

DELEGATION AUX RISQUES MAJEURS

***CATALOGUE DES MESURES
DE PREVENTION APPLICABLES
AUX PLANS DE PREVENTION DES RISQUES
(P.P.R.)***

MOUVEMENTS DE TERRAINS

1. CLASSIFICATION

Mesure individuelle ou d'ensemble - rapprochée ou éloignée
Méthode courante
Mesure principale

2. DOMAINE D'APPLICATION

Cette technique s'applique à des zones où le volume des éléments instables n'excède pas le mètre cube, lorsqu'ils appartiennent à un massif rocheux, quelques dizaines de mètres cubes lorsqu'il s'agit d'une formation meuble, et dont l'enlèvement ne risque pas de déstabiliser le reste de la masse rocheuse ou de la formation.

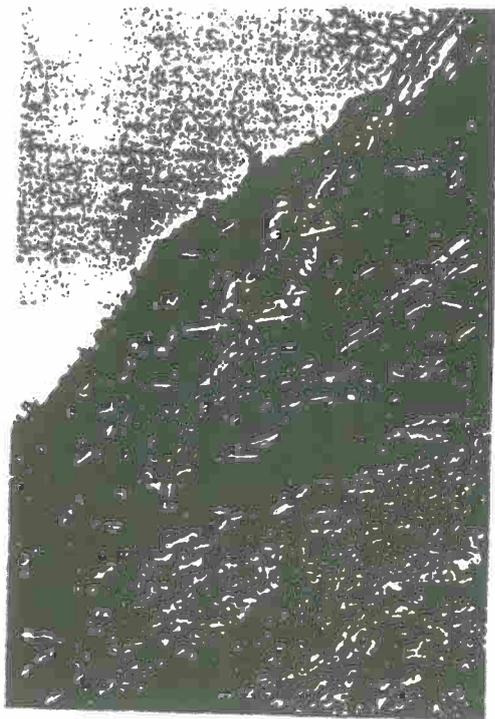
3. DESCRIPTION

3.1 Principe
=====

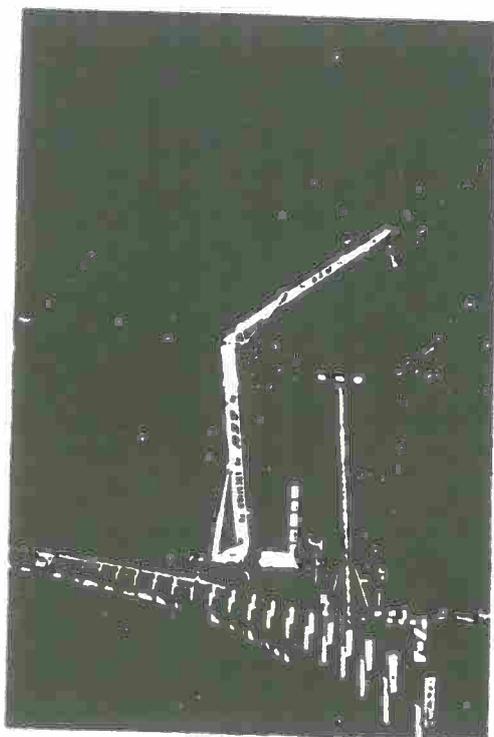
Chute provoquée manuellement et contrôlée de blocs de stabilité douteuse dans des parois ou talus dominant un lieu fréquenté ou un équipement fixe.

3.2 Dispositif
=====

Méthode légère utilisant des outils répandus (barres à mine, tringles métalliques, ...) La principale difficulté réside assez souvent dans l'accès aux parties à purger, pouvant nécessiter des nacelles ou des grues.



avec guides de haute montagne



PURGE MANUELLE

à partir d'une nacelle auto-
élevatrice

4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Aucun document technique publié connu.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Revêtement de maçonnerie (béton ou pierres appareillées)(fiche n° 1.2.2.2.)

Béton projeté (fiche n° 1.2.2.4.)

Treillis métallique ancré.(fiche n° 1.2.3.5.)

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Toute méthode de soutènement.

7. CRITERES TECHNIQUES D'APPLICABILITE

Référence au volume à déplacer en une seule opération.

Etat de la roche.

Risque de déstabiliser de proche en proche des volumes que l'on ne pourrait maîtriser.

8. EFFICACITE - PERENNITE

Efficace, mais à renouveler périodiquement

9. AVANTAGES

Relativement peu coûteux et moins préjudiciable à la cohésion d'un massif que des interventions mécaniques plus brutales (explosif, marteau-piqueur, brise-roche).

10. INCONVENIENTS

Surveillance de l'évolution ultérieure pouvant être difficile à assurer dans la plupart des cas : problème de l'inspection des talus et falaises.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

Généralement pas de projet, à strictement parler mais nécessité d'une étude (stabilité, procédure d'intervention, mesures de protection).

Il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance du massif.

Il est donc souhaitable de consulter un géologue ou un géotechnicien qui désignera les zones à purger, étudiera les conséquences de la purge et précisera la façon la plus rationnelle d'enchaîner les opérations.

12. REALISATION

Ses modalités dépendent de la hauteur et de la raideur du versant, ainsi que de sa nature (purement rocheux, ou constitué de formations détritiques hétérogènes plus ou moins cohérentes).

12.1 Qualification de l'entreprise

=====

Dans les cas courants (escarpement inférieur à 5 m), aucune qualification particulière.

Pour une hauteur supérieure, les intervenants devront justifier d'une qualification de sapeurs pompiers ou de guide de haute montagne.

12.2 Matériaux et matériels =====

Uniquement matériels :

- . pour l'exécution : pinces, barres à mine, tringles métalliques, coins, éclateurs hydrauliques, leviers divers, masses, cordes, câbles, jet d'eau sous pression sauf dans matériaux meubles,...
- . pour l'accès : échelles, matériel d'escalade, voire nacelle auto-élevatrice

12.3 Sujétion d'exécution =====

Protection des ouvrages existants à assurer.

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

Surveillance régulière de l'évolution de la stabilité de la zone sensible

Répétition périodique de l'opération en fonction de l'apparition de nouveaux blocs instables

14. COÛTS

14.1 Eléments du coût =====

Qualification du personnel et nature du matériel d'accès utilisés

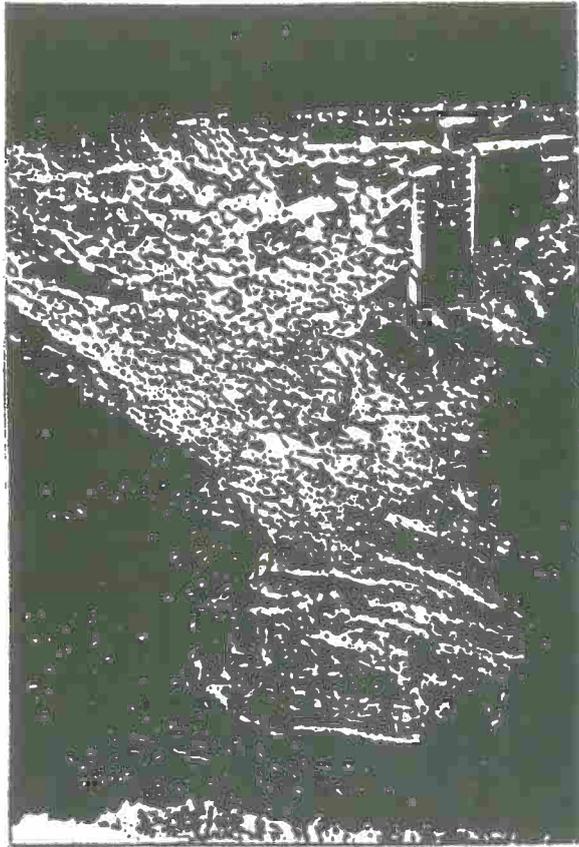
Sujétions de protection des ouvrages riverains

14.2 Ordre de grandeur des coûts =====

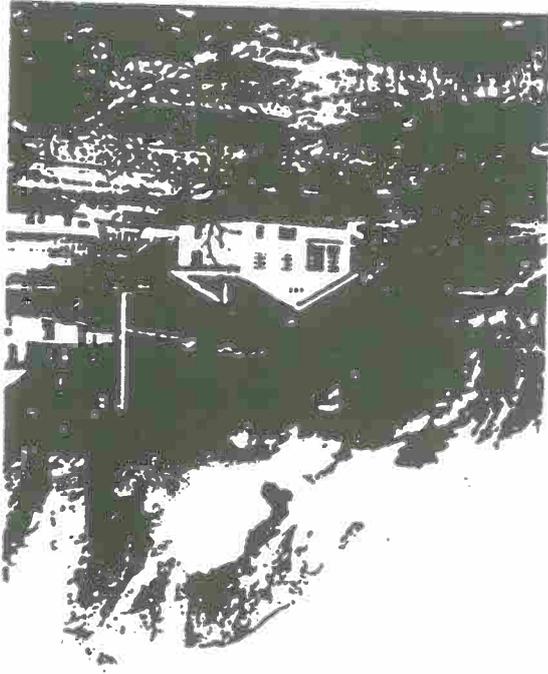
Tarifs en vigueur fin 1984 :

- . Salaire d'un opérateur intervenant en équipe, qualification guide de montagne : 2 500 F/j.
- . Location d'une nacelle réalisant la portée maximale actuelle (50m à la verticale) : 9 000 F/j.

Résultat d'un abattage



Exécution d'un tir d'abattage



1. CLASSIFICATION

Mesure généralement d'ensemble - rapprochée ou éloignée
Technique assez peu utilisée
Mesure principale

2. DOMAINE D'APPLICATION

Panneaux, piliers, surplombs, relativement désolidarisés d'un massif
rocheux

Blocs volumineux, incorporés dans une formation plus ou moins
cohérente, et menacés de déchaussement par l'érosion superficielle.

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

Élimination par prise roche, minage, etc., de volumes rocheux
d'importance très variable, dont la stabilité paraît précaire et
qui dominant un lieu fréquenté ou un équipement fixe.

3.2 Dispositif

Chaque cas posant des problèmes spécifiques, il n'existe pas de
dispositif type.

4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ÊTRE FAIT RÉFÉRENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Pas de recommandations techniques spécifiques existantes

On doit toutefois pouvoir s'inspirer de diverses instructions existantes, relatives à la sécurité, et notamment en cas de déminage ou de destruction de projectiles ou de munitions.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Calage : massifs, butons, contreforts (fiche n° 1.2.2.1).
Arrimage par câbles.
Ancrages passifs ou actifs (fiche n° 1.2.2.3).
Découpe d'encorbellement au câble.

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Purge après abattage (fiche n° 1.2.1.1)
Végétalisation (fiche n° 1.2.2.5)

7. CRITERES TECHNIQUES D'APPLICABILITE

Importance des risques entraînés par l'intervention elle-même.
Fracturation naturelle du massif : efficacité prévisible des explosifs.
Stabilité du massif après enlèvement de la masse.

8. EFFICACITE - PERENNITE

Bonne si les objectifs justifiant l'intervention sont atteints.
Dans le cas contraire, abattage incomplet, déstabilisation des massifs adjacents, la situation peut se trouver aggravée.

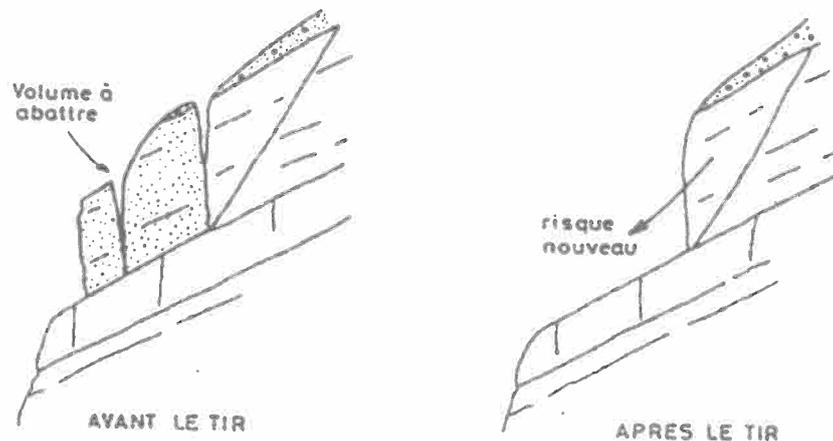
9. AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Solution définitive en cas de succès.

Peu d'inconvénients prévisibles pour des volumes limités ou de très gros blocs isolés.

Dans le cas de volumes importants en paroi :

- un sautage incomplètement réussi entraîne souvent l'apparition de risques immédiats plus aigus, nécessitant des opérations complémentaires qui peuvent se révéler délicates et dangereuses ;



- séquelles durables (destruction de la végétation et voies ouvertes au ravinement, cicatrices très visibles) ;

- travail souvent acrobatique, pouvant être dangereux ;

- incertitude sur le succès.

10. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet =====

Géologue et mineur. Expert dans l'emploi et la mise en oeuvre de tous les types d'explosifs.

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet =====

Etude de la fracturation du massif.

Etude de la stabilité après abattage.

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise =====

Grande pratique des travaux délicats au rocher : références type chantiers souterrains et prédécoupage.

12.2 Matériaux et matériels =====

12.2.1. Matériaux

Explosifs

12.2.2. Matériels

Matériel permettant l'accès à la masse rocheuse : grues, nacelles, échaf audages.

Matériel pour la perforation des trous de mine.

Brise roche.

12.3 Points devant faire l'objet d'un suivi particulier
=====

La sécurité à toutes les étapes de la réalisation : programmation des travaux, plan de tir, protection contre la masse libérée, contre les projections.

La stabilité doit être surveillée pendant l'intervention.

12.4 Sujétions d'exécution
=====

Néant

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

Pas d'entretien ni de surveillance en cas de succès.

14. COUTS

14.1 Eléments influençant les coûts
=====

Volume en jeu.
Accessibilité du site.
Complexité du plan de tir.

Dispositifs temporaires de sécurité.

Mesures de protection contre des désordres connexes : merlons, tournes ou pièges à blocs, épandage de matériaux meubles pour éviter la dégradation des chaussées, etc.

Opérations de déblaiement et remise en état.

14.2 Ordre de grandeur des coûts
=====

En 1985, on peut retenir les ordres de grandeur suivants :
blocs isolés : 200 à 400 F le m²
masses importantes : 500 à 1.000 F le m²

1. CLASSIFICATION

Mesure individuelle ou d'ensemble - rapprochée ou éloignée
Méthode courante
Mesure principale

2. DOMAINE D'APPLICATION

Éléments rocheux tendant à se séparer du massif principal.

Particulièrement adapté à la stabilisation de plaques ou strates des parois rocheuses.

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

=====

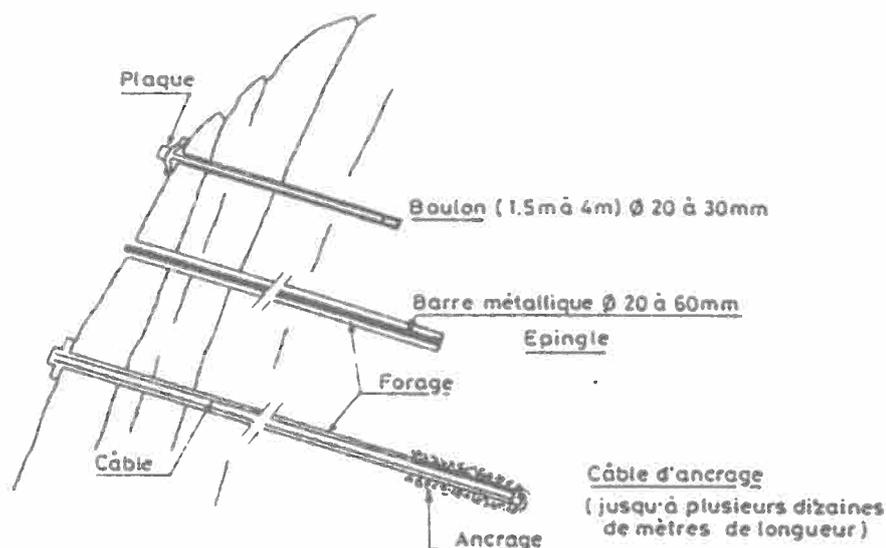
Limiter les mouvements (écartement ou glissement) au niveau des fissures existantes, soit par un effort de compression (boulons, tirants actifs), soit par l'introduction d'une résistance supplémentaire au cisaillement ou à l'écartement (tirants passifs)

3.2 Dispositifs

=====

Ce sont des armatures en acier (barres ou câbles) mises en place dans des trous forés traversant complètement la masse instable, et pénétrant suffisamment dans le rocher situé au-delà pour que leur scellement dans celui-ci puisse supporter les efforts prévisibles avec une sécurité suffisante.

Les ancrages peuvent être actifs ou passifs :

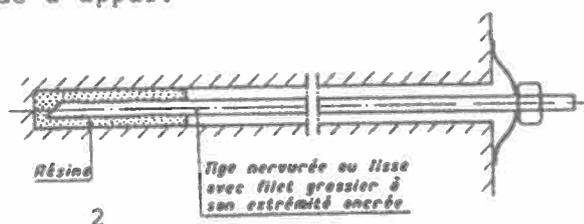
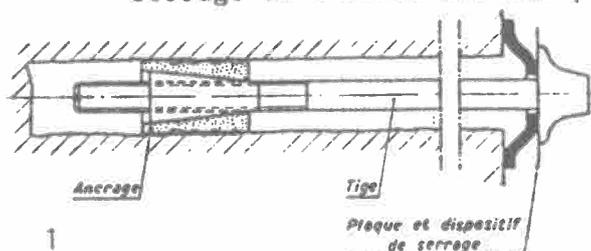


Ancrages actifs : après mise en place et scellement, l'ancrage est mis en tension, l'effort de compression plaquant la partie instable contre la partie stable.

Suivant la dimension de l'armature et les efforts qu'elle est susceptible de reprendre, on distingue :

. les boulons

Leur longueur habituelle est inférieure à 4 m ce qui limite leur emploi à des écaillés ou blocs de faible épaisseur et leur capacité unitaire est généralement de l'ordre de 100 à 150 kN. Ils sont constitués par une barre métallique filetée à l'extrémité libre pour recevoir un écrou. L'ancrage est obtenu soit mécaniquement par expansion d'une coquille en fond de forage, soit par scellement à la résine quand une prise rapide est souhaitée, ou au mortier de ciment. La mise en tension est obtenue par serrage de l'écrou sur une plaque d'appui.

