

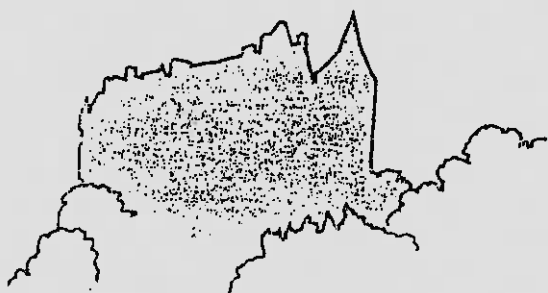


PREFECTURE D'EURE ET LOIR
DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT
Service de l'Aménagement et de la Planification

4

Attaché, chef de Bureau
VINE

CHATEAUDUN



PLAN D'EXPOSITION AUX RISQUES

PRISE EN CONSIDERATION DES RISQUES NATURELS

MOUVEMENTS DE TERRAIN

Vu pour être annexé à notre arrêté
du 27 OCT. 2004
CHARTRES, le 27 OCT. 2004
LE PREFET

POUR COPIE CONFORME

Signé:

Marc CABANE

ANNEXE

(Extrait du catalogue de mesures de prévention)
Délégation aux Risques Majeurs

PIECE B

FICHES TECHNIQUES DE PRÉVENTION RELATIVES AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN

(document informatif)

Affaissements et effondrements liés à l'existence de cavités souterraines

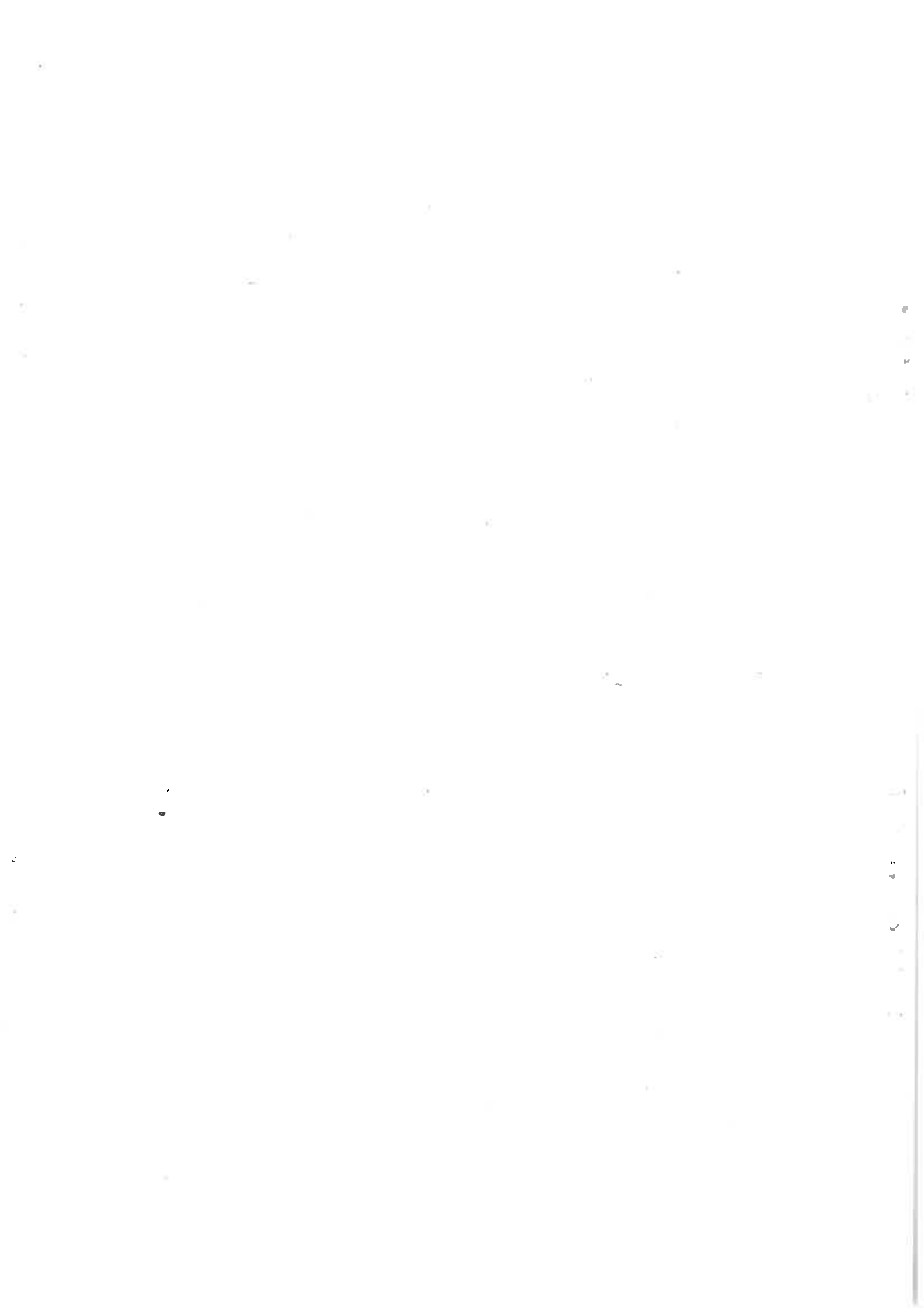
- renforcement de structure : fiche n°1
- fondations profondes : fiche n°2
- conception des réseaux : fiche n°3
- consolidations des cavités par plots en coulis : fiche n°4
- stabilisation des cavités par injection de remplissage : fiche n°5
- remblaiement des cavités souterraines : fiche n°6
- injections de consolidation : fiche n°7
- consolidation de cavités par piliers en maçonnerie : fiche n°8
- surveillance des réseaux : fiche n°9

Glissements de terrain

- conditions d'implantation : fiche n°10
- fondations profondes : fiche n°11
- conception des réseaux : fiche n°12
- végétalisation : fiche n°13
- collecte des eaux de surface : fiche n°14
- collecte des eaux provenant de l'amont : fiche n°15

Chutes de pierres ou de blocs

- conditions d'implantation : fiche n° 16
- renforcement de façades exposées : fiche n° 17
- purge de parois et talus : fiche n° 18
- béton projeté : fiche n° 19
- revégétalisation : fiche n° 20
- écrans souples ou rigides : fiche n° 21
- couverture grillagée : fiche n° 22



AFFAISSEMENTS ET EFFONDEMENTS LIES A L'EXISTENCE DE CAVITÉS SOUTERRAINES

1 . CLASSIFICATION : RENFORCEMENT DE STRUCTURE

2 . DOMAINE D'APPLICATION

- cavités de dimensions suffisamment réduites pour entraîner des déformations en surface limitées en extension
- s'applique normalement uniquement aux constructions
- elle est difficile et coûteuse d'utilisation pour les constructions existantes

3 . DESCRIPTION

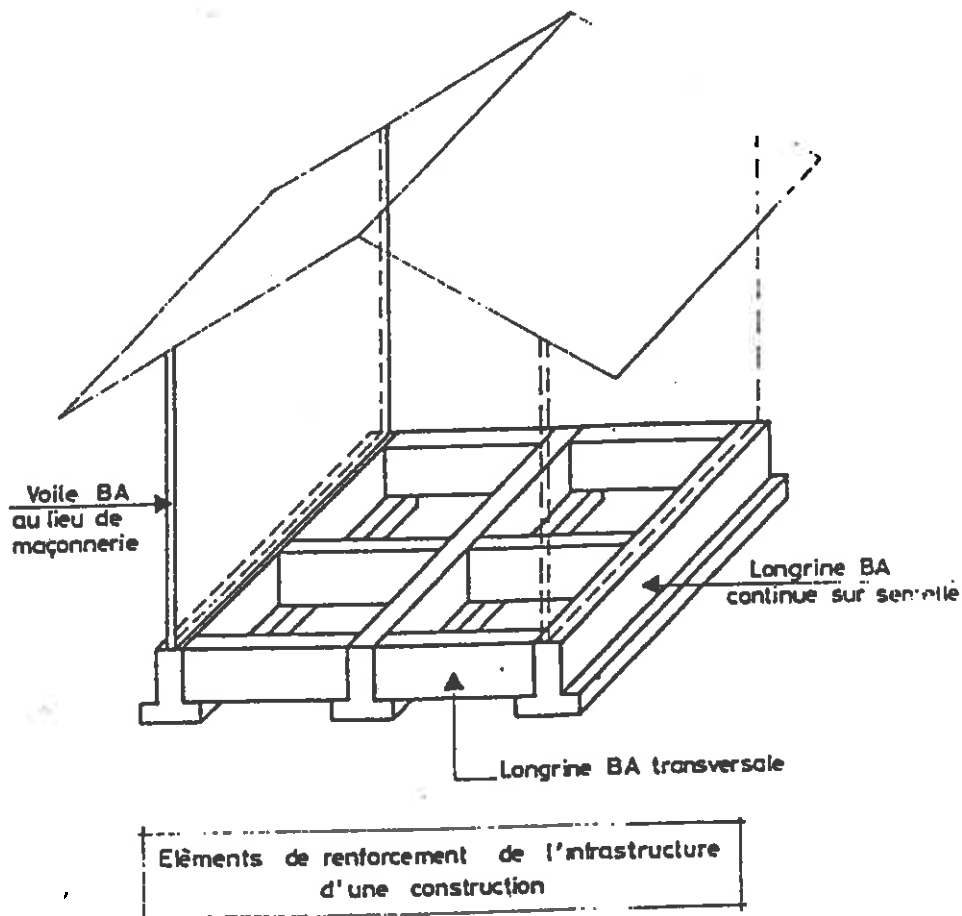
3.1 Principe

Rendre la structure suffisamment rigide pour qu'en cas d'affaissement de surface localisé en un point quelconque de son emprise, elle ne présente que des mouvements d'ensemble limités et soit susceptible d'en assurer le franchissement "en pont".

3.2 Description du dispositif

Il consiste à introduire dans la structure des éléments de raideur, généralement en béton armé, évitant les déformations différentielles en cas de défaillance localisée du sol d'assise. Ces éléments peuvent se situer en superstructure : poutres, voiles, chainages, ou en infrastructure : radiers nervurés, réseaux 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 BAEL 79

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

- Fondations profondes (fiche n° 2)
- Consolidation de cavité par piliers en maçonnerie (fiche n° 8)
- Consolidation par plots en coulis à fort angle de talus naturel (fiche n° 4)
- Injections de remplissage (fiche n° 5)

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

- Fondations profondes. Cette association s'impose dans des zones où existent des roches solubles dont la dissolution peut évoluer rapidement (gypse, sel), où il n'y a pas de cavités connues, où leur probabilité d'apparition est relativement limitée, où la réalisation de fondations profondes est nécessaire pour d'autres raisons que l'éventualité de la présence de cavités et que le surcoût pour approfondir les fondations en-dessous de l'horizon suspect est très important.

- Injection de remplissage (fiche n° 5) : association fonction de l'appréciation portée sur la qualité du résultat possible ou constaté de l'injection

- Injection de consolidation, association nécessaire dans le cas d'anomalies localisées existantes connues (fontis) (fiche n° 7)

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

- Dimension et amplitude probable des affaissements pouvant survenir

- 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

=====

Liée à :

l'appréciation correcte des caractéristiques géométriques des déformations pouvant survenir

la raideur des éléments de renforcement et leur densité

la continuité du réseau de raidisseurs

.../...

8.2 Pérennité

=====
S'agissant d'éléments incorporés à une structure, leur pérennité est au moins équivalente à celle de celle-ci.

9. AVANTAGES

Peut être plus économique que les solutions consistant à traiter les cavités préexistantes.

Seule solution possible, hormis les fondations profondes, lorsqu'il n'y a pas de cavité existante, mais que la probabilité de leur apparition est reconnue (matériaux solubles en zone de dissolution active : gypse, par exemple).

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

Essentiellement la localisation et les caractéristiques des affaissements susceptibles de survenir à partir de : accidents connus, dimension des cavités existantes, hauteur de recouvrement, nature des terrains de recouvrement, hydrogéologie (en particulier, exploitation des nappes souterraines en zone de cavités de dissolution).

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise
=====

Entreprise de bâtiment ou de travaux spéciaux de fondations (pieux, injections, ...) s'il y a des interventions de ce type associées

12.2 Matériaux et matériels utilisés
=====

Pas de caractéristiques spécifiques

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 sujétion d'entretien ni de surveillance.

.../...

14. COUTS

14.1 Facteurs influençant les coûts

Surface de l'affaissement prévisible
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.

AFFAISSEMENTS ET EFFONDREMENTS LIES A L'EXISTENCE DE CAVITÉS SOUTERRAINES

1. CLASSIFICATION : FONDATIONS PROFONDES

2. DOMAINE D'APPLICATION

La méthode s'applique quel que soit le type et l'état des cavités

Ne s'applique normalement qu'à des constructions

Sujétions particulières pour des ouvrages existants (exécution en sous-oeuvre)

3. DESCRIPTION

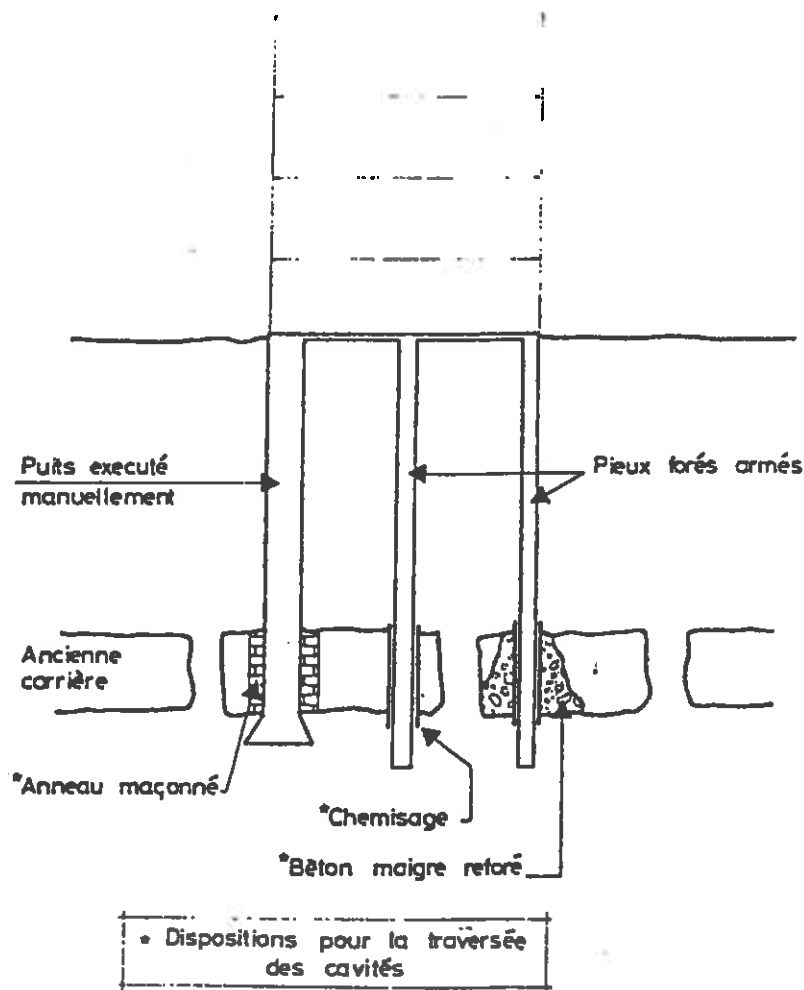
3.1 Principe

Désolidariser la construction des mouvements des terrains surmontant la cavité, au moyen de fondations trouvant leur assise en dessous du niveau de celle-ci.

