



REPUBLIQUE FRANCAISE

Préfecture du Puy-de-Dôme

App

PLAN D'EXPOSITION
AUX RISQUES

P.E.R.

N° DOSSIER
63/86/0509



REGLEMENT

Vu pour être annexé à notre arrêté de ce jour

Clermont-Fd, le 14 FEV. 1989

Signé: Le Préfet

SOMMAIRE DU REGLEMENT

TITRE I - Dispositions générales

Article 1 : Champ d'application

Article 2 : Effets du P.E.R.

TITRE II - Dispositions DU P.E.R.

CHAPITRE 1 : Dispositions applicables aux zones "ROUGE"

Article 1 : inondations

1.1.1. Biens et activités existants

1.1.2. Biens et activités futurs

Article 2 : Mouvements gravitaires (cavités souterraines)

1.2.1. Biens et activités existants

1.2.2. Biens et activités futurs

CHAPITRE 2 : Dispositions applicables aux zones "BLEU FONCE"

Article 1 : Inondations

2.1.1. Biens et activités existants

2.1.2. Biens et activités futurs

Article 2 : Mouvements gravitaires (cavités souterraines)

2.2.1. Biens et activités existants

2.2.2. Biens et activités futurs

...

CHAPITRE 3 : Dispositions applicables aux zones "BLEU CLAIR"

Article 1 : Inondations

- 3.1.1. Biens et activités existants
- 3.1.2. Biens et activités futurs

Article 2 : Mouvements gravitaires (cavités souterraines)

- 3.2.1. Biens et activités existants
- 3.2.1. Biens et activités futurs

TITRE III - Fiches de prescriptions

A Prescriptions concernant le risque d'inondation.

B Prescriptions concernant les mouvements de terrains gravitaires

* * * * *

T I T R E I

DISPOSITIONS GENERALES

Article 1 - Champ d'application

Le présent règlement s'applique au territoire de la commune de DALLET délimitée par le périmètre défini dans les documents graphiques du P.E.R..

Il détermine les mesures de prévention à mettre en oeuvre pour les risques liés aux inondations d'une part, et aux mouvements de terrains gravitaires d'autre part (effondrements).

Conformément à l'article 5 du décret n°84.328 du 3 Mai 1984, le territoire inclus dans le périmètre du P.E.R. a été divisé en trois zones :

- une zone rouge, estimée très exposée
- une zone bleue, divisée en deux sous-zones, exposée à des risques moyens
- une zone blanche, sans risque prévisible, ou pour laquelle le risque est jugé acceptable, sa probabilité d'occurrence et les dommages éventuels étant estimés faibles.

Sur chaque zone individualisée (cf : carte de zonage - Pièce 2 du dossier) la nature du risque est repérée par des indices codés :

- 24 I : zone exposée aux risques d'inondations
- 24 GE : zone exposée aux risques d'effondrements (cavités souterraines)

...

En application de la loi du 13 Juillet 1982, relative à l'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles, le présent règlement fixe les dispositions applicables aux biens et activités existants ainsi qu'à l'implantation de toutes constructions ou installations, à l'exécution de tous travaux et à l'exercice de toutes activités, sans préjudice de l'application des autres législations ou réglementations en vigueur.

Article 2 - Effets du P.E.R.

La nature et les conditions d'exécution des mesures de prévention prises pour l'application du présent règlement sont définies et mises en oeuvre sous la responsabilité du maître d'ouvrage et du maître d'oeuvre concernés par les constructions, travaux et installations visés. Ceux-ci sont également tenus d'assurer les opérations de gestion et d'entretien nécessaires pour maintenir la pleine efficacité de ces mesures.

Le P.E.R. vaut servitude d'utilité publique. A ce titre, il doit être annexé au Plan d'Occupation des Sols, conformément à l'article R 126.1 du Code de l'Urbanisme.

En zone rouge, les biens et activités existants antérieurement à la publication (la publication est réputée faite le 30^{ème} jour d'affichage en mairie de l'acte d'approbation - article 9 du décret n°84.328 du 3 Mai 1984). de l'acte approuvant le P.E.R. continuent de bénéficier du régime général de garantie prévu par la loi.

