

ETUDE DU PROCESSUS DE CRYOREPTATION EN DIVERS SITES DE LA HAUTE-UBAYE (Alpes du Sud)

J.P. COUTARD*, P. GABERT** et J.C. OZOUF*

R É S U M É

Pendant 10 ans des mesures de déplacements ont été effectuées sur des coulées de solifluxion, des coulées de pierres, des sols striés et un versant de solifluxion situés entre 2 500 et 3 100 m d'altitude dans les Alpes du Sud.

Des séries de colonnes repères articulées implantées jusqu'à 60 à 75 cm de profondeur ont permis de connaître l'ampleur et l'allure des déplacements. Les principaux résultats sont les suivants :

- les coulées de solifluxion continuent à évoluer lentement
- leur comportement suit étroitement les fluctuations climatiques interannuelles
- les déplacements affectent les sédiments sur environ 30 cm, c'est-à-dire la couche qui subit l'effet des cycles gel-dégel

A B S T R A C T

For 10 years measurements of displacements have been carried out on solifluxion lobes, stone slumps, soils stripes and solifluxion slope between 2 500 and 3 100 m of altitude in southern Alps.

Series of flexible-PVC columns inserted to a depth of 60 or 75 cm have permitted to know the extent and the pattern of the movements.

The main results are the followings :

- the solifluxion lobes still slowly progress
- their behaviour follows closely the interannual climatic fluctuations
- the movements affect the deposits for about 30 cm, i.e. the layer that undergoes the effects of the freezing and thawing cycles

* Centre de Géomorphologie du C.N.R.S., Rue des Tillouls - 14000 CAEN (France)

**Institut de Géographie, 29, Avenue R. Schuman - 13621 AIX-EN-PROVENCE (France)

A la suite de travaux de cartographie géomorphologique entrepris par le Laboratoire de Géographie Physique de l'Université d'Aix-en-Provence (P. Gabert et M. Igout), une équipe associant ce laboratoire et le Centre de Géomorphologie du C.N.R.S. a été constituée ; elle mesure depuis environ 10 ans le phénomène de cryoreptation affectant différents versants étagés entre 2 500 et 3 100 m d'altitude. Deux publications, l'une parue dans la *Revue de Géographie Alpine* en 1980, l'autre diffusée à l'occasion du Congrès International de Paris en 1984 ont déjà exposé de nombreux résultats. L'abandon des observations et le démontage de plusieurs équipements en 1984 et 1985 nous amènent à effectuer un bilan définitif pour plusieurs sites qui sont, dans le massif du Chambeyron, l'épaulement de la cote 2 506 (vallon des Aoupets), le Col du Vallonnet, le verrou du Lac Premier et le Pas de la Souvagea. Il s'y ajoute un des emplacements marqués sur le versant exposé à l'est du sommet de La Mortice (fig. 1).

I - LA COULEE DU VALLON DES AOUSETS (cote 2 506)

La coulée du vallon des Aoupets, longue de 9,2 m, large de 2,6 m à l'aval et 5,7 m à l'amont, se situe entre 2 480 et 2 500 m d'altitude sur un versant exposé au nord - nord-ouest dont la pente est de 30° ; elle est amplement colonisée par la végétation sub-alpine : graminées, mousses, myrtilles, rhododendrons, saules nains. Son épaisseur est quasi constante, oscillant entre 80 cm et 1 m et elle est constituée de gélifraccts calcaires de petite taille emballés dans une matrice sablo-limoneuse abondante. Sa base plus riche en grandes plaquettes de roche repose sur un niveau humifère qu'elle tronque et déforme. Le tout recouvre un dépôt de matériel de gélifraction perméable qui favorise le drainage de la coulée dès que la période de fonte des neiges est franchie. En juin 1977, au moment de la disparition tardive de la couche de neige, les horizons superficiels humifères étaient sursaturés d'eau (116 % entre 10 et 20 cm) ; en dessous, les teneurs étaient encore de 27 à 32 % ; en juillet, il ne restait qu'une teneur moyenne de 14 % .

Dix colonnes repères formées de tubes de 15 cm de long et de 25 mm de diamètre, remplies de terre, ont été implantées en août 1975 (fig. 2). Elles ont été dégagées en août 1984 et un certain nombre de corrections ont été apportées aux mesures faites au cordeau (Centre de Géomorphologie 1980 ; Lautridou *et al.*, 1984). Les déplacements superficiels ont été respectivement pour les colonnes 1 à 10 : 0 cm ; 6 cm ; 3,5 cm ; 4 cm ; 6 cm ; 4 cm ; 9 cm ; 8,5 cm ; 6 cm ; 7,1 cm. Les chiffres vont donc de 3,5 à 9 cm, soit un mouvement moyen annuel de 0,4 à 1 cm. La coulée évolue aujourd'hui par une reptation (creep) très lente au moment de la fonte printanière. Il faut toutefois noter que le mouvement est sensible jusqu'à en moyenne 45 cm de profondeur (fig. 3) et qu'il n'y a pas toujours un gradient de déplacement régulier mais parfois des décrochements nets (tubes 3,4, 5) qui supposent des cisaillements en profondeur avec création de plans de glissement.

Une datation ¹⁴C a été réalisée sur un échantillon prélevé dans un hydromoder que vient recouvrir la coulée. Le résultat obtenu : 1 360 ± 60 B.P. (Gif, 5208, G. Delibrias, 1980) nous ramène à un des derniers épisodes froids connus dans les Alpes, épisode pendant lequel la mise en place de coulées aurait pu être plus active. La coulée aurait évolué ensuite par une cryoreptation plus lente. Cependant ce résultat isolé doit être utilisé avec prudence.