3.2. Description du dispositif

Les fondations peuvent être constituées par :

- des puits bétonnés terrassés à la main qui se justifient lorsque l'on veut réaliser un soutien du ciel de la cavité autour de la fondation.



- des puits ou pieux réalisés mécaniquement. Afin d'éviter d'aggraver l'instabilité éventuelle de la cavité, ils sont réalisés par forage. Comme des mouvements peuvent se reproduire après construction, on ne retient que des pieux ou puits de section suffisante pour ne pas risquer de ruptures par cisaillement ou surcharge due aux cisaillements des terrains.

La réalisation de fondations profondes ne supprimant pas le risque d'évolution de la cavité, toutes les parties qui ne seraient pas solidaires de ces fondations (dallages, bardages, entre poteaux, canalisations) sont susceptibles d'être affectées par des mouvements.

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

- Recommandations sur le traitement des cavités souterraines et notamment des carrières (CS 78). Annales de l'ITBTP n° 370 - Mars 1979.

- 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 (fiche n° 1)
- Consolidation de cavité par piliers en maçonnerie (fiche n° 8)
- Consolidation de cavité par plots en coulis de ciment à fort angle de talus naturel (fiche n° 4)
- Consolidation de cavité par injections de remplissage (fiche n° 5)

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

- Injections de consolidation pour faciliter l'exécution du forage (association peu fréquente) (fiche n° 7)

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Ceux des fondations profondes en général

8. EFFICACITE - PERENNITE

L'efficacité est bonne en ce qui concerne les structures, celles-ci étant rendues indépendantes des mouvements du sol. Par contre, aucune protection n'est fournie aux éléments extérieurs qui peuvent s'y raccorder.

La pérennité est bonne sous réserve d'une adaptation correcte des matériaux utilisés au milieu dans lequel ils sont mis en oeuvre et en particulier à ses caractéristiques chimiques.

.../...

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

Matériel lourd

Précautions particulières à prendre pour la traversée des cavités

Exécution souvent délicate lorsque les effondrements de cavités ont bouleversé les terrains à traverser

Problèmes de liaison avec les réseaux extérieurs en cas de mouvement

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

Reconnaissance permettant de définir le niveau auquel les fondations pourront être disposées et les sujétions auxquelles l'exécution pourra se trouver confrontée, en particulier du fait de la présence des cavités.

.../...

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 enterrées

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 qui est souvent précaire en raison du bouleversement possible des terrains au-dessus des cavités.

12.4 Sujétions d'exécution

Nécessité de prendre des dispositions particulières pour la traversée des cavités : remblaiement partiel avec reforage, chemisage, mur de ceinture

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

Pas de sujétion : d'entretien ni de surveillance.

14. COÛTS

14.1 Facteurs influençant les coûts

Profondeur du niveau d'assise
Nature des terrains à traverser
Dispositions particulières à prendre dans la hauteur des
cavités ou au travers des couches susceptibles de créer
des efforts parasites de cisaillement ou de frottements
négatifs.

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).

AFFAISSEMENTS ET EFFONDEMENTS LIES A L'EXISTENCE DE CAVITÉS SOUTERRAINES

1. CLASSIFICATION : CONCEPTION DES RESEAUX

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, soit mettre gravement en danger la sécurité des personnes.

3. DESCRIPTION

3.1. Principe

=====

Limiter le risque de rupture en cas d'affaissement 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. EFFICACITE - PERENNITE

5.1 Efficacité

Les déformations supportables par les canalisations restent limitées. Des ruptures peuvent survenir en cas d'affaissements importants.

5.2 Pérennité

Bonne si les déformations restent dans les limites acceptables.

6. ETABLISSEMENT DU PROJET

6.1 Qualification de l'auteur du projet

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

6.2 Eléments 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).

7. REALISATION

7.1 Qualification de l'entreprise

V.R.D.

.../...

7.2 Matériaux et matériels

7.2.1 Matériaux

Matériaux ayant fait l'objet d'un agrément CSTB

7.2.2 Matériel

Matériel de terrassement

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

Étanchéité des réseaux d'eau à contrôler par des essais de réception

7.4 Sujétions d'exécution

Pas de sujétions particulières

8. SUJETION D'EXPLOITATION

8.1 Entretien

Réparation des éléments défectueux du réseau

8.2 Surveillance

Vérification périodique de l'étanchéité du réseau
Localisation des fuites

.../...

9. COÛTS

9.1 Facteurs influençant les coûts

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

9.2 Ordre de grandeur des coûts

- Majoration de 50 à 100 % du coût du réseau dans la zone d'affaissement potentiel

AFFAISSEMENTS ET EFFONDREMENTS LIES A L'EXISTENCE DE CAVITÉS SOUTERRAINES

1. CLASSIFICATION : CONSOLIDATION DE CAVITES PAR PLOTS EN COULIS
A FORT ANGLE DE TALUS NATUREL

2. DOMAINE D'APPLICATION

- Soutien du ciel de cavités ouvertes en assez bon état
- Est essentiellement utilisé pour le confortement d'anciennes exploitations (carrières)
- Inadapté aux cavités évolutives (roches fortement solubles sous nappe)

3. DESCRIPTION

3.1 Principe
=====

Réduction de la portée non soutenue du ciel d'une cavité par création d'appuis intermédiaires.

3.2 Description du dispositif
=====

Les appuis sont constitués par des plots de coulis de ciment entre sol et ciel de cavité. Ces coulis présentent :

- une viscosité et une rigidité permettant leur mise en place avec des angles de talus pouvant atteindre 60°
- un temps de prise réduit

Les coulis sont mis en place par des forages atteignant la cavité

3.2.1. Coulis utilisés

=====

Ce sont des mélanges de ciment-eau-matières inertes (sable ou cendres volantes) auxquels l'apport d'un adjuvant, le plus courant étant le silicate de soude, confère une rigidité élevée et une prise rapide évitant l'étalement du coulis dans la cavité.

3.2.2. Réseau de forage

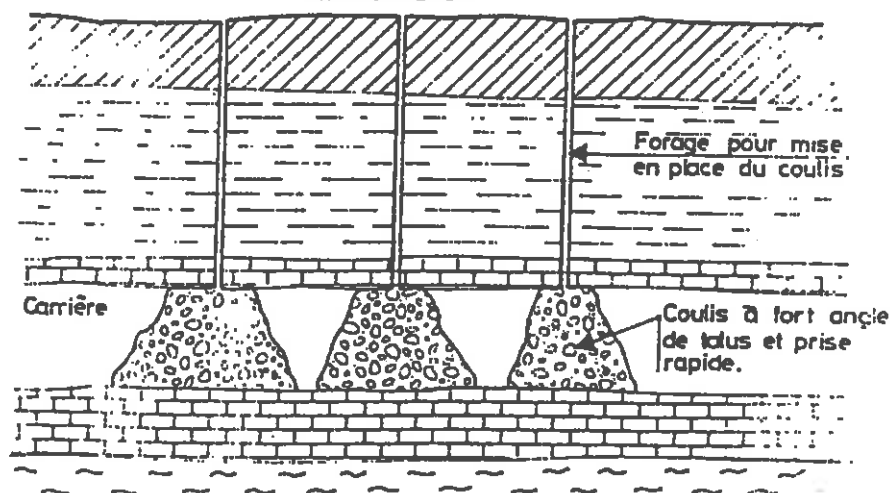
=====

Il est dicté par la répartition des points d'appui à créer en fonction de l'état du ciel. Il est réalisé au moins un forage par point d'appui. Ces forages ont des diamètres de l'ordre de 100 mm.

3.2.3 Conditions de mise en oeuvre

=====

Au niveau de la cavité, la mise en place se fait sans pression. Par contre, en raison de la rigidité du coulis, les pressions au départ des pompes sont assez élevées.



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

Recommandations sur le traitement des cavités souterraines et notamment des carrières (CS 78). (Annales de l'ITBTP n° 370 - mars 1979).

Recommandations concernant les travaux d'injection pour les ouvrages souterrains - "Tunnels". Revue de l'Association Française de Travaux en souterrain n° 10, Juillet-Août 1975 p. 131 à 152 (document en cours de révision).

5. AUTRES TECHNIQUES APPLICABLES

- Renforcement de structure (fiche n° 1)
- Fondations profondes (fiche n° 2)
- Consolidation de cavités par piliers en maçonnerie (fiche n° 8)
- Consolidation de cavités par injection de remplissage (fiche n° 5)

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

- Injections de consolidation des zones décomprimées ou fontis pouvant exister (fiche n° 7). Association nécessaire.
- Renforcement de structure (fiche n° 1). Association fonction de l'appréciation de la qualité de la consolidation.

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

* Couche constituant le ciel de la cavité ayant des caractéristiques permettant le report des charges sur les plots

Couche sur laquelle reposent les plots ayant une résistance suffisante pour supporter les charges apportées sans déformation excessive.

.../...

8. EFFICACITE - PERENNITE

8.1 Efficacité

Fonction de :

- la section effective des plots
- l'assise supportant les plots
- l'adaptation du programme à l'état de la cavité

8.2 Pérennité

Les exemples d'application sont assez récents et restent assez peu nombreux, le recul manque donc pour juger de la tenue à long terme.

9. AVANTAGES

Pas d'accès à la cavité nécessaire

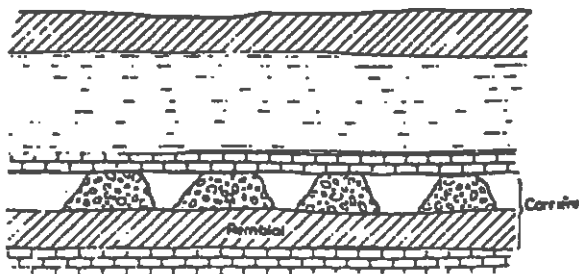
10. INCONVENIENTS

En l'absence d'accès, connaissance de l'état de la cavité imparfaite donc risque d'adaptation médiocre du programme aux conditions réelles

Difficulté de contrôler la géométrie réelle des plots

Appui des plots sur les matériaux meubles pouvant exister au sol de la cavité dont la qualité est difficilement vérifiable et peut être variable

Coulis d'utilisation délicate (maîtrise des temps de prise).



Consolidation non satisfaisante : plots en coulis reposant sur une forte épaisseur de remblai déformable

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet

Géotechnicien ayant une bonne expérience des problèmes de cavité et des matériaux d'injection. A noter qu'un contrôle de la conception et de la réalisation peut être imposée par les services de l'Administration : Service des Mines ou Inspection des Carrières.

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet

- Position, dimension des cavités (anciens plans d'exploitation, étude géologique)
- Etat des cavités et caractéristiques mécaniques de leur ciel
- Présence, épaisseur, résistance des matériaux meubles existant éventuellement au sol de la cavité
- Localisation des emplacements pouvant nécessiter des injections de consolidation

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

Entreprise spécialisée ayant une bonne maîtrise des coulis spéciaux d'injection

12.2 Matériaux et Matériels

12.2.1. Matériaux

Les matériaux utilisés doivent être stables dans les conditions régnant au niveau de la cavité. Le ciment doit être d'un type résistant aux eaux agressives. Dans le cas d'utilisation de sable, il s'agit d'un sable fin (dimension des grains inférieure à 1 mm) suffisamment propre pour pouvoir être malaxé sans formation de grumeaux ou de mottes.

12.2.2. Matériels

Ils comportent :

- des ateliers de forage qui peuvent faire appel à toutes les techniques de perforation adaptées à la dureté des terrains à traverser (tarières, rotation, roto-percussion).
- des installations de préparation des coulis comprenant un système de dosage, un système de malaxage à haute turbulence, un système de stockage temporaire avec agitation des coulis préparés
- des équipements d'injection adaptés au coulis utilisé

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

Rigidité et temps de prise du coulis qui vont déterminer son étalement, donc la forme du plot et son clavage au ciel

12.4 Sujétions d'exécution

Nécessité d'un contrôle visuel final par tous moyens possibles : endoscope, photographie en forage, télévision en forage...

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

Une consolidation bien dimensionnée et correctement exécutée ne nécessite ni entretien, ni surveillance.

14. COUTS

14.1 Facteurs influençant les coûts

- Profondeur à laquelle sont situées les cavités
- Hauteur des cavités

.../...

- Etat du ciel des cavités qui va conditionner le nombre de plots à réaliser
- Injections de consolidation à réaliser dans les zones perturbées éventuelles (zones décomprimées, fontis)

14.2 Ordre de grandeur des coûts

(Valeur 1985)

Forage : 50 - 150 Fr

m3 de coulis : de l'ordre de 1.200 Fr le m3.

AFFAISSEMENTS ET EFFONDEMENTS LIES A L'EXISTENCE DE CAVITÉS SOUTERRAINES

1. CLASSIFICATION : CONSOLIDATION DE CAVITES PAR INJECTIONS DE REPLISSAGE

2. DOMAINE D'APPLICATION

- S'applique normalement à tout type de cavité quelque soit son état.
- Seule méthode applicable, associée aux injections de consolidation, dans le cas de cavités très désorganisées

On distinguera deux cas :

- 2.1. de légères déformations de surface sont acceptables (absences d'ouvrages sensibles ou précautions particulières). Le matériau mis en place pourra être relativement déformable, son rôle étant de limiter le développement d'un effondrement du ciel de la cavité.
- 2.2. les déformations de surface doivent être réduites au minimum pour assurer la stabilité des fondations des ouvrages existants ou à créer : le matériau mis en place devra pouvoir supporter sans déformations préjudiciables à terme le poids des terrains susjaccents et des constructions existantes ou prévues.

3. DESCRIPTIONS

3.1 Principe

=====

Le but recherché est de rétablir la continuité entre le sol et le ciel de la cavité, par comblement avec un matériau dont la composition est déterminée afin de présenter certaines caractéristiques de déformabilité.

3.2 Description du dispositif

=====

La méthode consiste à créer un réseau de forages atteignant la cavité, par lesquels le matériau de remplissage est introduit.

3.2.1. Matériaux de remplissage

Divers matériaux sont utilisés, le but étant de réaliser le comblement avec un produit aussi économique que possible. Les plus courants sont constitués par des mélanges de ciment et de matériaux inertes choisis en fonction des disponibilités locales (sable fin, cendres volantes de centrales thermiques, etc...)

La proportion de ciment utilisée est fonction de la déformabilité à long terme recherchée.

Dans le cas de cavité de grandes dimensions, on peut procéder en deux phases en mettant en place dans un premier stade un matériau graveleux sans liant hydraulique, au moyen de forages de gros diamètres (200-250 mm) et en injectant dans un deuxième stade la masse ainsi créée avec un coulis à base de ciment.

