

RESULTATS DE CINQ ANNEES D'AUSCULTATION SUR UN GLISSEMENT DANS LES ARGILES GLACIO-LACUSTRES DU TRIEVES (Sud-Est DE LA FRANCE)

P. ANTOINE^{*}, J. MONNET^{*}, N.E. RAI^{*}, C. MOULIN^{**}, P. MERIAUX^{**}

* Institut de Recherches Interdisciplinaires de Géologie et de Mécanique, Université Joseph Fourier, Grenoble, France

** Service Départemental de Restauration des Terrains en Montagne, Grenoble, France

Summary : Glacio-lacustrine varved clays of Trièves area (South of Grenoble - France) has been extensively studied both for their geotechnical characteristics and for the instability phenomenons they give way. A combined geodetic and inclinometric monitoring is underway on a site which endanger public security, allowing a better understanding of the movement as well as a better approach of the way in which the slope failure may occur. In a superficial zone (0 - 12 m), as soon as the distortion is over 1.00 % ,clear cut kinematic discontinuities appear. A slip circle, which is 43 m deep, involves all the slope. Below, down at least to 50 m, one may observe a deformation gradient rather than an accurately located failure surface, which may shear up to 40 m depth of soil.

Résumé : Les argiles varvées glacio-lacustres du Trièves (au Sud de Grenoble - France) ont fait l'objet de nombreuses recherches relatives à leurs caractéristiques géotechniques et aux manifestations d'instabilité qu'elles présentent. Une auscultation par géodésie et inclinométrie sur un site posant problème pour la sécurité civile, permet de mieux comprendre ce mouvement de terrain et de mieux préciser le mode d'évolution vers la rupture éventuelle du versant. Dans une zone superficielle (0-12 m) dès que la distorsion dépasse 1%, on assiste à l'apparition de discontinuité cinématique marquées. Un cercle de glissement profond, pouvant atteindre 43 m de profondeur, implique tout le versant. Au dessous, et jusqu'à 50 m de profondeur au moins, on observe plutôt un gradient de déformation sans surface de rupture localisée, pouvant impliquer une épaisseur de sol de 40 m.

1. Introduction

L'histoire glaciaire récente (Würm) des Alpes françaises a engendré un certain nombre de conséquences pour la stabilité des versants. L'une des plus importantes est l'accumulation, en divers secteurs de la plupart des grandes vallées alpines, de silts argileux plus connus sous le nom "d'argiles litées" (terme préféré au classique "argiles vées"). Ces silts représentent le matériau de comblement de lacs fermés par des processus d'obturation glaciaire (barrage d'une vallée par un glacier principal ou ses affluents). La région du Trièves, située à une quarantaine de kilomètres au Sud de la ville de Grenoble, est devenue classique à cet égard. Ici, en effet, par suite de la forte épaisseur des accumulations silto-argileuses et de l'enfoncement ultérieur du réseau hydrographique, des versants entiers sont constitués par ces formations.

Les manifestations d'instabilité y sont particulièrement nombreuses et posent de sérieux problèmes au niveau de l'aménagement du territoire. De très nombreuses études ont été réalisées et sont encore en cours destinées à préciser les caractéristiques géotechniques de ces argiles (ANTOINE 1981, VAN GENUCHTEN 1989, AL HAYARI et al 1990, AL HAYARI 1989, BLANCHET 1988, NIEUWENHUIS et al 1986).

Cinq années d'auscultation sur un site menacé par l'évolution de mouvements de versant divers, permettent de mieux comprendre les mécanismes et de formuler un pronostic.

2. Contexte géologique général

Le contexte géologique général a déjà fait l'objet de nombreuses publications depuis MONJUVENT (1971). L'obturation de la vallée du Drac s'est produite, dans le secteur concerné, au maximum de la glaciation de Würm (Würm II - MONJUVENT 1971). Elle fut provoquée par le puissant glacier de l'Isère fortement alimenté par les montagnes de Savoie, lequel s'écoulant vers le sud par le sillon subalpin a rencontré les vallées du Drac et de la Gresse dont l'écoulement normal est, lui, vers le Nord. Le barrage simultané de ces deux torrents a permis la formation du lac du Trièves dont la durée d'existence peut être estimée de 15 à 20 mille ans ce qui a permis le dépôt de plus de cent cinquante mètres de silts argileux par endroit. Ce lac s'est installé sur une topographie et des dépôts antérieurs variés et complexes en raison de l'existence de l'ancien réseau hydrographique hérité de la période glaciaire précédente (Riss) et de l'interglaciaire Riss-Würm. Au site étudié, ceci se traduit concrètement par la présence de deux vallées anciennes du Drac identifiées sous les accumulations de matériaux Würmiens lors des reconnaissances pour le barrage de Monteynard situé à proximité immédiate (Drac de Sinard et Drac de Cros).