En zone bleue, le respect des dispositions du P.E.R. conditionne la possibilité pour l'assuré de bénéficier de la réparation des dommages matériels directement occasionnés par l'intensité anormale d'un agent naturel, lorsque l'état de catastrophe naturelle sera constaté par arrêté ministériel. Pour les biens et activités implantés antérieurement à la publication de l'acte approuvant le plan, le propriétaire ou l'exploitant dispose d'un délai de cinq ans pour se conformer au présent règlement.

En zone blanche, il n'est pas prescrit de mesures de prévention.

Conformément à l'article 6 du décret n° 84.328 du 3 Mai 1984, les mesures de prévention prévues par le plan d'exposition aux risques naturels prévisibles concernant les biens existants antérieurement à la publication de l'acte approuvant les plan ne peuvent entraîner un coût supérieur à 10 % à la valeur des biens concernés.

(*)

TITRE IIDISPOSITIONS DU P.E.R.Remarques préliminaires - Définitions

Les biens existants sont ceux qui existent à la date d'approbation du présent règlement dans l'état où ils se trouvent ; la réalisation de travaux complémentaires d'entretien, ou d'adaptation sont soumis aux prescriptions concernant les biens futurs.

En ce qui concerne le risque "inondations", la crue de référence est la crue de 1866 simulée par l'étude hydraulique ayant servi à élaborer le P.E.R. ; la cote de référence est la cote simulée de cette même crue.

Cette cote peut être obtenue à la Direction Départementale de l'Équipement, au Service chargé de la protection contre les inondations (plan au 1/2000 en annexe).

...

CHAPITRE 1 : DISPOSITIONS APPLICABLES AUX ZONES "ROUGE"

Article 1 - Inondations

1.1.1. Biens et activités existants

Aucune prescription réglementaire ne s'impose. Par contre toutes les prescriptions qui s'appliquent tant aux biens futurs en zone "ROUGE", qu'à tous les biens en zones "BLEU FONCE" et "BLEU CLAIR" sont recommandées.

1.1.2. Biens et activités futurs

1.1.2.1. Occupations ou utilisation du sol interdites

Sont interdits : tous travaux, constructions, installations, plantations, excavations ou remplacement, installations classées et activités de quelque nature que ce soit à l'exception de ceux visés au paragraphe 1.1.2.2..

1.1.2.2. Occupations ou utilisations du sol soumises à conditions particulières

Sont admis, sous réserve qu'aucune installation électrique et qu'aucun stockage ou remisage de produits toxiques ou polluants ne soit réalisé en dessous de la cote de référence :

- Les travaux d'entretien et de gestion normaux des biens et activités existants à la date d'application du présent règlement, hormis la réalisation de clôtures et de murs d'enceinte, à la condition de ne pas augmenter l'emprise au sol ou la surface habitable.

- Les travaux et installations destinés à réduire les conséquences du régime d'inondation, à condition que ceux-ci n'influencent pas la ligne d'eau de la crue de référence de plus de 20 centimètres.
- Les ouvrages de protection de berge ou de stabilisation du lit (enrochements, épis, seuils, ...) et les travaux d'infrastructure publique, à condition que ceux-ci n'influencent pas la ligne d'eau de la crue de référence.
- Les plantations d'arbres régulièrement espacés de plus de 7 mètres, les arbres étant disposés dans le sens du flux du courant dans le lit majeur, à la condition que ceux-ci soient régulièrement élagués jusqu'à 1 mètre en dessus de la cote de référence et que le sol entre les arbres reste bien dégagé.
- Les différents ouvrages hydrauliques ou annexes (prises d'eau, captages, rejets...) régulièrement autorisés et qui n'influencent pas la ligne d'eau de la crue de référence.
- Les espaces verts, les aires de jeux et de sports.
- Les clôtures à un ou deux fils (maximum) superposés avec poteaux espacés d'au moins 5 mètres, sans fondation faisant saillie sur le sol naturel.
- Les constructions d'accompagnement de ces aménagements, de moins de 50 m² de S.H.O.B. et conçues pour supporter sans dommages les inondations.
- Les clôtures grillagées pour la protection exclusive des puits de captage autorisés.
- Les carrières de granulats laissant entre le haut de la berge de la rivière et celui de l'excavation, une zone non remaniée et non exhaussée de 50 mètres minimum et sous réserve de l'acceptation par le pétitionnaire d'éventuelles prescriptions, d'aménagement ou d'éloignement par rapport à une autre excavation, émises par le service chargé de la protection contre les inondations.

