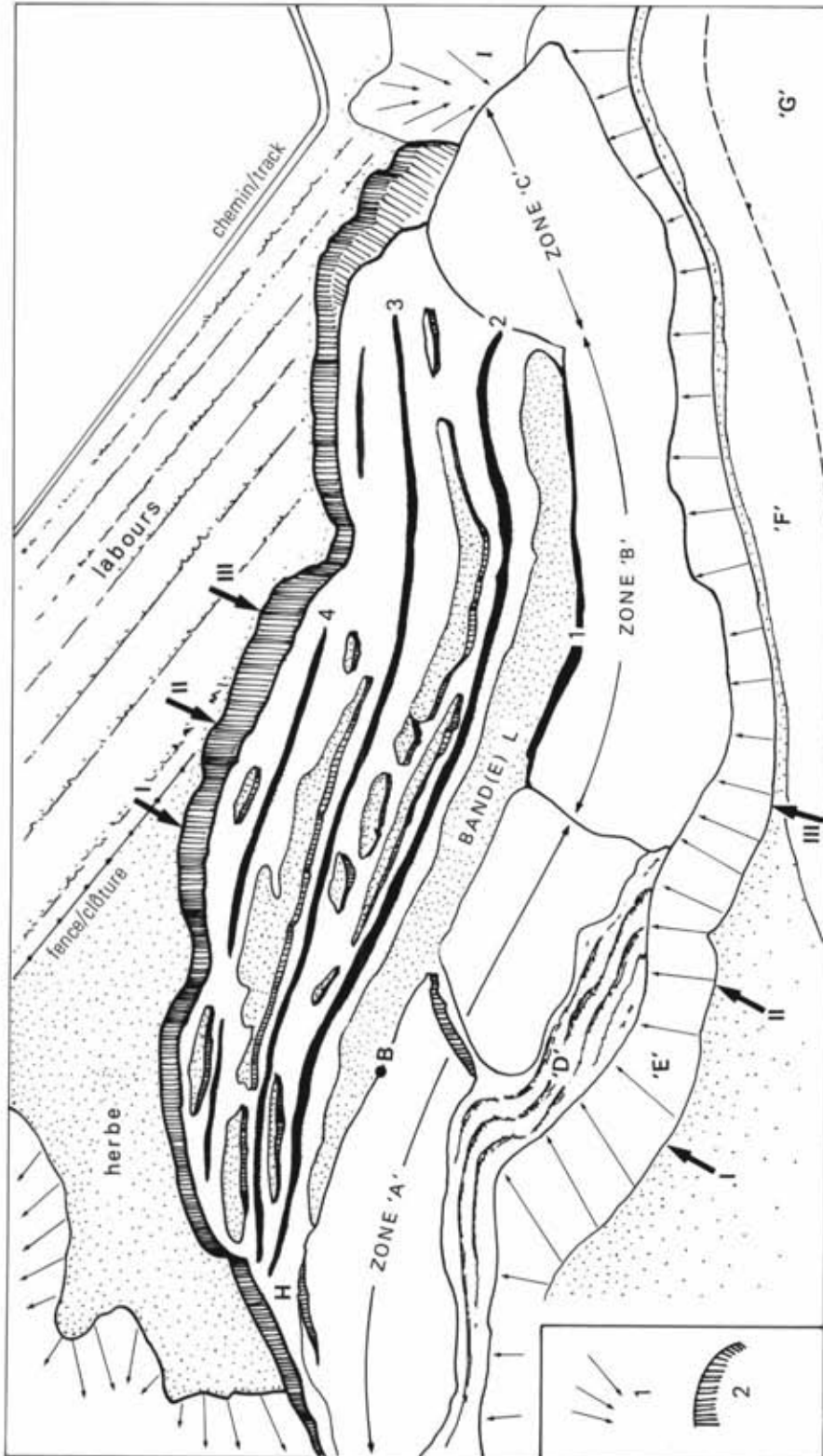


FIGURE 5. Croquis géomorphologique de l'amphithéâtre tel que photographié dans la figure 4. L'amphithéâtre se subdivise en deux ensembles: a) une partie frontale montrant le versant ouest du vallon après son glissement (zones A, B et C) et b) une partie interne, en cuvette, composée d'une alternance de grabens (coins) allongés et de horsts (prismes). Les parties subaériennes des prismes (les arêtes) sont numérotées de 1 à 4. Les extrémités des profils topographiques I, II et III ont également été représentées. C'est au point B (angle B du site de construction du pylône de la figure 3) qu'on enfonçait un pilier au moment du glissement. Zones A, B, C, versant ouest après son glissement; D, zone frontale de compression; E, partie supérieure du versant est; F, escarpement «amont» de l'ancien amphithéâtre de glissement; G, partie du plancher de l'ancien amphithéâtre; H, extrémité sud du premier graben; I, versant ouest stable. 1) Versants stables du vallon; 2) escarpements (supérieurs à 50°).

FIGURE 4. Schematic representation of the morphology of the landslide bowl as shown in Fig. 4. The slidebowl is represented in two parts: the displaced original west bank; and an interior basin consisting of elongate grabens (wedges) and horsts (prisms). The exposed parts of the prisms (the ridges) are labeled '1' to '4'. The limits of the three survey lines I to III are also shown. The point B represents the site of pile-driving (corner B of the pylon site in Fig. 3) at the time of the landslide. A, B, C, displaced west slope; D, frontal compression zone; E, upper part of east slope; F, backwall of old flowbowl; H, south-end graben; I, stable west side slope. 1) Stable valley side slopes; 2) scarps (steeper than 50°).



FIGURE 6. Photomosaïque du graben méridional. Dans son mètre supérieur, l'escarpement «amont» (à droite de la photo) est quasi vertical; le reste de ce plan de glissement est jonché de blocs d'argile. La pente de l'escarpement «aval» (à gauche) se situe autour de  $56^{\circ}$ .



FIGURE 7. Le graben méridional vers la mi-juin, six semaines après le glissement; suite au blocage du ruisseau par le matériel qui a glissé, le plancher du graben a été partiellement inondé. L'élément principal de cette mosaïque est l'escarpement «aval» continu, limitant la partie A de l'ancien versant ouest du vallon (fig. 5). On distingue également, à l'angle B du pylône projeté, le pilier tordu encore relié à la grue qui servait à l'enfoncer. À noter les extrémités sud des arêtes 2 et 3, effondrées, et le matériel craquelé par des fentes de dessiccation.

The south-end graben in mid-June, six weeks after the slide, showing the partial submergence of the graben floor because of blockage of the creek by the slide debris. The main feature of this mosaic, however, is the continuous backwall behind Zone A of the original west side slope (Fig. 5). The location of the pile at corner B, still linked (though deformed) to the toppled crane used in the pile driving, is also marked in the backwall. Also shown are the dessiccated, collapsed ends of ridges '2' and '3' at their southern limits.