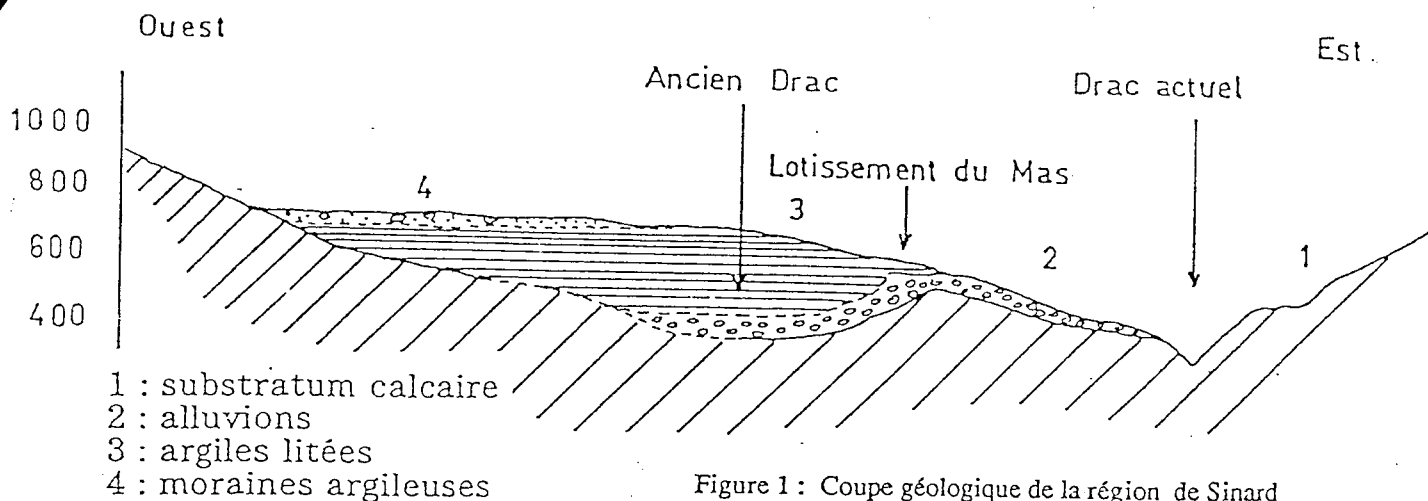


Figure 1 : Coupe géologique de la région de Sinard

La vallée actuelle du Drac est épigénique (Figure 1). La mise en eau du barrage a été suivie de séismes induits (BLANCHET 1988) en : 1962 (M=5.5), 1963 (M=4.5), 1966 (M=3.9), 1979 (M=4.2). La possibilité d'un développement d'effets de site lors de ces séismes, générés par les morphologies enfouies, et susceptible d'avoir aggravé les conditions d'instabilité des proches versants a été étudiée par BLANCHET (1988).

3. Les principaux types d'instabilité dans les argiles litées

3.1. Les observations de terrain

Une étude statistique de l'apparition des indices de mouvement sur les pentes en fonction de leurs valeurs angulaires montre que des signes d'instabilité se manifestent dès qu'elles atteignent 6 à 8°.

Les mouvements les plus fréquemment observés correspondent, par ordre d'importance croissante :

- au glissement du tapis végétal (épaisseur < 0.5 m) sur le soubassement argileux;
- à un fluage généralisé de la tranche superficielle auquel se superposent fréquemment des coulées plus rapides et localisées (épaisseur de 0 - 6 m);

- à une rupture par cisaillement et glissement en masse des argiles litées (épaisseur pouvant aller jusqu'à 50m). Il est à noter que, dans ce cas, le remaniement en cours de mouvement peut engendrer (si le déplacement est suffisant) la formation de coulées (glissement de la Combe d'Harmalière d'une superficie de 500 000 m², mis en place en une dizaine d'heures).

3.2. Le cas des glissements "anciens"

Les géologues français désignent généralement par glissement ancien les manifestations d'instabilité qui remontent à une période géologique récente mais située au delà de la période historique et pour lesquelles il n'existe donc aucun témoignage direct.

De tels glissements anciens (actuellement plus ou moins stabilisés), constituent néanmoins des secteurs sensibles et 60 à 80 % des mouvements actuels en représentent en fait des réactivations fréquemment suscitées par l'activité

humaine. Ils sont généralement identifiés par une étude morphologique et peuvent être confirmés par des reconnaissances appropriées.

Dans les argiles litées la morphologie caractéristique des mouvements de terrain s'estompe rapidement avec le temps et l'identification des phénomènes anciens est assez difficile. L'auscultation devient alors un des seuls moyens de confirmation. L'exemple ci-après en apporte une preuve intéressante.

4. Le cas du lotissement du Mas d'Avignonet

Le site étudié porte un lotissement qui n'a été que partiellement réalisé, de graves désordres étant apparus en cours de travaux. Les études antérieures (BLANCHET 1988, AL HAYARI 1989) ont montré qu'il existait là, au moins deux zones en mouvement différentiel expliquant les désordres observés, mais qu'une possibilité de mouvement ancien à surface de rupture profonde n'était pas à exclure.

D'un point de vue sécurité publique cette possibilité devait être considérée avec attention, car une réactivation globale, comme à la Combe d'Harmalière toute proche, pouvait être redoutée, laquelle entraînerait la ruine de la partie construite et habitée.

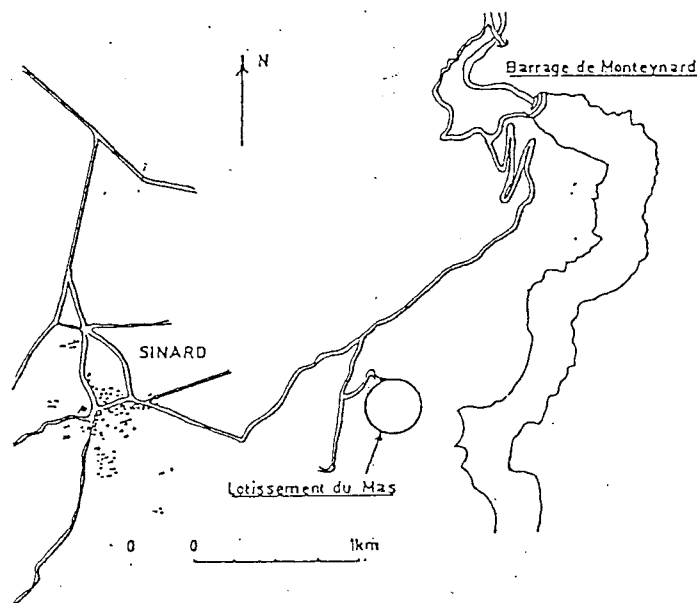


Figure 2 : Localisation du Mas d'Avignonet

4.1 Rappel des caractéristiques géotechniques des argiles glacio-lacustres

Ces argiles ont une structure litée, composée de feuillets alternativement clairs et sombres dont l'épaisseur varie de quelques millimètres à une dizaine de centimètres. Ce litage est le résultat d'un dépôt en milieu lacustre, pour lequel, les zones claires correspondent en principe à un dépôt estival (plus silteux) et les zones sombres à un dépôt hivernal (plus argileux). Ces dépôts alternés, entraînent une anisotropie de perméabilité qui présente un rapport de 10^2 entre la perméabilité perpendiculaire au litage et la perméabilité parallèle à celui-ci.

$$10^{-7} < K_h < 10^{-6} \text{ m/s} \text{ parallèle au litage}$$

$$10^{-9} < K_v < 10^{-8} \text{ m/s} \text{ perpendiculaire au litage}$$

L'étude physique des argiles litées du Trièves, montre qu'il s'agit plutôt de silts-argileux, ce que confirme l'indice des vides $e = 0.60$ valeur correspondant à la limite inférieure généralement admise pour les argiles ($0.60 < e < 3.00$).

Les argiles litées présentent des limites de liquidité W_L , qui s'échelonnent de 32 à 45 % et des indices de plasticité relativement faibles allant de 13 à 21 %. Les teneurs en eau naturelles varient de 25 à 31 %, la teneur en eau à saturation étant de l'ordre de 30 % en moyenne. Ainsi, compte tenu de la limite inférieure des valeurs de W_L , on conçoit que ces argiles litées aient une forte propension à donner des coulées.