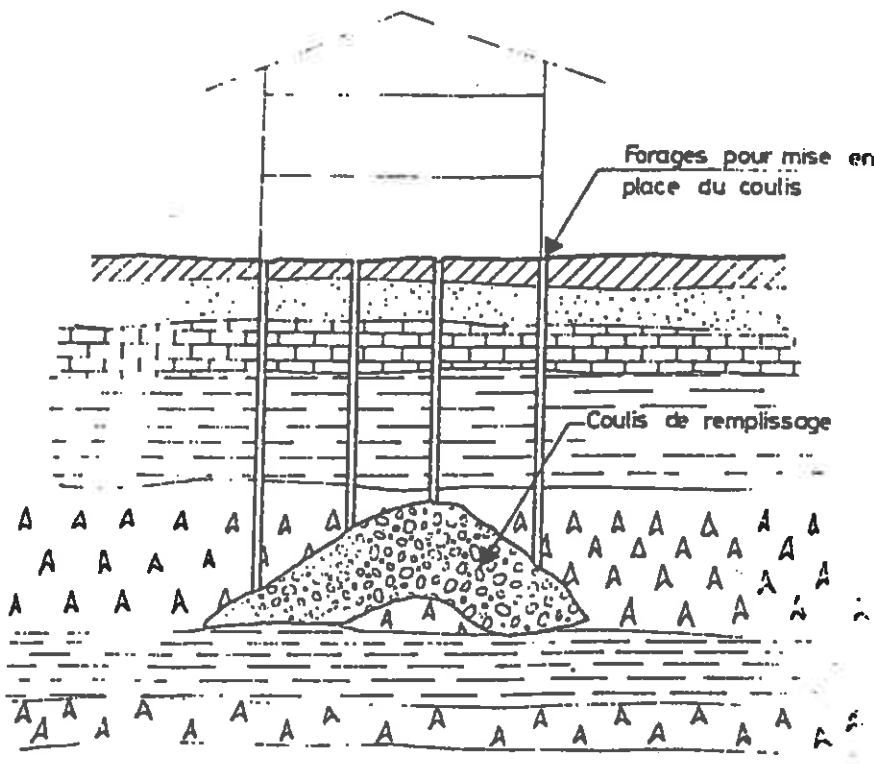
D'autres types de mélange sont également disponibles, coulis expansifs, coulis expansés, coulis mousse, avec lesquels on recherche une diminution de la quantité de matières sèche par unité de volume. Leur emploi est toutefois d'un usage moins courant que celui des coulis ciment + matière inerte.

3.2.2. Réseau des forages

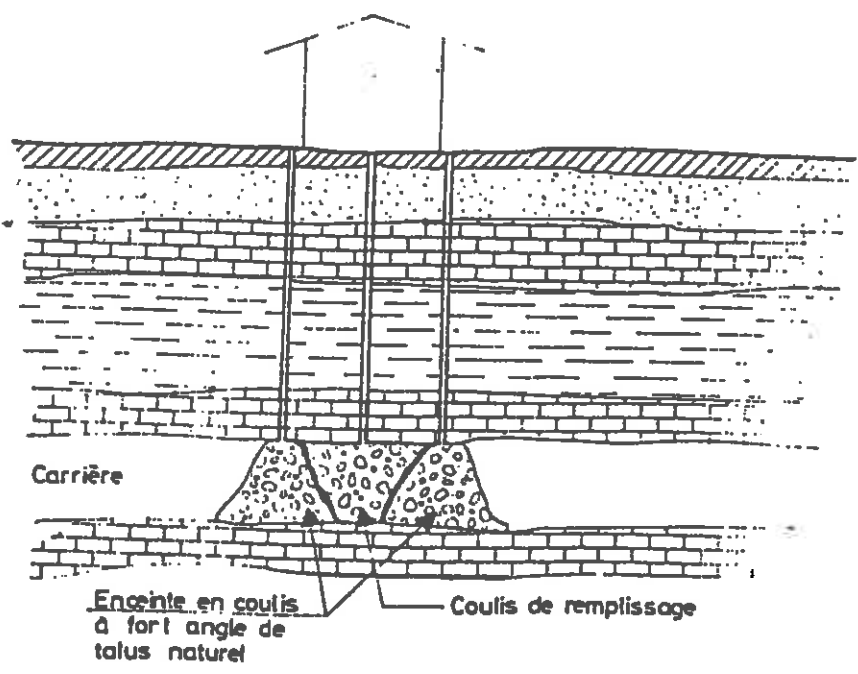
Les forages réalisés sont en général de petit diamètre (de l'ordre de 100 mm).

Chantier de travaux
de consolidation
par injections de
remplissage





A. Injection de remplissage d'une cavité dont l'extension latérale est sensiblement équivalente à celle de la construction.



B. Injection de remplissage d'une cavité dont la surface est très supérieure à celle de la construction, avec création d'une enceinte de confinement.

Le réseau de forages destiné à l'injection est adapté aux données locales :

- Cavités ouvertes ou plus ou moins comblées avant travaux
- Déformations de surface limitées tolérées ou non

La maille est d'autant plus lâche que la diffusion du coulis est plus aisée et que l'on est moins exigeant sur les déformations. A titre d'exemple, une cavité largement ouverte sous un terrain de sport pourra être traitée à partir de forages disposés à raison d'un forage tous les 100 m² environ. Par contre, pour une cavité partiellement comblée, sous une construction, on pourra être amené à prévoir une densité d'un forage pour 25 m² et parfois moins.

3.2.3. Conditions de mise en oeuvre

Pendant la phase principale du traitement, les produits de comblement sont mis en place sans pression au niveau de la cavité au moyen de pompes adaptées aux matériaux, refoulant dans un tube de diamètre inférieur à celui du forage, de façon à permettre à l'air chassé de s'échapper.

Dans la phase finale du comblement, une pression modérée permet d'assurer un bon contact entre le matériau de comblement et le ciel de la cavité.

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

- Recommandations sur le traitement des cavités souterraines et notamment des carrières (CS 78). Annales de l'ITBTP n° 370
- Recommandations concernant les travaux d'injection pour les ouvrages souterrains. "Tunnels", revue de l'Association Française de Travaux en Souterrain n° 10, juillet-août 1975 P. 131 à 152 (document en cours de révision).

.../...

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

- Renforcement de la structure des ouvrages de surface (fiche n° 1)
- Fondations profondes (fiche n° 2)
- Consolidation par piliers en maçonnerie (fiche n° 8)
- Constitution de piliers avec des coulis de ciment à fort angle de talus naturel (fiche n° 4)

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

- Injection de consolidation de zones perturbées : zones décomprimées ou fontis (fiche n° 7), traitement des remplissages existants (association indispensable)
- Renforcement de structure si l'on a des doutes sur la parfaite reconstitution de la continuité sol-ciel

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

La méthode est applicable à toutes les cavités quel que soit leur état, sous réserve de pouvoir traiter de façon satisfaisante les remplissages existants de façon à les rendre peu ou pas déformables.

8. EFFICACITE

Bonne - Toutefois, il doit être rappelé que dans le cas de cavités dues à des dissolutions actives, celles-ci peuvent être ralenties mais non stoppées complètement.

.../...

9. AVANTAGES

- Pas d'accès aux cavités nécessaires
- Travail à partir de la surface
- Travail possible à partir d'une aire décalée en plan par rapport à la zone à traiter.

10. INCONVENIENTS

Nécessité d'un suivi attentif de l'exécution pour adapter les prévisions afin d'assurer la qualité du traitement final.

Impossibilité de prévoir, avec précision, les quantités qu'il sera nécessaire de mettre en oeuvre. Une reconnaissance détaillée permet cependant de réduire l'incertitude.

Difficulté des contrôles tant au niveau des quantités que de la qualité du travail terminé.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

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

L'établissement du projet doit être confié à un spécialiste expérimenté. A noter qu'un contrôle de la conception et de la réalisation peut être imposé par des services de l'Administration : Service des Mines ou Inspection des carrières de la Ville de Paris.

.../...

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet

- Position, dimension des cavités (anciens plans d'exploitation)
- Accessibilité et état de la cavité
- Localisation des emplacements pouvant nécessiter un traitement de consolidation (zones décomprimées, fontis)

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

Les travaux de consolidation par remplissage doivent être nécessairement exécutés par une entreprise spécialisée possédant les qualifications requises.

12.2 Matériaux et matériels utilisés

12.2.1 Matériaux

Les matériaux utilisés doivent être stables dans les conditions régnant au niveau de la cavité. Le ciment doit être d'un type résistant aux eaux agressives. Dans le cas d'utilisation de sable, il s'agit d'un sable fin (dimension des grains inférieure à 1 mm) suffisamment propre pour pouvoir être malaxé sans formation de grumeaux ou de mottes. Un stabilisateur (bentonite) est parfois nécessaire.

12.2.2 Matériels

Ils comportent :

- des ateliers de forage qui peuvent faire appel à toutes les techniques de perforation adaptées à la dureté des terrains à traverser (tarières, rotation, roto-percussion)
- des installations de préparation des coulis comprenant un système de dosage, un système de malaxage (à haute turbulence pour les coulis devant présenter une bonne résistance mécanique), un système de stockage temporaire

- des équipements d'injection. Compte-tenu des faibles pressions requises, les pompes à fort débit sont généralement préférées aux pompes haute pression à faible rendement.

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

Les quantités injectées par forage permettent de suivre le remplissage de la cavité. Ceci doit cependant être confirmé par des forages de contrôle après achèvement du programme prévu. Il est souhaitable de contrôler la qualité du matériau injecté par des essais en place.

12.4 Sujétions d'exécution

Pas de sujétions particulières

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

Dans le cas de cavités dans des matériaux solubles (sel, gypse), il peut y avoir lieu d'envisager des contrôles périodiques pour détecter l'apparition de nouvelles cavités. Des zones de fontis doivent parfois faire l'objet d'un traitement particulier.

14. COÛTS

14.1 Facteurs influençant les coûts

- profondeur à laquelle se trouve la cavité (longueur des forages)
- qualité de la consolidation recherchée et possibilités de circulation du coulis (remplissage existant) qui détermineront la densité des forages et la composition des coulis.

.../...

- efficacité de l'enceinte périphérique destinée à éviter la migration des coulis hors de la zone concernée
- volume de la cavité
- coût des matières utilisées pour la fabrication des coulis
- volume total des travaux

14.2 Ordre de grandeur des coûts (conditions économiques de 1984)

Par ml de perforation : 50/150 F en petit diamètre

Par m3 de coulis injecté : coulis pauvres en ciment 150/250 F
: coulis riches en ciment 300/700 F

AFFAISSEMENTS ET EFFONDEMENTS LIES A L'EXISTENCE DE CAVITÉS SOUTERRAINES

1. CLASSIFICATION : REMBLAIEMENT DES CAVITES SOUTERRAINES

2. DOMAINE D'APPLICATION

Concerne généralement des cavités dont le volume de vide est important et en bon état dans des zones sans ouvrages sensibles : terrains de sport, espaces verts, voirie légère afin d'assurer essentiellement la protection des personnes.

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

=====

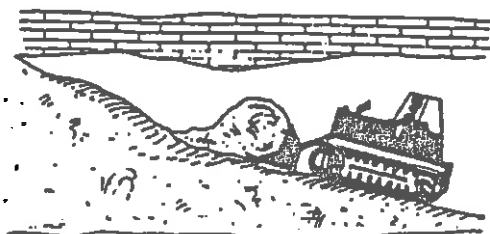
Réduction des mouvements possibles du ciel d'une cavité en cas d'effondrement, par comblement avec des matériaux sans liant hydraulique ce qui limite la propagation de la décompression vers le haut et les déformations en surface.

3.2 Description du dispositif

=====

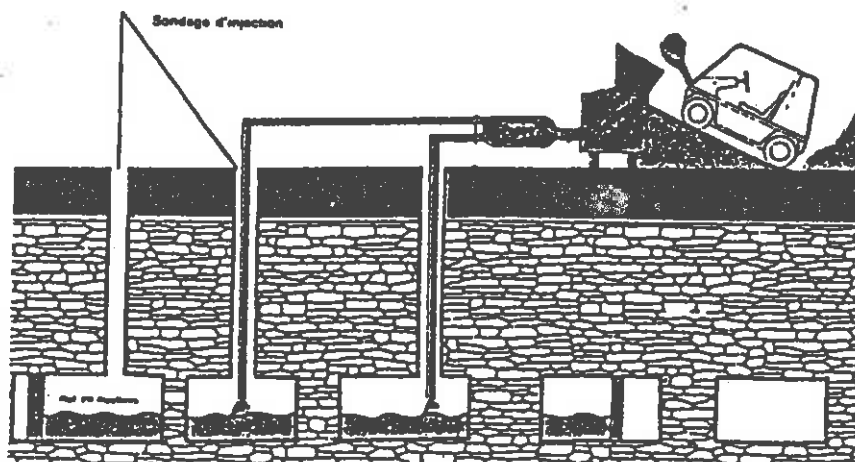
Le comblement de la cavité peut se faire par des moyens :

- mécaniques si l'accès est possible aux engins



Remblayage mécanique.

- hydrauliques ou pneumatiques, éventuellement à partir de forages, les matériaux étant transportés en suspension dans le fluide.



En général, les remblais ne font pas l'objet d'un compactage particulier.

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

Recommandations sur le traitement des cavités souterraines et notamment des carrières (CS 78) Annales de l'ITBTP n° 370 - Mars 1979

5. AUTRES METHODES APPLICABLES

Consolidation de cavité par injections de remplissage (fiche n° 5)

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Injections pour améliorer le contact entre ciel de cavité et remblai

Injections de consolidation dans le cas d'existence de zones décomprimées ou de fontis en cours d'évolution (fiche n° 7)

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

7.1 Remblais exécutés mécaniquement
=====

Existence d'un accès facile permettant l'amenée des engins et l'approvisionnement en matériaux

Dimension de la cavité permettant la circulation des engins

Etat de la cavité assurant la sécurité des personnels

7.2 Remblais exécutés hydrauliquement ou pneumatiquement
=====

Assurance que l'apport d'eau ne compromet pas la stabilité de la cavité

Possibilité d'évacuation de l'eau après essorage

8. EFFICACITE - PERENNITE

La méthode ne constitue pas une consolidation et autorise donc des mouvements. L'ampleur de ceux-ci sera liée à la déformabilité des matériaux mis en place et à la qualité du bourrage final effectué pour assurer le clavage du remblai sous le ciel de la cavité

Les remblais mis en place peuvent tasser sous leur poids propre dans le temps avec réapparition d'un vide résiduel.

9. AVANTAGES

Relative simplicité d'exécution

.../...

10. INCONVENIENTS

Ceux liés aux limites d'efficacité de la méthode.

Difficulté d'être assurés d'un remblaiement complet en cas de comblement par voie hydraulique ou pneumatique à partir de forages.

Peut constituer une gêne à la mise en oeuvre de techniques de consolidation en cas de changement d'affectation des terrains nécessitant une limitation plus tructe des mouvements.

Possibilité de poursuite de la dégradation de la couverture de la cavité.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

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

Expérience permettant de juger de l'applicabilité - connaissance des techniques de remblaiement utilisées.

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

Connaissance de la géométrie de la cavité et de ses possibilités d'accès et de son état.

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise
=====

- . remblaiement mécanique : entreprise de terrassement
- . remblaiement hydraulique ou pneumatique : entreprise disposant du matériel spécialisé nécessaire

.../...

12.2 Matériaux et matériels

12.2.1. Matériaux

Matériaux granulaires stables dans les conditions régnant au niveau de la cavité. Proscrire les argiles, limons, matériaux organiques, plâtras, les matériaux comportant une proportion importante de blocs.

12.2.2. Matériels

- Remblaiement mécanique : matériel de transport et de régalaage adaptés aux dimensions de la cavité
- Remblaiement hydraulique et pneumatique : pompes adaptées aux matériaux mis en oeuvre

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

Clavage du remblai au ciel de la cavité

12.4 Sujétions d'exécution

Pas de sujétions particulières

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

Après un certain laps de temps, il peut être justifié de vérifier l'importance du vide résiduel dû au tassement des remblais et de procéder à un comblement complémentaire.