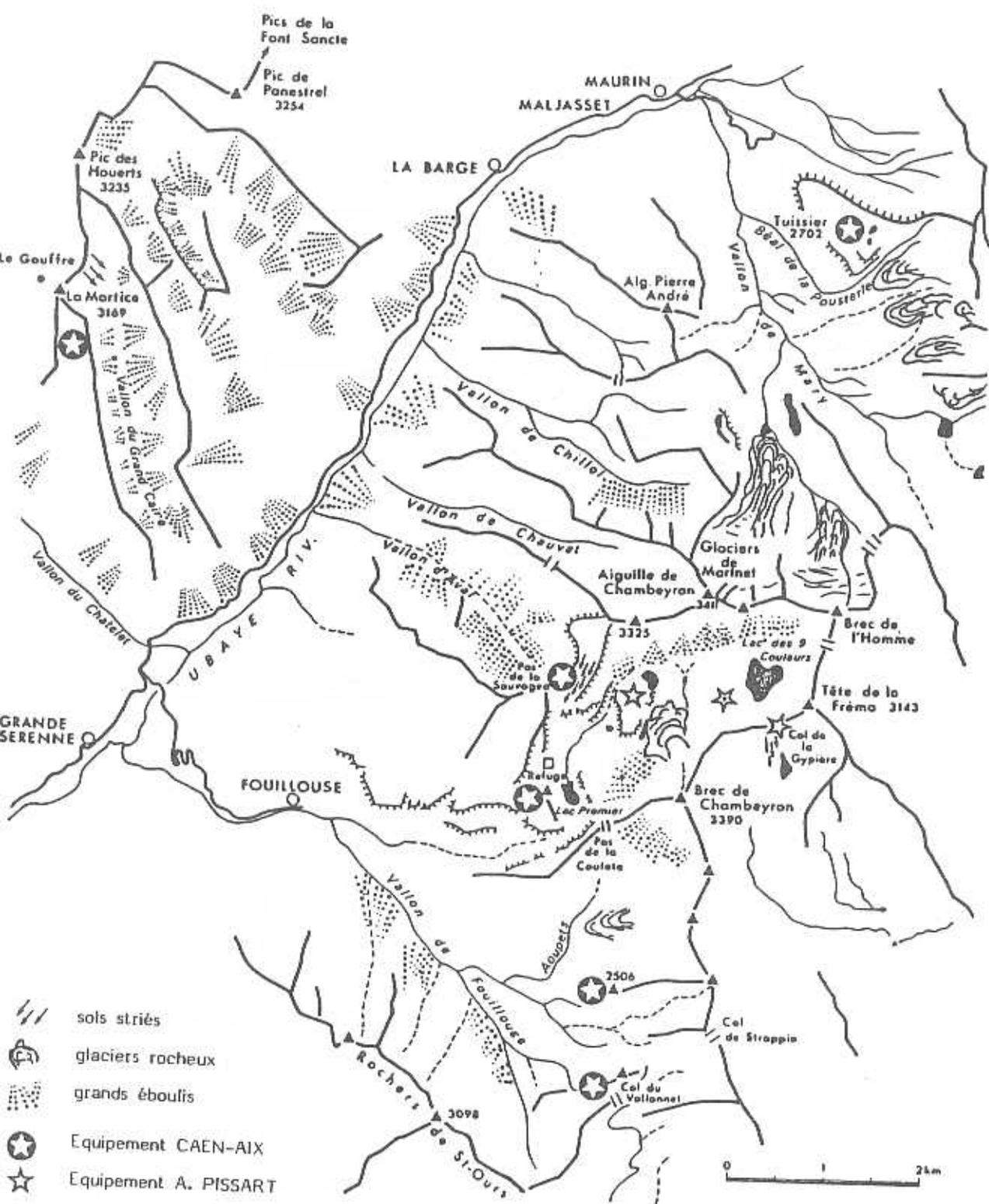


Figure 1 - Localisation des sites étudiés dans le massif du Chambeyron et à la Mortice

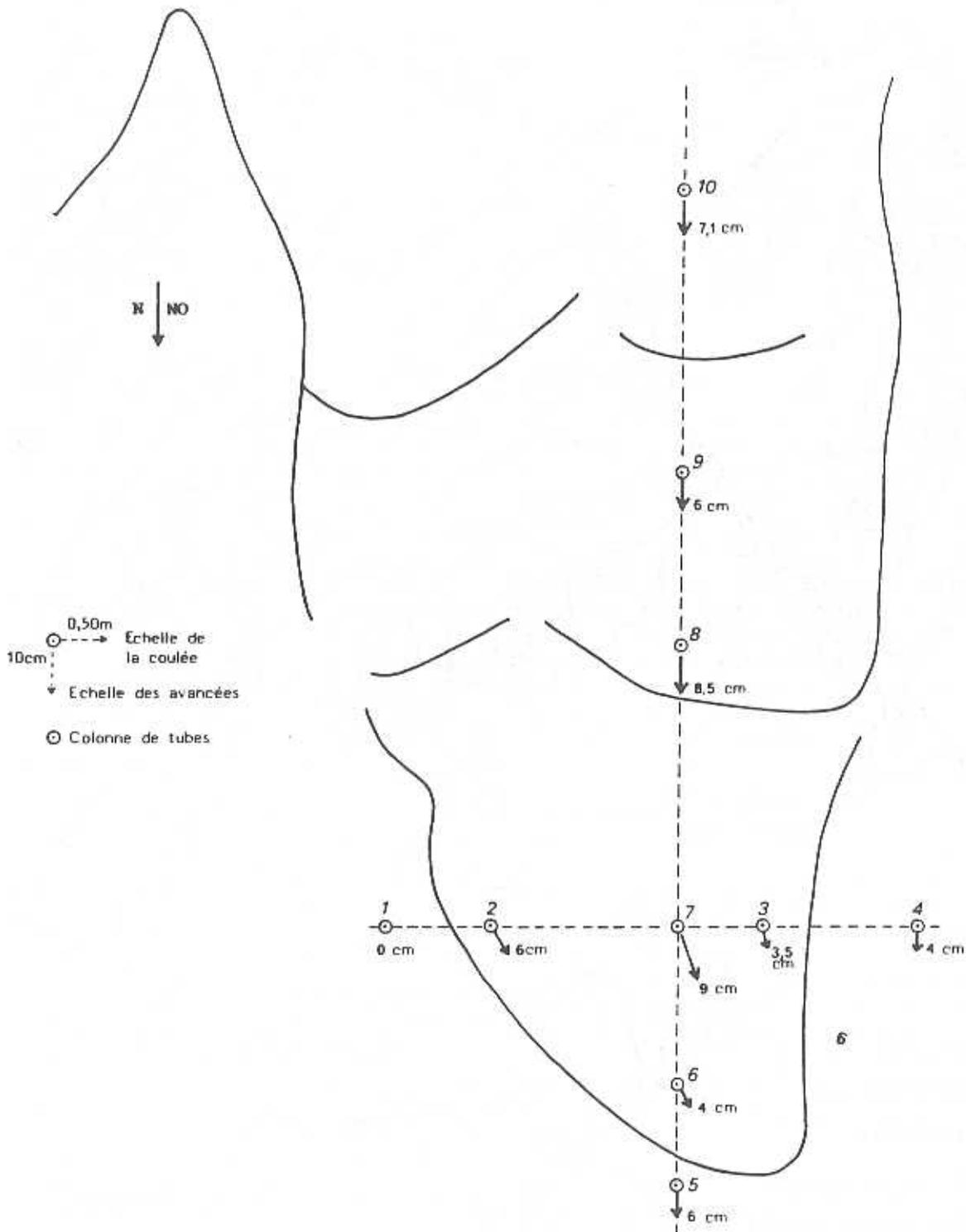


Figure 2 - Coulée de solifluxion - Vallon des Aoupets, cote 2506m.
Déplacements mesurés entre 1975 et 1984 en surface.