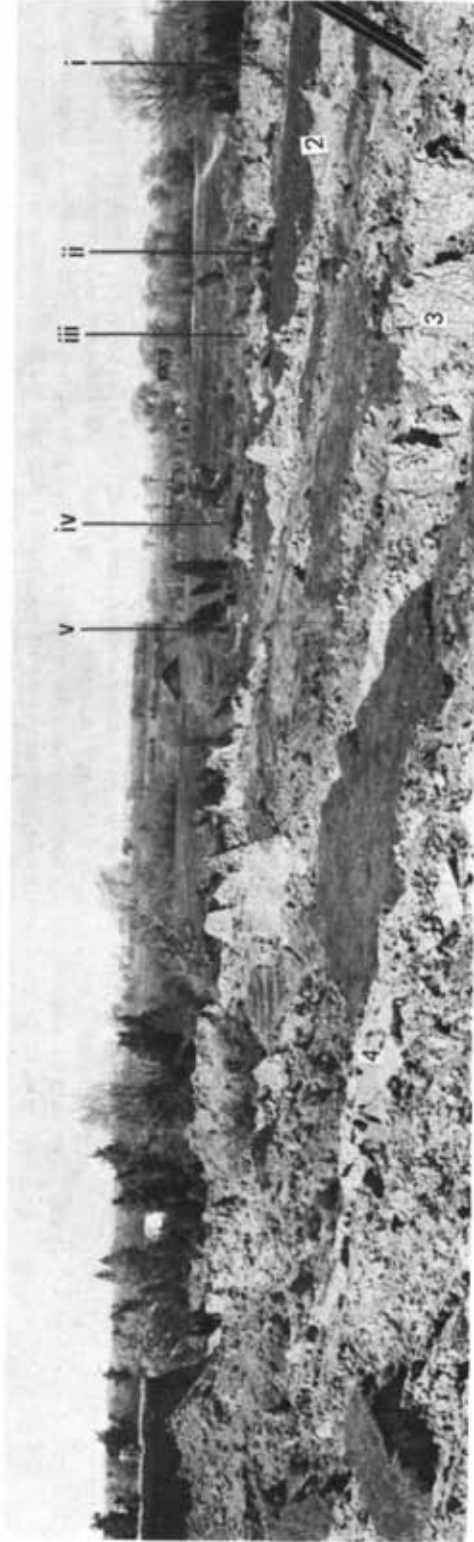


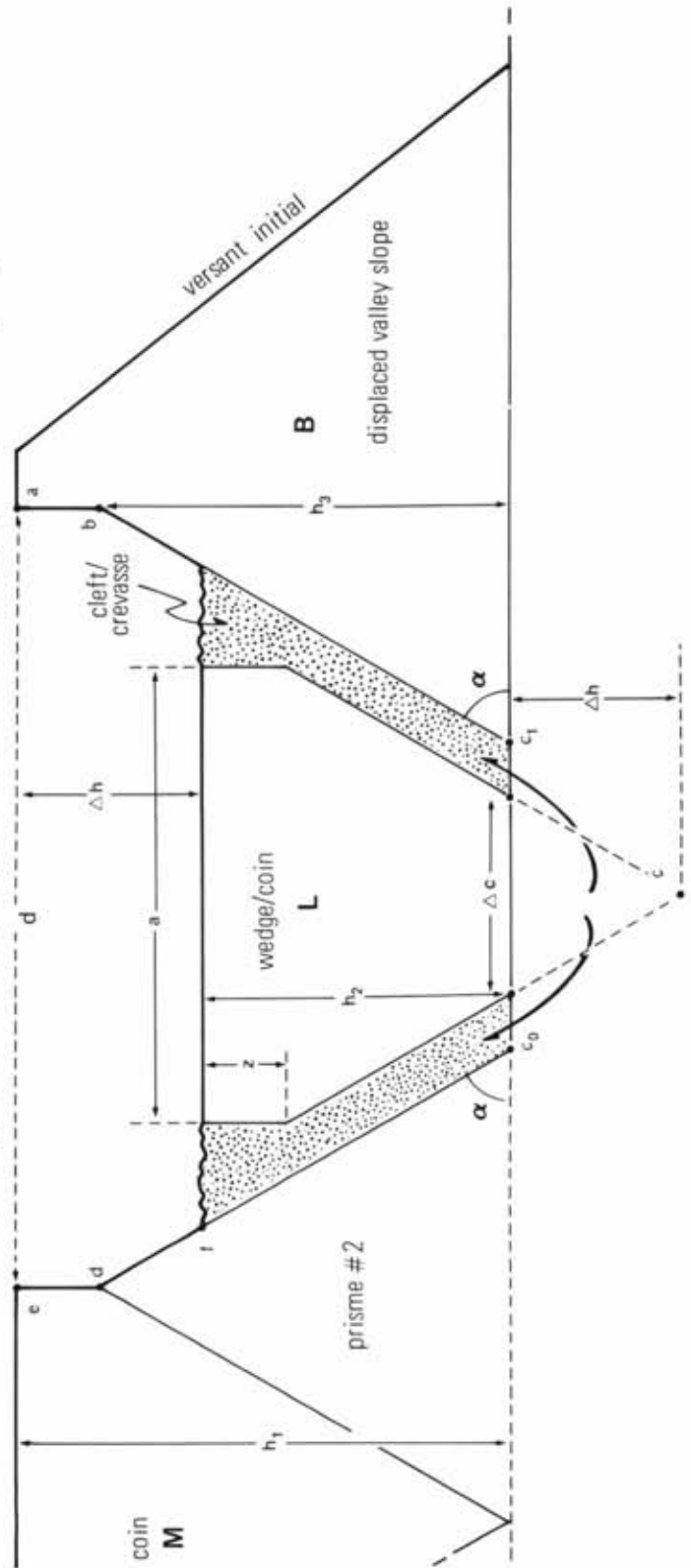
FIGURE 8. Vue en coupe, en direction du nord, de l'amphithéâtre. La photo a été prise vers la mi-juin, au sommet de la partie B du versant glissé. À noter la disparition rapide de l'escarpement «aval» (bien individualisés entre i et ii) en ii; l'apparition d'une arête d'argile en iii; et des morceaux de l'escarpement «aval» en iv et v. Les arêtes 2, 3 et 4 sont également visibles.

A view across the interior of the slidebowl looking north at the rear of Zone B of the original west slope. Note the relatively sudden disappearance of the backwall (well-defined from i to ii) at ii, the emergence of a clay ridge at iii, and fragments of the backwall at iv and v. Clay ridges '2', '3' and '4' are also shown. Photograph was taken in mid-June.

FIGURE 9. Surface à stries de frottement appartenant à Slickensided appearance of part of the "Backwall" of l'escarpement « aval » limitant la partie A du versant glissé - the east bank in Zone A. Photograph was taken on May 04, 1977 (photographié le 4 mai).



FIGURE 10. Croquis simplifié d'une translation latérale An oversimplified view of the lateral translation of a d'un versant, commandée par la subsidence d'un coin, valley side by subsidence along normal faults (active le long de failles normales à l'arrière du versant. Avant failure planes) to the rear of the valley slope. Prior to sa subsidence, le coin L était limité par deux failles subsidence, wedge L was bounded by incipient faults potentielles partant de d et b et se recoupant en c (=  $c_0$  in the figure). If (=  $c_0$  in the figure). If sa subsidence se produit, des considérations géométriques montrent que le indicate that, in subsiding along  $dc_0$ , the wedge (L) must considérations d'ordre géométrique montrent que le indicate that, in subsiding along  $dc_0$ , the wedge (L) must coin L, en glissant le long de  $dc_0$ , subira une translation vers la droite et repoussera le bloc B dans la même direction. In practice, expulsion of the material at the zones de failles, de matériel provenant de la partie inférieure du coin, favorise le mouvement de translation ment of this block B is indicated by the distance  $c_0 c_1$  (adapté de CARSON, 1977).