La prospection géophysique dans la région du Trièves, donnée pour des terrains remaniés, des vitesses sismiques mesurées de l'ordre de 1300 m/s, tandis que pour des terrains non remaniés, elles sont comprises entre 1200 et 2000 m/s (GIRAUD et al, 1979). La résistivité des argiles litées non remaniées est comprise entre 10 et 70 $\Omega.m$, tandis que dans les couches superficielles des zones instables, elle est très dispersée 20 à 250 $\Omega.m$ (ANTOINE et al, 1981).

4.2. Instrumentation et suivi

L'instrumentation pratiquée au lotissement du Mas d'Avignonnet a pour objectif principal de pouvoir donner l'alarme, en temps opportun, aux habitants vivant à l'heure actuelle sur le site, en cas d'aggravation des phénomènes d'instabilité. Il convient pour cela d'identifier les mouvements : leurs mécanismes, d'en suivre l'évolution et de réaliser des travaux permettant de ralentir ou d'enrayer les phénomènes.

4.2.1. Dispositif

Parallèlement à la réalisation de travaux de drainage, destinés à maîtriser les mouvements superficiels, un dispositif de surveillance par topographie et inclinométrie a été mis en place afin de vérifier l'existence d'un mouvement profond, en comprendre son mécanisme pour estimer les risques d'une réactivation qui pourrait conduire à la ruine du lotissement.

4.2.2. Surveillance topographique

Le système comprend 20 plots topographiques en béton, répartis sur l'ensemble de la combe et visés à partir d'une station fixe implantée sur le versant opposé, en rive droite du lac de Monteynard.

Les levés effectués régulièrement depuis 1985 ont mis en évidence des mouvements actifs dans l'ensemble de la combe avec des vitesses atteignant 7 cm/an au niveau du lotissement.

4.2.3. Surveillance inclinométrique

Celle-ci est réalisée sur 4 tubes inclinométriques :

- T0 en amont du lotissement, profond de 89 mètres;
- T1 profond de 59 mètres;
- T2 en aval du lotissement, profond de 20 mètres;
- T3 profond de 20 mètres;

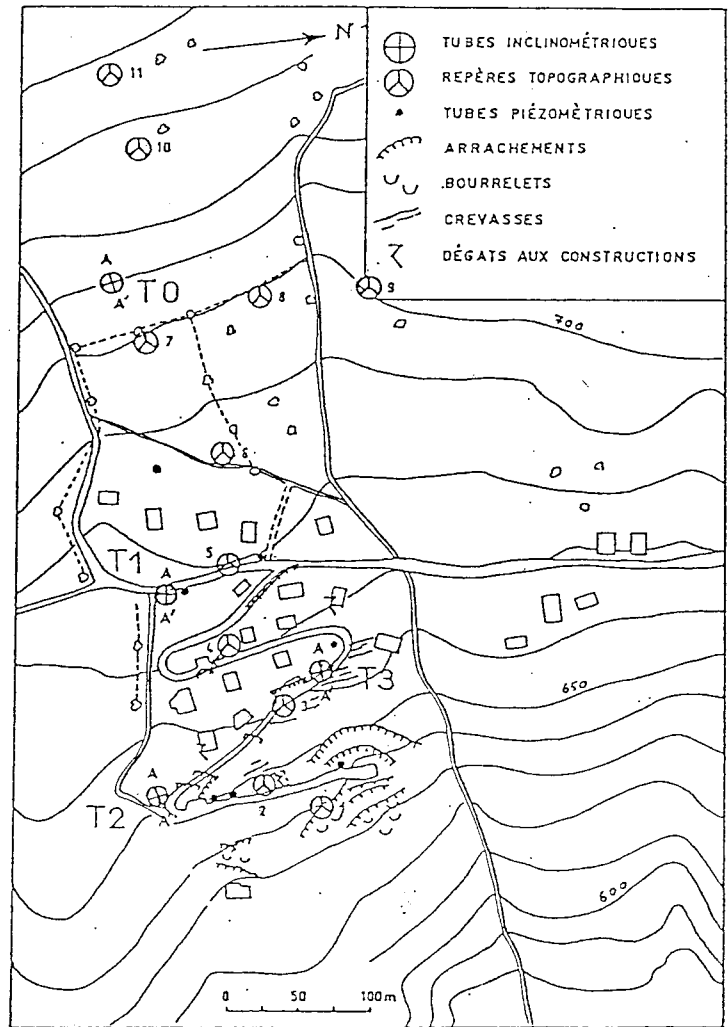


Figure 3 : Implantation des dispositifs de mesure

4.2.4. Résultats (voir Figure 4)

Tube inclinométrique T0

A raison d'une mesure annuelle, l'inclinomètre montre clairement l'existence de deux surfaces de discontinuité cinématique nettes à 5.50 et 10.50 m de profondeur dont les distorsions respectives (rapport du déplacement à l'épaisseur de la couche cisailée) atteignent 1.78 et 1.00 % (distorsions maximales selon A+A-). En dessous, et jusqu'à 50m de profondeur, on observe une distorsion assez homogène, dans une masse de sol de 40 m d'épaisseur.