Figure 3 - Vallon des Aoupets, cote 2506
Déplacement des tubes-repères: 1975-1984
(Localisation des colonnes: voir figure 2)

II - LA COULEE DU VERROU DU LAC PREMIER

Cette coulée (fig. 4) diffère de la précédente par de nombreux traits. Etroite et très longue (60 m), elle s'étire sur un versant exposé au sud - sud-ouest entre 2 600 et 2 640 m d'altitude ; sa surface est modelée par plusieurs lobes secondaires. Elle est nettement moins végétalisée ; il n'y a pas d'arbrisseaux et les taches de sol nu sont nombreuses.

La pente varie de 35° à l'amont jusqu'à 19° à l'aval, le matériel est hétérométrique et très perméable, épais de 90 cm environ. Après une brève période d'alimentation en eau de fonte de la neige au printemps, le drainage est très rapide. Par contre, la surface est assez souvent mise à nu en hiver et la structuration par le gel bien marquée sur les premiers décimètres.

En août 1976, six gros blocs ont été marqués et quinze colonnes repères mises en place. Un bilan des mouvements superficiels a été réalisé en 1983 et, en août 1984, les colonnes ont été dégagées. La déformation des colonnes est reportée sur la figure 5. Les colonnes extérieures à la coulée (13bis, 16, 17, 20) n'ont pas subi de déplacement ou un déplacement très faible (colonne 1). Par contre, les colonnes situées dans la coulée, à l'exception de la n° 18, ont subi d'importantes déformations, sensibles jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 50 à 60 cm. Les déplacements superficiels sont les suivants :

| Colonne | Déplacement superficiel total (cm) | Déplacement moyen annuel (cm) |
|---------|------------------------------------|-------------------------------|
| 14 bis | 12,5 | 1,6 |
| 3 | 28,5 | 3,6 |
| 15 | 16,0 | 2,0 |
| 4 | 45,0 | 5,6 |
| 19 | 28,0 | 3,5 |
| 13 | 26,0 | 3,2 |
| 11 | 12,0 | 1,5 |
| 8 | 58,5 | 7,3 |
| 6 | 69,0 | 8,6 |

Les chiffres obtenus traduisent une activité nettement plus importante que celle de la coulée des Aoupets mais les comportements sont très divers d'un point à un autre. La coulée initiale bouge peu, son front reste stable, mais ce sont les lobes secondaires qui évoluent plus ou moins rapidement avec à la base des cisaillements du matériel, la création d'un plan de glissement et une translation bien marquée, colonnes 8, 6, 4 en particulier.

Les plans de rupture se situent vers 25 à 30 cm, c'est-à-dire à la base de la couche qui subit le plus l'effet des cycles gel-dégel : forte ségrégation de glace en hiver et engorgement en eau marqué au printemps. Les différences d'activité entre les divers points de la coulée s'expliquent en partie par des variations de texture du matériel et la présence de passages préférentiels pour

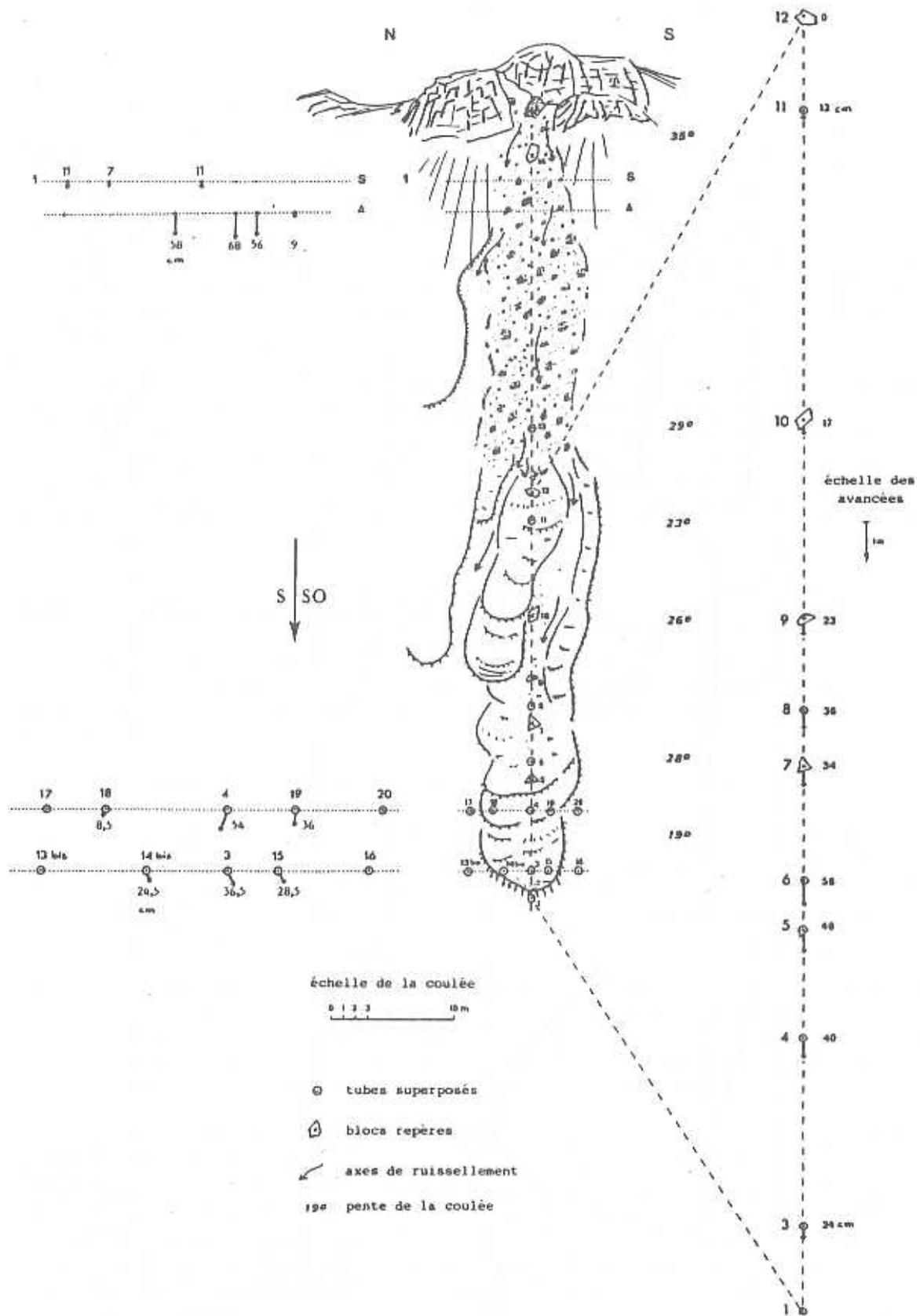


Figure 4 - Coulée équipée du verrou du Lac Premier - Altitude : 2 630 m
Déplacements superficiels entre 1976 et 1983