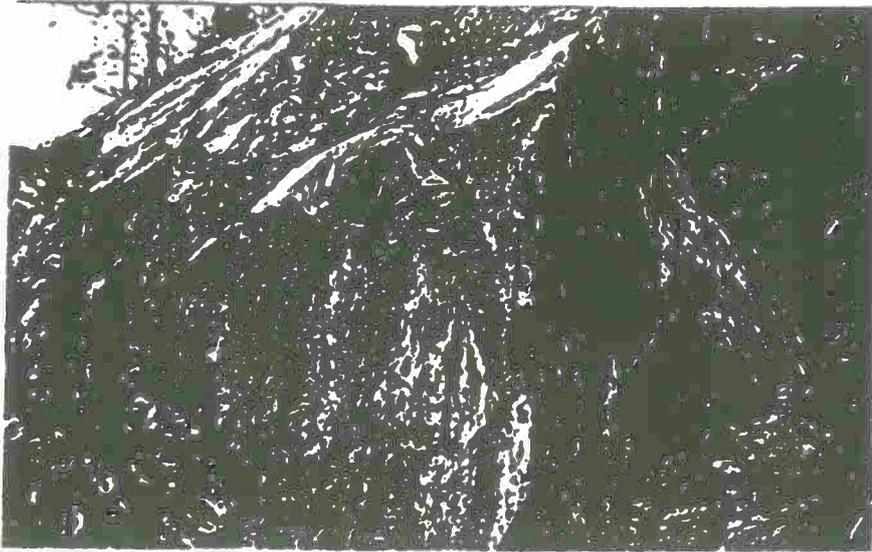


1 - 2 Boulons à ancrage ponctuel

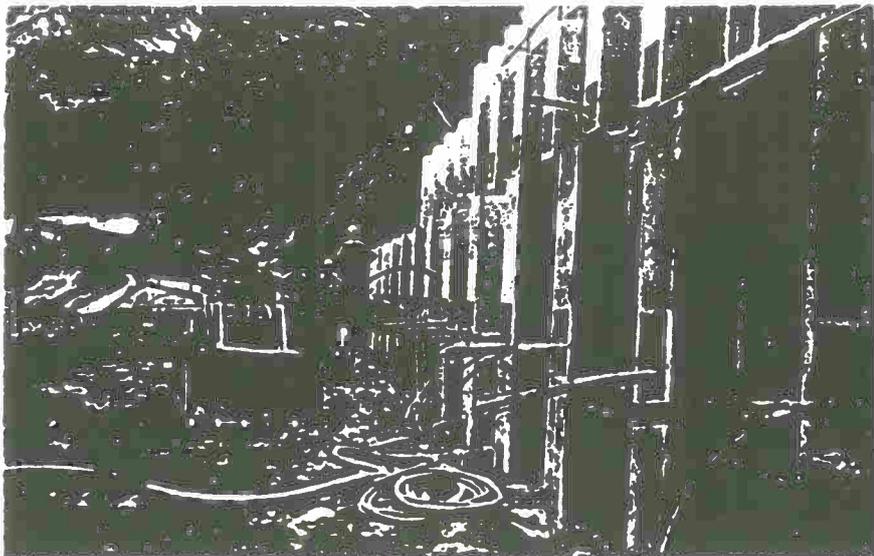
3 - Boulon à ancrage réparti

- TIGE NERVURÉE -





Ecaille stabilisée par boulons



tirants associés à un parement béton

. les tirants

=====

Leur longueur peut atteindre plusieurs dizaines de mètres et leur capacité unitaire courante est de l'ordre de 300 à 1000 kN. Ils sont constitués par des barres ou des câbles en nombre variable. Ils sont scellés en fond de trou, au coulis de ciment ou au mortier, sur une longueur de quelques mètres. La mise en tension est effectuée au vérin, la tête du tirant étant ensuite noyée dans un petit massif en béton. Des précautions particulières doivent être prises pour la protection des armatures contre la corrosion.

Dans le cas d'une masse fracturée, il peut être nécessaire d'associer soit un treillis métallique ou des tôles nervurées entre boulons, soit des poutres entre tirants, soit des revêtements continus : béton, béton projeté.

Ancrages passifs (épingles ou tirants passifs)

Dans ce cas, il n'y a pas de mise en tension, l'ancrage ne jouant son rôle que s'il y a déplacement de la masse instable par rapport à la masse stable. L'armature est scellée sur toute sa longueur.

Leur utilisation est particulièrement indiquée lorsque le mouvement se fait le long de surfaces bien individualisées (plan de stratification, diaclases) dans un rocher sain par ailleurs. Leur implantation se fait sensiblement perpendiculairement à la surface affectée par le mouvement.

4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Technologie du boulonnage : Recommandations des Groupes de travail de l'AFTES - Tunnels et Ouvrages Souterrains - Numéro spécial - Avril 1981

Fascicule 69 du CCG - Travaux en souterrain p. 177

Tirants : Recommandations T.A. 77 du Bureau Sécuritas (édit. Eyrolles)

5. AUTRES METHODES APPLICABLES

Dans le cas d'une tranche instable très superficielle, treillis métallique et béton projeté.

Abattage : seulement concevable pour de petites masses, ou bien en l'absence de problèmes de voisinage (fiche n° 1.2.1.2).

Contreforts (fiche n° 1.2.2.1).

Murs de soutènement (fiche n° 1.2.2.2).

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Dans l'ensemble d'un escarpement, combinaison avec les autres méthodes de blocage (piliers, butons, contreforts, (fiche n° 1.2.2.1), filets raidis

Purge (fiche n° 1.2.1.1)

Béton projeté (fiche n° 1.2.2.4)

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Volume, forme et état de fissuration du panneau dont la stabilisation est nécessaire.

Proximité, nature et état du massif où doivent être enracinés les dispositifs.

Possibilités d'accès à la masse instable en particulier pour l'exécution de tirants.

Pour les ancrages actifs, possibilité de mise en tension sans écrasement de la roche recevant la plaque de réaction.

8. EFFICACITE - PERENNITE

La méthode s'avère généralement efficace.

L'évaluation de la tenue à la corrosion des dispositifs est difficile puisque l'observation directe n'est pas possible. Le suivi de l'évolution de la tension des ancrages actifs donne des indications. Ce suivi implique des dispositifs spéciaux de mesure et des opérations difficiles quand l'accès est acrobatique. Il faut noter cependant que pour les ouvrages existants, la corrosion ne semble pas constituer un problème majeur et des dispositifs sont en place depuis plusieurs dizaines d'années de façon satisfaisante.

9. AVANTAGES

Cette technique est souple et peut être adaptée à chaque cas ; elle ne nécessite en principe pas d'entretien, et son exécution ne perturbe, en général, pas la stabilité du massif.

10. INCONVENIENTS

Par contre, sa réalisation peut se heurter à des difficultés d'accès (attention aux terrassement de préparation des accès, source d'instabilité) et l'esthétique des ouvrages peut être médiocre.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet

=====

Spécialiste en géologie et géotechnique possédant une bonne connaissance de la technologie des systèmes envisageables.

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet

=====

Géométrie de la masse à ancrer.
Etat de fracturation de cette masse.
Nature et état du massif où seront scellés les ancrages.

12. REALISATION

12.1 Qualification requise des entreprises

=====

Toute entreprise de travaux publics expérimentée est à même de poser boulons et épingles.

La pose d'ancrages relève d'entreprises spécialisées.

12.2 Matériaux et matériels

=====

Matériaux : cf. normes concernant les boulons, câbles, produits d'injection, etc..

Matériels : perforatrices spéciales, vérins, matériel d'injection .

12.3 Suivi particulier

=====

Mise en tension des dispositifs actifs

Scellement (nécessite généralement des essais de traction - cf. recommandations)

Protection contre la corrosion des tirants.

12.4 Sujétions d'exécution

=====

Intervention en paroi de matériels relativement lourds pour la perforation.

Dispositions particulières à prendre dans le cas de rencontre de vides sur la longueur des ancrages (fissures largement ouvertes, par exemple).

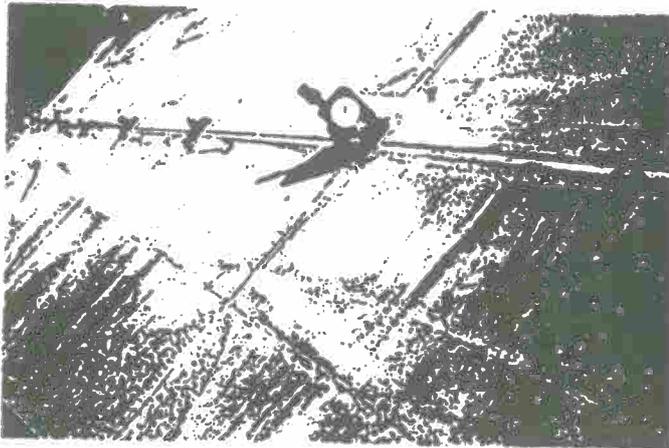
13. SUJETIONS

13.1 Entretien =====

Réfection d'ancrages défailants. Prévoir la possibilité d'interventions ultérieures pour "doubler" ces ancrages.

13.2 Surveillance =====

Contrôle périodique de la tension des boulons et des tirants
Dans le cas de masses importantes stabilisées par des tirants actifs, la mise en place d'un système de surveillance de la tension est nécessaire (cales dynamométriques)



Revêtement béton
associé à des tirants
passifs équipés d'un
dispositif et contrôle
de tension

14. COUT =====

14.1 Facteurs influençant les coûts =====

Accessibilité.
Importance et spécialisation du matériel requis.

1. CLASSIFICATION

Mesure d'ensemble, rapprochée ou éloignée
Méthode courante
Mesure principale

2. DOMAINE D'APPLICATION

Les écrans sont destinés à arrêter la course de blocs détachés d'un talus amont. La taille de ces blocs est variable en fonction de la position de l'écran sur la trajectoire, de sa souplesse, de sa constitution. Plus l'écran est situé proche du point de départ des blocs, plus ceux qui peuvent être arrêtés sont gros. A position égale, la capacité d'arrêt d'un écran souple est supérieure à celle d'un écran rigide. Les filets courants sont susceptibles d'arrêter un bloc d'une tonne après une chute libre de 10 m. L'efficacité est toutefois mise en défaut si les rebonds dépassent 3 à 4 m. Des filets type lutte anti-sous-marine, beaucoup plus lourds à manier, peuvent arrêter des blocs plus volumineux.

3. DESCRIPTION3.1 Principe
=====

L'écran est une barrière, le plus souvent verticale, disposée sur la trajectoire des blocs, sensiblement perpendiculaire à celle-ci.

3.2 Description du dispositif
=====

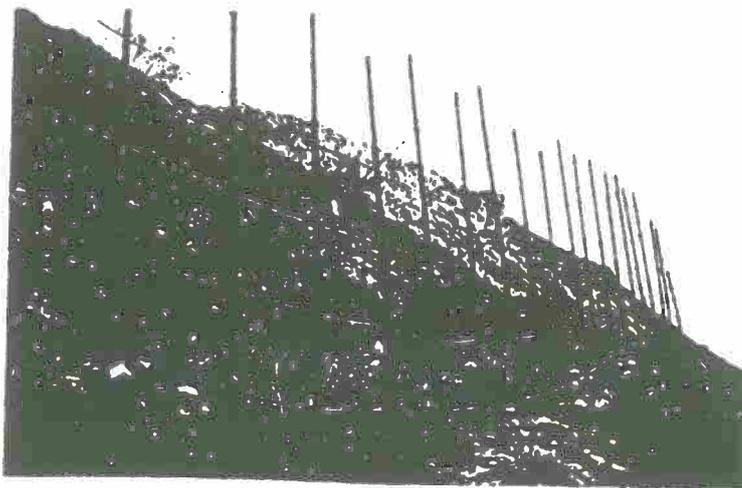
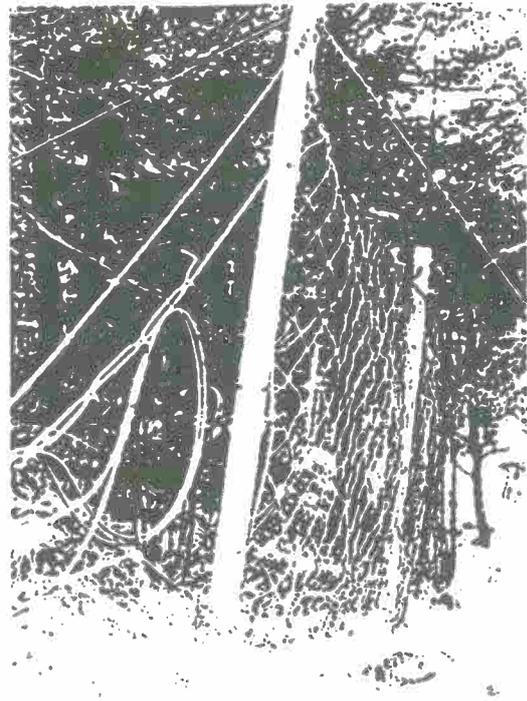
Ecrans souples (écrans grillagés, filets). Ils sont constitués par des panneaux de grillage supportés par des montants et éventuellement renforcés par des câbles. Les dispositions peuvent être plus ou moins complexes, avec pour les plus élaborées, des éléments ayant une plus grande déformabilité et assurant un arrêt progressif (fixations à ressort, boucles de freinage, etc...)

Ecrans souples

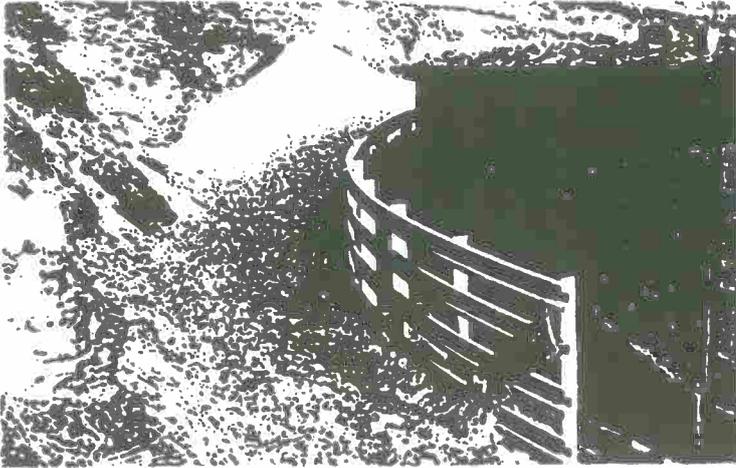


Equipement d'un versant

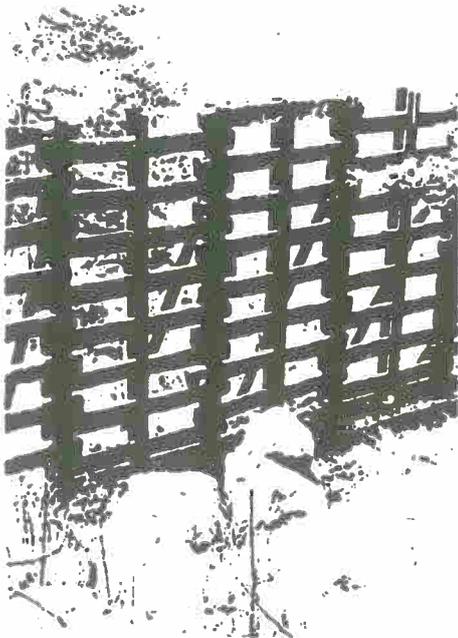
Détail d'un écran
grillagé avec boucle
de freinage



Fers à béton et grillage

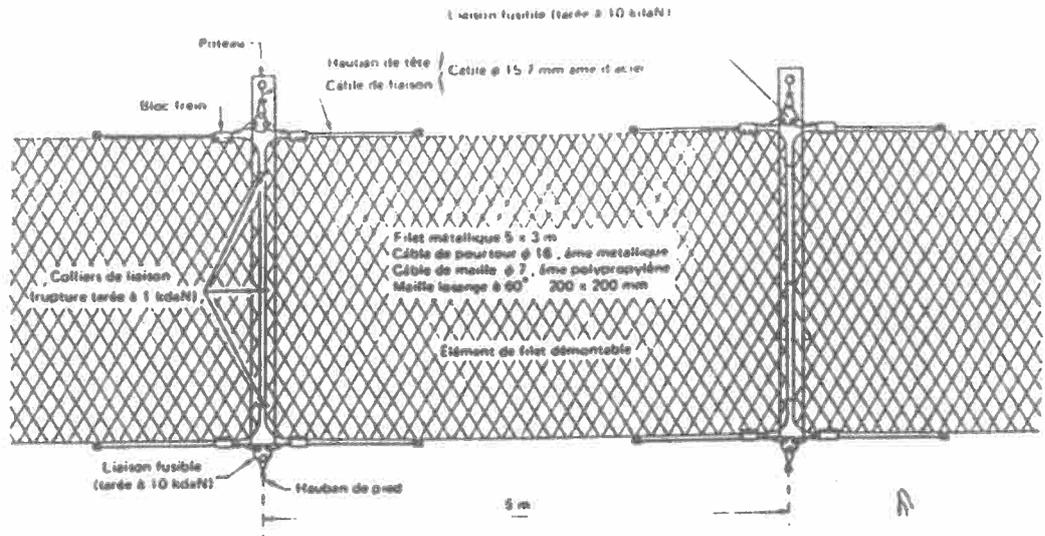


Ecran rigide métallique

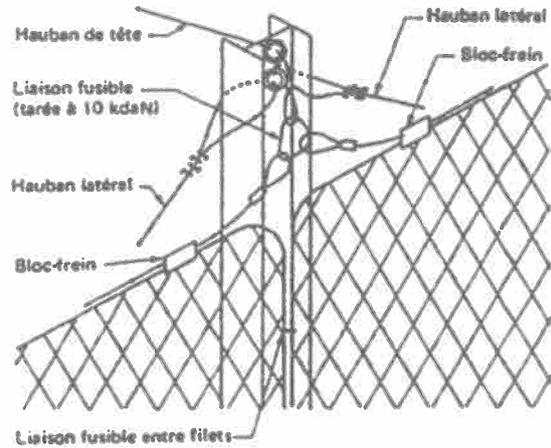
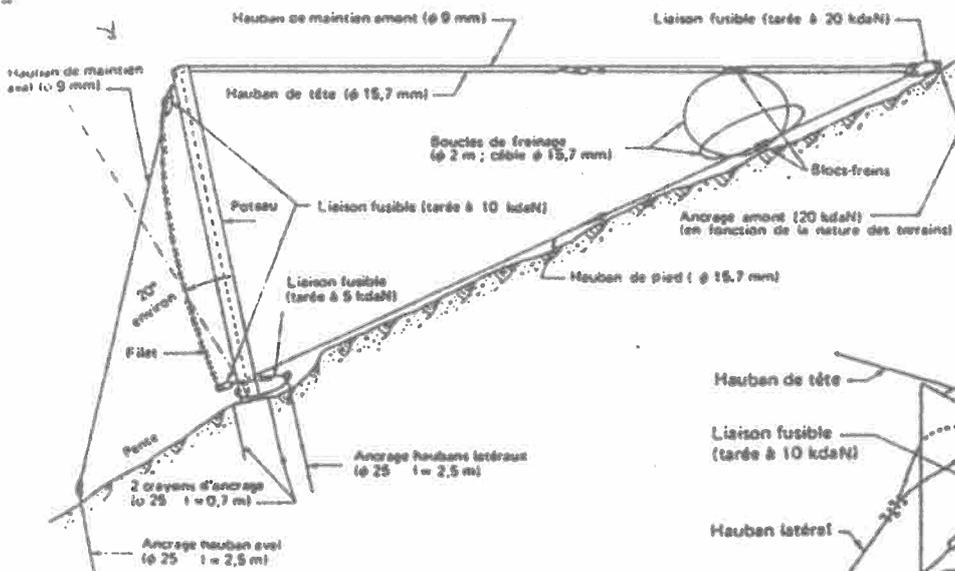