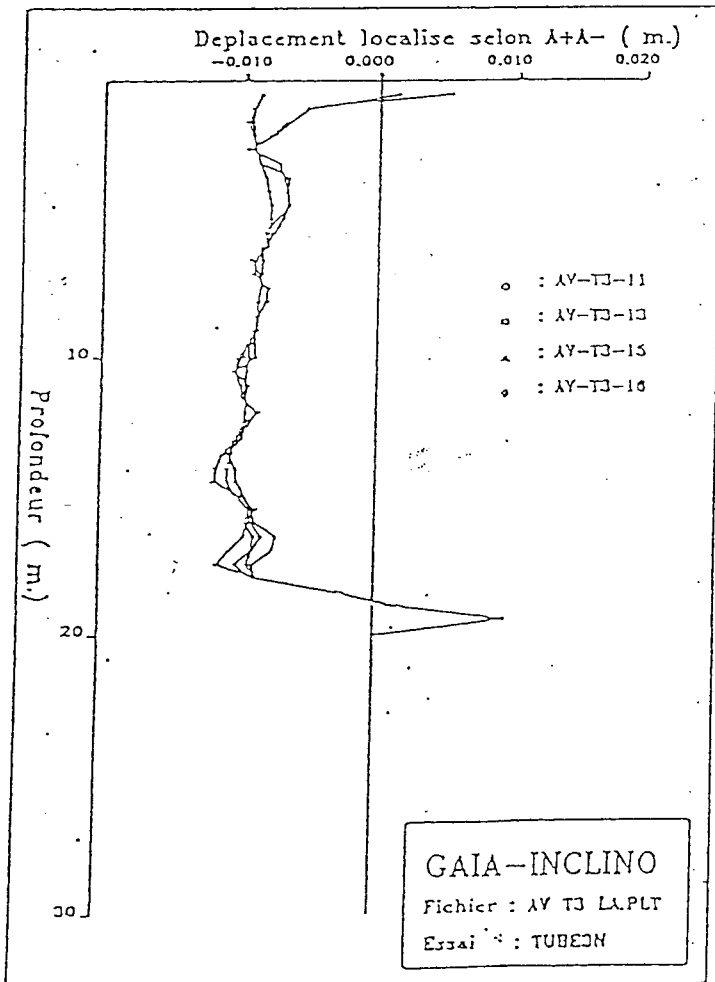
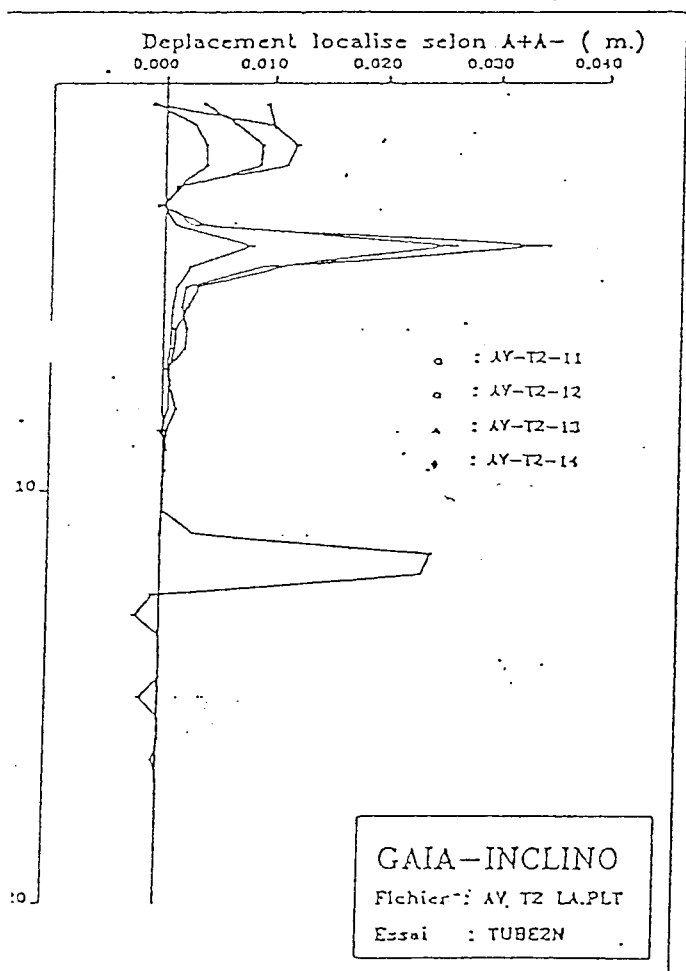
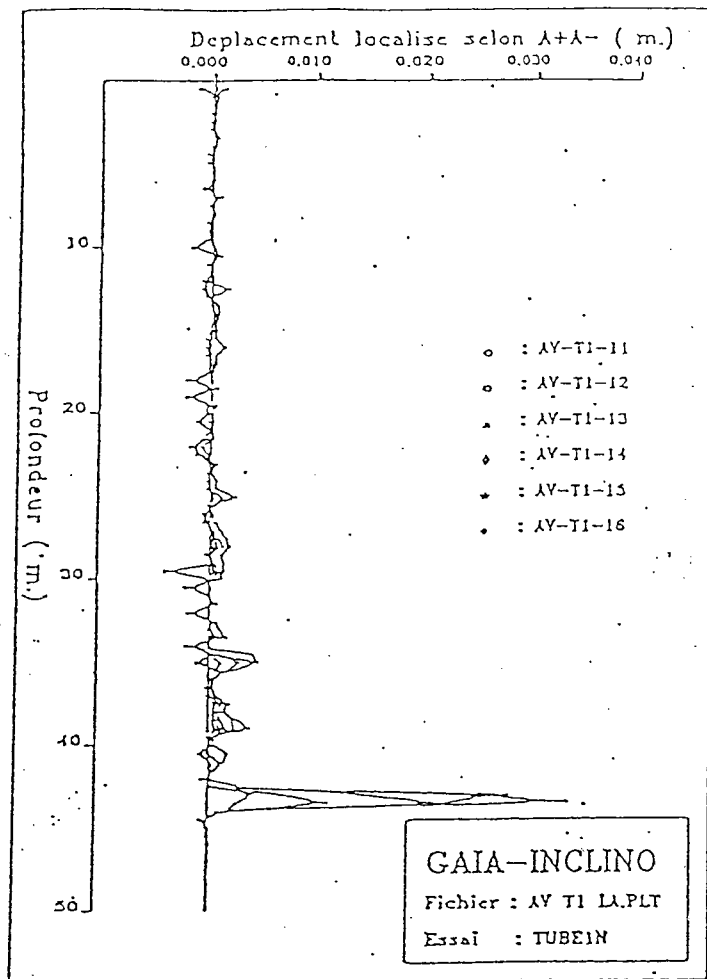
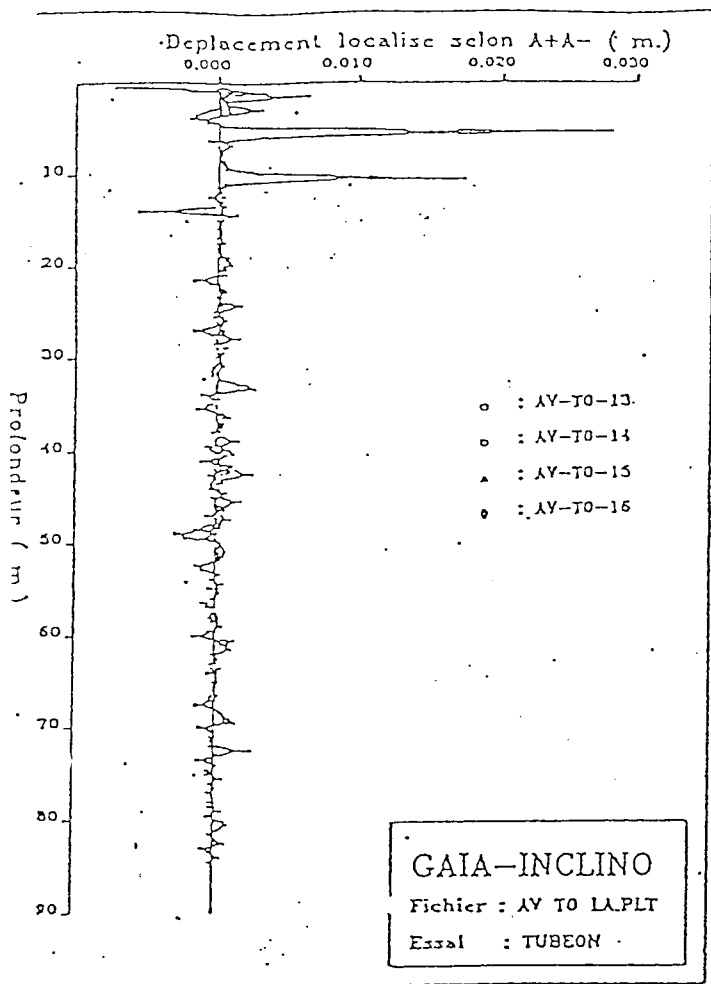