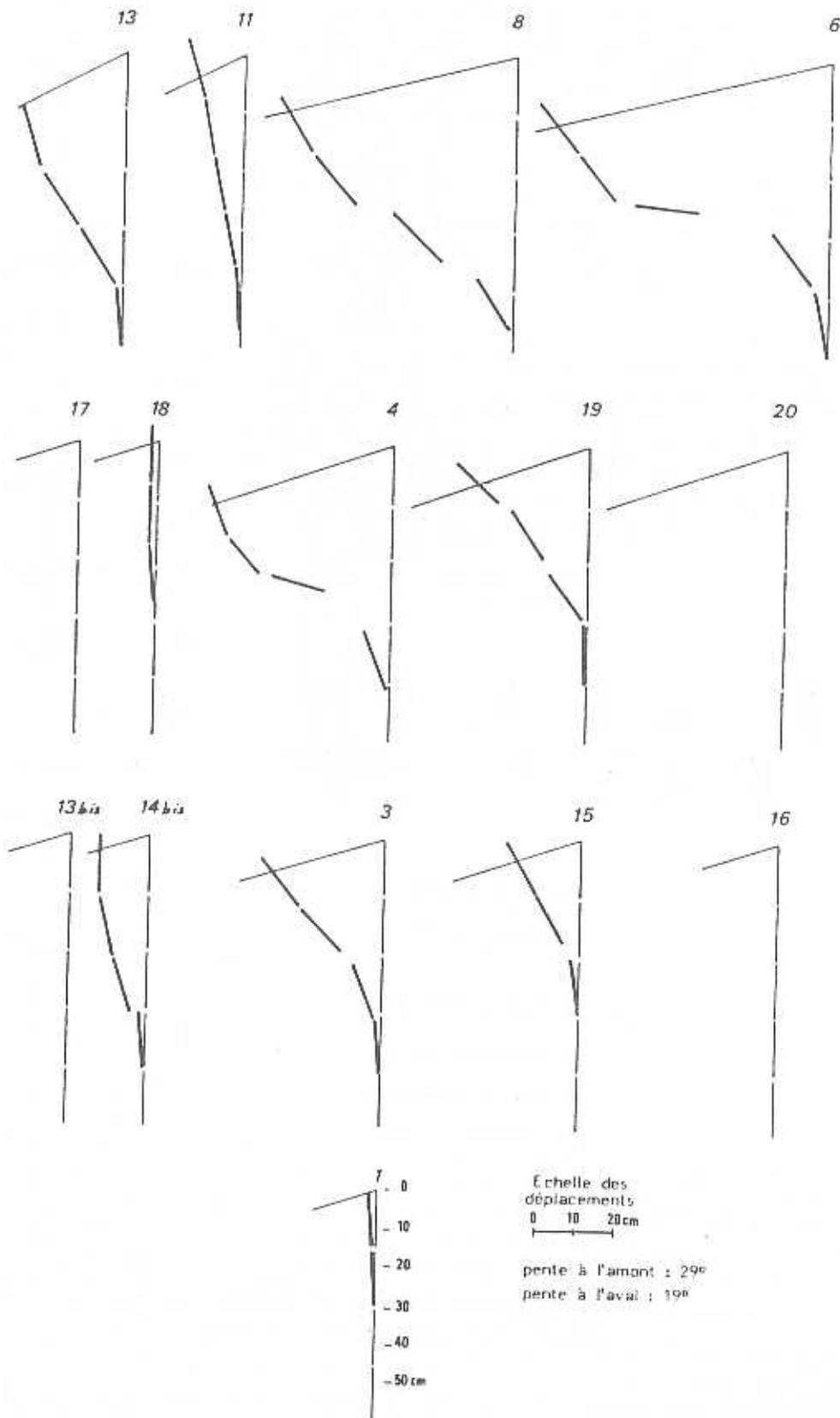


Figure 5 - Coulée du Lac Premier - Altitude : 2 630 m
Déplacement des tubes-repères 1976-1984

l'eau. On note que la surface de la coulée présente des petites rigoles de ruissellement et des petites cuvettes où l'eau s'infiltré.

La comparaison des mesures effectuées directement à la surface du sol en 1983 et celles réalisées en 1984 par le biais des colonnes de tubes, en calculant en particulier le déplacement du tube le plus proche de la surface, montre qu'il existe quelques divergences. Il apparaît que les mesures de 1983 ont conduit à exagérer de plusieurs centimètres le déplacement des points situés à l'aval de la coulée (points 4, 19, 3 et 15).

Comme pour la coulée des Aoupets, il faut nuancer les données moyennes. Les années 1976 à 1979 ont connu des déplacements très faibles. Le printemps 1980 voit apparaître des mouvements superficiels qui peuvent atteindre 4 à 6 cm en certains points des lignes aval. Il y a ralentissement en 1981. L'essentiel des déplacements est acquis entre 1982 et 1985 avec des fins de printemps très humides avec des neiges tardives entraînant une forte saturation des horizons supérieurs.

III - LA COULEE PIERREUSE DU COL DU VALLONNET

Plusieurs coulées de pierrailles descendent de 2 737 à 2 727 m sur une pente exposée au nord-est qui s'abaisse vers le col du Vallonnet. Elles sont alimentées en blocs par le versant rocheux ou par les petites corniches placées en amont.

La coulée étudiée se subdivise en 2 lobes (fig. 6) :

- le premier mesure 15 m de longueur ; la pente de la partie amont est de 22° , celle de la partie aval de 14° . Ce lobe vient s'étaler, en poussant un bourrelet de matériel fin, sur une pente de 9° ; sa forme générale est concave et il n'est plus que très faiblement alimenté en matériel par l'amont,
- le second lobe mesure 22 m de longueur ; sa pente amont est de 27° , celle de l'aval 25° et celle du front 30° . La pente du versant est de 16° en aval du lobe. La forme générale de ce lobe est convexe et il est encore bien alimenté en blocs et gélifracts. Il possède aussi un bourrelet terreux frontal. Les fronts des lobes sont végétalisés.

Le matériel provient de la gélivation d'une petite corniche de flysch gréseux et calcareux qui surmonte des faciès plus schisteux. Le flysch gréseux fournit les gros éléments ; le faciès schisteux libère des petites plaquettes, des esquilles et une grande partie de la fraction fine. Les gros blocs, déchaussés s'ils se présentent sur la tranche, peuvent rouler jusqu'à l'aval des coulées, mais, en raison de l'orientation de la schistosité, il est vraisemblable que l'essentiel des blocs glissent sur plaque de neige et viennent ainsi enrichir la coulée.

A part un pourcentage restreint de petits blocs ayant une longueur inférieure à 8 cm ou de gros blocs ayant une longueur supérieure à 40 cm, tous les autres (70 %) ont des dimensions relativement bien groupées, longueur comprise entre 9 et 26 cm et largeur entre 6 et 18 cm. Ces dimensions sont en rapport avec l'espacement des diaclases du flysch gréseux.