Article 2 - Mouvements gravitaires (cavités souterraines)

1.2.1. Biens et activités existants

Sont interdits :

Le dépôt et le stockage des matériaux ou matériels de toute nature apportant une surcharge supérieure à 3 t/m².

L'épandage d'eau à la surface du sol et/ou infiltration dans les terrains, en particulier les puits perdus.

L'assainissement autonome.

Le pompage dans les nappes baignant des roches.

Toutes les eaux, quelles que soient leur nature et leur provenance doivent être collectées et évacuées hors de la zone par des dispositifs étanchés. Cette étanchéité doit être assurée, même en cas de mouvements limités de leur assise.

Lorsque les réseaux collectifs existent, tous les rejets doivent y être raccordés.

En l'absence de réseaux, les eaux de toutes origines doivent :

- soit être recueillies dans les bâches étanches,
- soit être rejetées, après épuration si nécessaire, en-dehors de la zone exposée.

Les réseaux porteurs de fluide doivent faire l'objet de vérifications périodiques afin de détecter des fuites éventuelles et procéder à la réparation.

Lorsqu'une réfection, même partielle, des réseaux porteurs de fluide est nécessaire, les parties renouées doivent être réalisées de telle façon qu'elles puissent supporter sans dommages des mouvements d'ampleur limitée de leur assise.

1.2.2. Biens et activités futurs

1.2.2.1. Occupations ou utilisations du sol interdites

Toute construction nouvelle est interdite (construction nouvelle, ou extension). Les interventions sur le bâti existant, sans création de surface hors-oeuvre, brute nouvelle, dans la volumétrie de l'immeuble existant pourront être autorisées.

1.2.2.2. Occupations ou utilisations du sol soumises à conditions particulières

Toute création ou modification d'infrastructure devra être étudiée dans l'optique du risque d'effondrement.

CHAPITRE 2 : DISPOSITIONS APPLICABLES AUX ZONES "BLEU FONCE"

Article 1 - Inondations

2.1.1. Biens et activités existants

Les prescriptions suivantes s'appliquent aux biens existants dans les conditions définies dans le titre I :

- mise hors d'eau de crue de référence des installations électriques.
- mise hors d'eau de crue de référence des installations de chauffage et de production de fluides.
- mise hors d'eau de crue de référence de tout produit stocké, soit toxique, soit polluant ou soit sensible à l'humidité à l'exception des produits contenus dans des citernes ou récipients, sous pression ou non, correctement ancrés et dont la ventilation est assurée au moins à 1 mètre au-dessus de la cote de référence.
- remplacement des matériaux sensibles à l'humidité jusqu'à une hauteur de 50 centimètres au-dessus de la cote de référence.
- suppression ou mise hors d'eau de toute installation sanitaire en-dessous de la cote de référence.

2.1.2. Biens et activités futurs

2.1.2.1. Occupations ou utilisations du sol interdites

Sont interdits :

La réalisation de tous travaux, constructions, installations, plantations, excavations ou remblaiements, installations classées et activités de quelque nature que ce soit à l'exception de ceux visés au paragraphe 2.1.2.2..