Figure 4 : Résultats des mesures inclinométriques

Tube inclinométrique T1

Dans les mêmes conditions de mesure l'inclinomètre T1 révèle l'existence d'une discontinuité cinématique profonde à 43.50 m présentant sur 5 ans une distorsion de 2.23 % selon l'axe A+A-. La vitesse de ce mouvement demeure relativement faible ne dépassant pas 1 cm/an, et subit l'influence de la pluviométrie locale.

Tube inclinométrique T2

Le tube inclinométrique T2 indique l'existence d'une surface de rupture à 4.00 m de profondeur avec une distorsion de 1.72 % et une autre à 11.00 m de profondeur. Cette dernière correspond à l'interface argiles litées et argile à galets.

Tube inclinométrique T3

En ce qui concerne le tube inclinométrique T3, on constate clairement un basculement du tube d'environ 10 cm et en même temps une surface de rupture à 18 m de profondeur avec une distorsion de 0.92 %. Les mouvements sont réguliers mais restent faibles (1 mm/an).

4.2.5 Interprétation

A - Les type de mouvements reconnus

Les mesures inclinométriques révèlent la présence de trois mouvements distincts mais qui ne peuvent être identifiés sur tous les inclinomètres :

1- des mouvements superficiels dont la limite se tient vers 6.00 m de profondeur. Ces mouvements correspondent à un fluage de la tranche superficielle du terrain en fonction des variations de teneur en eau (naturelles ou provoquées);

2- des mouvements semi-profonds variant de 10.00 et 20.00 m (voir T3) qui paraissent assimilables à des glissements de type plan;

3- un glissement profond de type circulaire, décelé à 43.50 m de profondeur en T1 et qui présente le plus grand danger pour la sécurité du lotissement compte tenu du volume et de la superficie affectés.

Les mesures inclinométriques mettent bien en évidence la déformation de la zone de cisaillement au voisinage des discontinuités cinématiques majeures et permettent de déterminer la distorsion correspondante. L'intérêt de la mesure de cette distorsion pourrait être de situer le degré d'évolution vers la rupture de chacun des cisaillement reconnus en prenant comme base de comparaison le comportement du matériau testé au laboratoire. On disposerait là d'un argument complémentaire pour le pronostic de rupture.

B - Le comportement des argiles litées d'après les essais de laboratoire

Les prélèvements d'échantillons intacts ont eu lieu au tube carottier et à proximité de la surface. On trouve les caractéristiques physiques suivante :

$$e = 0.60$$

$$w = 31.76 \%$$

$$\gamma_h = 21.94 \text{ KN/M}^3$$

$$\gamma_d = 16.66 \text{ KN/M}^3$$

Les échantillons ont été testés à l'essai triaxial onsolidé drainé et cisailés avec une vitesse d'essai de $5 \mu / \text{mn}$ avec la mesure de la variation du volume de l'argile au cisaillement. Chaque cisaillement dure en moyenne 48 h de façon à respecter les conditions de drainage.

Les courbes de cisaillement sont présentées par la figure 5, les courbes de variation de volume sont présentées par la figure 6. Les cercles de Mohr sont présentés, au pic et au palier par la figure 7. On trouve les caractéristiques suivantes :

$$E = 25500 \text{ KPa} ; \quad V = 0.42 ; \quad \phi_{\mu} = 19.7^{\circ}$$

$$C_{\text{pic}} = 110 \text{ KPa} ; \quad \phi_{\text{pic}} = 22.0^{\circ} \text{ au pic}$$

$$C_{\text{pal}} = 45 \text{ KPa} ; \quad \phi_{\text{pal}} = 18.6^{\circ} \text{ au palier}$$

On constate un pic de cisaillement à une déformation comprise entre 2.0 % et 7.0 % maximum.