14. COUTS

14.1 Facteurs influençant les coûts

- Profondeur de la cavité
- Accès à la cavité

AFFAISSEMENTS ET EFFONDREMENTS LIES A L'EXISTENCE DE CAVITÉS SOUTERRAINES

1. CLASSIFICATION : INJECTIONS DE CONSOLIDATION

2. DOMAINE D'APPLICATION

Traitement destiné à redonner des caractéristiques mécaniques convenables à des masses de terrain de faible résistance associées à l'existence de cavités : terrains décomprimés ou désorganisés par l'effondrement ou la déformation du ciel de la cavité, matériaux meubles accumulés au sol de la cavité

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

=====

Injection sous-pression dans les terrains à consolider de coulis constitués par des mélanges à base d'eau-argile-ciment, auxquels, suivant la nature des terrains à traiter peuvent être adjoints des charges de matières inertes (essentiellement cendres volantes de centrale thermique). L'action se fait d'une part par remplissage des vides existants, accessibles au coulis, d'autre part par compression du terrain sous l'effet de la pression appliquée.

3.2 Description du dispositif

=====

L'injection se fait à partir de forages traversant la masse à traiter, répartis en fonction de la forme de la zone à consolider et des possibilités de pénétration du coulis dans les terrains.

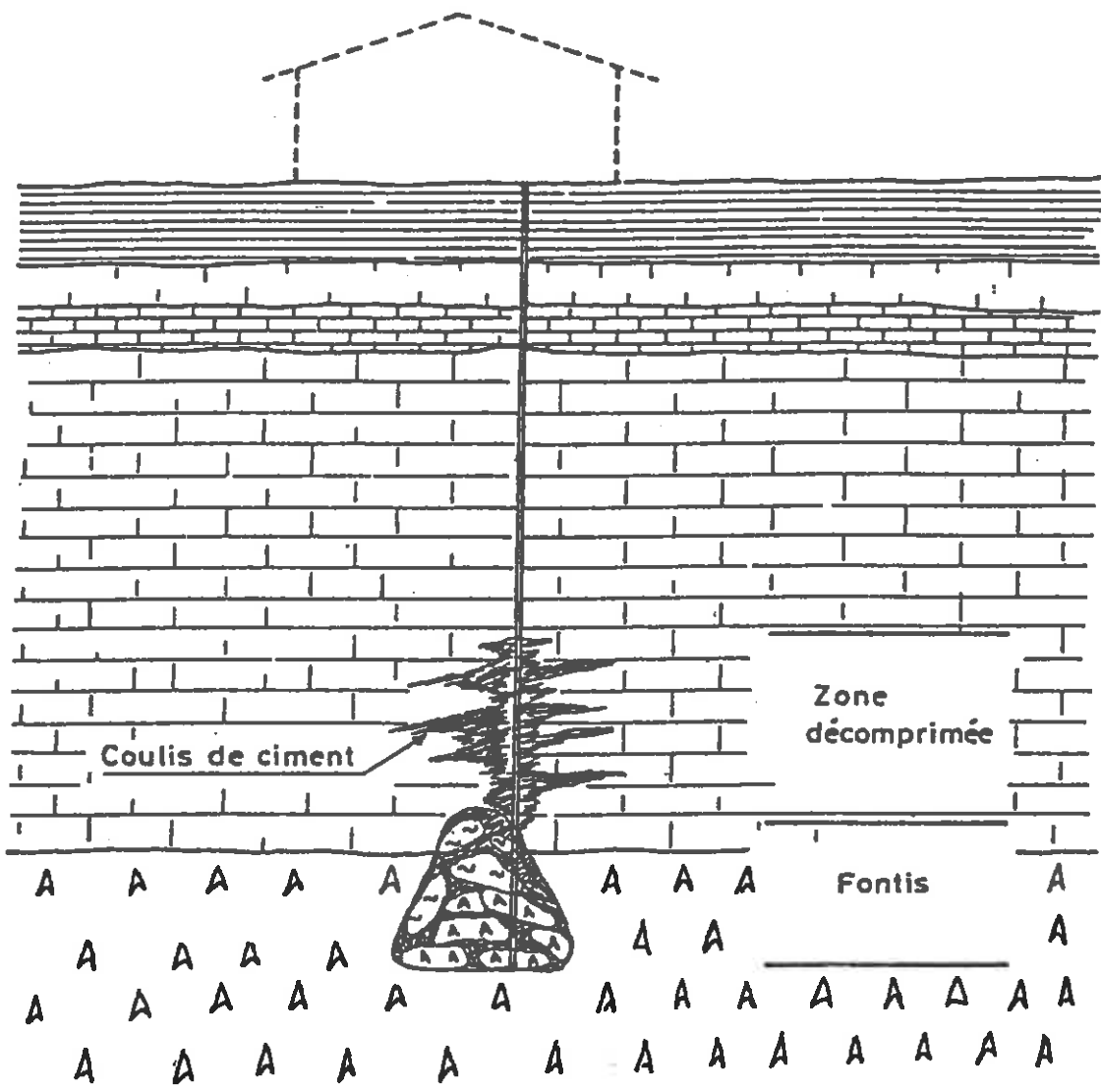
En général, elle se fait en plusieurs étapes, relative chacune à une tranche de quelques mètres d'épaisseur. La tranche à injecter est isolée par mise en place d'obturateurs constitués le plus souvent par des cylindres de caoutchouc gonflables.

Plusieurs techniques peuvent être utilisées :

- Injection en descendant : le forage est exécuté sur la hauteur d'une tranche puis l'injection de celle-ci a lieu. La tranche sous-jacente est atteinte par reforage à travers le coulis faiblement durci. La technique est utilisée dans le cas de terrains particulièrement instables. Elle implique une alternance de forage et d'injection qui immobilise des équipements et réduit les rendements
- Injection en remontant : le forage est exécuté sur toute sa hauteur et l'injection effectuée par tranche par déplacement de l'obturateur. C'est la technique la plus simple et la plus économique.
- Injection par tube à manchettes : le forage est exécuté sur toute sa hauteur puis un tube perforé dont les trous sont obturés extérieurement par un manchon de caoutchouc (manchette) est scellé dans le trou avec un coulis de faible résistance. L'injection se fait après rupture locale du coulis de scellement par mise en pression. Les manchettes qui n'autorisent la circulation du coulis que vers l'extérieur permettent de garder libre la lumière du tube et de moduler de façon très précise la conduite de l'injection. Cette technique est utilisée lorsque l'on veut réaliser des traitements soignés car elle est onéreuse.

Coulis utilisés - On recherche en général des coulis à viscosité réduite pour assurer une bonne pénétration dans les vides existants. Ce sont des mélanges eau-ciment avec adjonction d'une faible proportion d'argile pour éviter une sédimentation trop rapide. Lorsque la masse à traiter comporte des vides ou fissures relativement importants, on peut dans une première phase ajouter une charge inerte afin d'éviter un cheminement du coulis hors de la zone intéressée.

.../...



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

Recommandations concernant les travaux d'injection pour les ouvrages souterrains - "Tunnels". Revue de l'Association Française de Travaux en Souterrain n° 10 - Juillet, Août 1975 (document en cours de révision).

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Fondations profondes (fiche n° 2)

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Renforcement de structure (fiche n° 1)

Fondations profondes (fiche n° 2)

Consolidation par piliers en maçonnerie (fiche n° 8)

Consolidation par plots en coulis à fort angle de talus (fiche n° 4)

Injections de remplissage (fiche n° 5)

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Existence de zones justifiables du traitement

8. EFFICACITE - PERENNITE

8.1 Efficacité

=====

Liée à une bonne connaissance de l'extension des zones à traiter et à la bonne adaptation de la nature du coulis au terrain à traiter.

Généralement bonne.

.../...

8.2 Pérennité

=====
Cette technique est utilisée depuis de nombreuses années en consolidation de terrains et a fait la preuve de sa bonne pérennité.

9. AVANTAGES

Souplesse

Possibilité d'intervention à partir d'un emplacement décalé par rapport à la zone à traiter

10. INCONVENIENTS

Difficulté de cerner à priori le coût des travaux

Difficulté d'appréciation du résultant du traitement

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet

=====
Géotechnicien ayant une bonne maîtrise des techniques de l'injection des cavités souterraines.

.../...

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet

Localisation et géométrie des anomalies nécessitant un traitement
 Nature des terrains à injecter (porosité, intensité de fracturation)

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

Entreprise spécialisée

12.2 Matériaux et matériels utilisés

12.2.1 Matériaux

Ciment résistant aux eaux agressives. Argile traitée pour l'injection (essentiellement bentonite)

12.2.2 Matériels

Matériel et équipement de forage adapté aux terrains à traverser

Pompes haute pression facilement réglable en débit et pression

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

Les mouvements du sol dans le cas d'intervention sous des ouvrages existants. Dans un premier stade, en début d'injection, on peut observer quelques tassements. A l'inverse, en fin de traitement, il peut y avoir des soulèvements notables.

Les réseaux existants au voisinage pour s'assurer qu'il ne s'y produit pas des résurgences risquant de les obturer ni de ruptures à la suite de mouvements intempestifs.

12.4 Sujétions d'exécution

Pas de sujétions d'exécution particulières

13. SUJETION D'EXPLOITATION

Le traitement ne nécessite ni entretien, ni surveillance

14. COUTS

14.1 Facteurs influençant les coûts

- . Conditions d'accès
- . Dimensions de l'anomalie à traiter (nombre et longueur des forages)
- . Mode de traitement retenu (en remontant, en descendant, tube à manchette, dans l'ordre croissant des coûts)
- . Nature du terrain (densité des forages)

14.2 Ordre de grandeur des coûts

En 1985, les éléments de prix sont les suivants :

forage :	de 130 à 180 Fr le m.l.
injection : mise en oeuvre	de 450 à 600 Fr le m3
fourniture	de 200 à 400 Fr par m3

.../...

AFFAISSEMENTS ET EFFONDREMENTS LIES A L'EXISTENCE
DE CAVITÉS SOUTERRAINES

1. CLASSIFICATION : CONSOLIDATION DE CAVITES PAR PILIERS EN MACONNERIE

2. DOMAINE D'APPLICATION

Soutien du ciel de cavités ouvertes en bon état

Essentiellement utilisée pour le confortement d'anciennes exploitations (carrières)

Inadapté aux cavités évolutives (roches fortement solubles sous nappe)

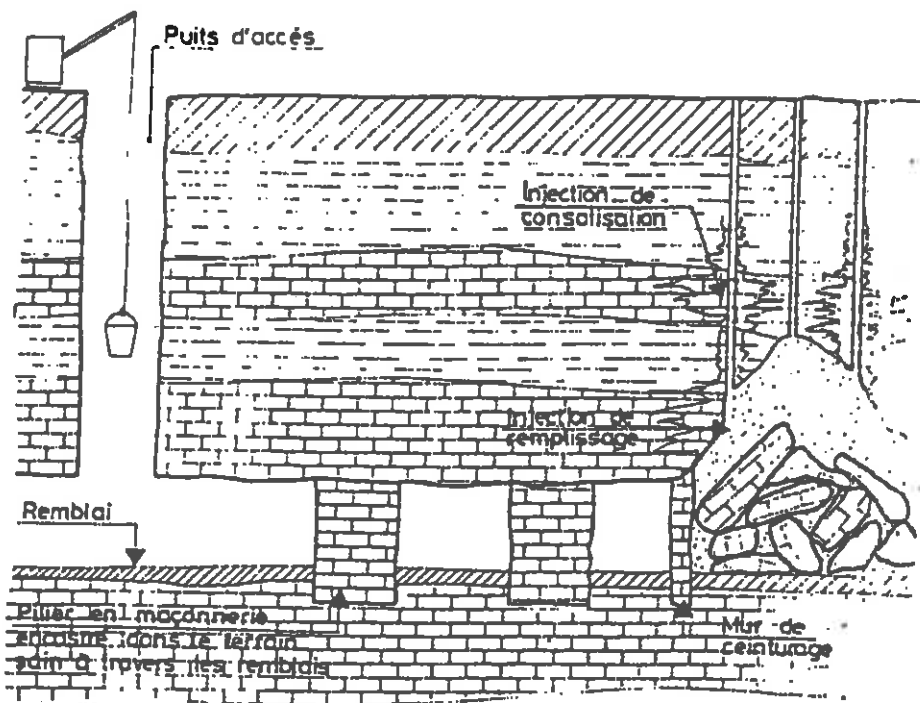
3. DESCRIPTION

3.1 Principe

=====
Réduction de la portée non soutenue du ciel d'une cavité par création d'appuis intermédiaires

3.2 Description du dispositif

=====
Les appuis sont constitués par des piliers en maçonnerie de moellons durs appuyés et ancrés dans les terrains en place au sol de la cavité.



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

- Recommandations sur le traitement des cavités souterraines et notamment des carrières (CS 78). Annales de l'ITBTP n° 370. Mars 1979

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

- Renforcement de structure (fiche n° 1)
- Fondations profondes (fiche n° 2)
- Consolidation de cavités par plots en coulis à fort angle de talus naturel (fiche n° 4)
- Consolidation de cavités par injections de remplissage (fiche n° 5)

.../...

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

- Injections de consolidation dans les zones perturbées au-dessus de la cavité (zones déconsolidées, fontis) (fiche n° 7)

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

- Accessibilité de la cavité par des ouvrages existants (puits ou galerie) ou à créer
 - Etat de la cavité suffisamment bon pour que l'exécution ne comporte pas de risque pour le personnel
 - Couche constituant le ciel de la cavité ayant des caractéristiques permettant le report des charges sur les piliers
 - Couche servant d'assise aux piliers ayant une résistance suffisante pour supporter les charges apportées par ceux-ci sans déformation excessive.
8. EFFICACITE - PERENNITE

L'efficacité et la pérennité sont attestées par l'excellente tenue de consolidations pratiquement centenaires.

9. AVANTAGES

- Moyens nécessaires relativement légers
- Adaptation de la consolidation à l'état exact de la cavité
- Limitation stricte des travaux à l'emprise qui doit être stabilisée
- Coût assez bien cerné si le projet a bien été étudié

.../...

10. INCONVENIENTS

- Nécessité de bien connaître l'état de la cavité si l'on veut éviter de se trouver confronté, lors des travaux, à des accidents obligeant des dispositions particulières très coûteuses

- Travaux en souterrain

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

11.1 Qualification de l'auteur du projet

L'établissement du projet doit être confié à un spécialiste averti. A noter qu'un contrôle de la conception et de la réalisation peut être imposé par des services administratifs : Service des Mines, Inspection des carrières de la Ville de Paris par exemple.

11.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet

- Position, dimension des cavités (anciens plans d'exploitation étude géologique, sondages)
- Recherche d'un accès éventuel à la cavité à consolider
- Etat et caractéristiques mécaniques du ciel et du sol de la cavité si possible à partir d'une visite
- Epaisseur des matériaux meubles pouvant exister au sol de la cavité
- Localisation des emplacements pouvant nécessiter une injection de consolidation

.../...

12. REALISATION

12.1 Qualification de l'entreprise

La construction de piliers maçonnés est normalement réalisée par des entreprises spécialisées ayant une expérience des travaux en souterrain. Une telle qualification est indispensable s'il est nécessaire de créer un accès à la cavité.