2.1.2.2. Occupations ou utilisations du sol soumises à conditions particulières

Sont admis sous réserve qu'aucune installation électrique et qu'aucun stockage ou remisage de produits toxiques ou polluants ne soit réalisé en-dessous de la cote de référence :

- tous aménagements ou travaux admis en zone "ROUGE" et selon les mêmes conditions.
- les baies, murs et clôtures dans le sens de l'écoulement principal des eaux de crue (ce sens étant apprécié par le service chargé de la protection contre les inondations).
- les carrières de granulats laissant entre le haut de la berge de la rivière et celui de l'excavation, une zone non remaniée et non exhaussee de 50 mètres minimum et sous réserve de l'acceptation par le pétitionnaire d'éventuelles prescriptions de protections, d'aménagement ou d'éloignement par rapport à une autre excavation, émises par le service chargé de la protection contre les inondations.
- les constructions sous les conditions suivantes :
 - a) les constructions dont la superficie est au plus égale à 10 mètres carrés et dont la plus grande dimension n'excède pas 4 mètres.
 - b) les constructions qui ne comportent entre le niveau du sol et la niveau de la cote de référence que des piliers isolés.
 - c) les constructions isolées et individuelles dont la superficie au sol est inférieure à 150 mètres carrés et respectant les prescriptions de conception et de construction A1 et A3 figurant au titre III.

- d) les constructions individuelles et isolées dont la superficie au sol est supérieure à 150 mètres carrés, les constructions groupées ou collectives, les lotissements visés aux articles 315 et suivants du code de l'urbanisme, respectant les prescriptions de conception et de construction A2 et A3 figurant au titre III et dont l'influence sur la ligne d'eau est inférieure à 5 centimètres. Cette influence sera évaluée par une étude hydraulique par le pétitionnaire à l'appui de sa demande et réalisée par un organisme ayant reçu l'agrément du service chargé de la protection contre les inondations.

Article 2 - Mouvements gravitaires (cavités souterraines)

2.2.1 Biens et activités existants

Sont interdits : néant.

2.2.2. Biens et activités futurs

2.2.2.1. Occupations ou utilisations du sol interdites.

L'épandage d'eau à la surface du sol et/ou infiltration dans les terrains.

Le pompage dans les nappes.

L'assainissement autonome.

Toutes les eaux, quelles que soient leur nature et leur provenance doivent être collectées et évacuées hors de la zone par des dispositifs étanches. Cette étanchéité doit être assurée, même en cas de mouvements limités de leur assise.

2.2.2.2. Occupations ou utilisations du sol soumises à conditions particulières

Préalablement à toute implantation de bien (construction, infrastructures), ou activité, quelles que soient leurs natures, le Maître de l'ouvrage devra s'assurer si, à leur aplomb, il existe ou non des cavités susceptibles de provoquer des dommages aux ouvrages qui les surmontent.

...

Si des cavités sont mises en évidence, les biens et activités, quelles que soient leurs natures, devront être protégés par la mise en oeuvre d'une ou plusieurs techniques, telles que :

- structure rigide,
- fondations profondes,
- consolidation de la cavité :
 - . piliers en maçonnerie,
 - . plots en coulis à fort angle de talus,
 - . injections de remplissage.

...

Article 2 - Mouvements gravitaires (cavités souterraines)

- SANS OBJET -

CHAPITRE 3 : DISPOSITIONS APPLICABLES AUX ZONES "BLEU CLAIR"

Article 1 - Inondations

3-1-1 Biens et activités existants

Les prescriptions suivantes s'appliquent aux biens existants dans les conditions définies dans le titre I :

- mise hors d'eau de crue de référence des installations électriques.
- mise hors d'eau de crue de référence des installations de chauffage et de production de fluides.
- mise hors d'eau de crue de référence de tout produit stocké, soit toxique, soit polluant ou soit sensible à l'humidité à l'exception des produits contenus dans des citernes, sous pression ou non, correctement ancrés et dont la ventilation est assurée au moins à 1 mètre au-dessus de la cote de référence.

Il est recommandé d'appliquer les prescriptions qui suivent :

- remplacement des matériaux sensibles à l'humidité jusqu'à une hauteur de 50 centimètres au-dessus de la cote de référence.
- suppression ou mise hors d'eau de toute installation sanitaire en-dessous de la cote de référence.