Une coupe a été ouverte dans le front d'une des coulées pour en examiner la structure :

- 0 - 20 cm : couche pierreuse de plaques et de blocs ; nombreux sont ceux qui sont redressés. A la base de cette couche, horizon $A_0 - A_1$ raviné et pelouse détruite par le glissement des pierres ; racines étirées
- 20 - 38 cm : matériel grisâtre, structure granuleuse à grumeleuse et texture sablo-limoneuse, débris de roche dispersés (taille 2 à 5 cm). Ce matériel est très humide et nettement feuilleté par le gel
- 38 - 54 cm : couche gris-noirâtre, structure micro-grumeleuse à granulaire, sablo-limoneuse ; blocs de roche de 4 à 12 cm de longueur dont certains sont redressés ; accumulation de fer et de manganèse
- 54 cm : grandes dalles partiellement altérées, d'aspect jaunâtre, liées entre elles par une matrice ocre-jaune, sablo-argileuse

En profondeur, le dépôt est obturé, ce qui permet une rétention en eau non négligeable même en été. Les coulées pierrees apparaissent comme un phénomène récent ; elles sont venues localement détruire un sol préexistant et, en d'autres lieux proches de l'endroit étudié, recouvrir des coulées de solifluxion laminaire épaisses de 40 à 70 cm.

En 1975, 3 lignes ont été peintes mais seule la ligne amont concerne le 2ème lobe. La largeur du 1er lobe est de 2,97 m au passage de la ligne AB, de 2,79 m à celui de la ligne EF et de 3,67 m à celui de la ligne CD. La largeur du 2ème lobe est de 3,14 m au passage de la ligne CD.

Les déplacements moyens totaux au bout de 10 ans sont, pour le premier lobe :

- ligne amont CD 18,1 cm (sur 22 éléments) extrêmes 7 et 40 cm
- ligne centrale EF 2,5 cm (sur 18 éléments) extrêmes 0,5 et 5 cm
- ligne aval AB 8,6 cm (sur 12 éléments) extrêmes 2,5 et 13,5 cm

Soit des déplacements moyens annuels respectifs de 1,8 ; 0,25 et 0,86 cm par an.

Pour le 2ème lobe partie aval (ligne CD) le déplacement total moyen est de 11,4 cm, soit 1,14 cm par an (extrêmes 6 et 20).

On ne constate pas de différence de comportement entre les 2 lobes bien que le second soit encore alimenté en gélifracsts à l'amont, ce qui n'est plus le cas du premier lobe.

La ligne centrale donne sur le premier lobe un mouvement plus lent que les autres. Elle se situe dans une zone qui tend à s'affaisser alors que la ligne aval enregistre le mouvement du bourrelet frontal et que la ligne amont se place à l'aplomb d'un second bourrelet en cours de formation.

Les chiffres moyens cachent une réalité plus complexe. Sur le lobe n° 1, il n'y a pas eu de déplacements aux printemps 1976, 1977 et 1978 sauf pour quelques éléments de la ligne aval. Le mouvement s'accuse à la fin des printemps 1979 et 1980 après des hivers et débuts de printemps aux précipitations supérieures à la normale ; 1981 voit une stabilisation. Il est suivi par une reprise des mouvements en 1982 et 1983 en particulier au niveau du bourrelet frontal. Nouveau ralentissement en 1984 sauf pour la ligne amont où l'on enregistre les plus forts déplacements (gain moyen de 6,7 cm) soit un tiers du déplacement moyen total sur 10 ans ; 1985 connaît à nouveau la stabilité.

Le 2ème lobe a connu une évolution différente. Absence de mouvement au printemps 1976 après des années 1974 et 1975 sèches comme pour le premier lobe, mais, ensuite, mouvement lent de l'ordre en moyenne d'un centimètre par an de 1977 à 1981. Stabilité en 1982. Reprise des déplacements en 1983 et accélération de ceux-ci en 1984 et 1985 : avancées moyennes respectives de 2,4 cm et 2 cm.

Les facteurs locaux, structure du matériel, apport ou non de gélifrac, extension des plaques de neige, microclimat lié à l'exposition de la pente et à la situation générale dans un col interfèrent avec les fluctuations climatiques globales. Le printemps et le début d'été 1977 ont connu un fort enneigement, une fonte tardive et une forte imbibition en eau ; l'hiver 1984-1985 a été particulièrement rigoureux avec des gels plus profonds, or seuls les déplacements du deuxième lobe ont nettement traduit ces conditions favorables à la cryoreptation.

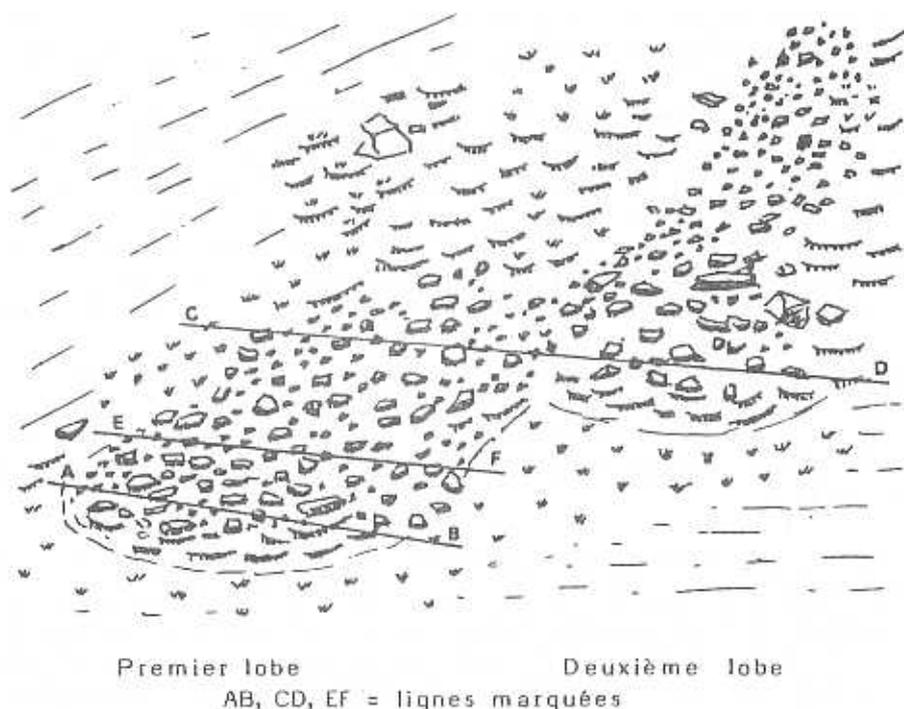


Figure 6 - Coulée pierreuse du Col du Vallonnet
altitude 2727m

IV - LE CHAMP DE SOLS STRIES DU PAS DE LA SOUVAGEA (Massif du Chambeyron)

Les sols striés s'étendent entre 2 900 et 2 950 m d'altitude, dans la partie aval d'un versant descendant de la Pointe d'Aval (extrémité ouest de la chaîne des Aiguilles de Chambeyron) et exposé au sud-est. Cet ensemble, limité vers l'est par une échine rocheuse qui se termine par un abrupt, effectue une courbe vers l'ouest pour atteindre un petit torrent qui alimente le Lac Premier.