Ecran rigide profilés
métalliques et bois

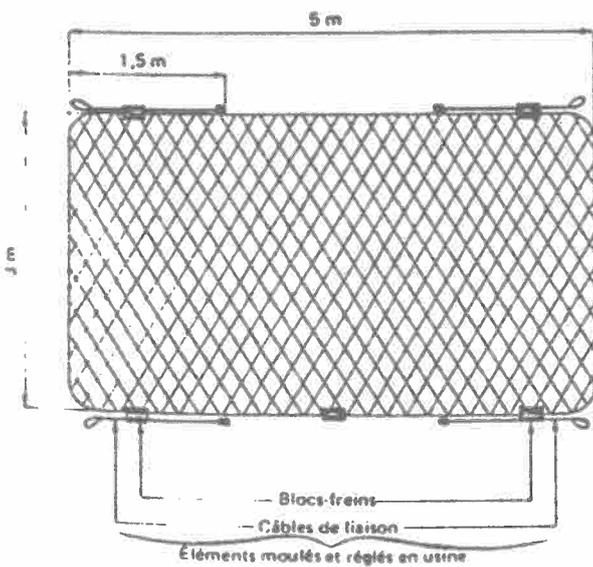
Coupe transversale:
d'écran de filets
métalliques (mis en place
dans la pente)



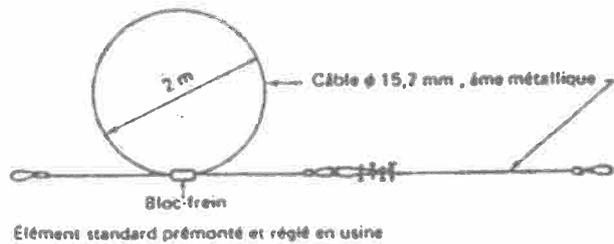
- Ecran de filets
métalliques : vue de face.



a) Liaison hauban-filets:
détail du sommet du poteau.



- Élément de filet standard



b) Boucle de freinage.

Ecrans rigides : Ils sont constitués par des éléments non déformables qui peuvent être de nature très variable : murs en béton continus ou par éléments, panneaux constitués par des traverses ou des troncs d'arbres maintenus par des montants (râteliers).

4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Pas de recommandations techniques existantes.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

En fonction de la pente et de la place disponible, autres types d'obstacles - écrans massifs (fiche n° 1.2.3.2), plage d'arrêt (fiche n° 1.2.3.3) ; organes de déflexion - étraves, tournes (fiche n° 1.2.3.4) , couverture grillagée (fiche n° 1.2.3.5).

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Les blocs de trop forte taille repérés dans la pente, susceptibles de détruire les obstacles précédents, devront faire l'objet d'un calage individuel - butons, contreforts (fiche n° 1.2.2.1) - ou d'un arrimage (filets ancrés ou câbles), voire d'un abattage (fiche n° 1.2.1.2).

La végétalisation, en réduisant l'érosion, peut limiter le déchaussement de blocs dans des colluvions ou des terrains alluvionnaires (fiche n° 1.2.2.5).

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Taille moyenne des blocs
Longueur et raideur du versant
Accessibilité

8. EFFICACITE - PERENNITE

L'efficacité est liée à l'intégrité du dispositif. Des blocs de grande dimension peuvent entraîner sa destruction partielle mais même dans ce cas le ralentissement obtenu au niveau de l'écran est souvent suffisant pour réduire notablement le risque.

Dans le cas où le versant est fort producteur de blocs, il faut veiller à ce que l'accumulation en amont de l'écran ne constitue pas un tremplin permettant le franchissement de l'obstacle.

Dans des conditions normales de fonctionnement, l'efficacité et la pérennité des écrans est généralement bonne.

9. AVANTAGES

Les terrassements sont limités à l'exécution des fondations des montants de l'écran et/ou des ancrages, il n'y a pas de modification de la répartition des masses dans la pente.

La mise en place est simple et peut être faite dans des pentes trop fortes pour y disposer des obstacles ou déflecteurs massifs. Il est possible de réaliser des écrans rigides avec des matériaux de récupération peu coûteux (traverses de chemin de fer, rails réformés).

10. INCONVENIENT

L'intégration dans le site peut poser des problèmes.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet

=====

Connaissances en géotechnique

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet

=====

- Topographie de la zone exposée
- Position et volume des blocs potentiellement instables
- Détermination des trajectoires probables (couloirs de concentration, zones protégées)
- Evaluation de la hauteur de l'ouvrage nécessaire pour éviter le franchissement

12. REALISATION

12.1 Qualification des entreprises

=====

Les râteliers relèvent d'une réalisation artisanale.

La construction et la pose de filets avec dissipateur d'énergie sont du ressort d'entreprises spécialisées.

12.2 Matériaux utilisés

=====

Râteliers : profilés métalliques ou rails, traverses en bois traitées. Eventuellement matériel de récupération : traverses et rails S.N.C.F. réformés.

Filets : supports, haubans, câbles et filets en acier galvanisé. Les ancrages de haubans, s'ils sont scellés au rocher, peuvent nécessiter le recours aux résines époxy.

12.3 Suivi particulier

=====

Le point délicat consiste en un ancrage correct des supports et des haubans, ceci particulièrement dans le cas d'un substratum d'éboulis (recours obligatoire à la technique des pieux explosés et à des injections de coulis de ciment). Un contrôle de la solidité des ancrages (essai d'arrachage) est indispensable et alourdit quelque peu la méthode.

13.4 Sujétion d'exécution

=====

Sans objet.

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

13.1 Entretien

=====

Réparation de brèches éventuelles (râteliers ou filets).
Réglage des haubans de filets après dégagement des blocs retenus.
Evacuation des blocs accumulés en avant de l'écran si leur quantité devient importante.

13.2 Surveillance

=====

Visite périodique.

14. COUT

14.1 Facteurs influençant les coûts

=====

Dans certains cas, accessibilité du site. A la limite, recours à l'hélicoptage.

14.2 Ordre de grandeur des coûts

=====

En décembre 1978, un écran de filets de 3 m de hauteur revenait, en place, à 2.600 F/h.t. le mètre linéaire (fourniture 1200 F, pose 1400 F).

1. CLASSIFICATION

Mesure individuelle ou d'ensemble, rapprochée
Méthode courante tendant à se multiplier
Mesure principale

2. DOMAINE D'APPLICATION

Arrêt de blocs généralement roulant sur une pente, immédiatement à l'amont de la zone à protéger, lorsque l'on dispose d'une emprise suffisante pour réaliser le dispositif (largeur de l'ordre d'une dizaine de mètres au minimum).

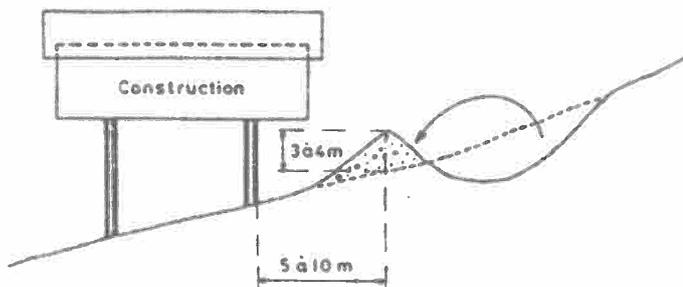
3. DESCRIPTION

3.1 Principe

Obstacle massif et suffisamment déformable pour absorber la totalité de l'énergie résiduelle du bloc et donc l'arrêter.

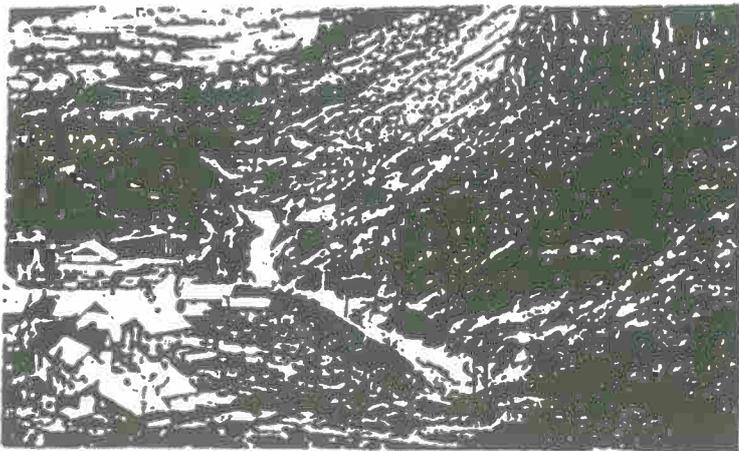
3.2 Description du dispositif

Levée de terrain meuble, réalisée avec des matériaux prélevés à proximité et de préférence, si cela est compatible avec la stabilité du site, à l'amont de la levée de façon à créer un piège à blocs efficace, en augmentant la hauteur de la face amont.



Dans la plupart des cas, la hauteur de la levée peut rester modérée (2 à 3 m), puisque par hypothèse elle est située en fin de course des blocs, qui roulent mais ne rebondissent plus. Il y a intérêt à ce que la face amont de l'obstacle soit aussi raide que possible.

Association d'une plage d'arrêt
et d'un écran massif



Le FANS MASSIF

noter la plage d'arrêt
à l'amont



Association avec le
fossé qui a fourni le
matériau



4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Pas de recommandations techniques existantes.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Renforcement de structure (fiche n° 1.1.2.), étrave (fiche n° 1.2.3.4.) ou fossé (fiche n° 1.2.3.2)

Ecrans souples ou rigides (fiche n° 1.2.3.1)

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Obstacles situés plus à l'amont dans la pente, (essentiellement écrans souples ou rigides - fiche n° 1.2.3.1)

Plantation d'arbres et arbustes sur la levée

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Existence sur place d'une couche de matériaux mobilisables en quantité suffisante

Pas de mise en cause de la stabilité locale par la création de l'ouvrage

Compatibilité des dimensions possibles pour l'ouvrage avec l'énergie cinétique des blocs à leur arrivée

8. EFFICACITE - PERENNITE

Très efficace, sauf rebond intempestif

Pérennité assurée dès végétalisation

9. AVANTAGES

Facilité d'exécution

Peut être un élément d'aménagement paysager

10. INCONVENIENTS

Peut restreindre la vue (cet inconvénient est toutefois mineur compte tenu de la situation amont).

Esthétique parfois discutable si la végétalisation est spontanée.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet

=====

Géotechnicien susceptible de vérifier l'incidence de la création de la levée sur la stabilité du site. Spécialiste capable de définir la hauteur à donner à l'obstacle en fonction des données locales (taille des blocs, topographie, rugosité de la surface parcourue).

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet

=====

- Energie des blocs prévisibles à l'arrivée sur l'obstacle
- Topographie
- Possibilité d'emprunt des matériaux nécessaires à proximité
- Possibilité d'évacuation des eaux provenant du ruissellement amont

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

=====

Pas de qualification particulière.

12.2 Matériaux et matériels

=====

Matériaux locaux mis en place à la pelle ou au boteur.

12.3 Points devant faire l'objet d'un suivi particulier

=====

- Végétalisation de la levée
- Evacuation des eaux pouvant s'accumuler à l'amont

12.4 Sujétions d'exécution

=====

Pas de sujétions particulières.

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

Entretien nul à partir de la mise en végétation, à l'exception de l'évacuation périodique des blocs accumulés à l'amont.

Surveillance nulle.

14. COUTS

14.1 Facteurs influençant les coûts

=====

Type de matériel utilisé

Absence de matériaux convenables sur le site, imposant un transport.

14.2 Ordre de grandeur des coûts

=====

En 1985, en fonction du matériel utilisé, le coût du terrassement est de l'ordre de 20 à 50 F par m³.

1. CLASSIFICATION

Protection d'ensemble, plutôt éloignée
Méthode courante
Mesure d'accompagnement

2. DOMAINE D'APPLICATION

Interception de blocs rocheux de toute taille.

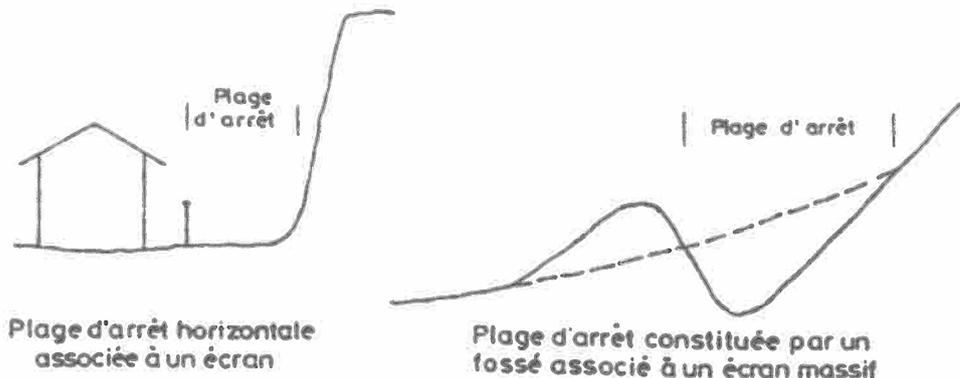
3. DESCRIPTION

3.1 Principe
=====

Zone horizontale ou en creux d'une certaine largeur participant à la diminution partielle ou totale de l'énergie cinétique des blocs. Elle assure en outre le stockage des matériaux.

3.2 Description du dispositif
=====

Le profil de la plage sera fonction de la topographie locale et de la possibilité d'effectuer des terrassements sans affecter la stabilité du site. Elle pourra être constituée soit par une plage horizontale, auquel cas elle sera très généralement associée à un écran souple ou rigide ou un écran massif, soit par un fossé qui sera alors bordé par un merlon de terre constitué par la mise en dépôt des terres extraites.



4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Pas de recommandations existantes.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Ecrans souples ou rigides (fiche n° 1.2.3.1)
Ecrans massifs (fiche n° 1.2.3.2)

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Ecrans (association pratiquement systématique)(fiches n° 1.2.3.1 et 1.2.3.2)
Etraves ou tournes (fiche n° 1.2.3.4)

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Disponibilité de l'emprise nécessaire à la création de la plage d'arrêt

Possibilité de créer la plateforme ou le fossé sans mettre en péril la stabilité locale.

Possibilité d'accès pour le curage périodique de la zone de stockage.

8. EFFICACITE - PERENNITE

Une plage d'arrêt ne suffit pas en général pour assurer à elle seule l'arrêt complet des blocs. Son efficacité sera alors conditionnée par la mise en place d'un écran souple ou rigide ou d'un écran massif, immédiatement à l'aval. Par contre, sa présence augmentera très sensiblement l'efficacité de l'écran.

Le maintien de l'efficacité du dispositif sera fonction de son entretien par évacuation des blocs accumulés lorsque leur nombre en modifiera les caractéristiques.

9. AVANTAGES

Exécution simple.

10. INCONVENIENTS

Emprise relativement importante.

Décapage du terrain pouvant permettre une érosion active

Risque de créer une instabilité

11. ETABLISSEMENT DU PROJET11.1 Qualification de l'auteur du projet
=====

L'auteur du projet doit avoir une expérience de ce type de travaux et pouvoir contrôler que les travaux envisagés ne risquent pas de mettre en danger la stabilité locale.

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet
=====

La réalisation d'une plage d'arrêt peut ne pas nécessiter l'établissement d'un projet avec plans et documents. Il faudra cependant examiner :

- les trajectoires probables;
- la dimension probable des blocs et leur énergie cinétique à leur arrivée (observations sur le terrain, programmes de calcul de trajectoire);
- le risque de rebond;
- la modification de la stabilité (caractéristiques mécaniques des terrains, hydrogéologie);
- l'adaptation de la plage à la topographie locale.

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

=====

Entreprise de travaux publics, sans qu'une qualification spécifique soit requise.

12.2 Matériaux et matériels

=====

Matériaux nécessaires à la réalisation de l'écran associé éventuel

Matériel de terrassement : pelle mécanique, boueur

12.3 Points devant faire l'objet d'un suivi particulier

=====

- captage des émergences pouvant être rencontrées en cours de travaux
- collecte et évacuation des eaux de ruissellement pour éviter leur stagnation
- revégétalisation des surfaces mises à nu

12.4 Sujétions d'exécution

=====

Terrassements à exécuter avec prudence.

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

Une plage d'arrêt doit faire l'objet d'un curage périodique lorsque son remplissage devient important, ce qui impose le maintien d'un accès pour les engins qui en sont chargés.