3.1.2. Biens et activités futurs

3.1.2.1. Occupations ou utilisations du sol interdites

Sont interdits :

La réalisation de tous travaux, constructions, installations, plantations, excavations ou remblaiements, installations classées et activités de quelque nature que ce soit à l'exception de ceux visés au paragraphe 3.1.2.2..

3.1.2.2. Occupations ou utilisations du sol soumises à conditions particulières

Sont admis sous réserve qu'aucune installation électrique et qu'aucun stockage ou remisage de produits toxiques ou polluants ne soit réalisé en-dessous de la cote de référence :

- tous aménagements ou travaux admis en zone "ROUGE" et selon les mêmes conditions.
- les baies, murs et clôtures dans le sens de l'écoulement principal des eaux de crue (ce sens étant apprécié par le service chargé de la protection contre les inondations).
- les carrières de granulats laissant entre le haut de la berge de la rivière et celui de l'excavation, une zone non remaniée et non exhausmée de 50 mètres minimum et sous réserve de l'acceptation par le pétitionnaire d'éventuelles prescriptions de protections, d'aménagement ou d'éloignement par rapport à une autre excavation, émises par le service chargé de la protection contre les inondations.
- les constructions sous les conditions suivantes :
 - a) les constructions dont la superficie est au plus égale à 10 mètres carrés et dont la plus grande dimension n'excède pas 4 mètres.
 - b) les constructions qui ne comportent entre le niveau du sol et le niveau de la cote de référence que des piliers isolés.
 - c) les constructions isolées et individuelles dont la superficie au sol est inférieure à 150 mètres carrés et respectant les prescriptions de conception et de construction A1 et A3 figurant au titre III.

- d) les constructions individuelles et isolées dont la superficie au sol est supérieure à 150 mètres carrés, les constructions groupées ou collectives, les lotissements visés aux articles 315 et suivants du code de l'urbanisme, respectant les prescriptions de conception et de construction A2 et A3 figurant au titre III et dont l'influence sur la ligne d'eau de référence à 5 centimètres. Cette influence sera évaluée par une étude hydraulique par le pétitionnaire à l'appui de sa demande et réalisée par un organisme ayant reçu l'agrément du service chargé de la protection contre les inondations.

Article 2 - Mouvements gravitaires (cavités souterraines)

- SANS OBJET -

T I T R E I I I**FICHES DE PRESCRIPTIONS****- PRESCRIPTIONS CONCERNANT LE RISQUE D'INONDATION**

/ 1 /

Les constructions seront conçues de façon que leur vulnérabilité en dessous du niveau de référence soit la plus faible possible. Les planchers et les structures seront dimensionnés pour résister aux sous-pressions et pressions hydrostatiques dues à la crue de référence ainsi qu'aux affouillements éventuels et imprégnations d'eau jusqu'à la cote de référence.

Deux possibilités sont permises :

- Soit exécuter le plancher bas du premier niveau aménagé à une cote supérieure à la cote de référence. Dans ce cas l'utilisation des niveaux inférieurs est subordonnée à la réalisation d'un dispositif d'étanchéité complet des murs et planchers bas situés sous le niveau de la cote de référence pour toute utilisation comprenant des biens dommageables non évacuables. De plus toute utilisation de ces niveaux inférieurs à des fins d'habitation est interdite.

- Soit remblayer les terrains sur lesquels la construction est implantée jusqu'à la cote de référence.

/ 2 /

Les constructions seront conçues de façon que leur vulnérabilité en dessous du niveau de référence soit la plus faible possible. Les structures seront dimensionnées pour résister aux sous-pressions et pressions hydrostatiques dues à la crue de référence ainsi qu'aux affouillements éventuels et imprégnations d'eau jusqu'à la cote de référence.

3 possibilités sont permises :

- soit exécuter le plancher bas du premier niveau aménagé à une cote supérieure à la cote de référence. Dans ce cas l'utilisation des niveaux inférieurs est subordonnée à la réalisations d'un dispositif d'étanchéité complet des murs et planchers bas situés sous le niveau de la cote de référence pour toute utilisation comprenant des biens dommageables non évacuables. De plus toute utilisation de ces niveaux inférieurs à des fins d'habitations est interdite.