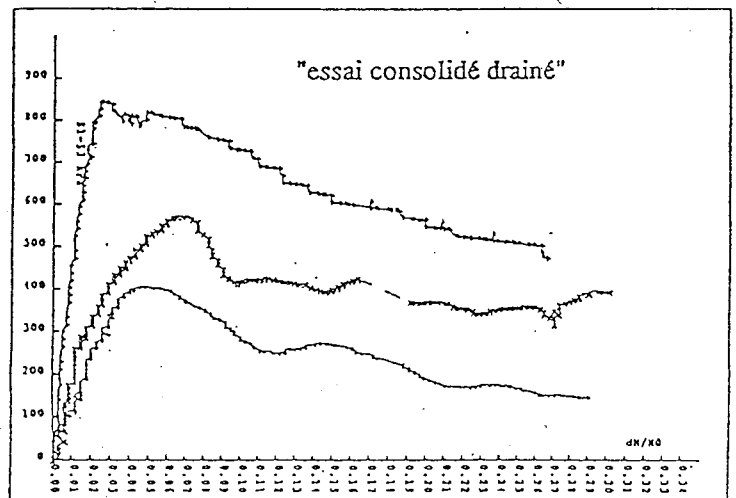


Figure 5 : Courbes de cisaillement au triaxial

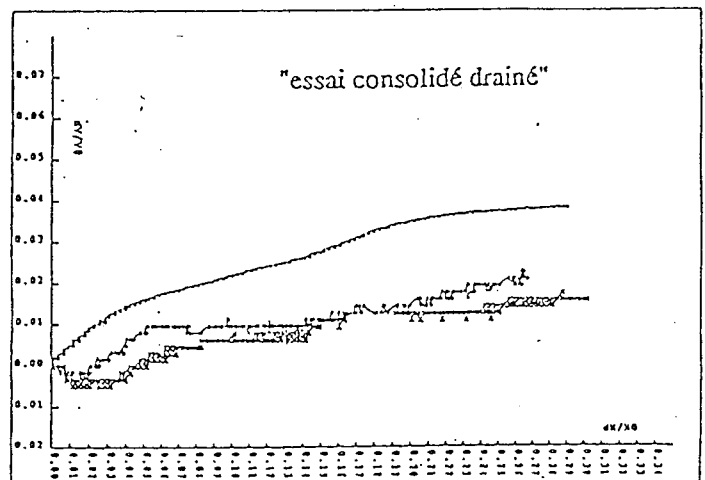


Figure 6 : Courbes de variation de volume au triaxial

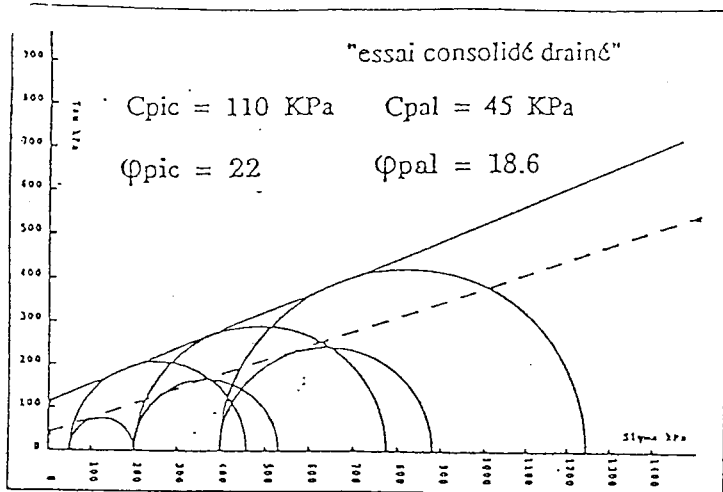


Figure 7 : Cercles de Mohr au pic et au palier de cisaillement

C - Aspect prévisionnel

Lors des essais de laboratoire la distorsion totale entre le début de l'essai et la rupture (valeur de pic) atteint 7 % au maximum.

Or entre 1985 et 1991 la distorsion des zones de cisaillement atteint :

- 1.80 % à 5.50 m de profondeur
- 1.00 % à 10.50 m de profondeur
- 2.20 % à 43.50 m de profondeur

Le mode d'évolution de la tranche superficielle étant bien différent de celui reproduit dans l'essai triaxial de laboratoire nous n'en tiendrons pas compte dans la suite et il reste que, si l'on considère que le début des mouvements a coïncidé avec les premières déformations observées soit 1976, et en faisant l'hypothèse d'un mouvement constant, nous devons approcher des valeurs suivantes pour la distorsion globale :

- 3.00 % à 10.50 m de profondeur
- 6.60 % à 43.50 m de profondeur

Pour le glissement profond cela signifierait que dans les trois années à venir la rupture est susceptible d'intervenir, le coefficient de sécurité de la pente atteignant alors la valeur de 1.03 (voir Figure 8).

Il convient toutefois de signaler que la base de 1976 comme début des mouvements est hypothétique et nous garderons bien de faire un pronostic précis sur la rupture profonde sur une donnée aussi imprécise. Nous remarquerons toutefois, qu'au taux actuel de 0.44 % par an, et si l'on admet que le début de la déformation profonde a commencé avec le début de nos mesures (ce qui est très optimiste) la rupture pourrait se produire dans les 13 ans à venir. Ce délai est court à l'échelle de durée normalement espérée pour un lotissement et un système d'auscultation continu sera mis en place en 1991.

Enfin il convient de remarquer que la période de cinq années sur lesquelles a porté nos mesures correspond à une époque de sécheresse et que tous les mouvements de la région et notamment celui enregistré en continu dans des argiles dentiques à Monétier-du-Percy on connu un très fort ralentissement.

Dans le cas du lotissement du Mas d'Avignonet l'étude de l'influence de la nappe phréatique sur le coefficient de sécurité montre (Figure 9 et 10) qu'une variation de 10 m du niveau amont considéré pour la nappe (de 690.00 à 680.00 pour un exutoire à 630.00 m dans les deux cas) fait passer le coefficient de sécurité de 1.05 à 1.20 donc de conditions critiques à des conditions de stabilité. L'expérience acquise montre toutefois qu'il est pratiquement très difficile d'opérer un tel rabattement dans des terrains aussi peu perméables et les travaux réalisés affichaient des objectifs plus modestes.

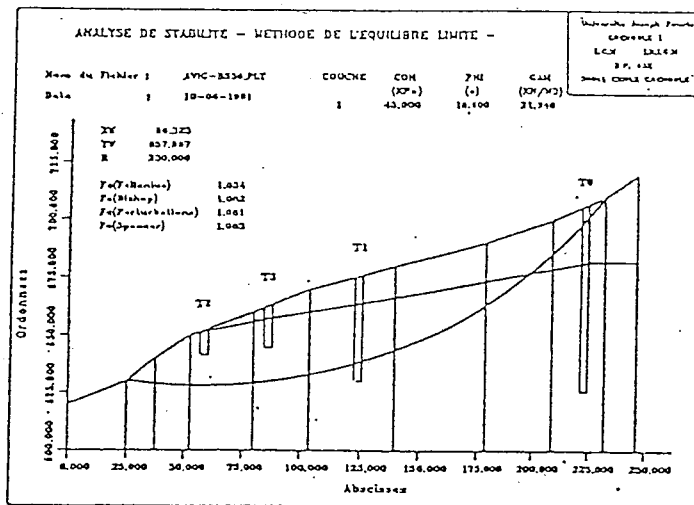


Figure 8 : Calcul de stabilité de la pente du Mas d'Avignonet.

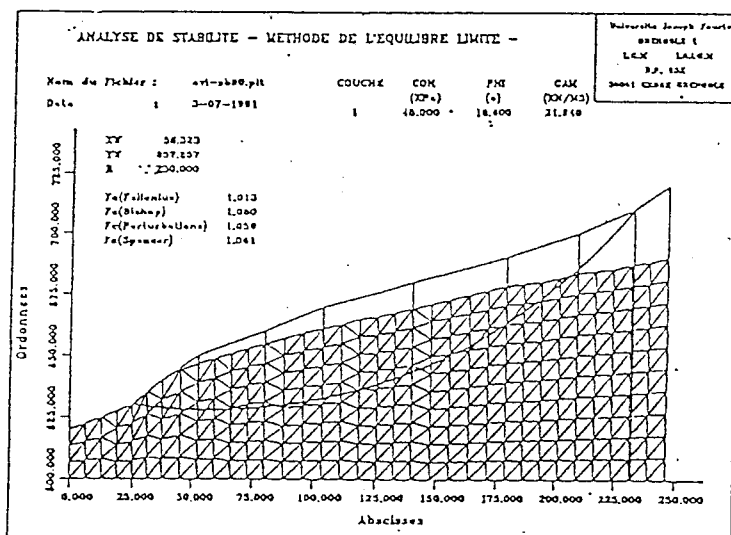


Figure 9 :

Calcul de stabilité avec un niveau d'eau amont à 680

4.3 Les travaux préventifs et de correction

D'importants travaux de stabilisation ont été engagés sur le site du Mas d'Avignonet à partir de 1984, soit 2 ans après la publication des premiers résultats des études géotechniques.