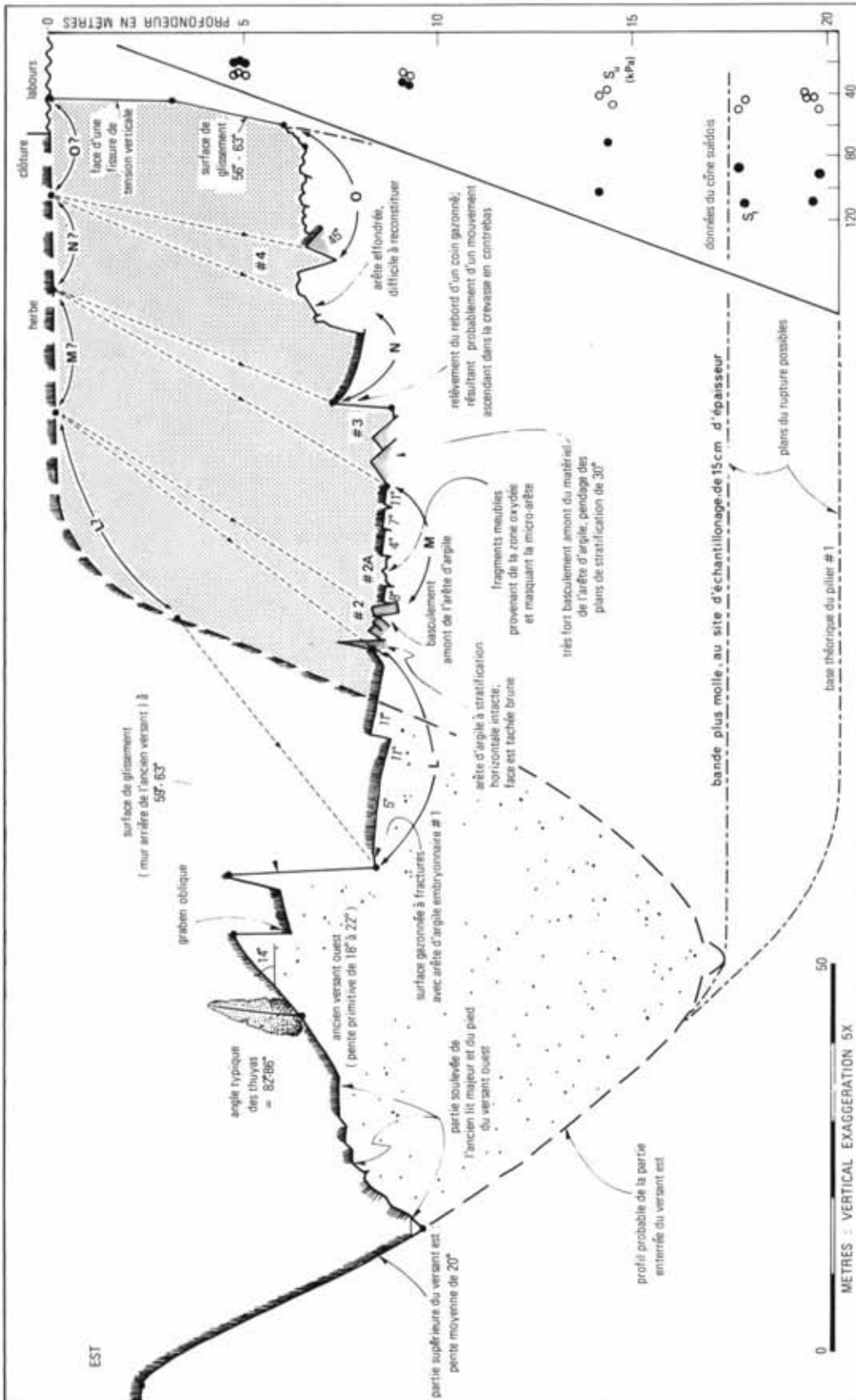


FIGURE 11. Profil topographique il avec, en superposition, l'allure approximative du vallon avant le glissement. Le croquis donne les éléments permettant de comprendre le concept général de subsidence et de translation latérale, vers l'est, du versant ouest. La reconstitution de l'emplacement primitif du sommet des coins, L, M, N et O est sujette à caution; elle se fonde sur la largeur des bandes gazonnées dans l'amphithéâtre; certaines de ces bandes ont été partiellement recouvertes de blocs d'argile éboulés, à partir des arêtes. En raison du caractère essentiellement bi-dimensionnel du déplacement du matériel, la surface en grisé de la coupe (qui correspond à l'aire affaissée) est en gros égale à la surface en pointillé, correspondant au matériel qui s'est accumulé dans l'ancien vallon; il s'agit d'environ 373 m<sup>2</sup>.

Survey line Il superimposed on approximate pre-failure cross-section of valley. The diagram provides topographic detail necessary to illustrate the general concept of subsidence and eastward translation of the west bank. The pre-failure locations of wedge tops L, M, N and O are subject to error, being based on the width of grass surface on each wedge in the flowbowl, some of which has been obscured by material from toppled ridges. As a consequence of the essentially two-dimensional nature of the slide, by continuity, the area of the original bank lost through subsidence (dark tone) is equal to the cross-sectional area of 'spoils' accumulated in the former valley (stippled), being approximately 373 m<sup>2</sup>.





FIGURE 12. Photo aérienne montrant une partie de la zone A de l'ancien versant ouest, une partie du versant est stable (couvert de neige) et, entre les deux, une partie de la zone de compression. Un repère est fourni par la grue renversée. À noter l'allure intacte qu'offre le versant ouest glissé (ainsi que ses arbres verticaux) à la différence de la zone de compression.

Oblique air photograph of part of Zone A of the displaced west slope, of part of the stable east bank (snow-covered) and of the compression zone between the two. The location is indicated by the toppled crane. Note the intact appearance of the displaced west slope and the verticality of the trees upon it in contrast to conditions in the compression zone.

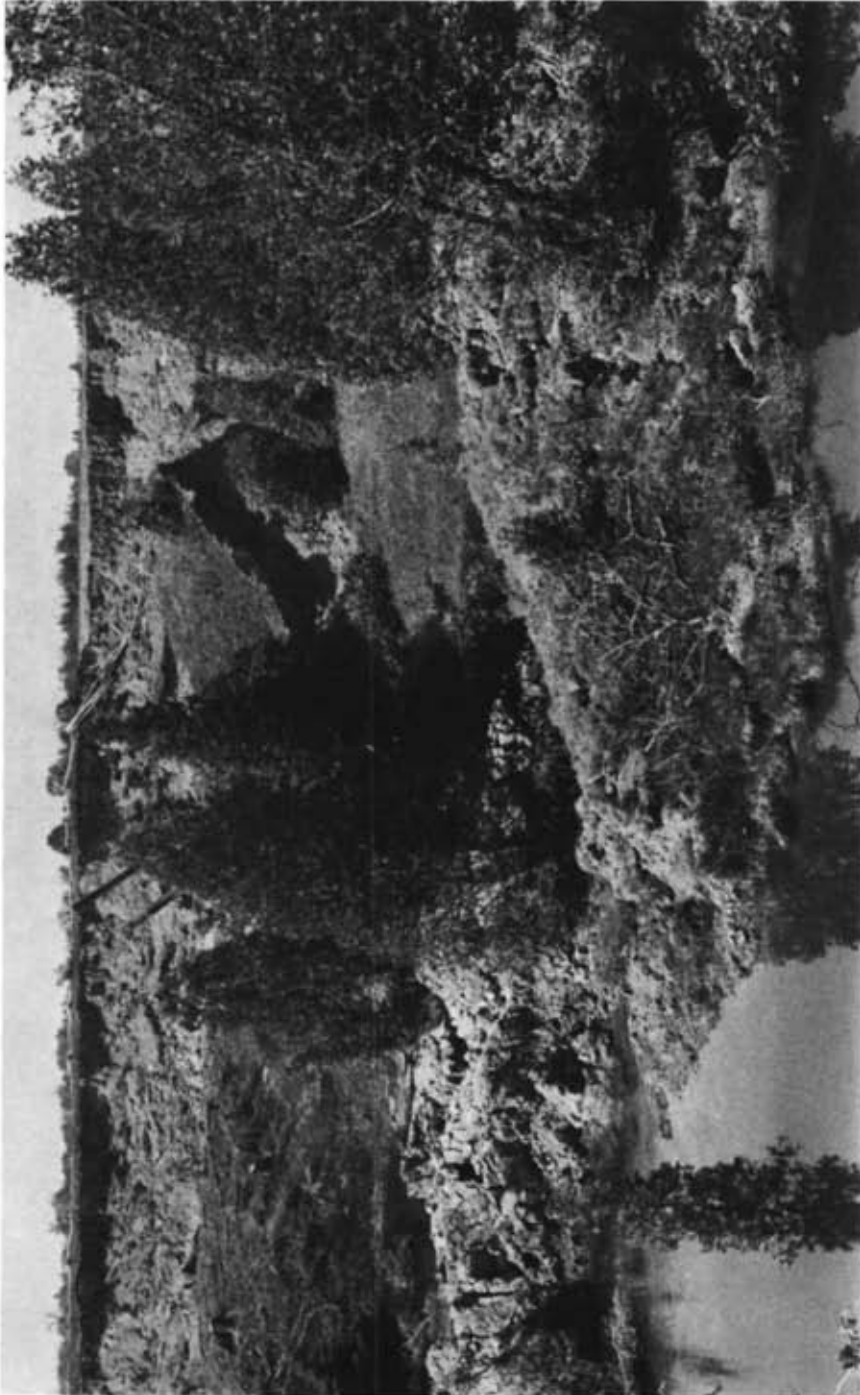


FIGURE 13. Vue au sol de la zone A et de la ceinture frontale de compression. La photo a été prise vers la mi-juin, à partir de l'extrémité est du profil topographique I (fig. 5). Les formes sont les mêmes que celles de la figure 12. On distingue clairement le graben oblique apparu dans le versant ouest. L'exhaussement du matériel dans la zone de compression frontale est plus apparent que dans la figure 12.