14. COÛTS

14.1 Facteurs influençant les coûts =====

Conditions d'accès
Importance des terrassements
Travaux annexes (drainage, végétalisation)

14.2 Ordre de grandeur des coûts =====

En 1985, le coût du terrassement peut varier, en fonction du volume de travaux à exécuter, entre 20 et 50 F par mètre cube, sans transport des matériaux.

1. CLASSIFICATION

Protection individuelle (étraves) ou d'ensemble (tourne)
Position obligatoirement rapprochée (étraves) ou plus ou moins
éloignée (tourne)
Méthode courante

2. DOMAINE D'APPLICATION

Protection contre les blocs volumineux, issus d'une falaise ou
déchaussés par le ravinement, roulant sur la pente, dans la partie
terminale de leur trajectoire.

3. DESCRIPTION

3.1 Principe
=====

Organe imposant à des blocs qui dévalent une pente, un
changement de direction et une réduction de leur force vive.

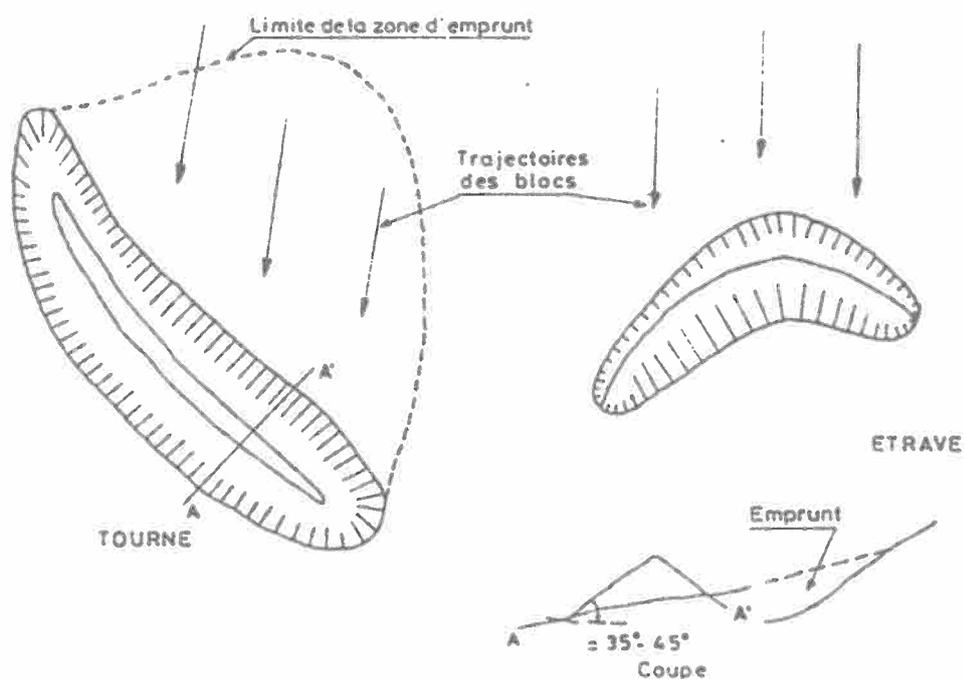
Dans les cas les plus courants, remblai édifié par emprunt de
sols meubles (terre, éboulis) trouvés sur place.

3.2 Dispositif
=====

Etrave - Levée dessinant un chevron, à pointe tournée vers
l'amont. Au contact ou presque d'un ouvrage ponctuel situé dans
une zone parcourue par un éventail de trajectoires possibles
(rôle un peu comparable à celui de l'avant-bec d'une pile de
pont).

Une étrave peut, dans certains cas, être réalisée en béton armé
et incorporée à l'ouvrage qu'elle protège.

Tourne - Levée allongée obliquement par rapport à la ligne de pente, de façon à intercepter, sur un front plus ou moins étendu, les blocs parcourant le versant et, soit à les bloquer définitivement dans les cas favorables, soit à les détourner vers un autre obstacle ou vers une zone non vitale.



4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Pas de recommandations techniques existantes.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Râteliers ou autres obstacles

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Plantation d'arbres, notamment sur une tourne (efficacité seulement à très long terme)

7. CRITERES TECHNIQUES D'APPLICABILITE

Le rebond des blocs attendus ne doit pas dépasser la hauteur de l'obstacle.

Le versant doit recéler en bonne place une épaisseur suffisante de matériaux mobilisables : se méfier de la rencontre d'éboulis cimentés "en cuirasse".

Eviter l'emploi de terres trop peu perméables.

8. EFFICACITE - PERENNITE

L'efficacité est bonne dans la mesure où le dimensionnement est tel qu'il n'y ait pas franchissement .

La pérennité est assurée dès qu'une protection contre l'érosion est assurée par végétalisation.

9. AVANTAGES

Edification simple, exécutée aisément au boteur.

10. INCONVENIENTS

Dans le cas d'une tourne, interception du ruissellement (pluie, fonte) et canalisation de celui-ci jusqu'à l'extrémité inférieure de l'ouvrage. A partir de là, gros risque de ravinement, d'où nécessité d'un dispositif de canalisation conduisant ces eaux intermittentes jusqu'à un lit de capacité et de résistance suffisantes.

Lutte contre le ravinement de la levée elle-même, au début de son existence.

Aspect déplaisant de la levée et de la zone d'emprunt avant végétalisation complète.

Problèmes fonciers éventuels, à résoudre avec les propriétaires du site d'implantation.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet

=====

Connaissances en géotechnique

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet

=====

- Topographie de la zone exposée
- Position et volume des blocs potentiellement instables
- Détermination des trajectoires probables (couloirs de concentration, zones protégées)
- Evaluation de la hauteur de l'ouvrage nécessaire pour éviter le franchissement
- Sources de matériaux d'emprunt

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

=====

Entreprise de terrassement

12.2 Matériaux et matériels nécessaires

=====

12.2.1. Matériaux

Tout-venant à mobiliser in situ

12.2.2. Matériels

Essentiellement bouteur léger

12.3 Points exigeant un suivi particulier

=====

Si de la terre végétale est présente sur le site, décapage et stockage de celle-ci.

Réglage des parements. Dispositifs anti-ravinement (fascines) sur le parement aval.

Protection du pied du parement amont contre l'érosion

Canalisation des eaux recueillies par l'ouvrage

Végétalisation de l'ensemble (tourne et zone des emprunts)

La zone d'emprunt ne doit pas être à l'origine d'une instabilité locale

12.4 Sujétions d'exécution

=====

En priorité, développement et entretien de la végétation.

Le dispositif étant situé dans la zone extrême des trajectoires, l'accumulation de blocs avec le temps sera modeste, et les réfections du parement amont en cas d'impacts seront rares.

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

Pas d'autres sujétions que celles pouvant être liées à l'accès des engins de terrassement.

14. COÛTS

14.1 Facteurs influençant les coûts

=====

Conditions d'accès

Disponibilité des matériaux sur place

Nécessité de dispositifs de protection complémentaires (écrans surmontant la levée)

14.2 Ordre de grandeur des coûts

=====

En 1985, le coût du m³ de terrassement est de l'ordre de 20 à 50F avec des moyens mécaniques, sans difficultés particulières d'accès.

1. CLASSIFICATION

Mesure individuelle ou d'ensemble
Protection rapprochée
Méthode courante
Mesure principale

2. DOMAINE D'APPLICATION

Paroi stable dans son ensemble, mais présentant une instabilité superficielle des blocs d'assez petite taille pouvant se détacher (de trop gros blocs détruiraient le treillage). De façon courante la protection est obtenue pour des blocs atteignant le mètre cube. Elle peut cependant s'étendre à des blocs plus importants.

Roches sédimentaires en petits bancs ou rocher très fracturé
Talus de formations alluvionnaires à galets

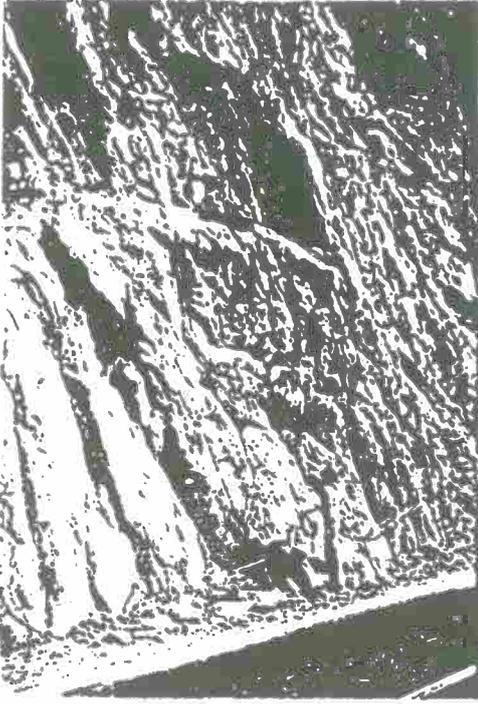
Pente quelconque, jusqu'à la verticale mais plus particulièrement les fortes pentes. Hauteurs usuelles, jusqu'à 10-15 m.

3. DESCRIPTION

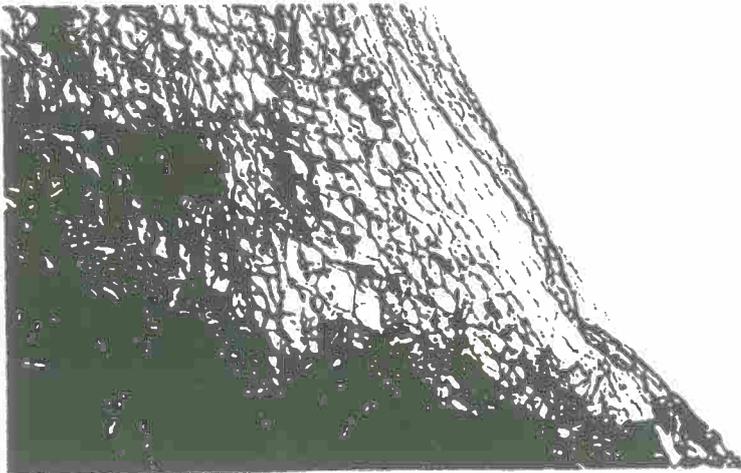
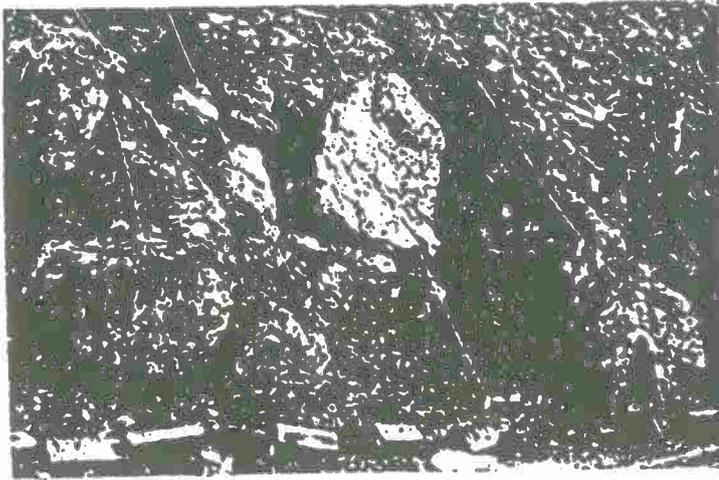
3.1 Principe
=====

Limiter l'amplitude et la vitesse du mouvement d'un petit bloc échappé d'une paroi, en le maintenant au contact de celle-ci : ralentissement par frottement et chocs successifs, et arrêt à la base du relief.

...



Couvertures grillagées



3.2 Dispositif

=====

Une nappe continue de treillage, solidement ancrée au-dessus du sommet de la paroi, pend librement contre celle-ci. Le rideau est interrompu à environ 1 m de la base et est soit tenu légèrement écarté par quelques points de fixation ou blocs posés, soit tendu par lestage (fers ronds enfilés horizontalement, presque au niveau du sol).

4. DOCUMENTS AUXQUEL IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Pas de recommandations techniques spécifiques existantes.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Béton projeté sur treillage fixe

Treillis fort grandes mailles ou plaques de tôle boulonnées

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Combinaison avec butons, contreforts, murs de soutènement, ancrages, béton projeté dans le cas de parois de caractéristiques hétérogènes ou de blocs instables de grande taille susceptible de détériorer le grillage.

Plages d'arrêt (fiche n° 1.2.3.3.)

Ecrans en pied de pente (fiches n° 1.2.3.1. et 1.2.3.2.)

7. CRITERES TECHNIQUES D'APPLICABILITE

Possibilité d'ancrage du grillage en tête de talus

Tenir compte également de la hauteur maximale qui doit être couverte

8. EFFICACITE - PERENNITE

L'efficacité est généralement bonne sous réserve que les blocs ne provoquent pas une déchirure de la couverture

Durabilité conditionnée par l'évolution du fil galvanisé et la tenue des ancrages.

9. AVANTAGES

- Utilisation de matériaux courants. Pose facile
- Assez peu visible
- Coût modéré

10. INCONVENIENTS

- Tolère mal un bloc de poids exceptionnel : risque de rupture ou d'arrachement

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet

On consultera utilement un technicien de l'Equipement

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet

=====

Taille maximale des blocs attendus

Possibilité d'ancrer des points fixes (crampons scellés ou barres fichées) au voisinage du sommet de l'escarpement, pour y assujettir un câble horizontal de suspension.

Possibilité d'arrêt des blocs en base de talus : zone d'atterrissage - piège à cailloux - écrans

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

=====

Expérience des travaux en paroi, pour l'Equipement ou pour les P.T.T. (pose de lignes avec scellement de supports)

12.2 Matériaux et matériels nécessaires

=====

12.2.1. Matériaux

Câbles, treillage et fil galvanisé d'assemblage adaptés aux conditions climatiques locales (protection contre la corrosion)

La durée de conservation garantie fixe l'échéance de rénovation

12.2.2. Matériels

Echelles de dimensions appropriées, jusqu'à l'engin type pompiers. Le chantier devant être approvisionné par le haut (déroulement des lés), s'il n'existe pas d'accès commode, nécessité d'un élévateur.

12.2.3. Points exigeant un suivi particulier

=====

Purge éventuelle de certaines saillies trop proéminentes.

...

"Couture" soignée des lés bord à bord, évitant tout écartement intempestif au passage d'un bloc.

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

13.1 Entretien

Eviter l'envahissement du treillage par la végétation : elle rend impossible la surveillance

Elimination (échelle) des blocs coincés en milieu de parcours

Curage périodique en pied de paroi

Réparations locales (stoppage). en cas de déchirures

En fin de vie des treillages, remplacement intégral

13.2 Surveillance

A vue pour le treillage

Contrôle périodique de la stabilité des ancrages supérieurs

14. COÛTS

14.1 Eléments influançant les coûts

Surface à couvrir

Qualité requise pour le treillage selon :

- . dimension des blocs prévus
- . développement vertical

Difficulté de pose

14.2 Ordre de grandeur des coûts

En 1985, le mètre carré de couverture grillagée coûte de 50 à 150F environ suivant les difficultés de pose.

1. CLASSIFICATION

Mesure rapprochée
Méthode courante
Méthode principale ou d'accompagnement

2. DOMAINE D'APPLICATION

Le choix judicieux de l'emplacement où peut être implanté un ouvrage neuf s'impose dans toutes les zones où existe un risque de glissement de terrain, d'une part pour éviter d'aggraver le risque existant, d'autre part, pour minimiser les travaux de protection à effectuer.

Une telle approche se justifie en particulier chaque fois que la réalisation de l'ouvrage implique une modification de la répartition des masses : exécution de déblais, remblais, aires de stockage, dont l'effet dans la pente dont la stabilité est précaire peut varier en fonction de la localisation.

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

=====

L'évaluation de l'implantation optimale doit être faite en tenant compte de ce que l'apport de surcharges en tête de talus et l'enlèvement de poids en pied ont des effets déstabilisateurs alors que l'enlèvement de terrain en tête de talus et l'apport de poids en pied ont des effets stabilisateurs. Ces critères doivent toutefois être pris en compte en fonction des caractéristiques du sous-sol et de la topographie d'ensemble.

Par ailleurs, l'effet de la réalisation sur l'écoulement des eaux tant superficielles que souterraines doit être estimé.

3.2 Description du dispositif

=====

La possibilité de juger de l'incidence d'un aménagement projeté repose sur une connaissance suffisamment détaillée du site tant du point de vue de sa géologie que de son hydrogéologie. Il est nécessaire de connaître la position des horizons stables, la

localisation des sources, ce qui est en général possible à partir d'une observation de surface, complétée éventuellement par une campagne de reconnaissance légère.

La connaissance de ces données permettra de définir le ou les emplacements où la réalisation des travaux aura la plus faible incidence et d'apprécier la nature et le volume des mesures de protection à envisager. On pourra être amené par exemple à déconseiller la construction d'une maison sur terre plein remblayé dans la partie haute d'une parcelle au-dessus d'un horizon argileux, alors que cette réalisation est possible en partie basse du fait de la proximité immédiate d'une couche de marne ou de calcaire résistant. A l'inverse, le déplacement vers le haut pourrait être souhaitable si la partie basse correspond à une zone d'émergence de nappe.

4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Sans objet.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Sans objet.

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Géophysique ou reconnaissance légère.

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Existence du risque.

8. EFFICACITE - PERENNITE

Sans objet.

9. AVANTAGES

Permet pour un faible coût de limiter celui des mesures de protection. Une première approche de la nature et de l'importance de ces mesures permet d'apprécier de façon réaliste le prix de revient de l'aménagement.

10. INCONVENIENTS

Difficulté assez fréquente de connaître de façon suffisamment précise le contexte géologique et hydrogéologique sans avoir recours à une reconnaissance par sondages assez coûteuse.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

Cette phase correspond à une étape tout à fait préliminaire de l'étude du projet. Elle doit être réalisée par un géotechnicien expérimenté capable de procéder à l'ensemble des observations nécessaires, d'en effectuer la synthèse et d'en dégager des recommandations.

12. REALISATION

Sans objet.

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

Sans objet.

14. COUT

Une journée de géotechnicien qualifié coûte en 1985, de 3.000 à 4.000F non compris l'éventuelle reconnaissance sommaire dont le montant peut être extrêmement variable en fonction du contexte.