Ceux-ci ont consisté en la réalisation de :

- une tranchée drainante de 165 mètres de longueur, profonde de 3.5 à 4.0 mètres, implantée, au dessus du lotissement, en travers du versant (1984) ;

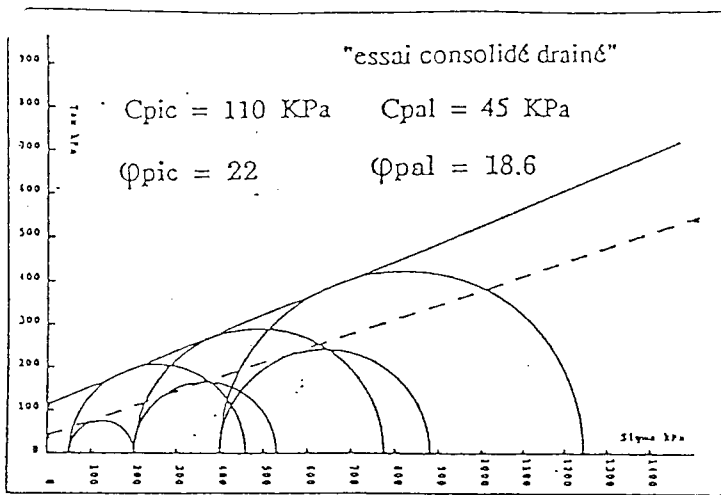


Figure 7 : Cercles de Mohr au pic et au palier de cisaillement

C - Aspect prévisionnel

Lors des essais de laboratoire la distorsion totale entre le début de l'essai et la rupture (valeur de pic) atteint 7 % au maximum.

Or entre 1985 et 1991 la distorsion des zones de cisaillement atteint :

- 1.80 % à 5.50 m de profondeur
- 1.00 % à 10.50 m de profondeur
- 2.20 % à 43.50 m de profondeur

Le mode d'évolution de la tranche superficielle étant bien différent de celui reproduit dans l'essai triaxial de laboratoire nous n'en tiendrons pas compte dans la suite et il reste que, si l'on considère que le début des mouvements a coïncidé avec les premières déformations observées soit 1976, et en faisant l'hypothèse d'un mouvement constant, nous devons approcher des valeurs suivantes pour la distorsion globale :

- 3.00 % à 10.50 m de profondeur
- 6.60 % à 43.50 m de profondeur

Pour le glissement profond cela signifierait que dans les trois années à venir la rupture est susceptible d'intervenir, le coefficient de sécurité de la pente atteignant alors la valeur de 1.03 (voir Figure 8).

Il convient toutefois de signaler que la base de 1976 comme début des mouvements est hypothétique et nous garderons bien de faire un pronostic précis sur la rupture profonde sur une donnée aussi imprécise. Nous remarquerons toutefois, qu'au taux actuel de 0.44 % par an, et si l'on admet que le début de la déformation profonde a commencé avec le début de nos mesures (ce qui est très optimiste) la rupture pourrait se produire dans les 13 ans à venir. Ce délai est court à l'échelle de durée normalement espérée pour un lotissement et un système d'auscultation continu sera mis en place en 1991.

Enfin il convient de remarquer que la période de cinq années sur lesquelles a porté nos mesures correspond à une époque de sécheresse et que tous les mouvements de la région et notamment celui enregistré en continu dans des argiles identiques à Monétier-du-Percy on connu un très fort ralentissement.

Dans le cas du lotissement du Mas d'Avignonet l'étude de l'influence de la nappe phréatique sur le coefficient de sécurité montre (Figure 9 et 10) qu'une variation de 10 m du niveau amont considéré pour la nappe (de 690.00 à 680.00 pour un exutoire à 630.00 m dans les deux cas) fait passer le coefficient de sécurité de 1.05 à 1.20 donc de conditions critiques à des conditions de stabilité. L'expérience acquise montre toutefois qu'il est pratiquement très difficile d'opérer un tel rabattement dans des terrains aussi peu perméables et les travaux réalisés affichaient des objectifs plus modestes.

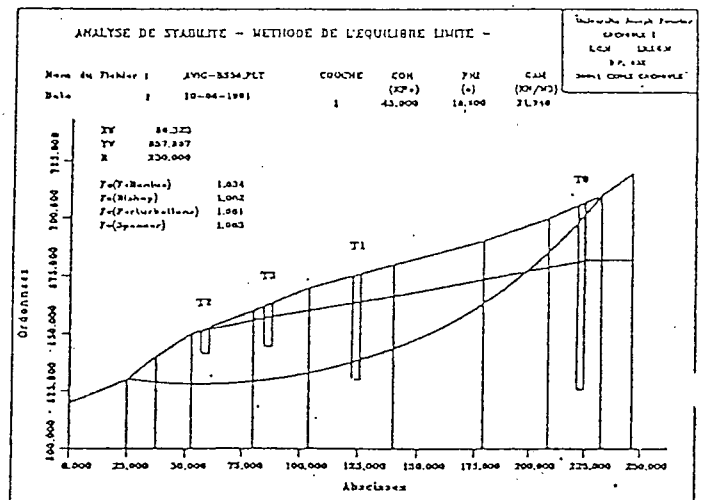


Figure 8 : Calcul de stabilité de la pente du Mas d'Avignonet.