Ground view of Zone A and frontal compression belt taken from the east end of Survey Line I (Fig. 5). The features are similar to those of Fig. 12, but note the oblique graben which has formed in the west bank. Upthrusting of material is more evident here, in the compression zone, than in Fig. 12. Photograph was taken in mid-June.

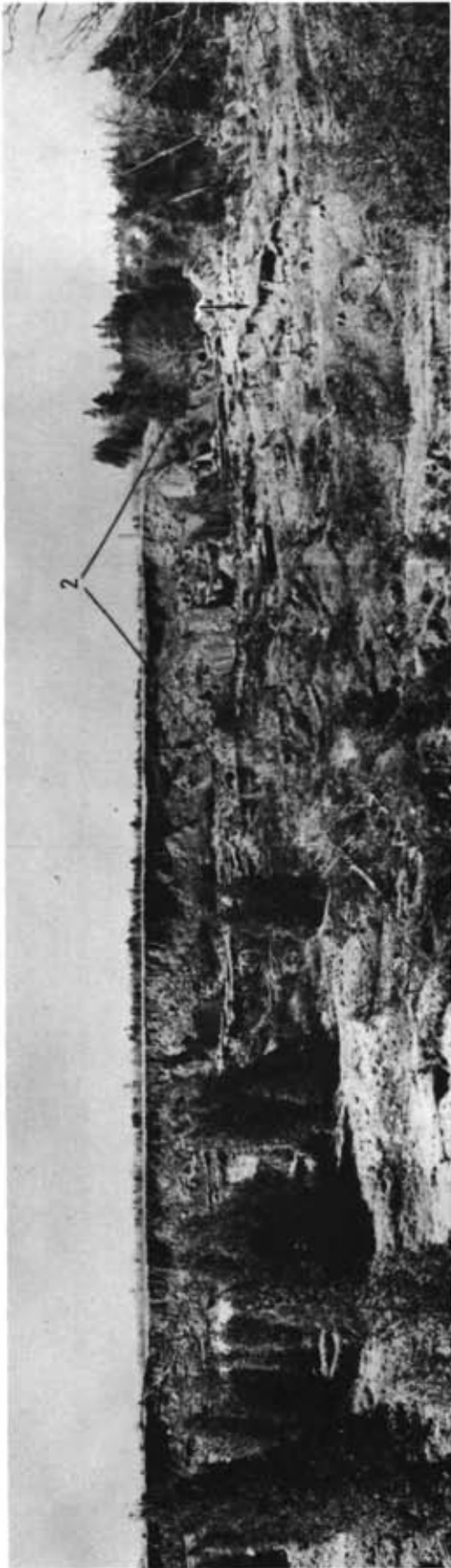


FIGURE 14. Photo datant du début du mois de mai, prise à partir d'un point proche de l'extrémité est du profil topographique III et montrant la partie B de l'ancien versant. La surface gazonnée, de même que les strates sous-jacentes, du bloc marqué par une flèche plongent d'environ 20° vers le nord-est. Il s'agit du même bloc que celui identifié sur la figure 15. On peut supposer (cf. texte) qu'il provient du sommet du versant. Les souches récentes de la zone B résultent de la coupe de grands arbres le long du tracé de la ligne de transmission. La photomosaïque montre bien la raideur de l'escarpement «amont» d'un côté et d'une partie de l'arête 2 d'argile (marquée par deux points) à l'intérieur de l'amphithéâtre.

Ground view of Zone B of old west slope taken, in early May, from a point near the eastern limit of Survey Line III. The block marked by an arrow dips (both the ground surface and the underlying strata) at about 20° towards the north-east. The same block is marked on Fig. 15. It is inferred (see text) that the block originally formed part of the top of the slope. The fresh stumps in Zone B reflect logging of the tall trees along the planned route. The mosaic also illustrates the abruptness of both the backwall of the landslide scar and, marked by two dots, part of clay ridge '2' in the interior of the bowl.

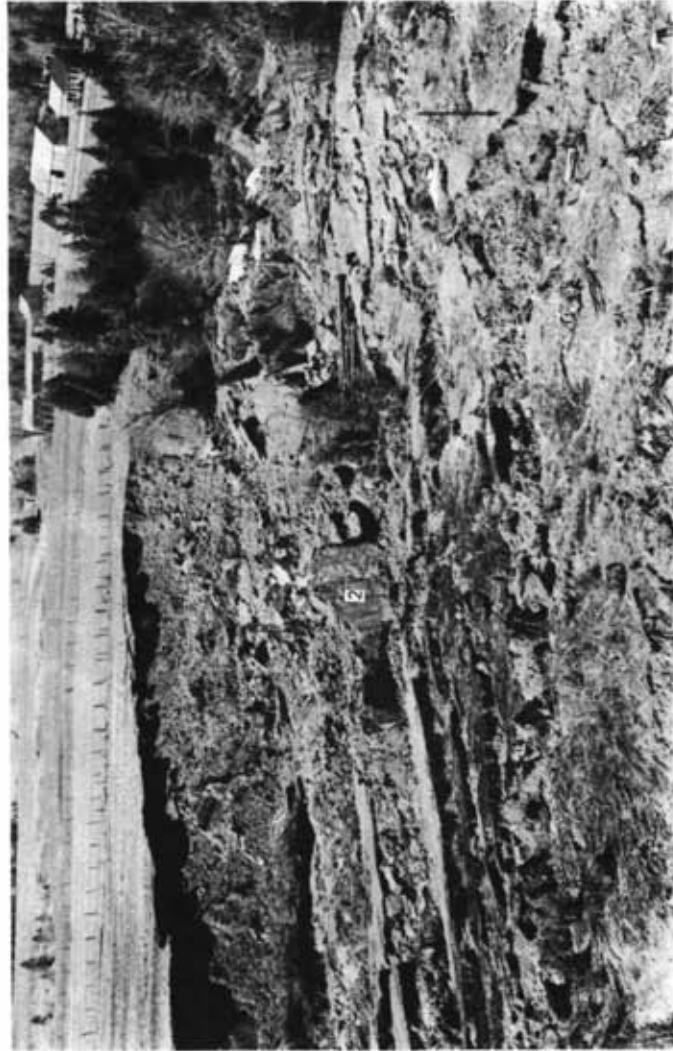


FIGURE 15. Photo aérienne oblique de la même région que celle de la figure 14. On distingue nettement le relief et la continuité de l'arête 2.

An oblique aerial photograph of the same area as Fig. 14. The relief and the continuity of ridge '2' is especially well-displayed here.