1. CLASSIFICATION

Méthode individuelle - rapprochée
Mesure courante
Méthode principale ou d'accompagnement

2. DOMAINE D'APPLICATION

La méthode s'applique normalement uniquement à des constructions. Elle se met en oeuvre dans des zones susceptibles d'être affectées par des glissements lents de faible amplitude.

Elle est difficile et coûteuse d'utilisation pour les constructions existantes.

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

=====

Rendre la structure suffisamment monolithique pour que les déformations du sol d'assise provoquée par son déplacement n'entraînent que des mouvements en blocs sans dommages majeurs, ni interruption de l'activité socio-économique.

3.2 Description du dispositif

=====

Il consiste à introduire dans la structure des éléments de rigidification, généralement en béton armé, évitant les déformations différentielles. Ces éléments peuvent se situer en superstructure : poutres-voiles, voiles pleins, chaînage ou en infrastructure : radier nervuré, réseau de longrines.

4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages en béton armé BAEI 79.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Toutes les méthodes visant à supprimer le risque de mouvement par action sur l'eau (groupe de fiches 3.2.2.), par action sur la butée en pied (groupe de fiches 3.2.3.), par augmentation de la résistance au cisaillement (groupe de fiches 3.2.4.).

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Le renforcement de structure doit être associé aux méthodes évoquées au paragraphe 5 lorsque l'on estime que celles-ci ne peuvent garantir une stabilisation complète de l'évolution, en particulier lorsque l'efficacité du fonctionnement des dispositifs est susceptible de diminuer dans le temps.

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Possibilité effective de renforcer la structure. Celles qui comportent des points d'appuis fortement chargés et/ou éloignés ne se prêtent généralement pas à l'application de la méthode.

8. EFFICACITE - PERENNITE

8.1 Efficacité

=====

Elle est liée à :

- l'appréciation correcte de l'amplitude des déformations pouvant survenir
- la raideur des éléments de renforcement et leur densité
- la continuité du réseau de raidisseur

8.2 Pérennité =====

Les éléments de renforcement étant intégrés à la structure, leur pérennité est au moins équivalente à celle de celle-ci.

9. AVANTAGES

Simplicité de mise en oeuvre et coût modéré pour les constructions neuves.

10. INCONVENIENTS

Difficulté de définir de façon précise les paramètres à prendre en compte pour la prévision du renforcement.

Prévention des conséquences mais pas d'action sur le phénomène lui-même.

Difficulté d'application aux structures existantes (travaux en sous-oeuvre pouvant être d'un coût prohibitif).

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet =====

L'établissement du projet implique la définition des paramètres à prendre en compte au niveau du calcul du renforcement, ce qui ne peut être le fait que d'un géotechnicien ayant une expérience de ce type de problème. Le calcul proprement dit devra être effectué par un spécialiste du matériau utilisé pour le renforcement (béton armé, métal).

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet
 =====

L'établissement du projet nécessite une analyse de la stabilité du site pour laquelle une connaissance précise de la géologie, la résistance au cisaillement des terrains, l'hydrogéologie est indispensable.

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise
 =====

Entreprise du bâtiment.

12.2 Matériaux et matériels utilisés
 =====

Ceux utilisés normalement en bâtiment et répondant aux objectifs.

12.3 Points devant faire l'objet d'un suivi particulier
 =====

Surveillance normale d'exécution

12.4 Sujétions d'exécution
 =====

Pas de sujétions particulières

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

Pas de sujétions d'entretien ni de surveillance.

14. COUT

14.1 Facteurs influençant les coûts
 =====

Poids de la construction.
 Répartition au sol des charges de la structure

14.2 Ordre de grandeur des coûts
 =====

Majoration de 5 à 15 % du coût de la construction.

1. CLASSIFICATION

Méthode individuelle ou d'ensemble - rapprochée
Mesure courante
Méthode principale

2. DOMAINE D'APPLICATION

La méthode ne s'applique normalement qu'à des constructions.

Elle peut être mise en oeuvre lorsqu'il existe un horizon stable, de résistance suffisante pour recevoir les charges des fondations, situé à une profondeur modérée et que les efforts apportés par le terrain ne sont pas susceptibles d'entraîner le cisaillement des fondations.

Elle comporte des sujétions particulières pour des constructions existantes (exécution en sous-oeuvre).

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

La méthode a pour but, d'une part d'éviter d'apporter des surcharges susceptibles d'aggraver le risque d'instabilité, d'autre part de désolidariser la construction des mouvements éventuels des terrains qu'elle surmonte.

3.2 Description du dispositif

Les fondations sont constituées, le plus souvent, par des pieux ou puits exécutés généralement mécaniquement. Les méthodes d'exécution de pieux faisant appel au battage ou à la vibration sont moins bien adaptées, les vibrations provoquées pouvant aggraver l'instabilité et doivent être en principe évitées au bénéfice de techniques de foration.

Les pieux exécutés doivent avoir une section suffisante et être armés pour pouvoir résister aux efforts de cisaillement auxquels ils peuvent être soumis.

Dans certains cas, il peut être réalisé des fondations sur des éléments de paroi moulées (barettes) disposées de telle façon que leur inertie maximale soit obtenue dans la direction dans laquelle s'exerce la poussée des terrains. Le coût élevé d'une telle solution limite son utilisation.

4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

D.T.U. n° 13.2 - Travaux de fondations profondes pour le bâtiment.
C.S.T.B.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Renforcement de structure

Méthodes visant à supprimer le risque de mouvement par action sur l'eau (groupes de fiches 3.2.2.), action sur la butée en pied (groupe de fiches 3.2.3.)

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Renforcement de structure pouvant contribuer à une meilleure résistance aux efforts de cisaillement. (fiche n° 3.1.2.)

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Proximité et résistance de l'horizon stable pouvant servir d'assise

Efforts de cisaillement compatibles avec l'inertie des fondations

...

8. EFFICACITE - PERENNITE

Très bonne pour la construction si les efforts horizontaux auxquels seront soumises les fondations ont été correctement évalués.

9. AVANTAGES

Limitation stricte à l'emprise des ouvrages

Adaptation facile au type d'ouvrage à réaliser

Capacité de supporter des charges élevées

Coût généralement bien cerné

10. INCONVENIENTS

Solution qui nécessite du matériel lourd spécialisé

La construction constituant un point fixe dans un environnement susceptible de bouger, le raccordement avec les réseaux extérieurs doit faire l'objet de précautions particulières afin d'éviter leur rupture.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet

=====

L'établissement du projet nécessite l'intervention d'un géotechnicien qualifié

11.2 Elements nécessaires à l'établissement du projet

=====

Etude historique du site afin de définir son évolution naturelle. Eventuellement, mise en place préalable d'appareils de surveillance pour préciser l'amplitude et la vitesse des mouvements dont il peut être le siège.

Reconnaissance permettant de définir la composition et les caractéristiques des terrains potentiellement instables, le régime des nappes d'eau, ainsi que la position et la résistance du niveau d'assise des fondations.

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise =====

Entreprise spécialisée

12.2 Matériaux et matériels utilisés =====

12.2.1. Matériaux

Matériaux normalement utilisés pour les fondations enter-
rées

12.2.2. Matériels

Matériels de forage de pieux ou puits

12.3 Points devant faire l'objet d'un suivi particulier =====

Stabilité des parois des puits ou pieux.

12.4 Sujétions d'exécution =====

Sujétions courantes pour l'exécution de ce type de fondations.

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

Pas de sujétions d'entretien ni de surveillance.

14. COUT

14.1 Facteurs influençant les coûts

Profondeur du niveau d'assise
Nature des terrains à traverser
Surdimensionnement éventuel pour obtenir une inertie suffisante
Importance des armatures

14.2 Ordre de grandeur des coûts

En 1985, le coût de réalisation de pieux d'un diamètre compris entre 600 et 800 mm, armés, est de l'ordre de 700 à 1.200 F le mètre linéaire non compris l'amenée des équipements (30.000 à 50.000 F par atelier).

1. CLASSIFICATION

Mesure individuelle ou collective - rapprochée ou éloignée
Méthode courante
Mesure d'accompagnement

2. DOMAINE D'APPLICATION

Réseaux neufs ou rénovation de réseaux anciens

Tous les réseaux susceptibles dont la rupture peut aggraver les phénomènes en cas de fuite : eaux potables, eaux usées, eaux pluviales, ou mettre gravement en danger la sécurité des personnes (gaz)

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

=====

Limiter la sensibilité au risque de rupture en cas de glissement de terrain d'amplitude limitée et/ou éviter la pénétration dans le terrain d'eau risquant d'aggraver les déformations.(fuites)

3.2 Description du dispositif

=====

Il comporte :

- le choix des matériaux les moins fragiles pour les canalisations: acier, PVC, de préférence à fonte, grès, béton, amiante ciment;
- l'interdiction des raccords rigides;
- des joints souples entre tuyaux d'assainissement et au raccordement sur les regards et les constructions : joints à emboîtement caoutchouc, manchettes à emboîtement caoutchouc à la traversée des parois des regards;

- la liaison des canalisations aux structures dans l'emprise de celle-ci ;
- la pose éventuelle des canalisations d'eau au-dessus de drains .

4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

- Fascicules 70 et 71 du cahier des prescriptions communes applicables aux marchés de l'État et des collectivités locales (peut nécessiter des adaptations pour l'application aux marchés privés)

- Circulaire interministérielle du 16 Mars 1984 : Protocole des épreuves préalables à la réception des réseaux de canalisation à écoulement libre

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Néant

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Toutes les méthodes de stabilisation visant à supprimer le risque de mouvement par action sur l'eau (groupe de fiches 3.2.2.) sur butée en pied (groupe de fiches 3.2.3.), sur la résistance au cisaillement (groupe de fiches 3.2.4.)

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Existence du risque.

8. EFFICACITE - PERENNITE

8.1 Efficacité

=====

Les déformations supportables par les canalisations restent limitées. Des ruptures peuvent survenir en cas de mouvements dépassant ceux autorisés par les jeux qu'offrent les joints existants.

8.2 Pérennité

=====

Bonne si les déformations restent dans les limites acceptables.

9. AVANTAGES

Sans objet.

10. INCONVENIENTS

Sans objet.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet

=====

Projeteur V.R.D. ayant une bonne connaissance des matériaux disponibles.

11.2 Elements nécessaires à l'établissement du projet
 =====

Appréciation de l'amplitude des déformations possibles

Localisation des points où les déformations angulaires risquent d'être les plus fortes (limites de zone instable, raccordement sur les constructions en particulier si celles-ci sont réalisées de telle façon qu'elles constituent un point fixe par rapport à leur environnement : construction sur fondations profondes).

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

V.R.D.

12.2 Matériaux et matériels

12.2.1. Matériaux

Matériaux ayant fait l'objet d'un agrément CSTB

12.2.2. Matériel

Matériel de terrassement

12.3 Points devant faire l'objet d'un suivi particulier
 =====

Etanchéité des réseaux d'eau à contrôler par des essais de convenance

12.4 Sujétions d'exécution
 =====

Pas de sujétions particulières

13. SUJETION D'EXPLOITATION

13.1 Entretien

=====

Réparation des éléments défectueux du réseau

13.2 Surveillance

=====

Vérification périodique de l'étanchéité du réseau.
Localisation des fuites

14. COÛTS

14.1 Facteurs influençant les coûts

=====

- Nature des matériaux de canalisation utilisés
- Longueur du réseau situé dans la zone d'affaissement potentiel

14.2 Ordre de grandeur des coûts

=====

- Majoration de 50 à 100 % du coût du réseau dans la zone de mouvement potentiel

1. CLASSIFICATION

Protection d'ensemble éloignée.
Méthode courante
Mesure d'accompagnement

2. DOMAINE D'APPLICATION

Tout volume de terrain au sein duquel le débit des eaux souterraines est accru par infiltration des eaux circulant en surface, ce qui aggrave le risque d'instabilité pour tout ou partie de celui-ci. En réduisant l'infiltration, on soulagera d'autant les dispositifs de drainage situés plus à l'aval, en contribuant à l'abaissement de la charge hydraulique à l'intérieur du massif.

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

=====

Rassembler toutes les eaux superficielles, permanentes ou temporaires, qui s'écoulent en direction d'un périmètre sensible ou qui y ruissellent déjà, pour les conduire, par des cheminements étanches, jusqu'à des exutoires convenablement choisis, c'est-à-dire ne reportant pas le risque de glissement sur une parcelle voisine, ou n'y créant pas un risque d'autre nature (ravinement, saturation du sol, voire submersion temporaire,...)

3.2 Description du dispositif

=====

Chaque dispositif consiste toujours en une prise d'eau, qui détourne l'écoulement naturel vers un caniveau plus ou moins long. Les variantes adoptées dépendent, entre autres facteurs, du terrain de fondation.

...



Caniveau revêtu



Caniveau préfabriqué

Sur fond rocheux, peu déformable mais parfois fissuré, on pourra réaliser des ouvrages relativement rigides : seuil de détournement en béton, suivi d'un chenal au rocher, avec colmatage au mortier des fissures rencontrées, voire revêtement continu.

Sur fond meuble et déformable, après un seuil de terre argileuse compactée, on utilisera de préférence des collecteurs souples, tels que cunettes en éléments préfabriqués emboîtés et béton bitumineux ou drains à ciel ouvert en éléments préfabriqués (cf. fiche 4.2.3.3.). On pourra aussi parfois envisager d'emprunter des tronçons de cours naturels rendus relativement étanches par pavage.

En situation d'urgence (traitement d'un glissement en phase d'activité), la pose rapide de canalisations souples (tuyaux métalliques articulés, tubes caoutchouc ou toile) peut assurer une solution temporaire efficace.

4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Pas de recommandations techniques existantes.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Aucune.

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Ce type d'aménagement intervient souvent en association avec les autres méthodes de drainage.

...

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Morphologie du terrain assurant dans les caniveaux un écoulement par gravité (si le trajet est un peu long, vérifier l'absence de contre-pentes locales).

Non-franchissement de zones instables en évolution pouvant interrompre la continuité des caniveaux.

Débit d'entrée maximal dont il faut tenir compte pour le dimensionnement de la section

8. EFFICACITE - PERENNITE

L'efficacité des mesures est conditionnée par la qualité du dispositif de détournement qui, à l'amont, doit assurer en toute circonstance un entonnement intégral du débit. L'effet peut se trouver inversé s'il y a perte d'étanchéité qui peut entraîner une concentration locale de l'alimentation.

Efficacité satisfaisante, sauf en cas d'engorgement au niveau de l'entonnement.

La pérennité peut se trouver compromise par :

- une perte d'étanchéité (déboîtement des éléments ou fissuration du revêtement) ce qui peut se produire en particulier si la mesure ne se suffit pas à elle-même et que les mouvements du terrain continuent ou apparaissent
- dérangement de l'assiette allant jusqu'à créer un point bas
- colmatage des conduits (corps étrangers, concrétions)

9. AVANTAGES

Cette méthode peut avoir une grande efficacité pour un investissement relativement faible.

La réalisation technique est suffisamment souple pour s'affranchir, dans la plupart des cas, des difficultés inhérentes au tracé. L'entretien est léger et l'adaptation au site ne pose pas de problème majeur.

10. INCONVENIENTS

Des détériorations non repérables peuvent conduire à des infiltrations préjudiciables dans un autre périmètre également sensible. Par ailleurs, le détournement peut entraîner le tarissement de sources d'eau utilisées antérieurement à l'aval.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet

=====

Une personne sachant observer et apprécier les conditions naturelles, et avertie des possibilités techniques existantes, devra choisir le (ou les) emplacements de captage ainsi que le tracé des caniveaux. Des connaissances en topographie pratique lui seront utiles.

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet

=====

La réalisation de tels dispositifs ne donne généralement pas lieu à la rédaction préalable d'un "projet" (au sens du bureau d'études).

Toutefois, les points suivants doivent avoir fait l'objet d'un examen :

- Topographie. Sur une pente sensible, on établira aisément un piquetage du tracé des caniveaux. Sur des pentes faibles, il faudra parfois recourir à un nivellement grossier (l'emploi du clisimètre est souvent suffisant).

- Hydraulique. Par enquête ou par expérience personnelle, estimation des débits maximaux.

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

=====

Toute entreprise artisanale est susceptible de réaliser sans difficulté les dispositifs mentionnés.

12.2 Matériaux et matériels

Matériaux : béton, mortier, petits blocs ou galets (pavage), éléments préfabriqués de sections diverses, drains métalliques ou plastiques à ciel ouvert, canalisations rigides ou souples

Matériels : outils individuels dans la plupart des cas, éventuellement compresseur et marteaux-piqueurs.

12.3 Suivi particulier

Le problème d'étanchéité en général.

12.4 Sujétions d'exécution

Pas de sujétions particulières.

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

13.1 Entretien

La pérennité ne peut être garantie sans entretien : désobstruction, remplacement d'éléments.

13.2 Surveillance

Régulière à vue, pour déclencher l'entretien

14. COUT

14.1 Facteurs influançant le coût
=====

Nature des matériaux utilisés
Longueur des tracés

1. CLASSIFICATION

Mesure individuelle ou d'ensemble - rapprochée ou éloignée
Méthode courante
Méthode principale

2. DOMAINE D'APPLICATION

Glissement dont l'extension en plan peut atteindre plusieurs hectares mais dont l'épaisseur est faible, en général inférieure à 5 mètres, et affecte des sols peu perméables (colluvions, éboulis, produits d'altération d'argiles ou de marnes), sables fins.

Le cas de glissements concernant des épaisseurs supérieures à 5 mètres peut aussi se traiter grâce à un tel procédé, mais les moyens à mettre en oeuvre sont alors particuliers.

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

=====

Le principe de la méthode consiste à réduire les pressions interstitielles au sein d'un manteau instable en limitant l'alimentation des eaux provenant du sol environnant (à l'amont, latéralement et sous la surface de rupture) et l'infiltration des eaux provenant du ruissellement de surface.

Pour ce faire, un réseau de tranchées drainantes est mis en place, en couronnement de la zone instable et éventuellement au sein même de celle-ci lorsque son extension le justifie.

La direction des tranchées principales est inclinée de 0 à 45 ° par rapport aux lignes de niveau. Les tranchées collectrices suivent généralement les lignes de plus grande pente. L'ensemble du réseau doit être accordé à un exutoire naturel.