12.2 Matériaux et matériels utilisés

12.2.1 Matériaux

- Moellons, de pierre dure, capable de supporter sans écrasement les efforts
- Ciment résistant aux eaux agressives

12.2.2 Matériels

- Essentiellement destinés à la manutention des matériaux

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

- L'assise des piliers afin de s'assurer qu'ils reposent sur le terrain non remanié
- le clavage entre les piliers et le ciel de la cavité de façon à éviter les déformations de ce dernier conduisant à son affaiblissement

12.4 Sujétions d'exécution

Celles d'un travail en souterrain essentiellement manuel, dans des espaces souvent exigus.

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

Une confortation par piliers en maçonnerie correctement dimensionnée ne nécessite ni entretien ni surveillance.

14. COÛTS

14.1 Facteurs influençant les coûts

- Existence ou non d'un accès à la cavité. La création d'un accès peut constituer une part notable du coût total en cas de recouvrement important et même enlever son intérêt à la méthode
- Hauteur de la cavité
- Etat du ciel de la cavité qui va conditionner le rapport de la section des piliers à la surface de la cavité. En tout état de cause, celui-ci ne doit pas être inférieur à 20 %.
- Injections de consolidation à effectuer dans les zones perturbées éventuelles (zones décomprimées, fontis)

14.2 Ordre de grandeur des coûts

En 1985, le coût d'une consolidation par piliers en maçonnerie peut être estimé de 500 à 800 Fr par mètre carré de surface à consolider et par mètre de hauteur de la cavité.

.../...

AFFAISSEMENTS ET EFFONDREMENTS LIES A L'EXISTENCE DE CAVITÉS SOUTERRAINES

1. CLASSIFICATION : SURVEILLANCE DES RESEAUX

2. DOMAINE D'APPLICATION

S'applique aux réseaux porteurs de fluides (eau - gaz) situés dans des zones susceptibles de présenter des mouvements. Ceux-ci, même parfois de faible importance, peuvent être à l'origine de fuites avec comme conséquences un déclenchement d'une instabilité (glissement de terrain par saturation, accélération de déclenchement de fontis, dissolution de matériau soluble) et/ou une aggravation du risque (accumulations de gaz avec risque d'explosion).

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

=====

Vérification périodique de l'intégrité des conduites et réparation des incidents constatés.

3.2 Méthodes de surveillance

=====

Les possibilités sont multiples :

- Observations (visuelle d'humidité inhabituelle
- (odeur de gaz
- (déformations de surface

- . Recherche de fuites des réseaux sous pression par écoute des bruits
- . Recherche d'émission de gaz
- . Examen visuel par caméra de télévision de conduite d'eau usée ou d'eau pluviale
- . Essais d'étanchéité par mise en charge de tronçons de réseau isolés par des obturateurs.

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

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

5. EFFICACITE

Bonne pour le but recherché sous réserve que la périodicité des inspections soit adaptée au risque de mouvements

6. REALISATION

6.1 Qualification de l'entreprise
=====

Les méthodes d'écoute de bruits sont pratiquées par les sociétés gestionnaires des réseaux concernés.

La méthode de recherches de fuites par caméra de télévision ou mise en charge sont mises en oeuvre par des sociétés disposant du matériel nécessaire

6.2 Matériel

- Obturateurs, éventuellemnt limnigraphe
- Caméras

6.3 Sujétions d'exécution

=====
Aucunes pour les écoutes de bruit

Nettoyage soigné préalable à l'utilisation d'une caméra de télévision

Mise hors service momentanée de la canalisation pour les essais de mise en charge.

7. COUTS

Les écoutes de bruits font normalement partie de la maintenance assurée par les concessionnaires.

Caméra de télévision et mise en charge : 4.500 à 5.500 Fr par journée d'utilisation

GLISSEMENTS DE TERRAINS

1. CLASSIFICATION : CONDITIONS D'IMPLANTATION

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 où 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 correspond à une zone d'émergence de nappe.

4. 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.

5. 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.

6. 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 les recommandations.

7. COÛT

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

GLISSEMENTS DE TERRAINS

1. CLASSIFICATION : FONDATIONS PROFONDES

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 (barrettes) 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. 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

6. EFFICACITE - PERENNITE

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

7. 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

8. 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.

9. ETABLISSEMENT DU PROJET

9.1 Qualification de l'auteur du projet

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

9.2 Eléments 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.

10. COÛT

10.1 Facteurs influençant les coûts

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

10.2 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).

GLISSEMENTS DE TERRAINS

1. CLASSIFICATION : CONCEPTION DES RESEAUX

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'Etat 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. EFFICACITE - PERENNITE

5.1 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.

5.2 Pérennité

Bonne si les déformations restent dans les limites acceptables.

6. ETABLISSEMENT DU PROJET

6.1 Qualification de l'auteur du projet

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

6.2 Eléments 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).

7. REALISATION

7.1 Qualification de l'entreprise

V.R.D.

7.2 Matériaux et matériels

7.2.1. Matériaux

Matériaux ayant fait l'objet d'un agrément CSTB

7.2.2, Matériel

Matériel de terrassement

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

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

7.4 Sujétions d'exécution

Pas de sujétions particulières

8. SUJETION D'EXPLOITATION

8.1 Entretien

Réparation des éléments défectueux du réseau

8.2 Surveillance

Vérification périodique de l'étanchéité du réseau
Localisation des fuites

9. COÛTS

9.1 Facteurs influençant les coûts

- Nature des matériaux de canalisation utilisés

- Longueur du réseau situé dans la zone d'affaissement potentiel

.../...

9.2 Ordre de grandeur des coûts

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

GLISSEMENTS DE TERRAINS

1. CLASSIFICATION : REVEGETALISATION SUR PETITES BANQUETTES

2. DOMAINE D'APPLICATION

Aide à la colonisation de versants dénudés soumis à un phénomène d'érosion en nappe ou en rigoles et à un ruissellement important.

Aide à la végétalisation de talus, en soutien des autres techniques dans les cas difficiles.

Fixation de ravinements superficiels

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

Création de points d'appui à la colonisation végétale du versant.

Cet objectif est atteint par la construction en courbes de niveau de banquettes grillagées atterries artificiellement et plantées d'espèces herbacées et (ou) arbustives colonisatrices.

Le rôle de la banquette grillagée est de :

- limiter (avant que la végétation ne soit installée) le ruissellement et le décapage du versant

- soutenir mécaniquement un atterrissement meuble mis à la disposition du matériel végétal pour faciliter son installation (stabilité, réserve hydrique, ameublissement) (voir photo n° 1).

3.2 Description du dispositif

=====

Le dispositif type consiste en un réseau de banquettes disposées en courbes de niveau selon un espacement variable avec la pente le long du versant. La première banquette part d'un niveau jugé stable. Le dispositif est réalisé partant du bas.

Chaque banquette est réalisée de la façon suivante :

- terrassement d'une plateforme de 0,50 m à 0,60 m de largeur en courbe de niveau
- installation de jambes de force et ancrages (voir photo n° 2)
- pose du parement en treillis à gabion (voir schémas n°s 1 - 2 et 3)
- remblai
- plantation d'espèces adaptées aux conditions pédo-écologiques.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE UTILISEES

Sur le même principe, la construction peut être réalisée entièrement avec du matériel végétal : piquets en bois et branchages. Cette technique très économique a été longtemps utilisée sous le nom de fascines ou clayonnages.

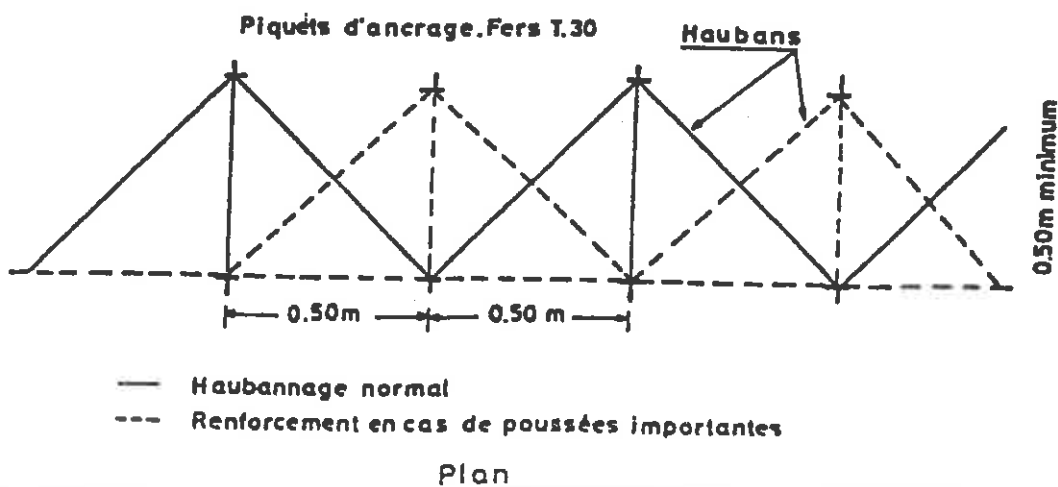
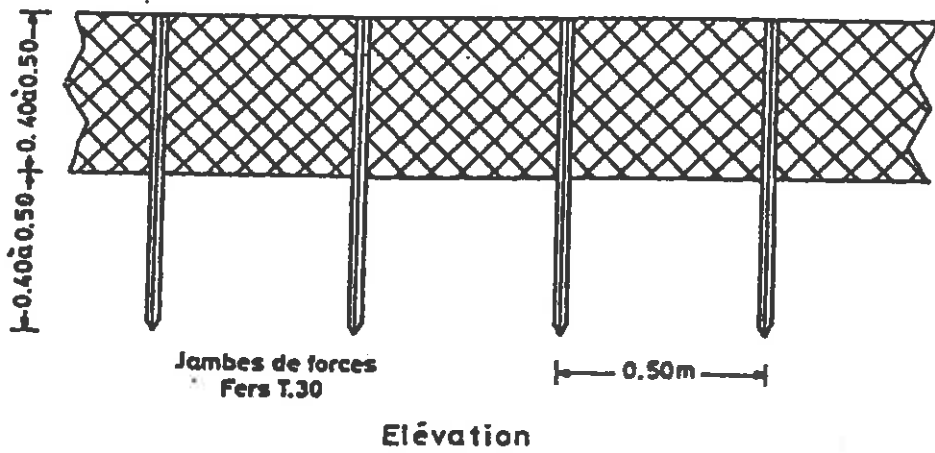
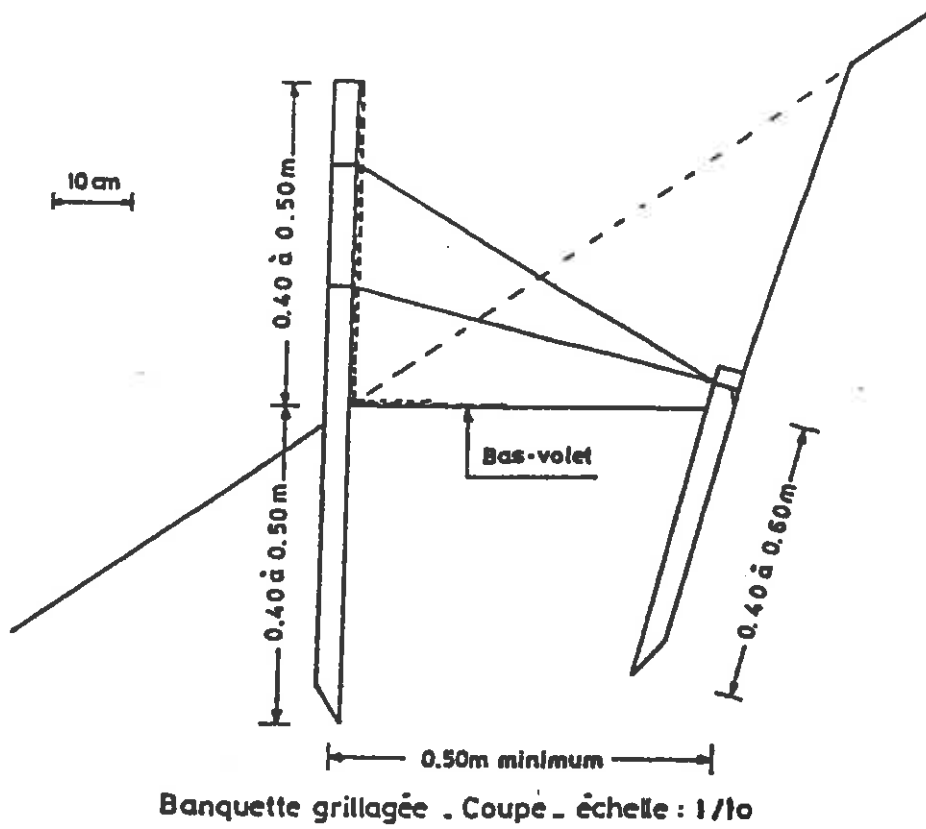
Le treillis à gabion métallique peut être remplacé par divers types de toiles en polyester ou synthétiques divers.

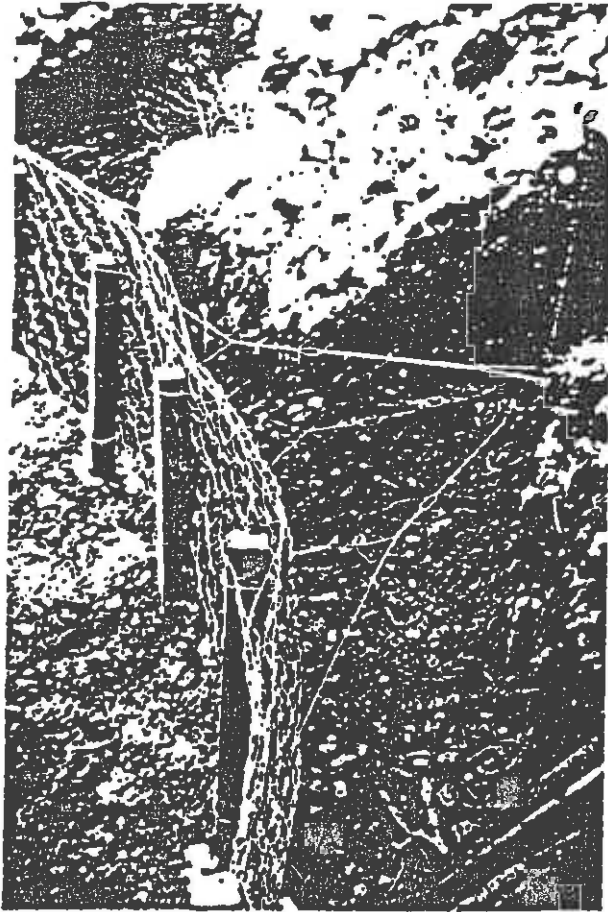
6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Association indispensable avec :

- Cordon de végétaux interbanquettes
- Plantation en pied de banquette
- Enherbement par semis

.../...





Détail de construction d'une
banquette



Revégétalisation sur terres noires très érodées

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

- Topographie : en général, pentes n'excédant pas 75 %
- Absence de zones en glissements, même superficiels
- Distance inter-banquettes n'excédant pas 2,50 m en dénivelée. Peut être ramenée à 3 m sur pentes faibles (30 à 40 %) ou en utilisant (si le site le permet), des cordons végétaux inter-banquettes, ou au contraire peut être diminuée dans les cas difficiles.
- Nécessité de se prémunir contre l'érosion régressive du versant, éventuellement par stabilisation des ravines et du cours d'eau qui le draine.

8. EFFICACITE - PERENNITE

En site adapté, très bonne efficacité

La pérennité est liée à l'installation de la végétation qui doit prendre le relais de l'ouvrage. La durée de vie d'une banquette est de 15 à 20 ans suivant le site.