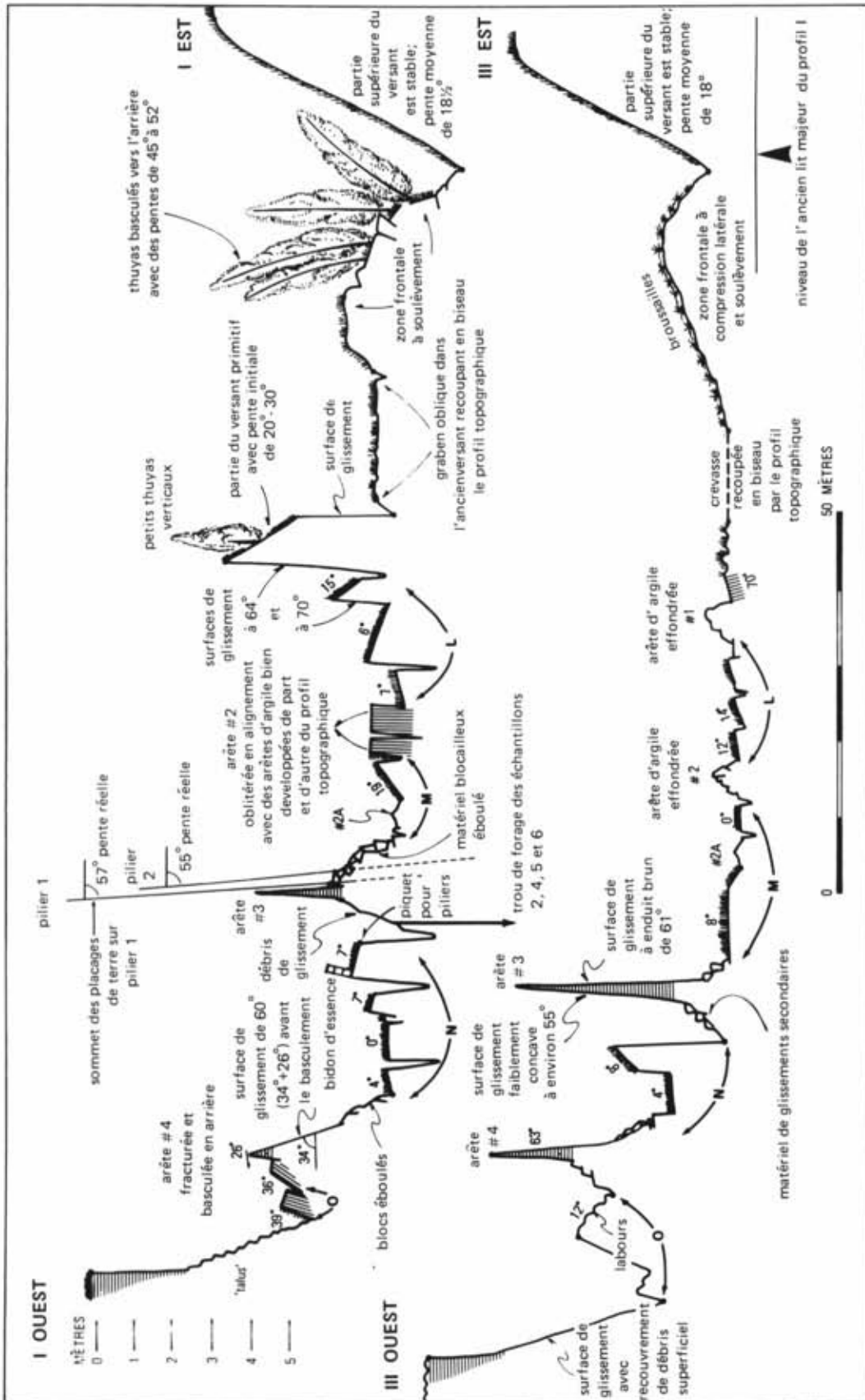


FIGURE 16. Profils détaillés des coupes topographiques I et III. Les éléments particulièrement marquants sont: a) la fréquence de larges crevasses (1 à 2 m) affectant les coins; b) le renversement vers l'arrière de parties sub-aériennes des prismes pouvant être confondus avec des éléments intacts qui auraient subi un mouvement de rotation (d'après CARSON, 1979, modifié).

Detailed profiles of Survey Lines I and III. Particularly conspicuous features are (a) frequent wide (1-2m) crevasses within wedges; and (b) backward toppling of upper parts of prisms, easily confused with intact rigid body rotation (from CARSON, 1979, modified).



FIGURE 17. Prisme '1' dominant faiblement la surface affaissée du coin L au nord du profil topographique III. On distingue également en haut à gauche un reste de l'escarpement « aval » de l'amphithéâtre. Cet escarpement constitue la face arrière du bloc que montre la figure 14. Weak emergence of prism '1' through the subsided wedge (L) surface north of Survey Line III. Also shown is a remnant of the backwall of the old west slope in the top left corner. This scarp is the rear part of the block previously shown in Fig. 14.



FIGURE 19. L'arête 2 en vue frontale et oblique, immédiatement au sud du profil topographique III, montrant le renversement vers l'arrière de l'argile. À noter également le contraste entre l'argile gris clair sur la face arrière de l'arête et la face frontale parsemée de terre brune laissée par le frottement de la zone pédogénisée du coin adjacent, lors de la subsidence. La face frontale porte des stries de frottement et présente un pendage de 60° (d'après CARSON, 1979, modifié).

An oblique front view of ridge 2, just south of Survey Line III, illustrating backward toppling of the clay. Also note the contrast between the clean grey clay of the rear side of the ridge and the brown veneer on the front face. The front slickensided face has a slope of 60° (from CARSON, 1979; modified).



Oblique aerial photograph, taken May 04, showing, on the left, the graben surface between the backwall of the former west slope (0) and clay ridge '2'; and, to the right, the complexity of the elongate graben-horst sequence of the interior of the bowl. The wedge surface between '0' and '2' (strip L on Fig. 5) is highly fractured, and in the foreground takes on a slight 'staircase' appearance with some backtilting of the 'treads'. Note the collapse of ridge '2' towards the lower right, and the marked backtoppling of ridge '2' between Survey Lines III and II (after CARSON, 1979, modified).

Photo aérienne oblique du 4 mai montrant, à gauche, l'escarpement «aval» en retrait de l'ancien versant ouest (0); au centre, l'arête d'argile 2; et à droite, la zone interne plus complexe, avec son alternance de grabens et de horsts allongés. La surface du coin entre 0 et 2 (bande L de la fig. 5) est fortement fissurée et, au premier plan, prend un peu une disposition en marches d'escalier, compliquée par un faible pendage amont des «marches». À noter l'effondrement de l'arête 2 en bas à droite de la photo et le renversement vers l'arrière, très net, de l'arête 2 entre les profils topographiques III et II (d'après CARSON, 1979, modifié).

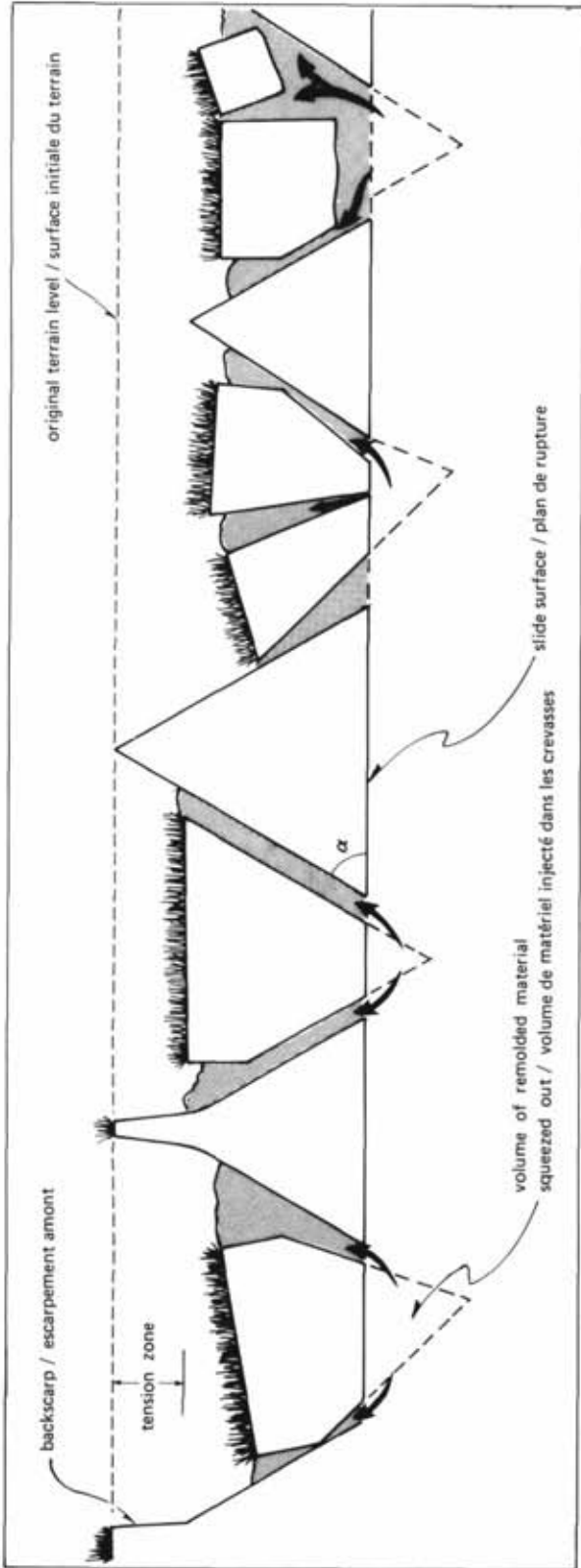


FIGURE 20. Coupe schématique d'une coulée d'argile formée par la propagation rétrogressive de mouvements d'affaissements de coins et la translation de prismes résiduels selon un plan de glissement basal presque horizontal. De l'argile remaniée, liée à la subsidence des coins, est injectée dans les crevasses séparant deux blocs contigus (d'après CARSON, 1977, modifié).