3.2 Description du dispositif

Selon la profondeur D à atteindre, les tranchées sont réalisées de la façon suivante :

$D < 5$ mètres : pelle mécanique avec blindage provisoire. Dans certains cas (sables fins) il peut y avoir lieu de recourir à un rabattement provisoire par pointes filtrantes.

$5 < D < 10$ mètres : - boteur, en aménagement des talus stables à court terme . il est, dans ce cas, préférable d'incliner fortement les tranchées par rapport aux lignes de niveau.

- trancheuse spéciale si le terrain est fin et relativement homogène, ne contenant pas d'éléments grossiers de taille supérieure à 10 centimètres. De telles machines travaillent sur le principe des trancheuses pour drains agricoles et assurent un blindage automatique de la tranchée dont les dimensions sont généralement:

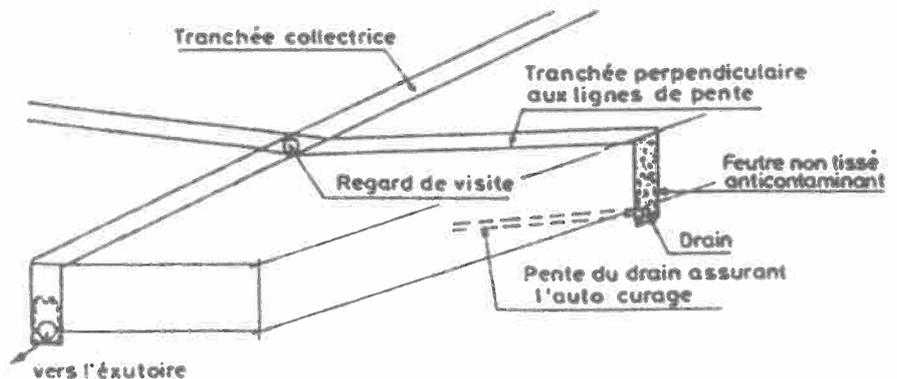
. largeur $e \approx 0,20$ m
 . profondeur $D < 8$ m

$D < 10$ mètres : - tranchée à la boue, de type branchée de paroi moulée, réalisée à la benne preneuse. La boue utilisée est biodégradable et s'élimine par destruction contrôlée, après mise en place du filtre.

Un collecteur est posé au fond de tranchée, dont le type est fonction de la méthode utilisée. Sa pente doit être suffisante ($> 1\%$) pour assurer un bon écoulement des eaux collectées.

La tranchée est remplie de matériau drainant de type grave et/ou sable grossier.

Si la tranchée est exécutée en fouille ouverte (pelle mécanique ou boteur), la condition de filtre est assurée par une membrane géotextile tapissant les parois et le fond, avant remplissage.



Si elle est de type tranchée profonde (trancheuse automatique ou tranchée à la boue), la condition de filtre doit être assurée par le matériau drainant dont la composition doit alors être adaptée à la granulométrie du terrain environnant.

Des regards visitables sont prévus de façon à pouvoir contrôler l'état des collecteurs et les débits d'exhaure sur des tronçons de longueur limitée (40 à 50 mètres au maximum). Ils permettent aussi l'accès pour les opérations d'entretien.

Des piézomètres crépinés sont mis en place dans chaque tronçon afin d'en contrôler le fonctionnement.

Il est souhaitable d'atteindre la base de la couche instable.

La longueur de tranchée, éminemment fonction du site, est de l'ordre de 150 à 300 mètres à l'hectare.

4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Pas de recommandations spécifiques à cette méthode.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Tranchées drainantes suivant la ligne de pente (fiche n° 3.2.2.5)

Masque drainant (fiche n° 3.2.2.6)

Drains subhorizontaux (fiche n° 3.2.2.8)

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Collecte des eaux provenant de l'amont (fiche n° 3.2.2.2)

Collecte des eaux de surface (fiche n° 3.2.2.3)

Masque drainant (fiche n° 3.2.2.6)

Renforcement par ancrages et/ou clouage (fiche n° 3.2.4.1)

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Pente du terrain naturel inférieure à 20 °.

Terrain excavable avec les engins mécaniques type pelle mécanique ou bouteur dans le cas général.

8. EFFICACITE - PERENNITE

L'efficacité est liée à la conception du projet - localisation et profondeur des divers tronçons du réseau de tranchées - adaptée aux conditions hydrogéologiques du site. Elle doit être faite par un spécialiste géotechnicien après étude spécifique du site.

La pérennité dépend du non colmatage des filtres et collecteurs, qui doit faire l'objet d'une surveillance régulière (au moins une fois par an) par un suivi de l'évolution des débits en tenant compte des variations saisonnières. Toute diminution de l'efficacité doit entraîner des mesures correctives car la tranchée peut alors jouer un rôle actif en réalimentant la masse instable avec les eaux qu'elle concentre qui ne sont plus évacuées par les collecteurs.

9. AVANTAGES

Volume de terrassements limité

Souplesse de choix vis-à-vis de la localisation du traitement

Possibilité d'aménagement progressif en fonction des premiers résultats obtenus

Maintenance relativement légère

10. INCONVENIENTS .

La mise en oeuvre constitue une phase critique vis-à-vis de la stabilité amont. Cela impose le plus grand soin dans la conception et dans le choix de la méthode de réalisation. Cela contraint généralement à opérer en période sèche.

Incidence sur l'environnement :

Le rabattement de la nappe peut être sensible à grande distance si la tranchée recoupe des formations très perméables naturellement en charge, auquel cas le dispositif peut induire des tassements s les constructions voisines. Le projet doit comporter l'étude d'un tel risque.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

La teneur du dossier est définie par un spécialiste. Elle consiste pour l'essentiel en :

- plan topographique du site couvrant l'ensemble de la zone instable et une surface équivalente à l'amont de celle-ci, permettant d'établir des coupes au 1/200;
- données géologiques sur l'ensemble de la zone couverte par le plan;
- données géotechniques;
- données hydrauliques.

L'ensemble des données doit permettre de :

- définir les conditions d'écoulement avant traitement;
- effectuer une analyse de stabilité de l'ensemble du site;
- optimiser la localisation du traitement, vis-à-vis du gain de stabilité;

...

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

=====

Entreprise de terrassement ayant des références dans le domaine des terrassements et pose de conduites.

12.2 Matériaux et matériels utilisés

=====

12.2.1. Matériaux d'apport

matériaux drainant (grave, sable grossier)
géotextile anticontaminant
collecteurs
regards
piézomètres de contrôle

12.2.2. Matériels

Selon la profondeur de la tranchée :

0 - 5 m	pelle mécanique et blindage
5 - 10 m	buteur
	ou trancheuse spéciale (< 8 m)
> 10 m	matériel spécifique de type benne de paroi moulée

12.3 Points devant faire l'objet d'un suivi particulier

=====

Ouverture de la tranchée : conditions de stabilité des parois
Pose du géotextile lorsqu'il est prévu au projet
Qualité du matériau drainant

12.4 Sujétions d'exécution

=====

Le maintien des conditions de stabilité des parois de la tranchée implique un travail par plots, de longueur limitée à une dizaine de mètres en général, lorsque le terrassement est effectué à la pelle mécanique.

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

13.1 Surveillance

=====

Le contrôle de l'efficacité et de la pérennité du dispositif se fait en surveillant :

- . la piézométrie dans les divers tronçons de tranchée drainante
- . la piézométrie générale du site
- . les débits d'exhaure des divers tronçons et le débit d'exhaure à l'extrémité des collecteurs

Ces éléments doivent être corrélés avec les précipitations :

- . la turbidité de l'eau évacuée
- . les dépôts dans les collecteurs et les regards

13.2 Entretien

=====

L'entretien courant consiste à :

- . nettoyer les collecteurs en cas d'obstruction
- . curer les regards

En cas de déficience d'un tronçon persistant après les opérations d'entretien courant, il y a lieu de rouvrir la tranchée. Cette opération doit s'accompagner d'une analyse des causes de la déficience par un spécialiste géotechnicien.

14. COÛTS

14.1 Facteurs influençant les coûts

=====

Profondeur de la tranchée
Densité du réseau

...

stabilité des tranchées
travaux nécessaires pour la réalisation de l'exutoire

14.2 Ordre de grandeur des coûts

=====

Eléments de coût, valeur 1985 :

- . terrassement : le m³ 30 à 50 F, sans matériel de rabattement ni soutènement des tranchées
- . gravier calibré : 100 à 150 F le m³
- . géotextile : 4 à 5 F le m²
- . drain collecteur : 150 à 250 F le m.l. suivant diamètre

Fiche 3.2.2.5. TRANCHEES DRAINANTES DISPOSEES SUIVANT LA PENTE
EPERONS DRAINANTS

1. CLASSIFICATION

Mesure individuelle ou d'ensemble - plutôt éloignée
Méthode courante
Mesure principale

2. DOMAINE D'APPLICATION

Ce type de drainage est utilisé pour accroître la stabilité d'une pente ou d'un talus lorsque celle-ci est rendue critique par la proximité d'une nappe. Il s'applique essentiellement dans des matériaux meubles peu perméables (colluvions, éboulis, produits d'altération d'argiles ou de marnes, sables fins).

3. DESCRIPTION

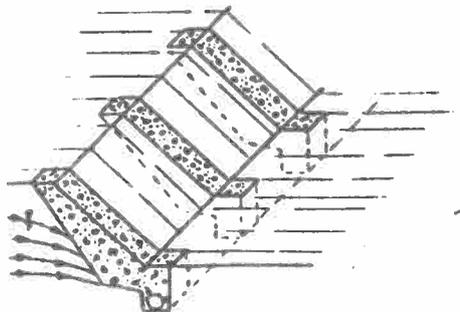
3.1 Principe

L'objectif recherché est l'abaissement permanent du niveau de la nappe contenue dans les terrains, réduisant ainsi le rôle moteur que celle-ci joue dans le mouvement potentiel. On peut également obtenir une augmentation de la résistance au cisaillement, en particulier à proximité de la surface des talus.

3.2 Description du dispositif

Il est constitué par des tranchées disposées suivant les lignes de plus grande pente dans laquelle est mis en place un matériau drainant. Dans tous les cas, les eaux recueillies doivent être collectées et évacuées vers un exutoire naturel.

Les éperons drainants sont plus particulièrement réalisés pour la stabilisation de talus relativement raides et de hauteur modérée (6 à 8 m maximum). Ils s'étendent peu à l'amont de la crête de talus.



Les tranchées drainantes sont mieux adaptées au cas de pentes relativement douces et régulières et peuvent s'étendre largement à l'amont de la zone à protéger. Elles s'appliquent à des masses potentiellement instables de faible épaisseur (en général moins de 5 m). Des épaisseurs supérieures peuvent être traitées mais il faut alors avoir recours à des matériels spécialisés.

Les matériaux drainants utilisés doivent remplir la condition de filtre par rapport aux terrains encaissants pour éviter le colmatage à long terme. Lorsque les conditions de pose le permettent, cette fonction peut être assurée par une membrane géotextile.

La réalisation n'est possible que si la tenue des terrains à court terme autorise l'ouverture de la tranchée ou si des dispositions spéciales permettent le maintien de ses parois (blindage).

Dans le cas des éperons drainants, il n'est généralement pas mis en place de collecteur dans leur axe, l'eau circulant dans la masse même du matériau drainant vers le collecteur qui doit être installé en pied de talus.

Les tranchées sont elles équipées de drains de collecte à leur base. Ceux-ci doivent avoir une pente suffisante pour assurer un bon écoulement des eaux et un autocurage. Des regards permettant la visite et l'entretien doivent être disposés à intervalle régulier (40 à 50 m). Il peut être utile d'y incorporer des bacs de désablage. On aura tout intérêt à ce que la profondeur des tranchées soit aussi grande que possible ou atteigne le substratum imperméable.

4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Pas de recommandations techniques spécifiques existantes.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Tranchées drainantes perpendiculaires à la ligne de pente (fiche n° 3.2.2.4.)

Réseaux de drains subhorizontaux (fiche n° 3.2.2.8.)

Masque drainant (fiche n° 3.2.2.6.) comme alternative des éperons drainants

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Celles visant à réduire l'alimentation de la nappe :

- collecte des eaux provenant de l'amont (fiche n° 3.2.2.2.)
- collecte des eaux de surface (fiche n° 3.2.2.3.)

Celles visant à créer un renforcement local :

- clouage
- ancrages (fiche n° 3.2.4.1.)
- profilés métalliques battus (fiche n° 3.2.4.2.)

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Possibilité d'exécuter le terrassement avec des engins mécaniques courants dans le cas général.

8. EFFICACITE - PERENNITE

L'efficacité est liée à la conception du dispositif : densité, profondeur, en fonction des conditions hydrogéologiques du site.

La pérennité dépend du non-colmatage des filtres et collecteurs qui doit faire l'objet d'une surveillance régulière (au moins une fois par an), par un suivi de l'évolution des débits, en tenant compte des variations saisonnières.

9. AVANTAGES

Volume de terrassements limité

Souplesse de choix vis-à-vis de la localisation du traitement

...

Possibilité d'aménagement progressif en fonction des premiers résultats obtenus

Maintenance relativement légère

10. INCONVENIENTS

L'exécution des terrassements dans des terrains saturés est délicate et nécessite presque toujours un soutènement provisoire des parois.

Incidence sur l'environnement :

Le rabattement de la nappe peut être sensible à grande distance si la tranchée recoupe des formations très perméables naturellement en charge, auquel cas le dispositif peut induire des tassements sur les constructions voisines. Le projet doit comporter l'étude d'un tel risque.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

La teneur du dossier est définie par un spécialiste. Elle consiste pour l'essentiel en :

- plan topographique du site couvrant l'ensemble de la zone instable et une surface équivalente à l'amont de celle-ci, permettant d'établir des coupes au 1/200.

- données géologiques sur l'ensemble de la zone couverte par le plan

- données géotechniques

- données hydrauliques

L'ensemble des données doit permettre de :

- définir les conditions d'écoulement avant traitement

- effectuer une analyse de stabilité de l'ensemble du site

- optimiser la localisation du traitement, vis-à-vis du gain de stabilité

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

=====

Entreprise de terrassement ayant des références dans le domaine des terrassements et pose de conduites.

12.2 Matériaux et matériels utilisés

=====

12.2.1. Matériaux d'apport

matériaux drainant (grave, sable grossier)
géotextile anticontaminant
collecteurs
regards
piézomètres de contrôle

12.2.2. Matériels

Ils seront fonction de la profondeur à atteindre. En général :

0 - 5 m	pelle mécanique ou trancheuse
5 - 8 m	bouteur ou trancheuse spéciale
8 - 10 m	bouteur
10 m	matériel spécifique de type benne de paroi moulée

12.3 Points devant faire l'objet d'un suivi particulier

=====

Ouverture de la tranchée : conditions de stabilité des parois
Pose du géotextile lorsqu'il est prévu au projet
Qualité du matériau drainant

12.4 Sujétions d'exécution

=====

Le maintien des conditions de stabilité des parois de la tranchée implique un travail par plots, de longueur limitée à une dizaine de mètres en général, lorsque le terrassement est effectué à la pelle mécanique.

...

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

13.1 Surveillance

=====

Elle comporte deux éléments :

. la surveillance du niveau de la nappe à partir de piézomètres mis en place le plus tôt possible et de préférence avant même l'exécution des travaux, ce qui permet de juger de l'efficacité du système et de son maintien

. la surveillance de l'eau évacuée : débit qui doit être corrélé avec les précipitations, turbidité.

13.2 Entretien

=====

L'entretien courant consiste à :

. nettoyer les collecteurs en cas d'obstruction

. curer les regards

En cas de déficience d'un tronçon persistant après les opérations d'entretien courant, il y a lieu de rouvrir la tranchée. Cette opération doit s'accompagner d'une analyse des causes de la déficience par un spécialiste géotechnicien.

14. COÛTS

14.1 Facteurs influençant les coûts

=====

Profondeur de la tranchée
Densité du réseau

...

14.2 Ordre de grandeur des coûts (en 1985)

=====

terrassément :	100 à 200 F le m ³
matériau calibré :	100 à 150 F le m ³
géotextile :	5 F le m ²
collecteur perforé :	50 à 250 F me m.l. suivant diamètre (Ø inférieur à 150 mm)

1. CLASSIFICATION

Mesure individuelle ou d'ensemble - rapprochée
 Méthode courante
 Mesure principale

2. DOMAINE D'APPLICATION

La réalisation d'un masque drainant permet d'assurer la stabilité d'un talus de matériaux meubles lorsque celle-ci est rendue critique par l'émergence plus ou moins diffuse d'une nappe. Elle doit faire l'objet d'une étude particulière lorsque des ouvrages sensibles sont proches de la crête de talus.

3. DESCRIPTION

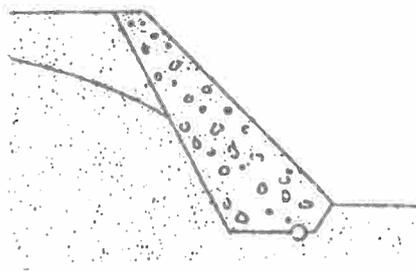
3.1 Principe

Un masque drainant a plusieurs rôles :

- éviter du fait de sa forte perméabilité l'émergence de la nappe dans le talus
- constituer une surcharge de pied ayant un effet stabilisateur
- protéger le terrain naturel des intempéries et réduire l'effet d'éventuels cycles gonflement-retrait et/ou gel-dégel.

3.2 Description du dispositif

Le masque est constitué par une couverture de matériaux drainant d'épaisseur croissante du haut vers le bas. Les eaux recueillies par ce massif sont récupérés par un collecteur disposé en pied et évacuées vers un exutoire naturel.



4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Pas de recommandations techniques spécifiques existantes.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Eperons drainants (fiche n° 3.2.2.5.)

Drains subhorizontaux (fiche n° 3.2.8.)

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Collecte des eaux provenant de l'amont (fiche n° 3.2.2.2.)

Collecte des eaux de surface (fiche n° 3.2.2.3.)

Tranchées drainantes perpendiculaires à la pente (fiche n° 3.2.2.4.)

Végétalisation (fiche n° 3.2.2.9.), cette association est pratiquement indispensable pour limiter le risque de dégradation du masque par érosion

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Possibilité de tailler le terrain naturel avec une pente accentuée pendant la durée de réalisation du masque.