9. AVANTAGES

Seul moyen d'installer de la végétation sur des pentes fortes et des longueurs importantes de versants érodés.

Fiabilité et durée de vie bien supérieures aux techniques anciennes : fascinages et clayonnages.

10. INCONVENIENTS

Onéreux

Nécessité d'entretiens périodiques dans les premières années.

Souvent nécessité de compléter le dispositif ultérieurement car l'adéquation parfaite au site est très difficile à obtenir directement.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

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

Personnel technique expérimenté.

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

- Bonne connaissance du type d'érosion rencontré sur le site
- Localisation phyto-sociologique du site en vue du choix d'espèces végétales adaptées
- Etude topographique légère

12. REALISATION

12.1 Qualification requise des entreprises
=====

Il s'agit essentiellement de travaux manuels. La qualité des prestations dépend beaucoup de l'expérience de l'équipe de réalisation.

✓ 12.2 Matériaux utilisés
=====

Parement : grillage type toile à gabion double nappe, maille 50 x 70 fil galvanisé de 3 mm de diamètre

Jambes de forces et piquets de retraits : fers en T de 30 ou fers à béton ou piquets de bois 10 x 10 (châtaignier ou accacia)

Haubans : fils de fer galvanisé n° 17 JP (3 mm)

Variante possible pour le parement : tissus ou toiles synthétiques utilisées en T.P.

.../...

Matériel :

En sols meubles : terrassements manuels et enfoncement des piquets à la masse

Sur substrat dur (type marnes) : compresseur et/ou groupe électrogène faisant fonctionner marteaux piqueurs et perceuses

En site peu accessible, utilisation de marteaux piqueurs à moteur incorporé.

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION13.1 Entretien
=====

Interventions destinées à :

- éventuellement compléter le dispositif
- regarnir les plantations
- réparer les banquettes endommagées

13.2 Surveillance
=====

- suivi de l'évolution de la végétation
- surveillance de l'état des banquettes

14. COÛT14.1 Facteurs influant sur les coûts
=====

- Adéquation du site
- Accessibilité du site
- Qualification et expérience de l'équipe chargée des travaux
- Choix judicieux de l'espacement inter-banquette

14.2 Ordre de grandeur des coûts
=====

En 1984, de 150 à 300 F le mètre linéaire de banquettes suivant le site et la qualification de l'équipe de réalisation.

Le coût de la main d'oeuvre intervenant en général pour plus de 50 % dans le prix de revient total.

GLISSEMENTS DE TERRAINS

1. CLASSIFICATION : COLLECTE DES EAUX DE SURFACE

2. DOMAINE D'APPLICATION

La méthode s'applique à toutes les pentes où la présence d'eau dans les terrains est le facteur principal d'instabilité potentielle et où les eaux reçues sur la surface localement contribuent pour une part importante à l'alimentation de la nappe. Elle s'utilise lorsque les terrains sont peu perméables.

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

La méthode consiste à intercepter les eaux de pluie qui ruissellent en surface et celles qui s'infiltrent de façon à limiter leur percolation en profondeur.

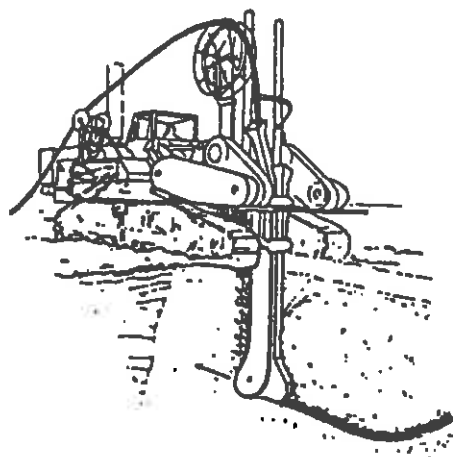
3.2 Description du dispositif

Les eaux ruissellant en surface peuvent être collectées par des dispositifs semblables à ceux décrits dans la fiche n° 13 à laquelle on se reportera.

Les eaux déjà infiltrées peuvent être recueillies par des drains mis en place à faible profondeur (moins de 1,5 m en général) comme cela est de pratique courante pour l'assainissement de zones agricoles. Cette méthode est très ancienne et a connu ces dernières années un regain avec l'apparition de matériels très performants pour leur mise en place. Elle est d'une grande souplesse et peut être réalisée aussi bien manuellement qu'avec des moyens très mécanisés.

La base reste la réalisation d'une saignée de faible profondeur dans laquelle est mis en place un collecteur de faible diamètre. La profondeur doit cependant être suffisante pour qu'il n'y ait pas de risque de dommages provoqués par des terrassements superficiels courants. Les drains en poterie très utilisés auparavant, sont aujourd'hui à peu près abandonnés au profit de drains souples en PVC annelé qui ne présentent pas le risque de rupture ou de déboitement des collecteurs rigides. Le réseau doit impérativement être raccordé à un exutoire naturel.

drainage mis en place à la
trancheuse



Suivant l'importance des surfaces à traiter, la saignée peut être réalisée à la pelle mécanique, à la sous-soleuse, à la trancheuse. Les équipements les plus évolués réalisent automatiquement la saignée, la mise en place du drain, la mise en place du filtre, le remblaiement de la saignée. Dans ce cas, le fait que le drain soit mis en place immédiatement derrière l'outil réalisant la saignée, élimine toutes les sujétions de stabilité de parois latérales.

4. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

- eaux de pluie reçue localement participant pour une part importante à l'alimentation de la nappe
- existence d'un exutoire
- nature des terrains permettant l'exécution de la saignée.

5. EFFICACITE - PERRENITE

L'efficacité de tels dispositifs est démontrée par les instabilités qui peuvent apparaître lorsque les réseaux de collecte des eaux et les drainages agricoles ne sont plus entretenus ou sont détruits. Elle nécessite cependant le traitement de surfaces suffisamment grandes pour que la quantité d'eau parvenant à la nappe soit réduite de façon significative.

La pérennité est bonne comme en atteste l'existence de drainages agricoles datant du siècle dernier et toujours en fonction, elle est cependant fonction d'un minimum d'entretien et il peut être nécessaire de procéder à des réfections localisées.

6. AVANTAGES

Une grande souplesse avec possibilité de compléter le dispositif pour en améliorer l'efficacité.

Coût relativement modéré.

7. ETABLISSEMENT DU PROJET

7.1 Qualification de l'auteur du projet

Il devra justifier d'une expérience de ce type d'aménagement pour déterminer la disposition du réseau de drainage (tracé, profondeur, écartement)

7.2 Eléments nécessaires à l'établissement du projet

- Topographie
- Ordre de grandeur de la perméabilité des terrains

8. REALISATION

8.1 Qualification de l'entreprise

Pose de canalisation. Pour les projets importants, il existe des entreprises très spécialisées dans le drainage agricole.

8.2 Matériaux et Matériels

Matériaux : drains annelés souples

Matériels : Suivant l'importance des travaux : pelle mécanique, sous-soleuse ou trancheuse spécialisée.

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

=====

- profil en long du drain. Il ne doit pas y avoir de contrepente et la pente doit être suffisante pour assurer un bon écoulement de l'eau.
- la qualité de l'exutoire qui doit être telle qu'il ne puisse pas y avoir inversion de l'écoulement
- une protection du débouché pour éviter la pénétration de petits animaux pouvant provoquer un bouchage.

8.4 Sujétions d'exécution

=====

Pas de sujétions particulières.

9. SUJETIONS D'EXPLOITATION

9.1 Surveillance

=====

Elle se limite à une surveillance du bon fonctionnement en contrôlant périodiquement les débits, en tenant compte des précipitations.

9.2 Entretien

=====

Maintien de l'exutoire (curage périodique des tranchées ou fossés dans lesquels débouche le réseau).

10 COÛTS

10.1 Facteurs influençant les coûts

=====

L'importance du réseau à réaliser qui conditionnera les matériels utilisés.

GLISSEMENTS DE TERRAINS

1. CLASSIFICATION : COLLECTE DES EAUX PROVENANT DE L'AMONT

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.

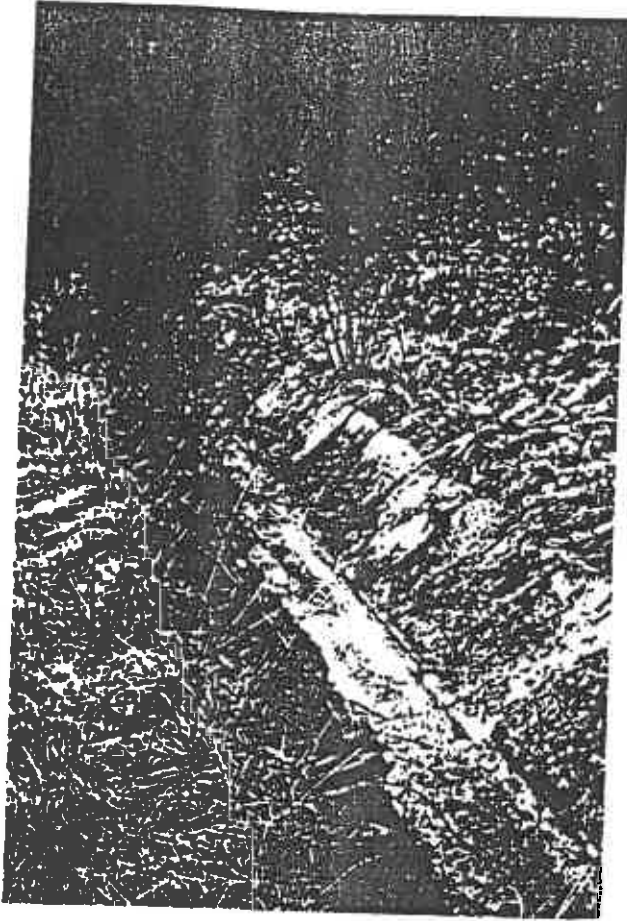
3. DESCRIPTION

3.1 Principe

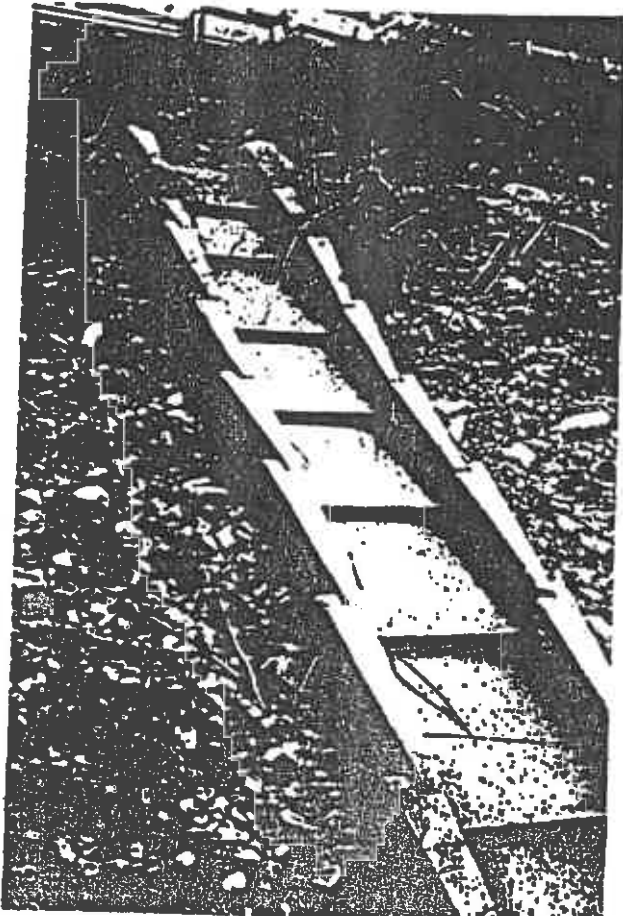
Rassembler toutes les eaux superficielles, permanentes ou temporaires, qui s'écoulent en direction d'un périmètre sensible ou qui y ruissellent déjà, pour les conduire, par des cheminements étanches, jusqu'à des exutoires convenablement choisis, c'est-à-dire ne reportant pas le risque de glissement sur 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

- dérangement de l'assiette allant jusqu'à créer un point bas
- colmatage des conduits (corps étrangers, concrétions)

6. 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.

7. 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.

8. ETABLISSEMENT DU PROJET

8.1 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.

8.2 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.

9. REALISATION

9.1 Qualification de l'entreprise

=====

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

9.2 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.

9.3 Suivi particulier

=====

Le problème d'étanchéité en général

9.4 Sujétions d'exécution

=====

Pas de sujétions particulières.

.../...

10. SUJETIONS D'EXPLOITATION

10.1 Entretien
=====

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

10.2 Surveillance
=====

Régulière à vue, pour déclencher l'entretien

11. COÛT

11.1 Facteurs influençant le coût
=====

Nature des matériaux utilisés

Longueur des tracés

CHUTES DE PIERRES OU DE BLOCS

=====

1. CLASSIFICATION : CONDITIONS D'IMPLANTATION

Mesure rapprochée

Méthode courante

Méthode principale ou d'accompagnement

2. DOMAINE D'APPLICATION

L'examen des conditions d'implantation s'impose préalablement au choix de la localisation de tout nouvel ouvrage et essentiellement des constructions dans une zone potentiellement exposée à des chutes de pierres ou de blocs.

3. DESCRIPTION

Une recherche doit être opérée avant d'arrêter l'emplacement où sera édifiée la construction afin de la situer là où les mesures de protection minimales seront nécessaires pour assurer la sécurité des personnes et des biens.

Pour cela, il y aura lieu de procéder à :

- une enquête historique. En interrogeant les gens vivant dans le voisinage, il sera souvent possible de reconstituer la fréquence des chutes, le phénomène qui les provoque (pluie, dégel, etc...), les endroits où leur probabilité est la plus grande;

- une observation détaillée du site au cours de laquelle on recherche les traces des trajectoires (saignées dans la végétation, dommages causés à celle-ci), la localisation et l'importance des blocs visibles, la localisation des zones de départ de ces blocs

L'observation des formes du terrain permet aussi de juger de possibles effets de déflexion naturelle.

A l'issue de cette étude, une première évaluation des dispositions de prévention à prévoir peut être abordée.

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

Sauf si la réflexion préalable conduit à l'assurance que l'emplacement où sera réalisée la construction et ses accès est dans une partie protégée de la zone exposée, il devra être fait appel à une ou plusieurs des méthodes de prévention décrites au paragraphe 1.2, choisies en fonction du contexte local.

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Sans objet.

8. EFFICACITE - PERENNITE

Cette approche est très efficace. Elle permet souvent d'alléger les dispositions de prévention et de les utiliser dans les meilleures conditions. Elle permet également par la première approche des mesures de prévention nécessaires d'en évaluer le coût et de le comparer à celui de l'aménagement envisagé.

9. AVANTAGES

Coût faible pouvant permettre des économies importantes.

10. INCONVENIENTS

Une bonne appréciation des conditions locales peut être difficile dans le cas d'évènements dont le retour est peu fréquent.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

Sans qu'il s'agisse d'un projet à proprement parler, l'enquête doit être réalisée avec soin par une personne ayant le sens de l'observation et une expérience de ces phénomènes, lui permettant d'exploiter au mieux les indices existants.

12. REALISATION

Sans objet puisqu'il n'y a pas de travaux à ce stade.

13. SUJETIONS

La superficie de la parcelle sur laquelle doit être située la construction doit être suffisante pour qu'il existe effectivement différentes options d'implantation.