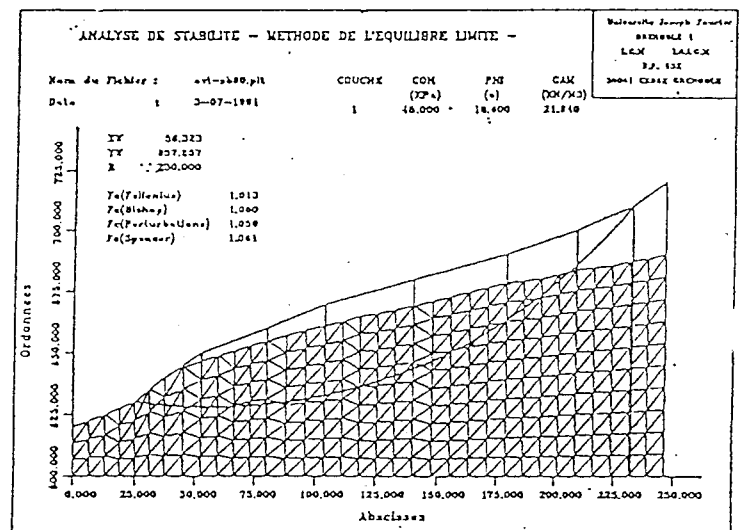


Figure 9 :

Calcul de stabilité avec un niveau d'eau amont à 680

4.3 Les travaux préventifs et de correction

D'importants travaux de stabilisation ont été engagés sur le site du Mas d'Avignonet à partir de 1984, soit 2 ans après la publication des premiers résultats des études géotechniques.

Ceux-ci ont consisté en la réalisation de :

- une tranchée drainante de 165 mètres de longueur, profonde de 3.5 à 4.0 mètres, implantée, au dessus du lotissement, en travers du versant (1984) ;

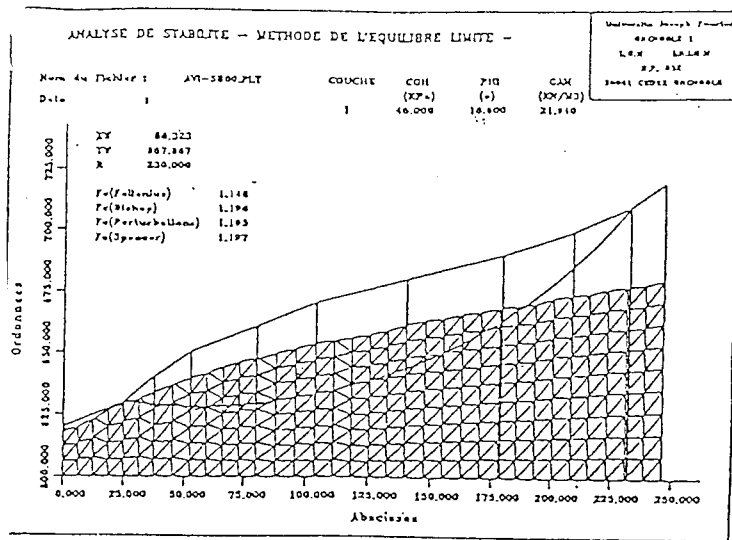


Figure 10 :

Calcul de stabilité avec un niveau d'eau amont à 690

- le curage ou l'étancheification, par demi-buses métalliques ou collecteurs P.C.V, de quelques 1000 mètres linéaires de ruisseau, ainsi que le captage, par des épis drainants, de dizaines de sources riveraines de ces cours d'eau (1984 et 1986) ;

- la réfection totale des réseaux d'assainissement et d'alimentation en eau potable du lotissement, avec des canalisation souples (plastique) ou verrouillées (fonte), ponctuées régulièrement d'amorces de rupture visitables par regard (1986) ;

- 383 mètres linéaires de drains subhorizontaux, équipés de tuyaux P.V.C. crépinés de 63 mm de diamètre et répartis, dans la partie basse du lotissement, sur 18 points de forage (1986) .

Le coût total s'est élevé à environ 2 millions de francs (mars 1991).

L'objectif de ces travaux de drainage superficiel était d'améliorer, conformément aux recommandations de l'étude géotechnique initiale, les conditions de stabilité du versant au niveau des glissements plans, rapides, évoluant respectivement vers 5.5 m et 11.0 m de profondeur.

Les dispositifs à base de tranchées et épis drainants - remplis de galets propres, à l'intérieur d'une "chaussette" de géotextile non tissé - se sont avérés les plus efficaces pour le drainage des silts argileux du site, particulièrement imperméables.

L'effort de drainage de surface se poursuit aujourd'hui, au Mas d'Avignonet, afin de ralentir les mouvements superficiels : il constitue une indispensable action complémentaire aux travaux d'auscultation du versant par lesquels on scrute - bientôt en temps réel - l'évolution de la surface de rupture profonde (43 mètres), dont le traitement est hors de portée des systèmes de drainage classique et économiquement envisageables.

CONCLUSION

La conjugaison des essais de laboratoire sur des échantillons non remaniés, et des essais inclinométriques in situ, permet de prévoir une évolution du phénomène de glissement de terrain, observé au Mas d'Avignonet, dans le sens d'une aggravation. La surveillance dans les années à venir doit être renforcée.

REFERENCES

- [1] AL HAYARI M. (1989)-Une détermination des caractéristiques mécaniques de quelques formations alpines - Méthode à l'équilibre limite et des éléments finis - Thèse Université Joseph Fourier - Grenoble 214 p.
- [2] AL HAYARI M. , ANTOINE P. , BIGUENET G. , MONNET J. , MORA H. (1990). - Détermination des caractéristiques mécaniques au cisaillement des argiles litées - Cas du glissement de la Combe d'Harmalière. Revue Française de Géotechnique N° 50, pp. 71 - 77
- [3] ANTOINE P. , GIRAUD A. , MONJUVENT G. (1981) - Les argiles litées du Trièves (Isère) : conditions de gisement et exemples de propriétés géotechniques - Bull. Soc. Géol. de France, 23 ,N° 2, pp. 117 - 127
- [4] BLANCHET F. (1988) - Etude géomécanique de glissements de terrains dans les argiles glacio-lacustres de la vallée du Drac -Thèse Université Joseph Fourier - Grenoble 157p.
- [5] GIRAUD A. , GOURC J.P. , BESSON L. , FABRE D. (1979) - Approche pluridisciplinaire des problèmes posés par un glissement de terrain sur faible pente - Revue Française de Géotechnique, N° 14, pp. 57 - 66
- [6] MONJUVENT G. (1971) - Le Drac - morphologie, stratigraphie et chronologie quaternaire d'un bassin alpin - Thèse Université Paris 7, 435p.
- [7] NIEUWENHUIS J.D. , VAN GENUCHTEN P.M.B. (1986) - Feasibility of highway crossing through landslide area on varved clays - Proc. 5 th I.A.E.G. Congr. Paper. 5.5.1 , pp. 1705 - 1712
- [8] VAN GENUCHTEN (1989) - Movement mechanisms and slide velocity variations of landslides in varved clays in the french alps. Thèse Université Utrecht, 157 p.