8. EFFICACITE - PERENNITE

L'efficacité du dispositif est directement fonction de son dimensionnement qui doit être tel que la stabilité soit effectivement améliorée, et de l'efficacité du collecteur de pied. Du fait de la grande surface de collecte des eaux, un masque drainant est moins sensible que les autres dispositifs de drainage au phénomène de colmatage et de ce fait, sa pérennité est bonne.

9. AVANTAGES

Mise en oeuvre relativement aisée avec des moyens de terrassements classiques tant que la hauteur reste relativement modérée.

10. INCONVENIENTS

Nécessité des quantités importantes de matériaux nobles.

Stabilité du talus provisoire du terrain naturel pouvant être précaire.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet

=====

L'auteur du projet doit être un géotechnicien qualifié susceptible de vérifier la stabilité locale et générale à tous les stades des travaux.

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet

=====

- Topographie du site
- Hydrogéologie locale
- Caractéristiques mécaniques des terrains

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

=====

L'exécution ne requiert pas de qualification particulière et peut être confiée à une entreprise de travaux publics.

12.2 Matériaux et matériels

=====

Matériaux : matériaux granulaires à forte perméabilité
drain collecteur

Matériel de terrassement

12.3 Points devant faire l'objet d'un suivi particulier

=====

- profil en long du collecteur qui doit avoir une pente suffisante pour que soit assuré un autocurage
- réalisation de l'exutoire
- protection de la surface contre le ravinement

12.4 Sujétions d'exécution

=====

La stabilité provisoire du talus du terrain naturel nécessite une réalisation rapide.

13. SUJETION D'EXPLOITATION

13.1 Surveillance

=====

Elle se limite à une vérification périodique du bon fonctionnement du collecteur par un contrôle du débit et des dépôts éventuels.

13.2 Entretien

=====

Il vise à maintenir le collecteur libre de dépôts excessifs et à assurer le bon fonctionnement de l'exutoire.

...

14. COÛTS

14.1 Facteurs influençant les coûts
=====

La hauteur du talus, le volume de matériau croissant rapidement avec celle-ci.

Les précautions à mettre en oeuvre pour assurer la stabilité en phase provisoire.

14.2 Ordre de grandeur des coûts
=====

1. CLASSIFICATION

Mesure plutôt d'ensemble - rapprochée ou éloignée
Méthode peu courante en raison de son coût
Mesure principale

2. DOMAINE D'APPLICATION

Cette méthode est destinée à assurer le drainage des terrains aquifères qui ne peuvent être atteints par des drainages de surface. Compte tenu du coût élevé de réalisation, la méthode ne peut s'appliquer qu'à la stabilisation de zones comportant des ouvrages nombreux ou importants. Elle ne sera normalement pas utilisée pour des ouvrages neufs mais plutôt pour la sauvegarde d'ouvrages existants.

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

=====

La ou les galeries ont pour but de diminuer la charge hydraulique d'une nappe en collectant les eaux de celle-ci et en les évacuant de la zone à stabiliser.

3.2 Description du dispositif

=====

Il est constitué par une galerie de petite dimension qui peut assurer le drainage seule (schéma 1) ou fréquemment associée à des forages drainants (schémas 2 et 3). Ce dernier cas sera particulièrement fréquent lorsque la réalisation de la galerie dans les terrains aquifères est très difficile et qu'il est préférable de disposer celle-ci dans une couche de meilleure tenue. Les forages drainants permettent par ailleurs d'augmenter le rayon d'action du drainage.

La galerie doit être raccordée sur un exutoire naturel permettant l'évacuation gravitaire des eaux collectées.

...

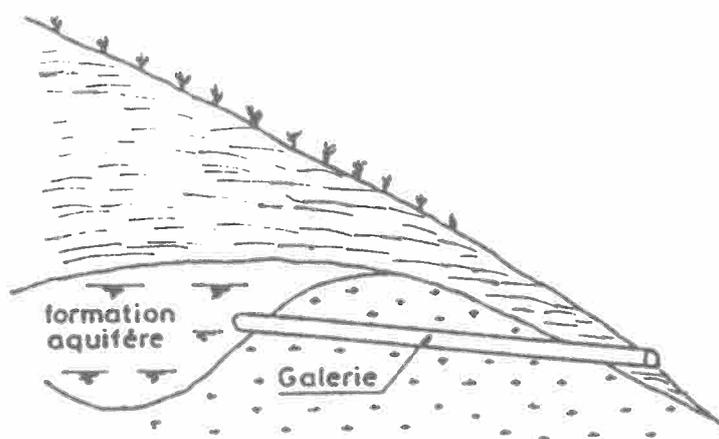


Schéma 1

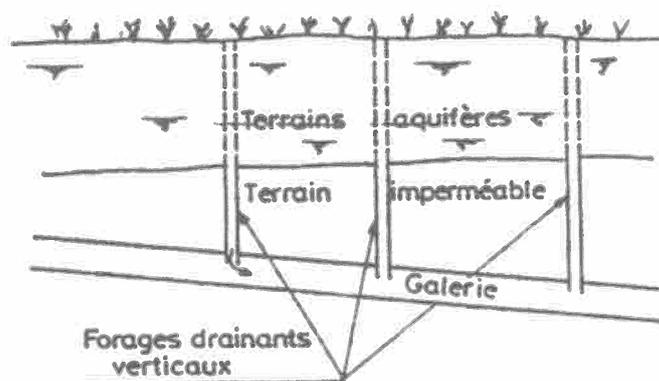


Schéma 2. galerie drainante associée à des forages drainants verticaux

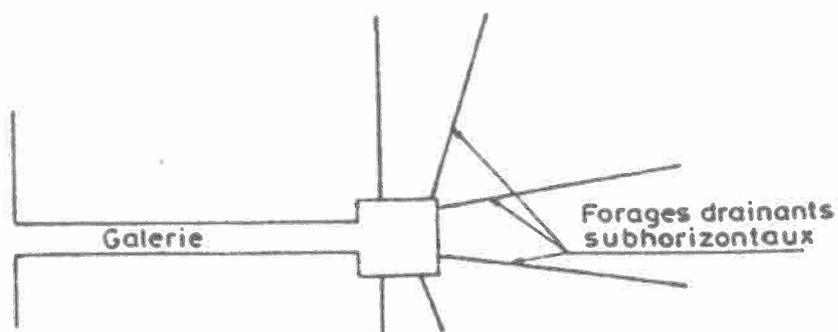


Schéma 3. galerie drainante associée à des forages drainants subhorizontaux
(vue en plan)

4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Fascicule 69 du C.C.T.G. - Travaux en souterrain -

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Drains subhorizontaux (fiche n° 3.2.2.8.) si les conditions du site le permettent.

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Forages drainants.

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

- Zone ne comportant pas de mouvement actif
- Terrains assez perméables

8. EFFICACITE - PERENNITE

L'efficacité d'une galerie drainante est très largement fonction de la qualité de l'étude préalable qui doit être particulièrement complète pour que la localisation de l'ouvrage soit judicieux et son effet correctement apprécié.

La pérennité est bonne. Il existe des galeries drainantes centenaires toujours en activité.

...

9. AVANTAGES

Ouvrage de drainage visitable et pouvant permettre un entretien facile et éventuellement la réalisation d'ouvrages complémentaires après coût.

Capacité d'évacuer des débits importants.

10. INCONVENIENTS

Le poids de l'investissement ;

Un certain manque de souplesse ;

Une réalisation délicate en terrains aquifères de mauvaise tenue ;

Incidence sur l'environnement.

Le fonctionnement d'une galerie drainante modifie profondément le régime hydraulique de la nappe. Ceci peut entraîner des tassements, le tarissement de puits ou de source, influencer sur des captages existants.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet

=====

En raison du coût d'un tel ouvrage et des conséquences qu'il peut avoir sur l'environnement, la mise au point du projet doit être impérativement confiée à un spécialiste qualifié en géotechnique et hydrogéologie.

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet

=====

Ce sont ceux permettant de juger de l'efficacité de la galerie et de l'amélioration de la stabilité :

- topographie du site
- géologie de toute la zone susceptible d'être influencée
- hydrogéologie du site, celle-ci devant être particulièrement complète

...

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

=====

Entreprise de travaux souterrains avec une qualification en forages si ceux-ci sont associés.

12.2 Matériaux et matériels

=====

Matériaux : essentiellement ceux destinés au revêtement de la galerie : béton principalement

Matériels : matériel d'exécution de souterrain tel que bouclier, éventuellement petit tunnelier, etc...

12.3 Points devant faire l'objet d'un suivi particulier

=====

Une grande attention devra être apportée à la conception et la réalisation des dispositifs permettant la pénétration de l'eau dans la galerie, de façon à prévenir tout entrainement de matériaux.

12.4 Sujétions d'exécution

=====

Celles inhérentes au travail en souterrain, en galerie de petite section, en terrain difficile.

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

Elles se limitent à une surveillance afin de détecter en particulier tout mouvement pouvant affecter la tenue de la galerie et détecter d'éventuels entrainements de matériaux et pouvoir remédier sans retard à leur cause.

14.2 Ordre de grandeur des coûts

(Valeur 1985)

Forage et équipement d'un drain : 250 à 300 F le m.l. non compris
le collecteur et exutoire

1. CLASSIFICATION

Mesure individuelle ou d'ensemble - Rapprochée
Méthode courante
Mesure principale

2. DOMAINE D'APPLICATION

Soutènement de terrains meubles ou de remblais sur quelques mètres de hauteur.

Un mur de soutènement ne permet généralement pas à lui seul de stabiliser un glissement déclaré.

3. DESCRIPTION DE LA METHODE

3.1 Principe de la méthode

=====

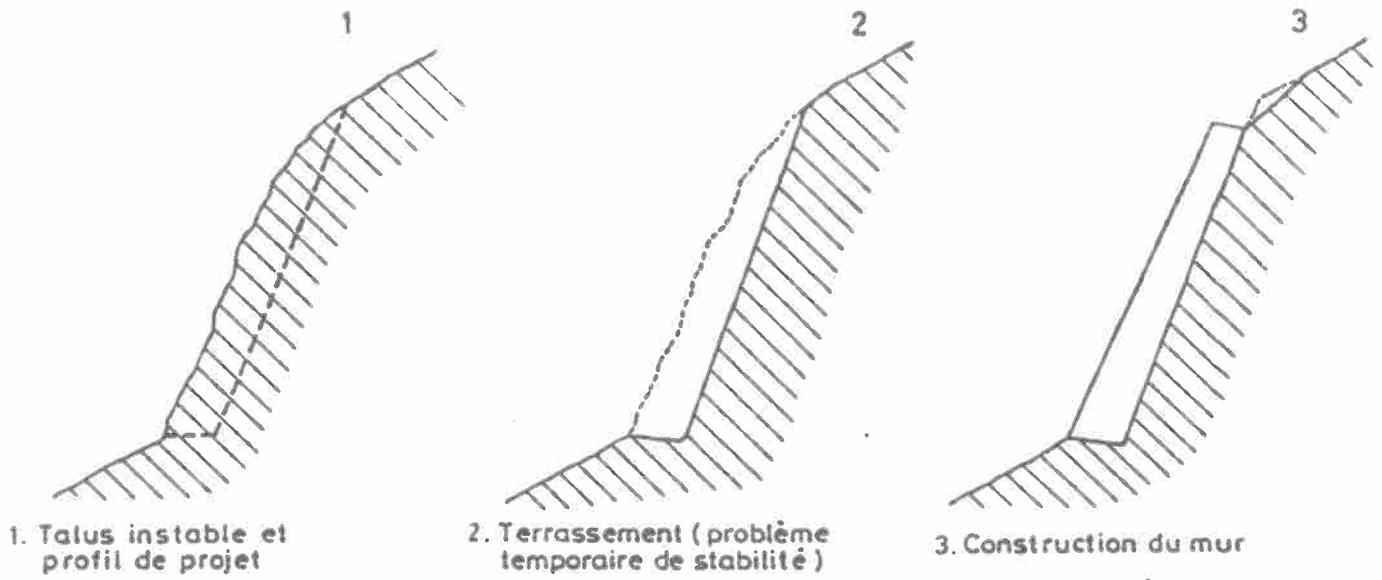
Ecran retenant les terres et destiné à prévenir l'éboulement ou le glissement de talus.

3.2 Description du dispositif

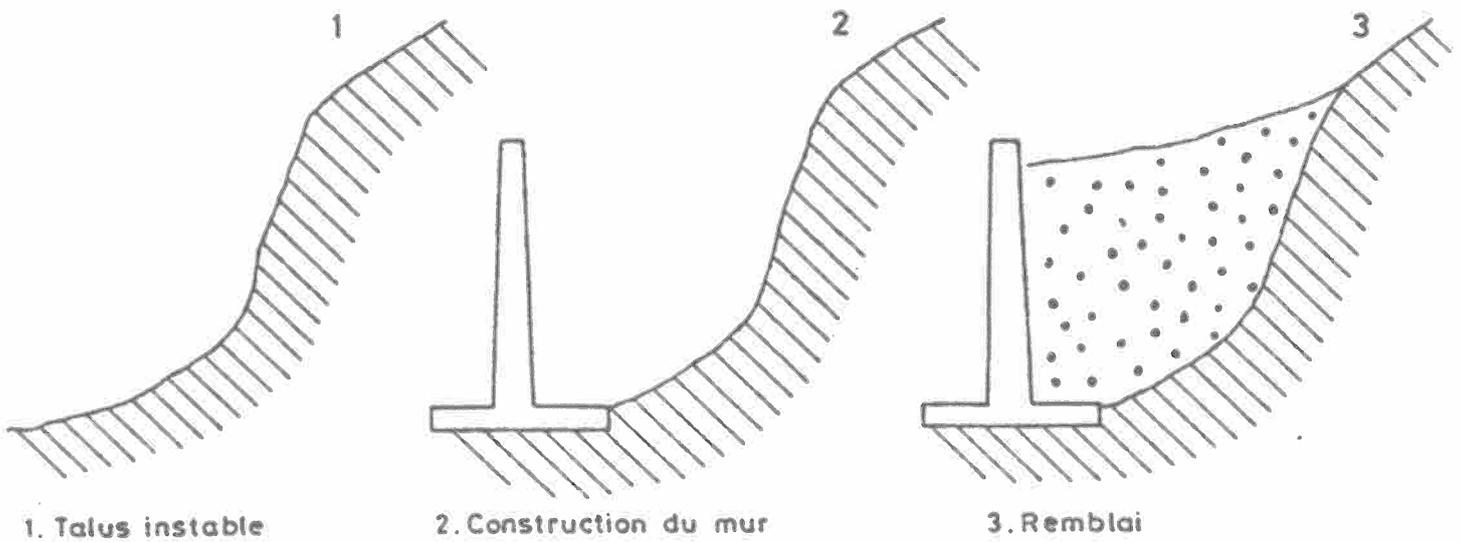
=====

Le dispositif est constitué soit par un massif poids, soit par un voile en béton armé solidaire d'une semelle de fondation.

...



REALISATION D'UN MUR EN DEBLAI



REALISATION D'UN MUR EN REMBLAI

3.2.1. Massifs poids

Il existe une grande variété de massifs poids pouvant servir de soutènement suivant leur nature :

- . en béton non armé ou faiblement armé
- . en maçonnerie
- . en éléments préfabriqués ou murs caisson constitués d'éléments en béton ou métalliques posés les uns sur les autres (type Peller*, Armco*, etc...)
- . en terre renforcée (terre armée), massif rapporté en terre dans lequel sont incorporées des bandes métalliques servant d'armatures
- . gabions en treillis métalliques remplis de pierres
- . pierres sèches

3.2.2. Voiles en béton armé

Suivant la nature du sol d'assise et l'importance des efforts de poussée des terres à retenir, les voiles peuvent avoir différentes formes : murs à chaise, à contreforts, à bêche, en éléments préfabriqués ou coffrés et coulés sur place.