CHUTES DE PIERRES OU DE BLOCS
=====

1. CLASSIFICATION : RENFORCEMENT DE FACADES EXPOSEES

Mesure individuelle - rapprochée
Méthode peu courante
Méthode d'accompagnement

2. DOMAINE D'APPLICATION

La mesure s'applique uniquement à des constructions qui peuvent être :

- soit dans une zone où il est estimé que l'énergie qu'ont encore les blocs à leur arrivée au niveau des ouvrages est suffisamment faible pour ne pas justifier une protection à l'amont tout en pouvant être à l'origine de désordres mineurs ;

- soit à l'aval de protections installées, lorsqu'il y a le risque que celles-ci puissent être franchies de façon exceptionnelle, les blocs étant cependant suffisamment ralentis pour que leur énergie soit faible au niveau de la construction

3. DESCRIPTION

3.1 Principe physique

=====

Imposer des caractéristiques à la partie de la construction exposée lui permettant de subir l'impact de blocs arrivant avec une faible énergie sans désordres majeurs et sans interruption de l'activité socio-économique.

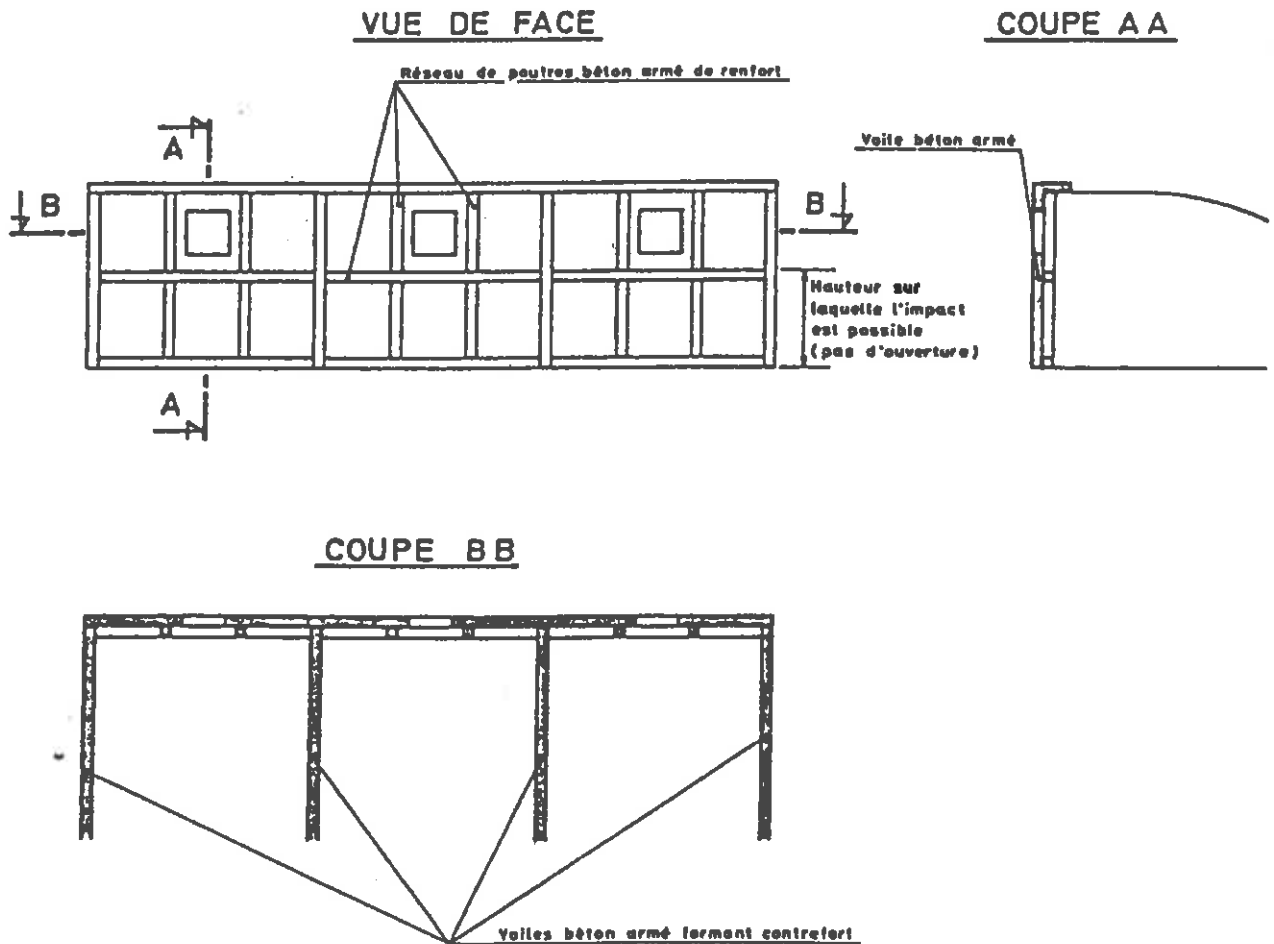
3.2 Description du dispositif

=====

L'intervention se fait au niveau de la conception même de l'ouvrage. Sans que les indications données ci-après soient limitatives, on peut retenir :

- la suppression des ouvertures dans la partie susceptible de subir un impact (toute la largeur de la surface, hauteur à définir en fonction des hypothèses qui peuvent être faites) ;

- le choix d'un matériau résistant pour la constitution des façades : béton armé au lieu de maçonnerie
- une épaisseur de façade calculée en fonction des caractéristiques de l'impact
- le renforcement des voiles de façade par des raidisseurs : voiles perpendiculaires, contreforts, réseaux de poutres,...



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 1979

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Toutes les méthodes de prévention pouvant éviter l'impact.

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Les méthodes permettant de réduire l'énergie des blocs à un niveau compatible avec la structure : écrans souples ou rigides, écrans massifs, piège à blocs.

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Possibilité effective de renforcer la structure et de l'adapter aux contraintes imposées. Ce ne sera pas, le plus souvent, le cas des constructions existantes.

8. EFFICACITE - PERENNITE

L'efficacité est liée :

- à une bonne évaluation du risque ;
- à une appréciation correcte des paramètres à prendre en compte dans le calcul de la structure.

La pérennité ne soulève pas de problème.

9. AVANTAGES

La simplicité.

10. INCONVENIENTS

L'appréciation de la possibilité d'application et la définition des paramètres à prendre en compte sont délicates, en particulier en ce qui concerne l'évènement exceptionnel.

La méthode n'est généralement pas applicable aux bâtiments existants.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

Il devra associer un spécialiste capable d'étudier les trajectoires et de définir les caractéristiques de l'impact et un spécialiste du béton armé.

12. REALISATION

Elle est le fait d'entreprises de bâtiment.

13. SUJETIONS

Sans objet.

CHUTES DE PIERRES OU DE BLOCS

=====

1. CLASSIFICATION : PURGE DE PAROIS ET TALUS

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 mètre 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.

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 projeté
Treillis métallique ancré.

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

CHUTES DE PIERRES OU DE BLOCS

=====

1. CLASSIFICATION : BETON PROJETE

Méthode de protection essentiellement rapprochée

Technique courante

Méthode principale ou d'accompagnement

2. DOMAINE D'APPLICATION

Parois rocheuses stables dans leur masse, mais dont la dégradation superficielle engendre la chute de petits blocs, cette dégradation progressant ensuite à partir des surfaces ainsi mises à nu.

3. DESCRIPTION

3.1 Principe

=====

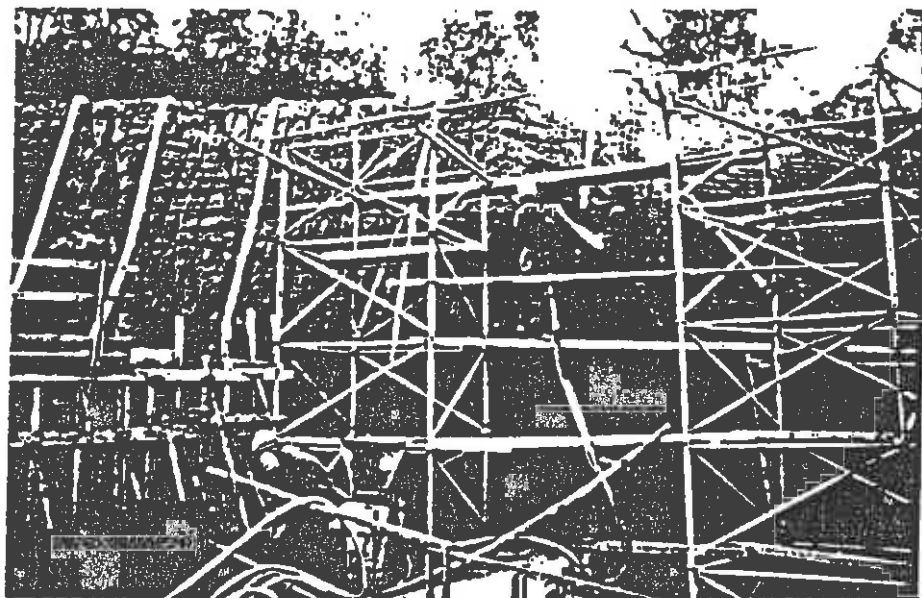
Protection contre les agents atmosphériques et confinement de la tranche la plus superficielle par projection sur la paroi ou la pente d'une couche d'un béton (à prise rapide) pour éviter sa dégradation.

Noter que la croûte solide ainsi mise en place ne peut pas jouer le rôle d'un soutènement, même léger.

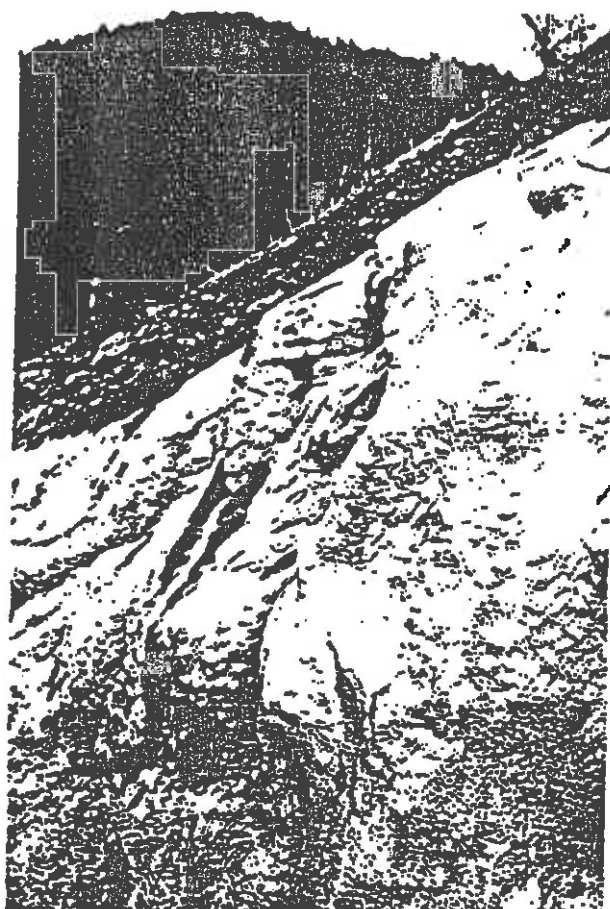
3.2. Description du dispositif

=====

Le masque superficiel obtenu est composé d'un mélange de ciment et de granulats (0-20 mm). C'est donc un béton par opposition au mortier d'enduit (diamètre des granulats inférieur à 3,25 mm).



Exécution d'un revêtement en béton projeté



Revêtement terminé

L'épaisseur est variable, comprise en général entre 5 et 30 cm.

Une prise très rapide du liant peut être obtenue au moyen d'ajuvants appropriés, ce qui permet de mouler étroitement toutes les formes,

La projection est le plus souvent associée à la pose d'un grillage étroitement fixé au terrain qui assure au dispositif une résistance supplémentaire à la détérioration.

On doit impérativement prévoir la mise en place de barbacanes pour éviter la mise en charge de l'eau derrière le revêtement.

La mise en place est assurée par pompage ou refoulement pneumatique du produit, distribué par couches successives sur la surface à traiter, au moyen d'une lance.

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

- Recommandations des groupes de travail de l'AFTES -Tunnels et Ouvrages Souterrains - numéro spécial - Avril 1981
- C. Resse, M. Venuat, Projection des mortiers, bétons et plâtres.

5. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES APPLICABLES

Masque en béton
Couverture grillagée

6. AUTRES METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

Epinglage) association fréquente en terrain très fracturé
Boulonnage)
Couverture grillagée
Drainage
Butons et contreforts
Contrôle du ruissellement

7. CRITERES TECHNIQUES SPECIFIQUES D'APPLICABILITE

Tenue satisfaisante de la paroi et propreté superficielle de celle-ci.

Possibilité d'éviter l'apparition d'une pression d'eau derrière le revêtement.

Possibilité d'obtenir une bonne adhérence du revêtement.

Absence de roches gélives gonflantes.

Absence de roches gélives si la profondeur de gel est susceptible d'être supérieure à l'épaisseur du béton.

8. EFFICACITE, PERENNITE

La méthode est très efficace si le domaine d'application est respecté.

La pérennité paraît bonne pour des ouvrages dont les plus anciens datent d'une quinzaine d'années.

9. AVANTAGES

C'est une méthode de mise en oeuvre simple et rapide pour une entreprise disposant du matériel spécifique.

10. INCONVENIENTS

La stabilité n'est améliorée que très superficiellement, il existe éventuellement un risque de mise en charge de l'eau et de décollement par plaques. L'esthétique est discutable.

11. ETABLISSEMENT DU PROJET

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

L'intervention d'un géotechnicien ayant une bonne expérience de la technique est indispensable pour juger de l'applicabilité de la méthode et définir les conditions de sa mise en oeuvre.

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

La réalisation d'une protection en béton projeté ne nécessite pas toujours l'établissement d'un projet sur plans et documents.

Toutefois, les points suivants doivent avoir été examinés :

- Vérification de la stabilité d'ensemble
- Etat de fracturation de la roche
- Hydrogéologie du massif
- Présence ou non de roches gélives ou gonflantes

12. REALISATION

12.1 Qualification requise pour les entreprises =====

Entreprise ayant une pratique de la technique.

12.2 Matériaux utilisés

=====

- Granulats entrant dans les fuseaux granulométriques définis par l'Association Française des Travaux en Souterrain (cf. recommandations)
- Ciment résistant aux eaux agressives et accélérateur de prise adapté
- Treillis soudé

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

=====

Bien contrôler la régularité de l'épaisseur par une surveillance de l'exécution

Nettoyage de la face à revêtir de ses éléments instables sous réserve de ne pas mettre en danger la stabilité par cette opération (nettoyage à l'eau sous pression)

Réalisation de barbanes

12.4 Sujétions d'exécution

=====

La distance de projection étant généralement de 1 à 2,0 m, il est nécessaire, dans beaucoup de cas, de disposer d'un matériel d'accès approprié (échelles ou plateformes à commande hydraulique).

La mise en place du béton projeté ne doit pas se faire par temps froid.

13. SUJETIONS D'EXPLOITATION

13.1 Entretien nul

13.2 Surveillance du fonctionnement du système de drainage et d'éventuels décollements

CHUTES DE PIERRES OU DE BLOCS

=====

1. CLASSIFICATION : REVEGETALISATION

Mesure d'ensemble - éloignée
ou de protection ponctuelle - rapprochée
Méthode courante
Mesure principale ou d'accompagnement

2. DOMAINE D'APPLICATION

Les techniques de revégétalisation s'appliquent toutes les fois où l'instabilité des blocs ou pierres est le résultat de phénomènes d'érosion superficielle, les eaux vives entraînant les matériaux meubles qui calent les masses qu'ils contiennent. Les dépôts plus particulièrement justiciables de ces mesures seront les alluvions à blocs, les moraines, les éboulis rocheux et la couverture surmontant des roches pouvant conduire à des altérations en boules (certains grès, granites par exemple).