FIGURE 21. Vue du vallon immédiatement en aval du glissement. Le versant est (à gauche) présente une pente moyenne de 22° et une hauteur de 12 m; de la ligne de clôture au pied du versant. Le lit majeur est large de 16 m; le ruisseau a 1,2 m de largeur. Le versant ouest (à droite) a une pente moyenne de 19° et une hauteur de 15 m.

FIGURE 22. Partie de l'arête 2 montrant: a) la face est (à droite) à stries de frottement plaquées de terre brune; b) la face arrière (à gauche); à noter le renversement vers l'arrière du matériel et l'absence de placages de terre; c) le faible pendage est des lits de sable de l'arête.

*Part of ridge '2' showing (a) brownstained slickensided east (right) face; (b) clean rear (left) face exposed by toppling of material backwards without any smearing; and (c) slight dip in sand laminae in the beds of the ridge towards the east.*

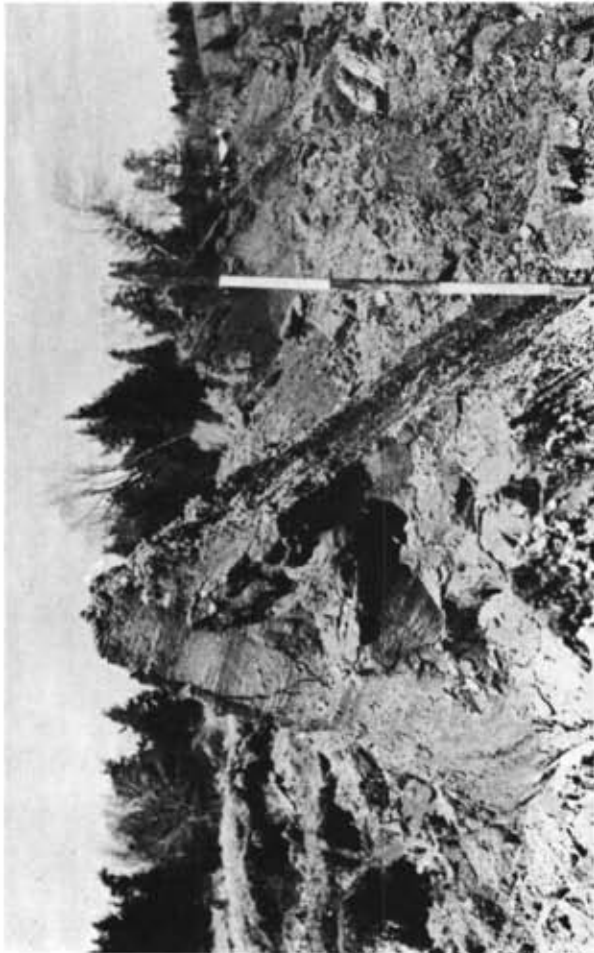


FIGURE 23. Exemple spectaculaire de renversement vers l'avant de la grande arête 2, à son extrémité nord. À noter: à la base des blocs renversés, les faces planes indiquent un décollement le long de plans de faiblesses. Bien que, à la différence de la face frontale, la face arrière de la partie principale de l'arête ne porte pratiquement pas de marques de terre brune, l'arête est ici presque symétrique; la face arrière a un pendage de 60° et la face frontale présente en moyenne un pendage de 63°.

*Spectacular example of forward topple within the tall clay ridge '2' at its northern end. Note the planar bases of the toppled blocks indicative of separation along planes of weakness. Though the rear face of the main ridge shows little brown-staining, unlike the front face, the ridge at this location is nonetheless virtually symmetrical in section: the back face averaged 60° and the front face averaged 63°.*







Oblique aerial view of the interior of the slidebowl looking west between Survey Lines I and III. Note the abruptness of the backwall; in particular, observe the change from an upper vertical face (tension crack) to a lower gentler (60°) slide plane exhibited at the end of Survey Line II. The exposed piles are located in ridge '3' which, between Lines II and III, shows almost total collapse (see Fig. 25).

FIGURE 24. Vue aérienne oblique, en direction de l'ouest, de la partie interne du glissement, entre les profils I et III. À noter la raideur de l'escarpement «amont». On observe bien, à l'extrémité du profil II, le changement de pente entre la partie sommitale, verticale, correspondant à une fissure de tension, et la partie inférieure plus douce (60°) qui constitue une surface de glissement. Les piliers visibles se localisent sur l'arête 3 qui, entre les profils II et III, est presque complètement effondrée (cf. fig. 25).

FIGURE 25. Prisme 3 vu du nord. La partie subaérienne du prisme est complètement effondrée par renversement vers l'arrière et glissement d'une couche d'argile sur l'autre. Les plans de stratification sont inclinés de 30°. La photo a été prise le 11 mai. La figure 27 donne plus de renseignements sur les processus responsables de l'effondrement.

*Prism '3' seen from the north. The exposed part of the prism has collapsed completely by toppling to the rear, and by subsequent backsliding of one layer of clay along another. The bedding planes are tilted at 30°. The photograph was taken on May 11. The processes involved in this toppling of the ridges are more clearly illustrated in Fig. 27.*

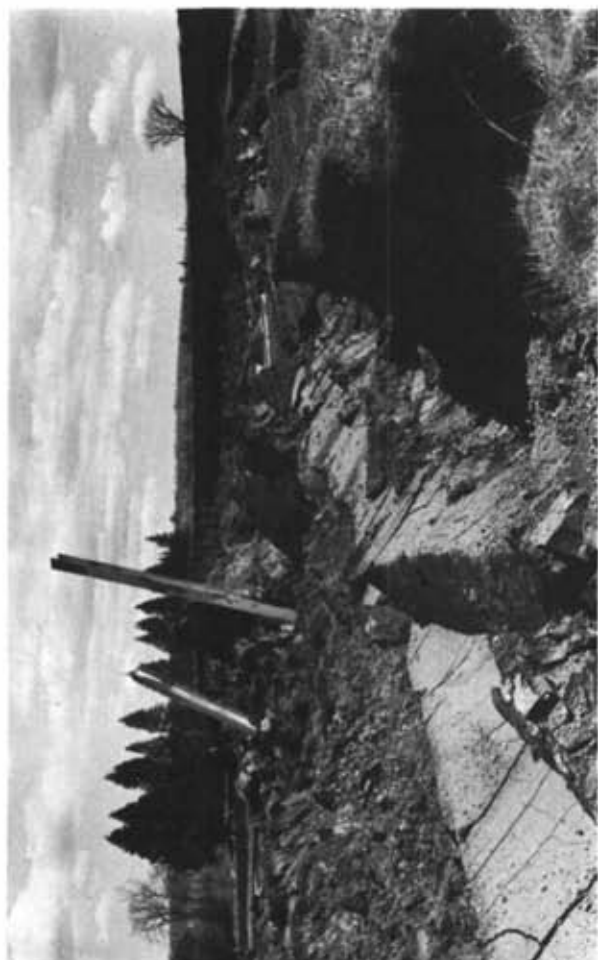


FIGURE 26. État du site représenté par la figure 25, le 15 octobre 1978.