Depuis la Pointe d'Aval, on peut décomposer le versant en 3 parties :

- la partie amont où, dès les crêtes et chicots rocheux, s'étale un manteau de gélifracsts ;
- la partie centrale où très vite le matériel s'organise et apparaissent des lobes de solifluxion pierreux dont le front raide, haut de 2 à 3 m, est formé de plaquettes redressées disposées en arc de cercle ;
- enfin, dans la partie aval, les lobes s'étirent et passent à des stries tandis que la pente s'atténue, allant de 18° en amont des stries à 12 à 15° au niveau des sols striés et 5 à 6° dans une zone intermédiaire plus plate ; la pente augmente de nouveau vers le torrent jusqu'à 10 puis 15° .

La largeur des bandes hétérométriques à matrice fine abondante est de l'ordre de 80 à 110 cm. Les cloisonnements caillouteux cunéiformes ont une largeur de 30 à 50 cm en surface et une hauteur de 25 à 30 cm ; en dessous, on retrouve le matériel hétérométrique indifférencié (stries flottantes). Le matériel grossier est formé de plaquettes et d'aiguilles de calcschiste, pour l'essentiel, mais également de marbre, de dolomie et de quartzo-phyllades.

La période la plus dynamique pour l'évolution des bandes fines dure très peu de temps au printemps lorsque les mouvements de solifluxion affectent une couche dégélée épaisse de 10 cm reposant sur un sol encore gelé en profondeur.

En 1976, une ligne longue de 15,90 m a été peinte perpendiculairement aux stries et une série de colonnes repères mise en place. Pour chacun de ces deux équipements, un bilan peut être fait sur une période de 9 ans, de 1976 à 1985.

Les déplacements des éléments peints (fig. 7) peuvent se résumer ainsi :

- dans les bandes à matériel fin abondant, le déplacement moyen a été de 15,5 cm en 9 ans, soit environ 1,7 cm par an, les extrêmes étant de 0,8 et 3,9 cm par an
- dans les bandes grossières, le déplacement moyen a été de 9,3 cm en 9 ans, soit environ 1 cm par an. Quelques éléments ont connu des déplacements beaucoup plus importants : le maximum a été de 48 cm en 9 ans, soit 5,3 cm par an, mais dans ces cas il ne s'agit pas du déplacement de la totalité de l'élément marqué initialement mais seulement d'un petit fragment qui s'est détaché par gélifraction et a été entraîné vers l'aval d'autant plus loin que la gravité a pu intervenir si sa position initiale le permettait. De même, pour quelques rares cas, nous avons constaté que des éléments peints avaient été rejetés en arrière de leur position enregistrée les années précédentes ; il faut y voir là aussi le détachement de petits fragments à partir de la partie amont des blocs, la contrepente qu'ils peuvent former avec le

versant expliquant leur recul.

Neuf ans après leur mise en place, les colonnes de tubes ont été déterrées afin de relever la position exacte de chacun des éléments les constituant (fig. 8) :

Les déplacements superficiels ont été les suivants :

| N° colonne | Bande hétérométrique à matrice fine | N° colonne | Bande hétérométrique caillouteuse sans matrice fine |
|------------|-------------------------------------|------------|---|
| amont IV | 7,0 cm en 9 ans | nord VIII | 4 cm en 9 ans |
| " II | 6,5 cm en 9 ans | VII | 4 cm en 9 ans |
| " I | 6,0 cm en 9 ans | V | 4 à 4,2 cm en 9 ans |
| aval III | 6,0 cm en 9 ans | sud VI | 4 cm en 9 ans |
| moyenne | 0,7 cm par an | moyenne | 0,4 cm par an |

L'épaisseur de matériel affectée par ces déplacements est de :

| N° colonne | Bande à matrice fine épaisseur affectée | N° colonne | Bande sans matrice fine épaisseur affectée |
|------------|---|------------|--|
| IV | 30 cm | VIII | 30 cm |
| II | 30 cm | VII | 20 cm |
| I | 27 cm | V | 27 cm |
| III | 41 cm | VI | 20 cm |
| moyenne | 32 cm | moyenne | 24,2 cm |

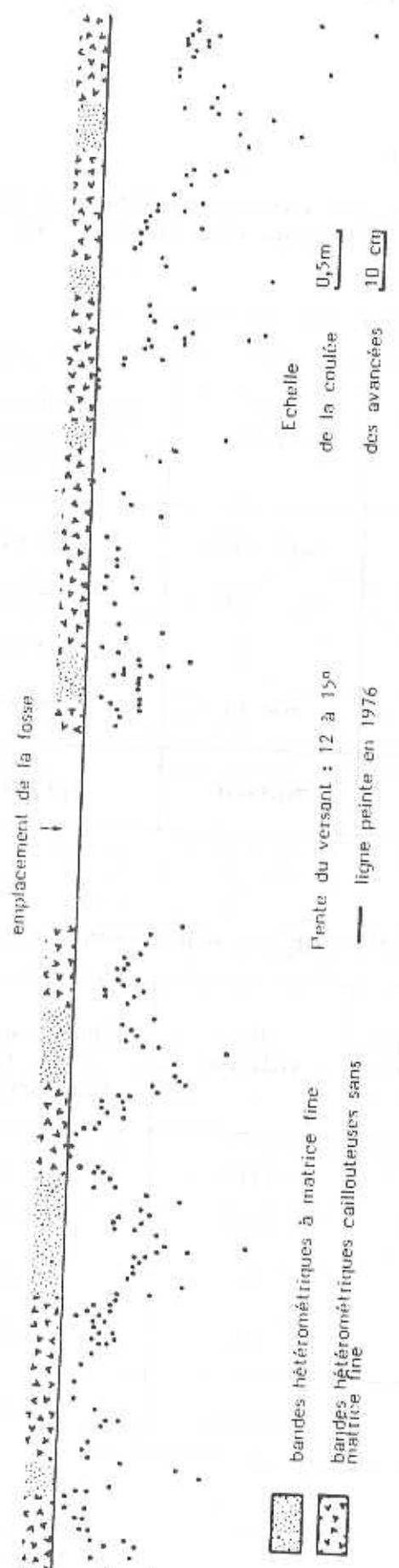


Figure 7 - Sols striés. Pas de la Souvagea 2 900-2 950 m. Déplacements mesurés entre 1976 et 1985