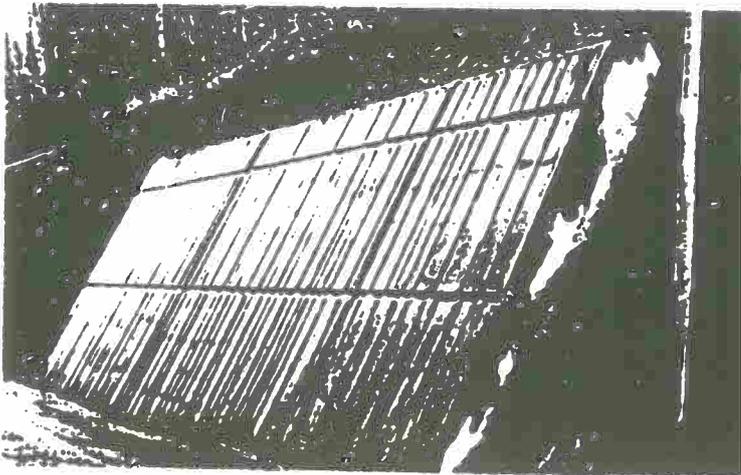
4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

- Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages en béton armé (BAEL 79)
- Dossier-pilote Mur 73 (Décembre 1973) SETRA
- Guide pour l'étude et la réalisation de soutènements - septembre 1981 - Union Technique Interprofessionnelle des Fédérations Nationales du Bâtiment et des Travaux Publics (UTI)

* Appellations commerciales



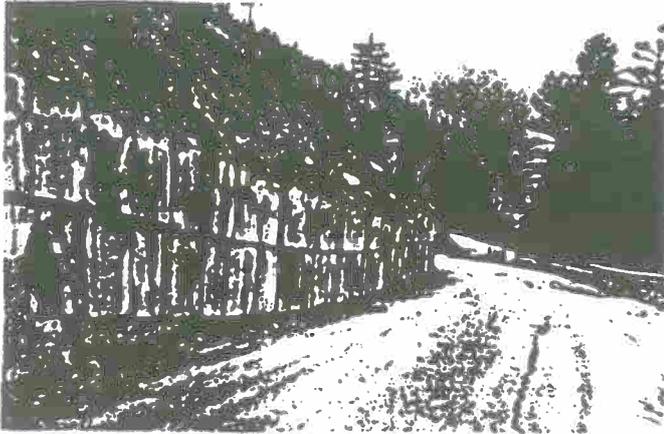
Mur poids en maçonnerie
cyclopéenne



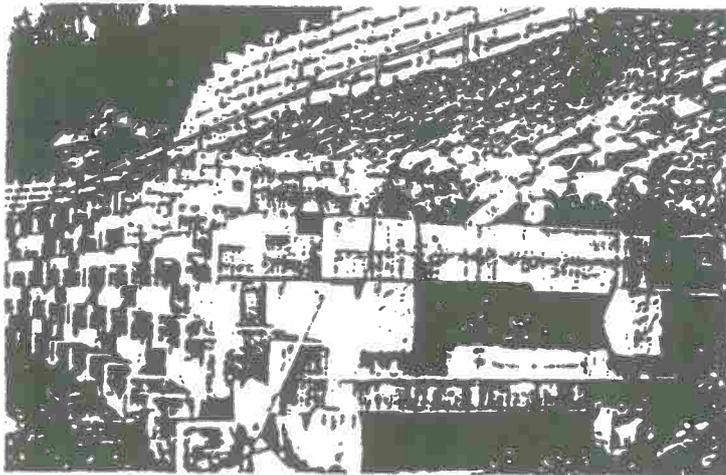
Mur poids en béton



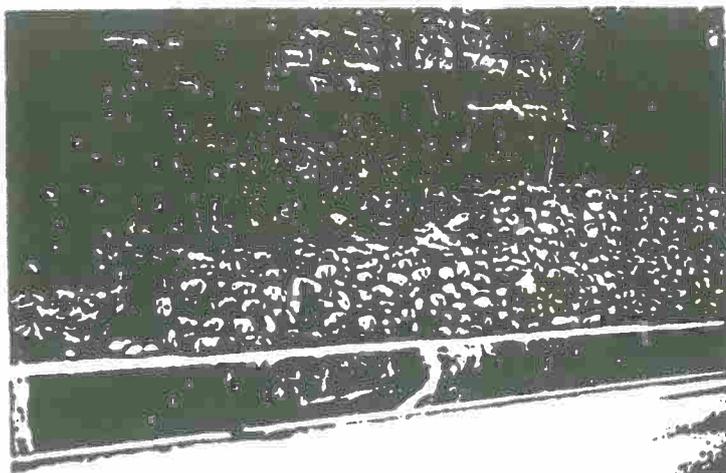
Mur en T (ou cantilever)
en béton



Mur en blocs de
béton préfabriqués



Murs en éléments
préfabriqués enchevêtrés



Mur en gabions

5. AUTRES TECHNIQUES APPLICABLES

- Remodelage si la stabilité est assurée et l'espace disponible
- Palplanches ancrées ou non
- Murs berlinois ancrés ou non
- Murs en béton armé ancrés
- Surcharges d'enrochements

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

- Drainage (fiche n°3.2.2.2.)) en particulier, nécessité
 3.2.2.3.)) d'un drainage immédiatement à
 3.2.2.4.)) l'amont du mur
 3.2.2.7.)
- Grillage et boulonnage (fiche n° 1.2.2.3.)
- Réduction de l'angle d'une partie du talus (fiche n° 3.2.1.)

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

- Hauteur à soutenir : 2 à 10 m environ
- Stabilité du terrain pendant les phases de travaux et stabilité générale englobant l'ouvrage
- Qualité de la zone de fondation
- En zone instable, la stabilité du talus à protéger peut être affecté par un mouvement général, ce qui rend inefficace son soutènement par un mur ; dans ce cas, les travaux ou l'ouvrage une fois construit peuvent même aggraver l'instabilité.

...

8. EFFICACITE- PERENNITE

Généralement très bonne pour les murs en béton armé et les murs poids, sous réserve du bon état du dispositif de drainage associé.

9. AVANTAGES

- Technologie simple
- Edification rapide
- Prix relativement modéré
- Efficacité
- Adaptation aux déformations de l'assise pour les murs en gabions en éléments préfabriqués et en terre armée

10. INCONVENIENTS

- Le calcul du mur est délicat et exige une bonne connaissance des caractéristiques mécaniques du terrain
- Esthétique parfois discutable.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet

Il est toujours préférable que le projet de mur soit établi ou vérifié par un géotechnicien expérimenté. L'appréciation des caractéristiques mécaniques du terrain est délicate et des calculs de vérification de la stabilité aux différents stades du projet sont nécessaires

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet

=====

Recueil des données topographiques, hydrogéologiques et géologiques

Identification des sols et détermination de leur caractéristiques de résistance au cisaillement

Dimensionnement et vérification par le calcul de l'ouvrage aux stades provisoires et définitifs

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

=====

Les murs de soutènement autostables peuvent être réalisés par toute entreprise de travaux publics qualifiée. Dans le cas des entreprises artisanales, il est souhaitable que la réalisation soit contrôlée par le géotechnicien auteur de l'étude.

12.2 Matériaux et matériels utilisés

=====

12.2.1. Matériaux

Matériaux adaptés aux conditions locales (eaux agressives, corrosion des fils des gabions, gel)

12.2.2. Matériels

Matériel de travaux publics

12.3 Points devant faire l'objet d'un suivi particulier

=====

Mise en oeuvre du système de drainage

Qualité de l'assise de fondation

Qualité et compactage des matériaux utilisés en remblai

...

12.4 Sujétions d'exécution

=====

Stabilité des terrassements en phase de travaux (fouille pour la réalisation des fondations)

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

- Entretien du système de drainage associé
- Surveillance par examen visuel périodique à intervalles de temps variables
- L'entretien et la surveillance peuvent ne pas être nécessaires dans certains cas

14. COUT

14.1 Facteurs influençant les coûts

=====

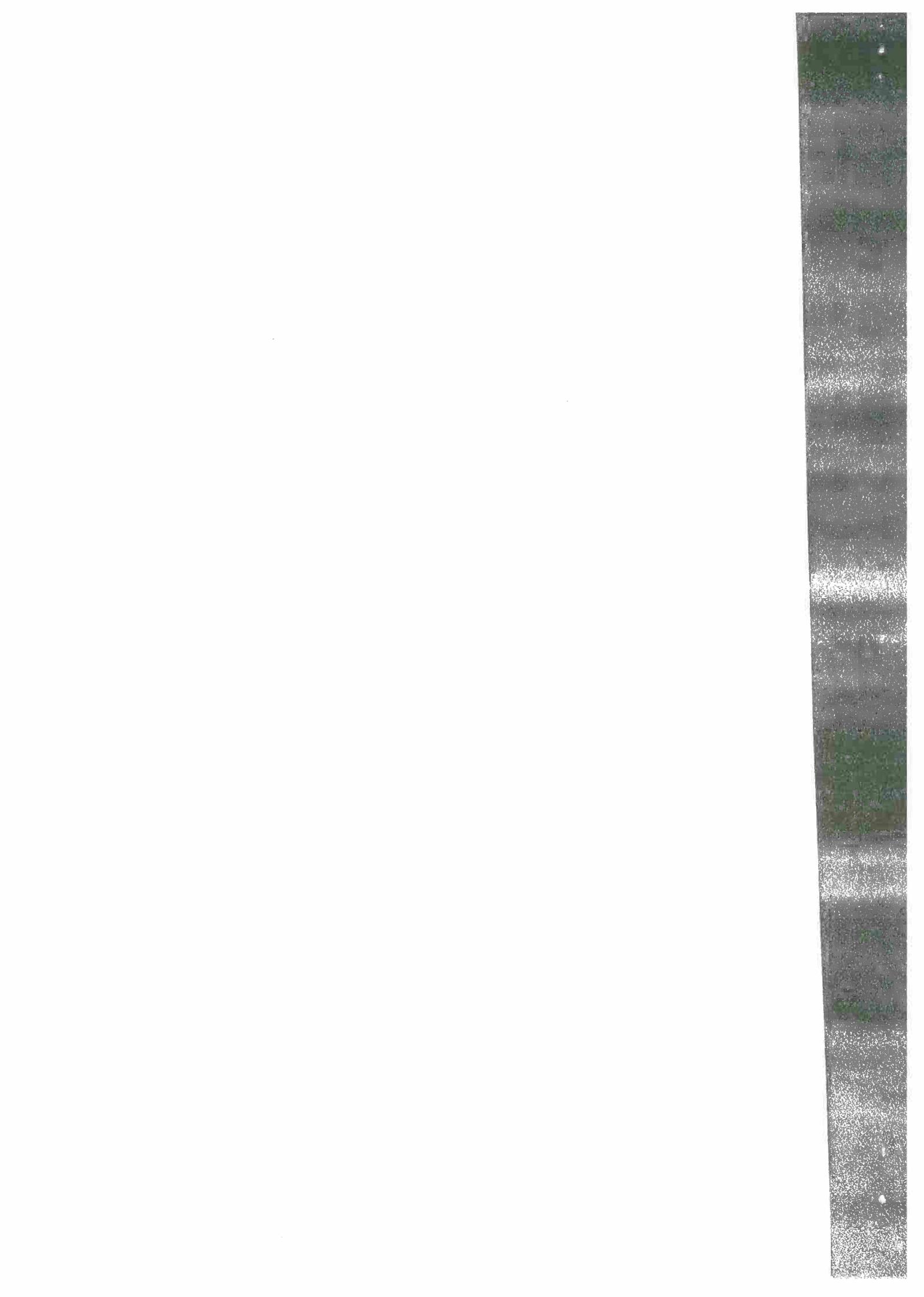
Le coût de l'ouvrage dépend de paramètres économiques régionaux à l'instant considéré, de paramètres topographiques, de paramètres techniques liés à la solution adoptée, au volume des éventuels travaux secondaires.

Des formules d'estimation des coûts sont données dans le dossier MUR 73.

14.2 Ordre de grandeur des coûts (1985)

=====

Le prix des creux de soutènement peut varier largement en fonction du type d'accès. De l'ordre de 600 à 800 F le m³ en cas d'accès facile et de 1200 à 2000 F le m³ si l'accès est difficile, pour des ouvrages en béton armé.



1. CLASSIFICATION

Mesure individuelle ou d'ensemble
Méthode courante
Mesure principale

2. DOMAINE D'APPLICATION

Soutènements de terrains ou de remblais.

Un mur de soutènement ne permet généralement pas à lui seul de stabiliser un glissement déclaré.

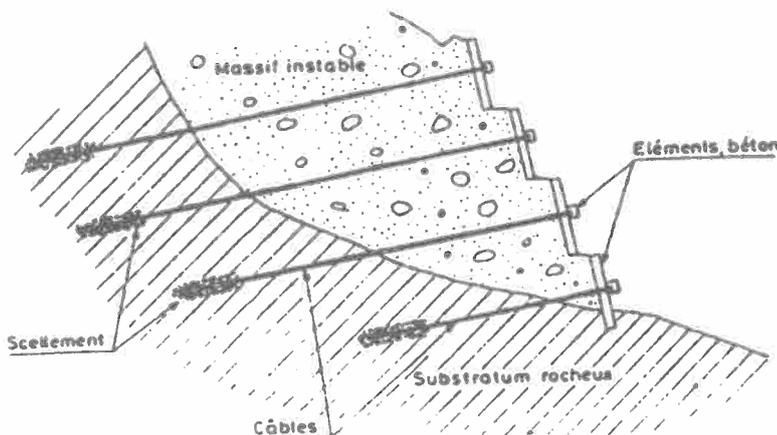
Compte-tenu du coût élevé de ce type de réalisation, elle est réservée à la protection des zones de faibles dimensions.

3. DESCRIPTION3.1 Principe

Réalisation d'un écran mince dont la stabilité vis-à-vis des efforts qu'il reçoit est assurée par des ancrages atteignant les terrains stables.

3.2 Description du dispositif

L'écran est normalement constitué par un voile en béton armé ancré en pied et maintenu dans sa hauteur par un ou plusieurs lits de tirants généralement précontraints. Dans le détail, des variantes nombreuses peuvent être rencontrées suivant la façon dont les efforts reçus par le voile sont retransmis aux tirants (voile homogène, contreforts, liernes). On peut également rencontrer des éléments de dalles juxtaposées et ancrées individuellement.



1. CLASSIFICATION

Mesure individuelle ou d'ensemble - rapprochée
Mesure courante
Mesure principale ou d'accompagnement

2. DOMAINE D'APPLICATION

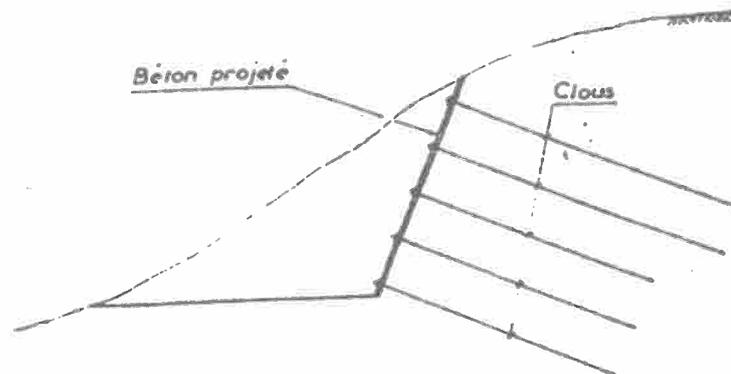
Cette technique s'applique pour la tenue des talus de déblai ou pente naturelle très raides et instables, excavation à parois verticales et terrassements de talus à forte pente afin de limiter les emprises d'un ouvrage.

3. DESCRIPTION

3.1 Principe physique

Amélioration des caractéristiques mécaniques initiales du terrain par renforcement de la résistance au cisaillement.

Le terrain traité constitue un volume monolithique capable de reprendre les poussées des terres non traitées.



3.2 Description du dispositif

=====

Inclusion dans le sol de barres scellées sur toute leur longueur.

Mise en place sur la surface d'un soutènement souple qui apporte un confinement et compense la chute des contraintes.

Le revêtement peut être continu, réalisé par projection de béton ou bien ajouré par mise en place de panneaux métalliques ou en béton liaisonnés aux têtes des barres scellées.

4. DOCUMENTS AUXQUELS IL PEUT ETRE FAIT REFERENCE DANS LE CAHIER DES CHARGES

Pas de recommandations techniques spécifiques.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Clouage par inclusion de cornières non scellées

Boulonnage pour déblais rocheux (fiche n° 1.2.2.3)

Tirants passifs (fiche n° 1.2.2.3)

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Drainage des sols en profondeur par mise en place de drains subhorizontaux (fiche n° 3.2.2.8.) et drainage entre le revêtement et le sol.

7. CRITERES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Bonne tenue relative à court terme des terrains excavés.

Limite de la méthode dans les terrains marneux ou argileux.

8. EFFICACITE - PERENNITE

8.1 Efficacité

L'efficacité est étroitement liée au soin apporté à la réalisation.

Très bonne efficacité dans les sols pulvérulents et frottants : sables et graviers

8.2 Pérennité

La pérennité est liée à la corrosion des armatures pour les ouvrages définitifs. La bonne réalisation des scellements assure cette pérennité.

9. AVANTAGES

Méthode économique.

Souplesse d'exécution : adaptabilité en cours des travaux

Emprise des travaux réduite : possibilité de terrassement suivant des profils quasi verticaux

Moyens d'exécutions relativement légers.

10. INCONVENIENTS

Travaux très spécialisés exigeant des entreprises compétentes dans ce domaine.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet

=====

L'auteur du projet doit avoir une bonne connaissance théorique et pratique de la méthode.

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet

=====

Topographie du site

Conditions géologiques, hydrogéologiques et géotechniques

Reconnaissance des sols par sondages

Détermination des caractéristiques mécaniques des sols

Détermination du frottement sol/armature à prendre en compte :
essais d'arrachements en vraie grandeur

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

=====

Entreprise spécialisée ayant l'expérience de ces travaux.

12.2 Matériaux et matériels utilisés

=====

12.2.1. Armatures

Barres acier HA (haute adhérence) section courante = \emptyset 20 à 40 ou barres diwidag.

12.2.2. Revêtement

Béton projeté - panneaux béton préfabriqués - panneaux métalliques - profilés métalliques

12.2.3. Matériel

Foreuse et matériel d'injection

12.3 Points devant faire l'objet d'un suivi particulier

=====

Si les parois dans les trous de forages s'éboulent, procéder au tubage provisoire des forage. Ce tubage est retiré au cours du scellement.

- . conformité des armatures
- . méthode de scellement des armatures

Les armatures doivent être équipées d'écarteurs afin d'assurer leur centrage et obtenir ainsi un scellement homogène autour des barres d'acier.

L'injection des scellements doit toujours être réalisée à partir du fond du forage.

- . rapidité d'exécution impérative entre terrassement, clouage et revêtement
- . drainage derrière le revêtement

12.4 Sujétions d'exécution

=====

Mise en oeuvre du soutènement dès l'ouverture du déblai en procédant par passes successives sur une hauteur qui excède rarement 2 mètres.

Dans le sens horizontal, les terrassements sont également réalisés par plots successifs.

Le terrassement doit dégager des surfaces régulières sans hors profils.

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

13.1 Entretien

=====

Sans entretien particulier dans le cas de béton projeté.

Entretien contre la corrosion dans les cas de soutènements par panneaux métalliques et entretien de l'engazonnement.

13.2 Surveillance

=====

Suivre le comportement du massif pendant les phases d'exécution en procédant à des mesures de déplacement : topographie et appareils permettant d'enregistrer les déplacements horizontaux et les tensions dans les armatures.

Pour un ouvrage définitif, interdire toutes interventions dans le massif armé.

14. COÛT

14.1 Facteurs influençant les coûts

=====

Le coût est lié au dimensionnement des armatures, lui-même lié aux profondeurs excavées et aux caractéristiques mécaniques des terrains.

14.2 Ordre de grandeur des coûts

=====

de l'ordre de 700 Frs/m² traité, en 1985.

1. CLASSIFICATION

Mesure individuelle - rapprochée

2. DOMAINE D'APPLICATION

La méthode est destinée à améliorer la stabilité d'une couche de terrain instable notamment dans les cas où les solutions terrassements sont à proscrire.

La méthode est bien adaptée pour les renforcements des terrains instables en pente dans le cas de glissements plans ou circulaires ; elle est inefficace pour les coulées lentes non stabilisées.

Blocage de remblai sur pente.

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

Renforcement mécanique des zones instables par inclusion d'éléments résistants d'où augmentation de la résistance au cisaillement des sols.