*The site of Fig. 25 as seen on 1978 October 15.*

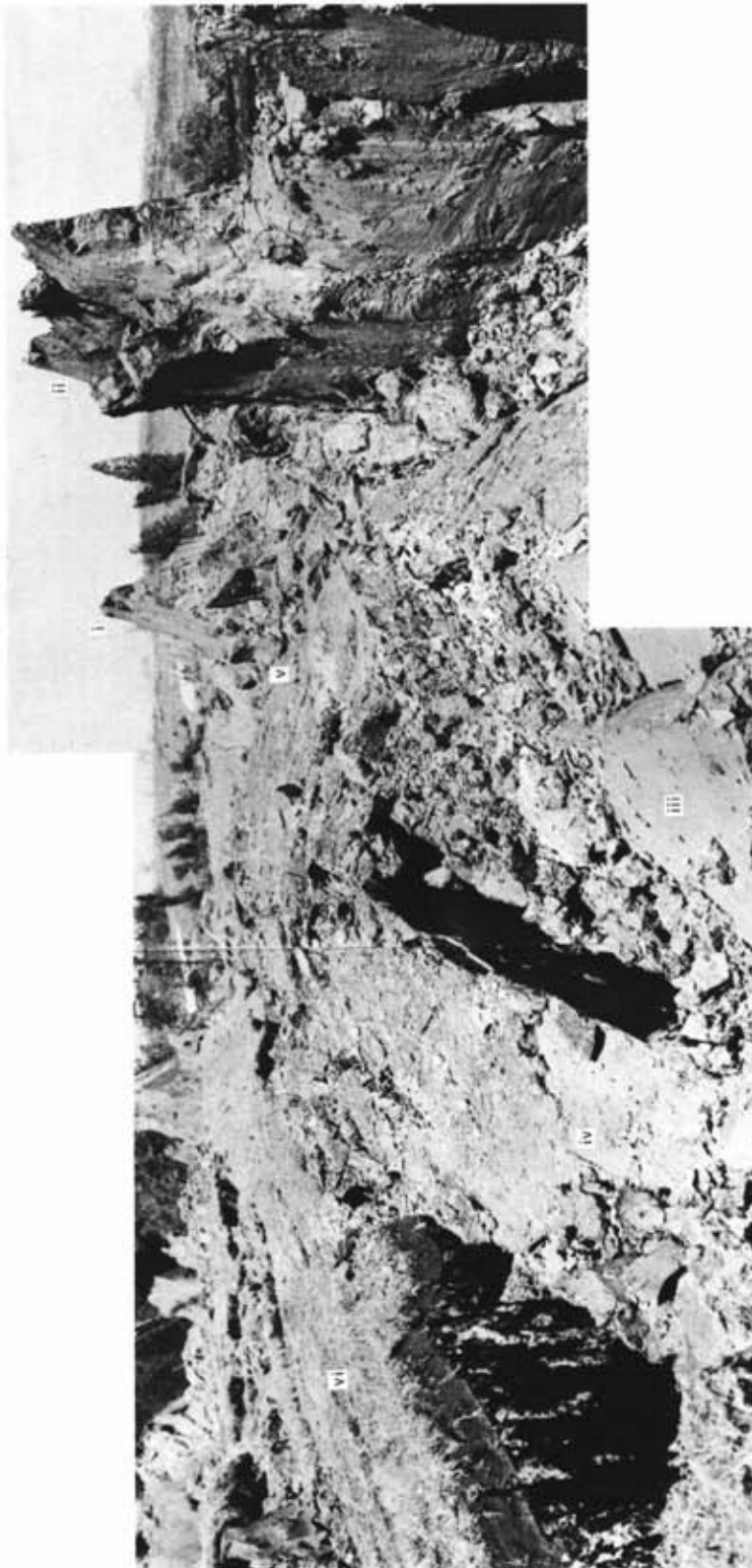


FIGURE 27. Détail du processus de basculement vers l'arrière de l'arête 2 et comblement de la crevasse à l'arrière de l'arête. La photo a été prise à l'emplacement du profil topographique II. À noter: *i*, arête symétrique sans phénomène de basculement; *ii*, section dissymétrique de l'arête avec un début de basculement d'un mince morceau d'argile; *iii*, bloc renversé dont les lits sableux plongent vers 35°; *iv*, bloc entièrement détaché et renversé à pendage vertical; *v*, destruction complète de l'arête entre *i* et *ii*; *vi*, coins contigus à l'amont de l'arête (d'après CARSON, 1979, modifié).

Back-topping of ridge '2' and 'infilling' of cleft behind the ridge. Photograph was taken on Survey Line II. Note the following features: *i*, symmetrical ridge fragment without toppling; *ii*, asymmetrical ridge fragment with "peeling" of thin layer of clay; *iii*, toppled slab with sand laminae dipping at 35°; *iv*, completely detached and toppled block dipping vertically; *v*, complete collapse of ridge length between *i* and *ii*; *vi*, adjacent wedge to rear of ridge (from CARSON, 1979, modified).

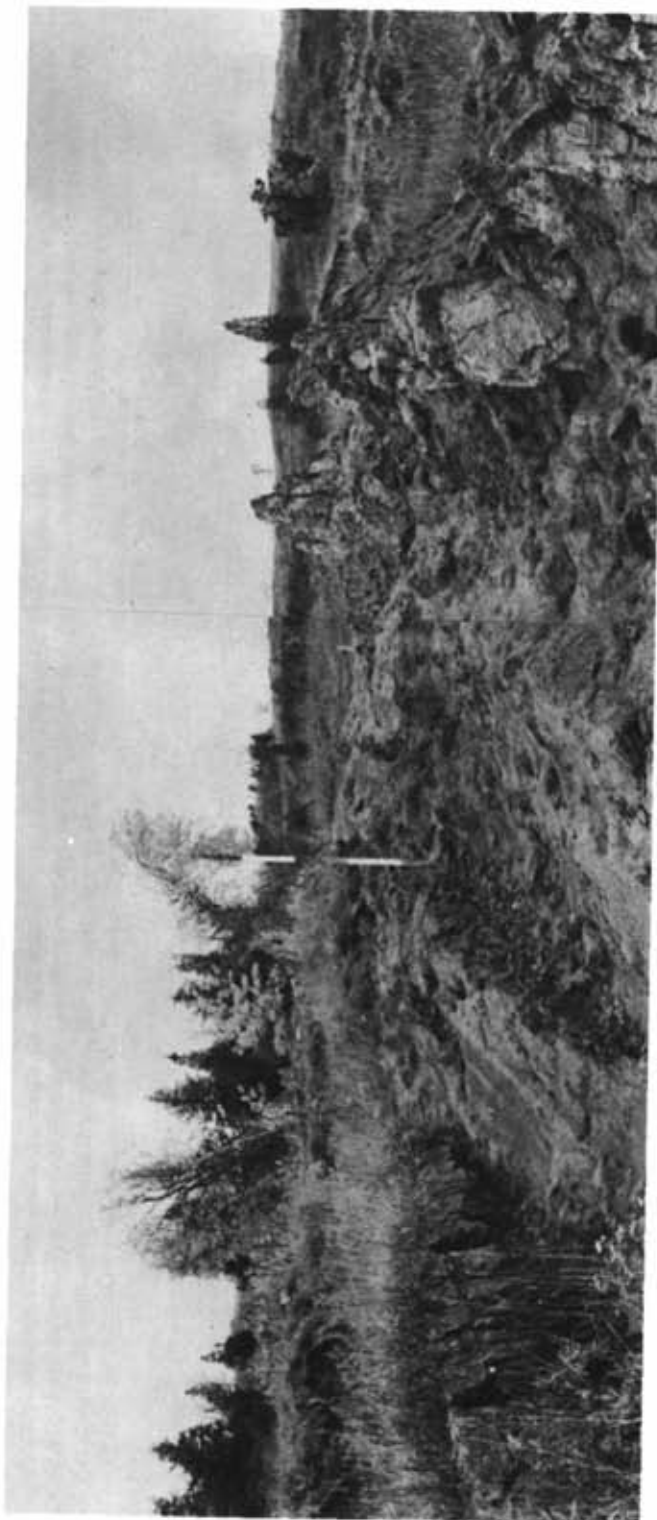


FIGURE 28. État du site représenté par la figure 27, le 15 octobre 1978. The site of Fig. 27 as seen on 1978 October 15.