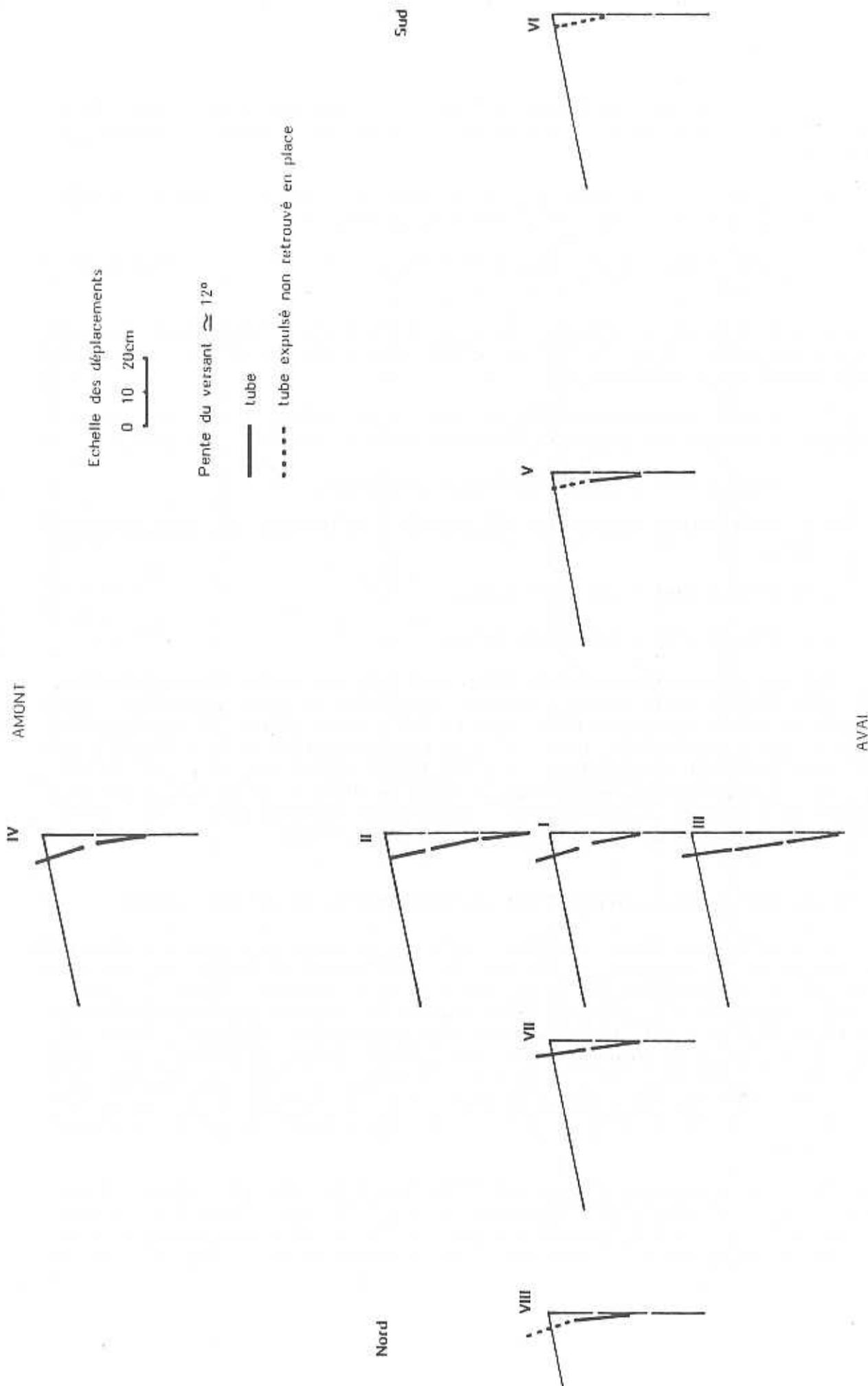


Figure 8 - Champ de sols striés du Pas de la Sauvagea (2 900-2 950 m). Déplacement des tubes-répères entre 1976 et 1983

A la différence des coulées du Vallon des Aoupets (cote 2 506) et du verrou du Lac Premier où l'on a pu mettre en évidence deux types principaux de mouvements :

- un premier type dans lequel l'importance du déplacement décroît régulièrement de la surface vers la profondeur,
- un second type où des couches ont chacune une vitesse de déplacement différente,

au contraire, dans le cas des sols striés, nous n'avons observé que le premier type de mouvement, c'est-à-dire un effet de la cryoreptation décroissant régulièrement en profondeur.

En ce qui concerne les déplacements superficiels, les observations annuelles permettent de proposer schématiquement l'évolution suivante :

- de 1976 à 1979 : pas de mouvement d'ensemble
- de 1979 à 1980 : évolution importante, probablement au début de l'été 1980
- de 1980 à 1981 : pas d'évolution
- de 1981 à 1985 : faible évolution

Sur neuf années de mesures et d'observations, une seule, le début de l'été 1980 (1979-1980) a connu des déplacements importants et quasi généralisés avec des précipitations neigeuses fréquentes en mai - début juin et des pluies plus copieuses que la moyenne fin juin - début juillet provoquant une forte saturation en eau qu'exploitent les cycles gel-dégel nombreux sur ce versant exposé au S-SE rapidement déneigé dès le mois de mai au bout de quelques jours de soleil mais réhumidifié à chaque chute (Bulletin Commission Météorologique des Hautes-Alpes, 1980, Station de Saint-Véran à 2 040 m d'altitude).

V - LE VERSANT DE SOLIFLUXION DE LA MORTICE, MASSIF DE LA FONT SANCTE

Le sommet de La Mortice culmine à 3 169 m. Il est constitué d'un lambeau de flysch noir éocène reposant sur des calcaires du Malm et du Dogger. Le matériel provenant de la gélifraction du flysch tapisse le versant exposé à l'est - sud-est, compris entre 3 060 et 3 080 m d'altitude, versant sur lequel 5 lignes longues de 15 à 20 m ont été peintes en 1979. Des plages grossières, riches en débris de 5 à 20 cm de longueur voisinent avec des plages de matériel plus fin allant du limon aux esquilles de quelques centimètres. Assez fréquemment, une organisation en stries imparfaites apparaît. A faible profondeur, le matériel du versant est constamment humide ; une bande de neige subsiste tardivement en haut de la pente.

Le bilan dressé pour la période 1979-1985 ne concerne que les mouvements superficiels de pierres dont la longueur va de 3 à 20 cm avec une classe 5-12 cm dominante. Un nouveau dispositif en cours de mise en place permettra dans quelques années de juger l'importance des mouvements jusqu'à une profondeur de 60 cm.



bandes hétérométriques à matrice abondante
 bandes caillouteuses
 Echelles
 0.5m longueur des lignes
 10cm valeur du déplacement
 A' — A ligne peinte en 1979 150 pente du versant
 9.3 valeur moyenne du déplacement total par secteur

Figure 9 - La Mortice, versant de cryoseptation, altitude 3060-3080 m - Déplacements mesurés entre 1979 et 1985