3. DESCRIPTION - REALISATION

Pour la description des méthodes utilisables, on se reportera à la fiche n° 13.

CHUTES DE PIERRES OU DE BLOCS

=====

1. CLASSIFICATION : ECRANS SOUPLES OU RIGIDES

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. DESCRIPTION

3.1 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

=====

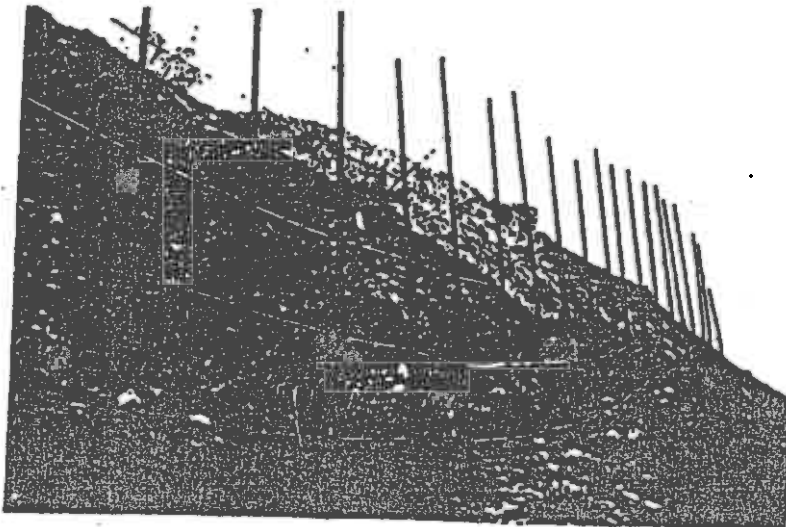
Ecrans souples (écrans grillagés, filets). Ils sont constitués par des panneaux de grillage supportés par des montants et éventuellement renforcés par des câbles. Les dispositions peuvent être plus ou moins complexes, avec pour les plus élaborées, des éléments ayant une plus grande déformabilité et assurant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

Ecrans souples

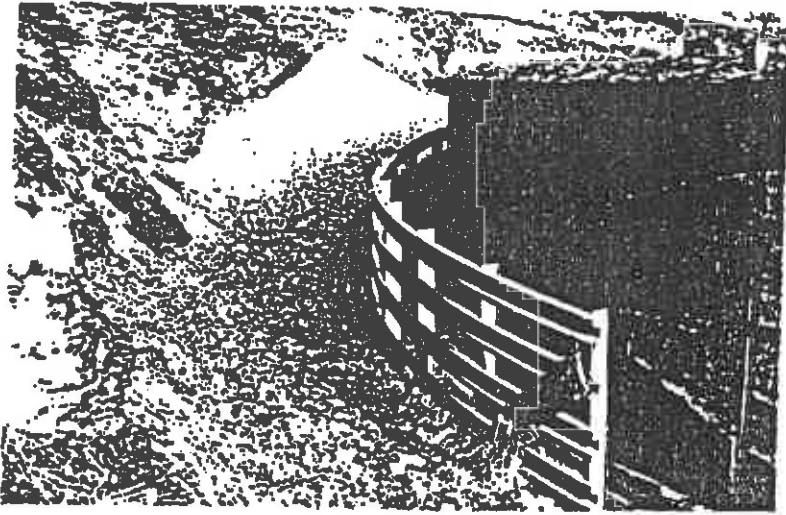


Equipement d'un versant

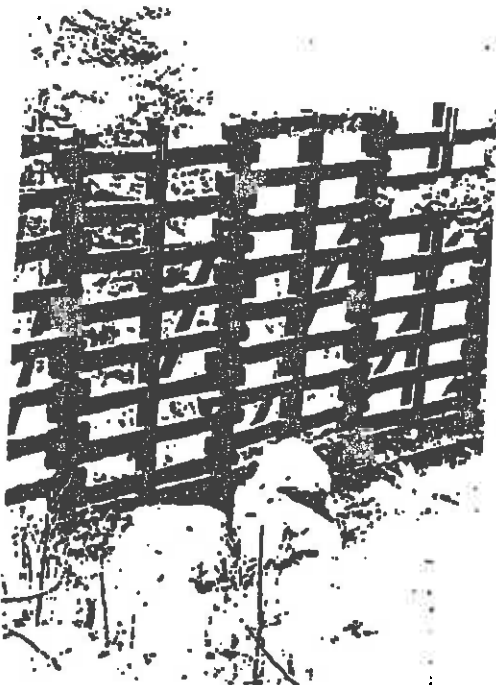
Détail d'un écran grillagé avec boucle de freinage



Fers à béton et grillage

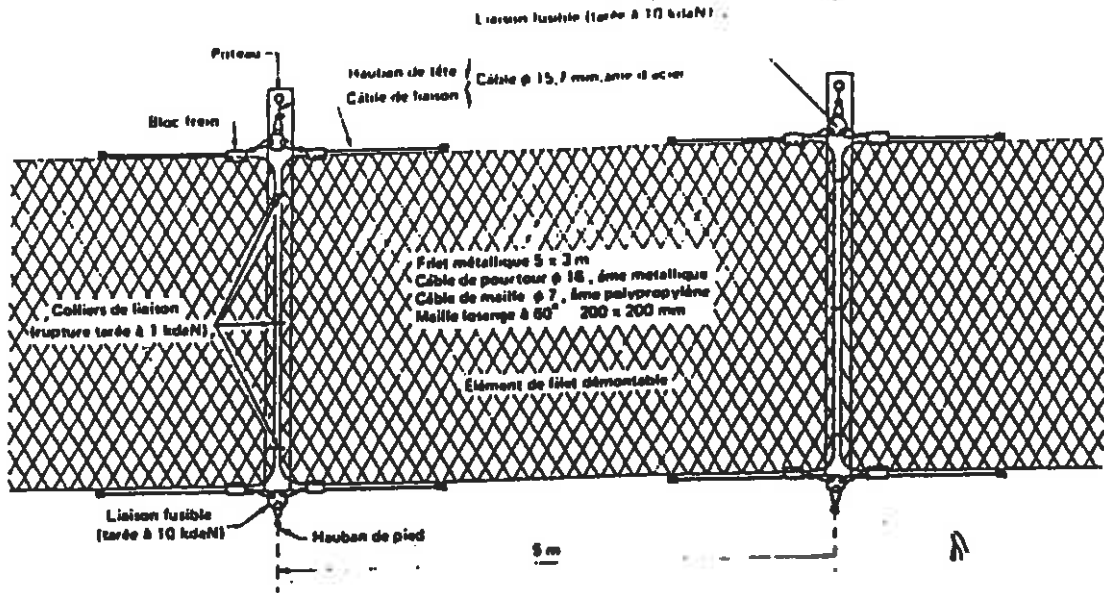


Ecran rigide métallique



Ecran rigide profilés
métalliques et bois

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



Liaison fusible (tarée à 10 kdaN)

Hauban de tête
Câble ø 15,7 mm, âme d'acier

Bloc frein

Colliers de liaison
(rupture tarée à 1 kdaN)

Frotte métallique 5 x 3 m
Câble de pourtour ø 16, âme métallique
Câble de maille ø 7, âme polypropylène
Maille losange ø 60° 200 x 200 mm

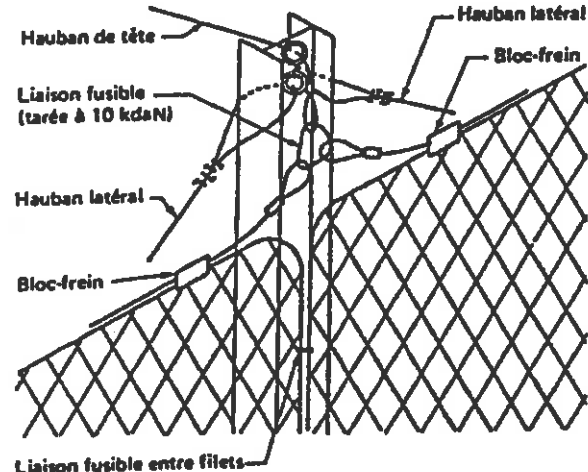
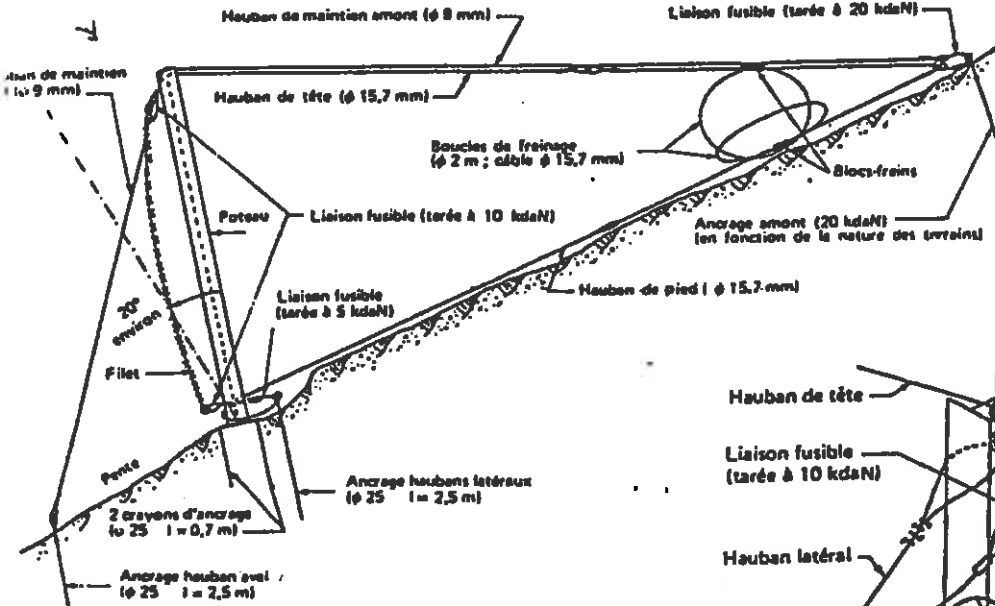
Élément de fillet démontable

Liaison fusible
(tarée à 10 kdaN)

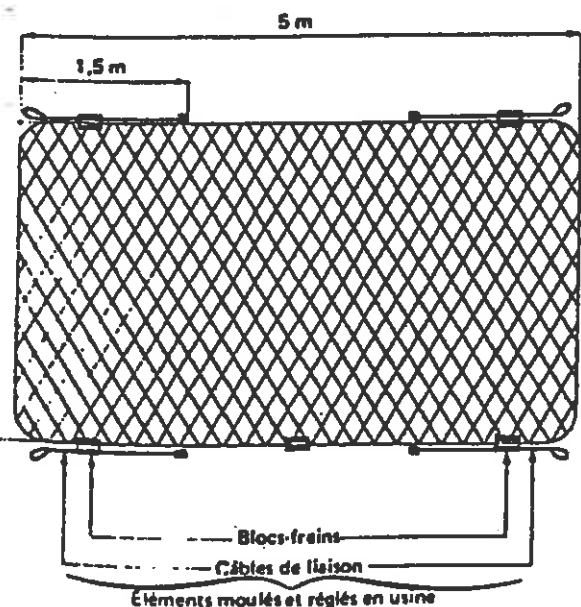
Hauban de pied

5 m

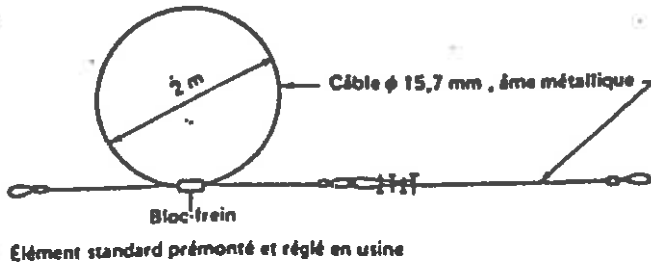
- Écran de filets
métalliques : vue de face.



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



- Élément de fillet 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 continu 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

6. METHODES OU TECHNIQUES POUVANT ETRE ASSOCIEES

La végétalisation, en réduisant l'érosion, peut limiter le déchaussement de blocs dans des colluvions ou des terrains alluvionnaires (fiche n°13).

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).
Régulation 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

CHUTES DE PIERRES OU DE BLOCS

=====

1. CLASSIFICATION : COUVERTURE GRILLAGEE

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

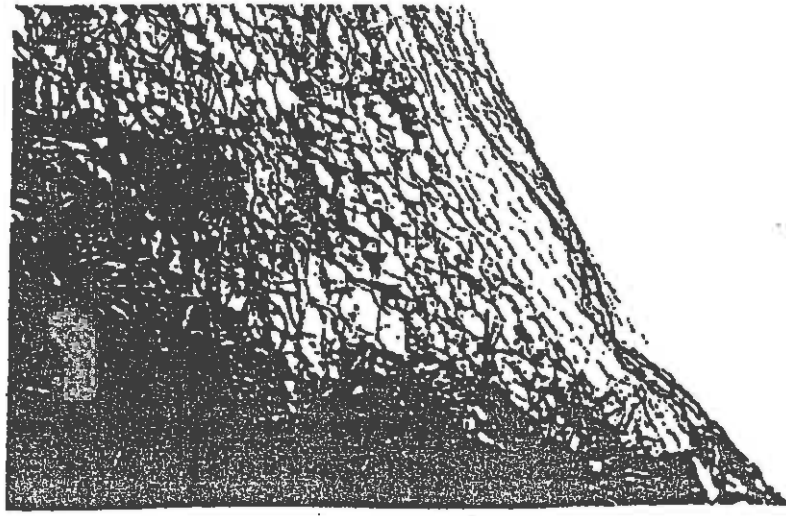
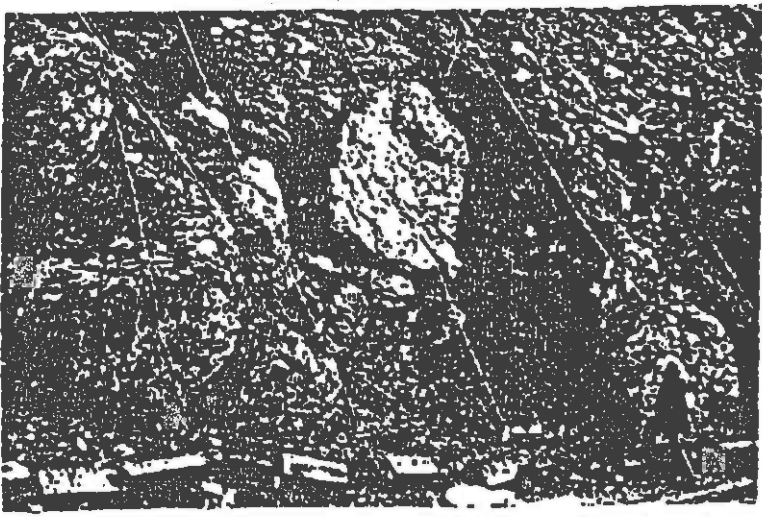
3.1 Principe

=====

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 boulonnés

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

Ecrans en pied de pente

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'Équipement

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.

...

L 22-0

"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