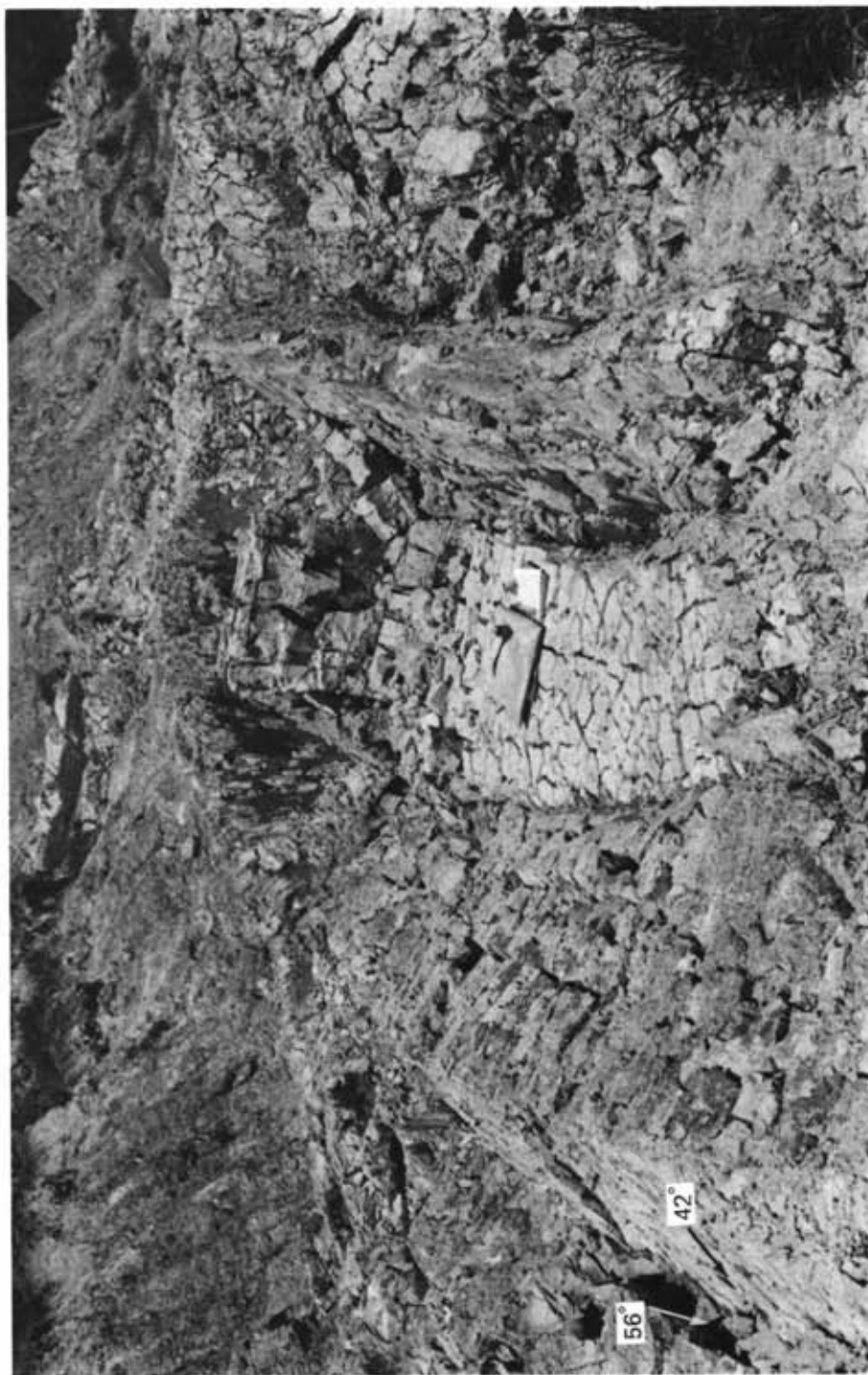


FIGURE 29. Extrémité sud de l'arête 2. La photo a été prise en direction du nord-ouest vers la mi-juin; elle montre les traits caractéristiques du phénomène de renversement des arêtes. Le carnet de notes repose sur le plan de stratification le long duquel le décollement du bloc sus-jacent s'est produit par glissement vers la gauche (vers l'arrière) et basculement dans la crevasse entre le coin et le prisme. En se renversant, le bloc s'est fragmenté en deux dalles dont la supérieure (à l'extrême gauche) présente un pendage de 56°, tandis que l'inférieure reste à 42°. Ce processus de glissement et de basculement vers l'arrière est sensiblement différent de celui représenté par la figure 27 et contraste avec le basculement vers l'avant selon une charnière représenté dans la figure 23.

South end of clay ridge '2' looking northwest. The photograph was taken in mid-June but still displays the salient features of prism-toppling. The field notebook rests on the bedding plane upon which the back toppling occurred. The block which was originally above this plane slid to the left (to the rear) and toppled into the cleft between the wedge and the prism. In toppling, the block itself split into two slabs, the upper one (far left) now dipping at 56° and the lower one showing dip of strata at 42°. This backward sliding-toppling is slightly different from that shown in Fig. 27, and is very different from the pivot-type forward toppling shown in Fig. 23.



FIGURE 30. État du site représenté par la figure 29, le 15 octobre 1978.

*The site of Fig. 29 as seen on 1978 October 15.*



FIGURE 31. État du site représenté par la figure 30, le 15 octobre 1978, à partir d'une photo oblique montrant la face frontale (à droite) du prisme. La surface frontale de l'arête 2 présente, comme elle le faisait déjà vers la mi-juin, un pendage de 80°, ce qui indique une faible déformation vers l'avant autour d'une charnière. L'enduit foncé (de couleur brune) de terre est encore visible sur l'ancienne surface à stries de glissement qui constitue la face frontale de l'arête d'argille.

*The site of Fig. 30 as seen on 1978 October 15 but viewed obliquely from the front (right) of the prism. The front wall of the collapsed ridge slopes at 80°, as it did in mid-June, indicative of a small amount of hinge-type forward toppling as well. The dark (brown) veneer of earth can still be seen on the formerly slickensided front face of the clay ridge.*

FIGURE 32. La face amont de l'arête 2, immédiatement au nord du site de la figure 23. La photo a été prise pour montrer l'analogie entre, d'une part, la face de l'arête (partie supérieure quasi verticale au-dessus d'un plan incliné de 60°) et, d'autre part, le profil de l'escarpement « amont » de l'amphithéâtre visible sur la figure 24. Ici encore, on note l'absence de placages de terre brune sur cette face arrière, alors que les faces frontales des blocs tombés (à droite) possèdent de tels placages.

*The backwall of clay ridge '2' just to the north of the site shown in Fig. 23. The photograph was taken to show the resemblance between the profile of the ridge (near-vertical upper slope above a gentler 60°-slide plane) at the far right and the profile of the backscarp previously noted in Fig. 24. The absence of dark earth stains on the backwall in contrast to the front faces of collapsed blocks is again apparent.*

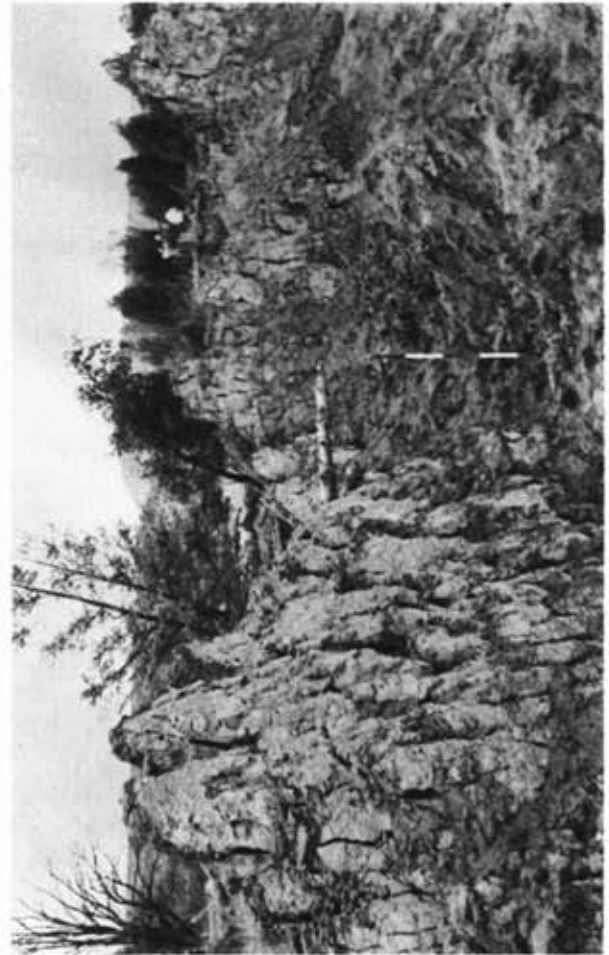


FIGURE 33. État du site de la figure 32, le 15 octobre 1978. The site of Fig. 32 as seen on 1978 October 15.