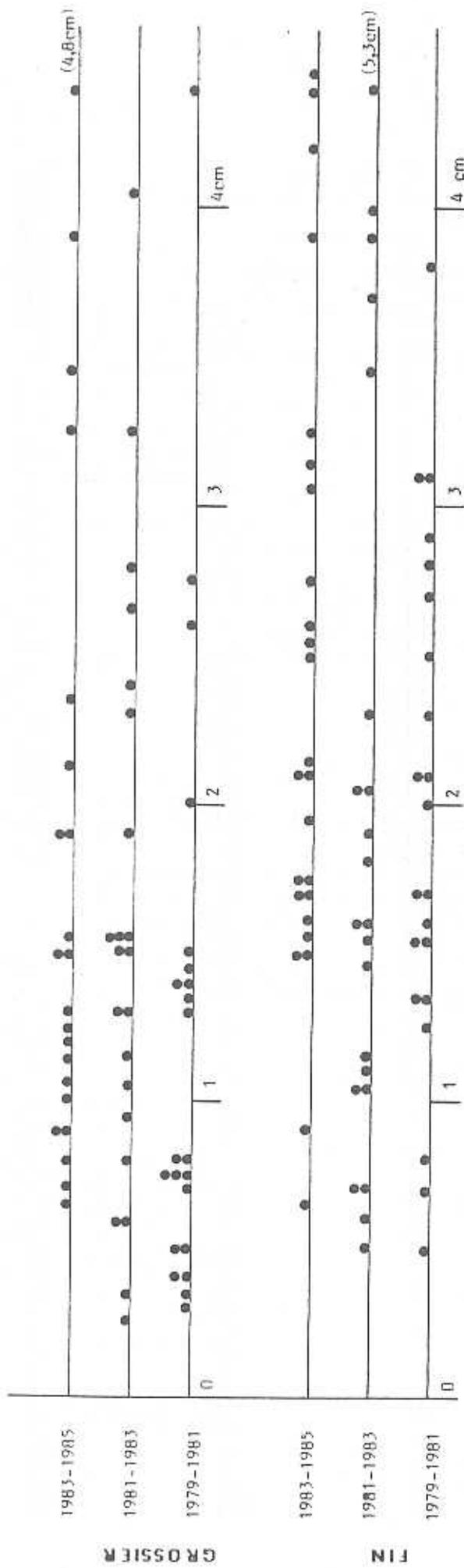


Figure 10 - Distribution des déplacements moyens annuels par secteurs grossiers et fins et par périodes de mesure

La figure 9 montre que le mouvement dû à la cryoreptation, efficace surtout à la fin du printemps, est presque généralisé ; seules, quelques plages grossières n'ont connu en 6 ans aucun mouvement. L'activité a été plus marquée dans les secteurs du versant où la pente est la plus forte, 22° ; elle s'atténue très nettement lorsque la pente décroît jusqu'à 8-11° à l'approche d'une rupture concave et d'un replat. La répartition des pierres (gros points de la figure) et celle des valeurs moyennes des déplacements totaux sur 6 ans par secteurs fins et grossiers prouvent que le mouvement est plus important dans les plages et bandes fines. Les chiffres moyens sont presque toujours compris entre 5 et 8 cm pour le matériel grossier, 10 à 20-25 cm pour le matériel fin. Il existe cependant des exemples de déplacements relativement élevés dans des zones de matériel grossier ; dans ce cas, on constate qu'il existe, immédiatement en amont, du matériel fin en abondance. Voir par exemple le comportement des extrémités sud des lignes D'D et C'C.

La figure 10 donne la distribution du rythme annuel de déplacement pour 3 périodes de 2 années (renfermant par conséquent chacune 2 dégels printaniers) et pour les différents secteurs fins et grossiers. Les valeurs vont de 0,4 à 1,6 cm par an pour l'essentiel des secteurs grossiers. Les valeurs sont plus étalées et plus élevées, 0,5 à 3 cm par an avec un groupe 1,4 à 2,2 cm par an bien représenté, pour les secteurs de matériel fin. Il apparaît aussi qu'un nombre assez élevé de secteurs a connu une activité plus prononcée au cours des 2ème et 3ème périodes (1981-1983 et 1983-1985). L'essentiel du mouvement a été acquis dans le 1er cas au printemps 1982 qui a suivi un mois de décembre aux précipitations particulièrement abondantes, dans le second cas, à la fin du printemps 1985 qui a succédé à un mois de janvier aux précipitations élevées et aux gels marqués et à un mois de mai aux précipitations également excédentaires.

CONCLUSION

Un certain nombre d'enseignements peuvent être déduits des mesures effectuées. Même en zone de pelouse alpine, les formes de solifluxion continuent à évoluer lentement. Les coulées les plus végétalisées comme celles de la cote 2 506 (Aoupets) présentent le mouvement le plus lent et le moins généralisé. La dynamique est plus intense à 2 600 m d'altitude en exposition sud avec déneigements temporaires comme c'est le cas pour la coulée du Lac Premier. Globalement le comportement des coulées des Aoupets, du Lac Premier et du Vallonnet suit les fluctuations climatiques avec en particulier très peu de déplacements entre 1975 et 1977, années déficitaires en précipitations. Cependant, même lorsque les conditions sont les plus favorables à la cryoreptation : bon approvisionnement en eau, gels marqués, les formes n'évoluent pas obligatoirement uniformément, certains secteurs restent figés. On constate aussi que les formes majeures, comme la grande coulée du Lac Premier, peuvent demeurer stables en profondeur et subir des remaniements en surface sous l'aspect de lobes secondaires, mobilisant une ou plusieurs couches de sédiments sur une épaisseur d'environ 30 cm. Des plans de glissement se créent à une profondeur qui correspond à l'action maximale du gel.

En altitude, Pas de la Souvagea, versant de La Mortice, les formes sont fraîches, l'activité liée aux conditions périglaciaires d'altitude est peu entravée par une végétation clairsemée. Les déplacements notés le long de grandes lignes perpendiculaires à la pente du versant montrent que le mouvement est généralisé, plus marqué dans les bandes ou les plages riches en matrice fine. L'exemple du Pas de la Souvagea prouve que les déplacements purement superficiels sont plus importants que ceux qui concernent ne serait-ce que les 10 à 15 premiers centimètres du sol. Le cas du versant de La Mortice où toutes les conditions climatiques locales sont propices au développement de la cryorep-tation démontre que, dans un milieu de flysch et de calcaire bien drainant, le rythme annuel de déplacement est relativement limité, 0,4 à 1,6 cm par an en zone grossière, 1,4 à 2,2 cm par an en zone fine.

B I B L I O G R A P H I E

CENTRE DE GEOMORPHOLOGIE DU C.N.R.S. de Caen et INSTITUT DE GEOGRAPHIE d'Aix-en-Provence, 1980 - Observations sur quelques formes et processus périglaciaires dans le Massif du Chambeyron. *Rev. Géog. alp.*, T. LXVIII, 4, p. 350-382

LAUTRIDOU J.P. (sous la direction de), 1984 - 25ème Congrès International de Géographie. Symposium pré-congrès n° 12. *La signification des phénomènes périglaciaires*. Alpes françaises, 18 au 25 Août 1984. Guide d'excursion, Centre de Géomorphologie, Caen, 186 p.