- Soit remblayer les terrains sur lesquels la construction est implantée jusqu'à la cote de référence.

- Soit en endiquant les terrains comprenant les constructions de manière à les protéger, l'étude imposée prenant en compte l'endiguement projeté.

/ 3 /

L'usage des matériaux sensibles à l'humidité est interdit sous la cote de référence augmentée de 50 cm.

L'ensemble des réseaux techniques sera placé au-dessus de la cote de référence. Toute installation sanitaire est interdite au dessous de la cote de référence.

Par dérogation aux prescriptions générales concernant les produits polluants ou toxiques, les citernes qu'elles soient sous pression ou non, c'est-à-dire tous les récipients contenant notamment des hydrocarbures, du gaz, des engrais liquides, des pesticides devront être protégées contre les effets de la crue de référence, de manière à résister notamment aux affouillements et à l'arrachement dans le cas où le récipient est vide. De plus, les mises à l'air libre éventuelles seront situées à 1 mètre au-dessus de la cote de référence.

Les parties métalliques des ossatures des constructions seront dotées de protection contre la corrosion.

Les installations de chaufferie ou de production de fluides ne peuvent être réalisées qu'au-dessus de la cote de référence.

Lorsqu'une partie de la construction risque de garder de l'eau ne pouvant s'écouler par gravité, une pompe d'épuisement devra équiper le point bas de cette partie.

(*)

63/86/509

/B/ PRESCRIPTIONS CONCERNANT LES MOUVEMENTS DE TERRAINS GRAVITAIRES

(*)

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

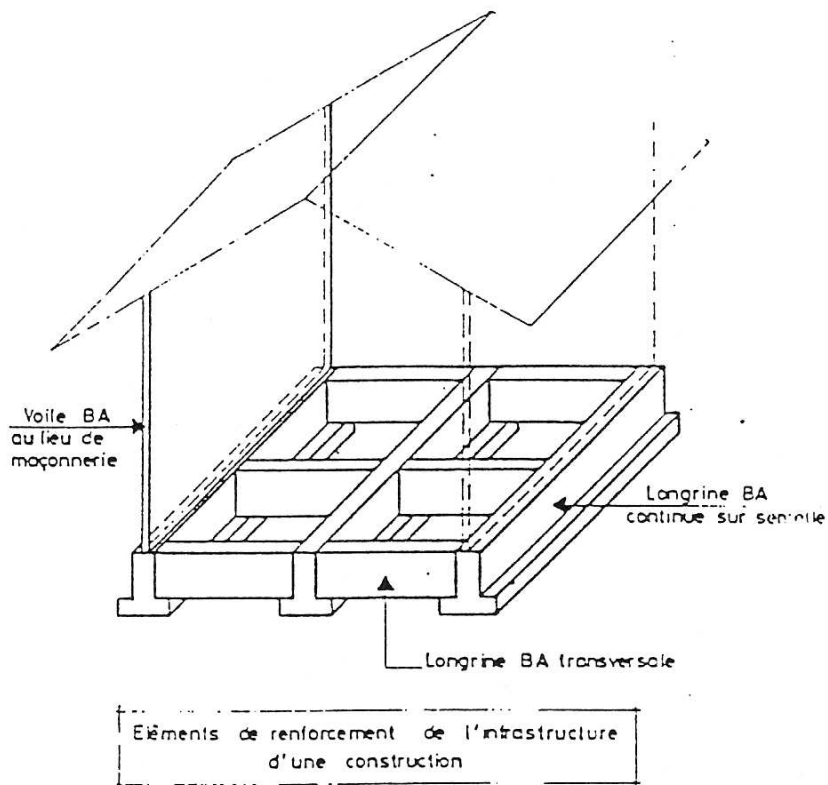
3 . DESCRIPTION

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. COÛTS

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.

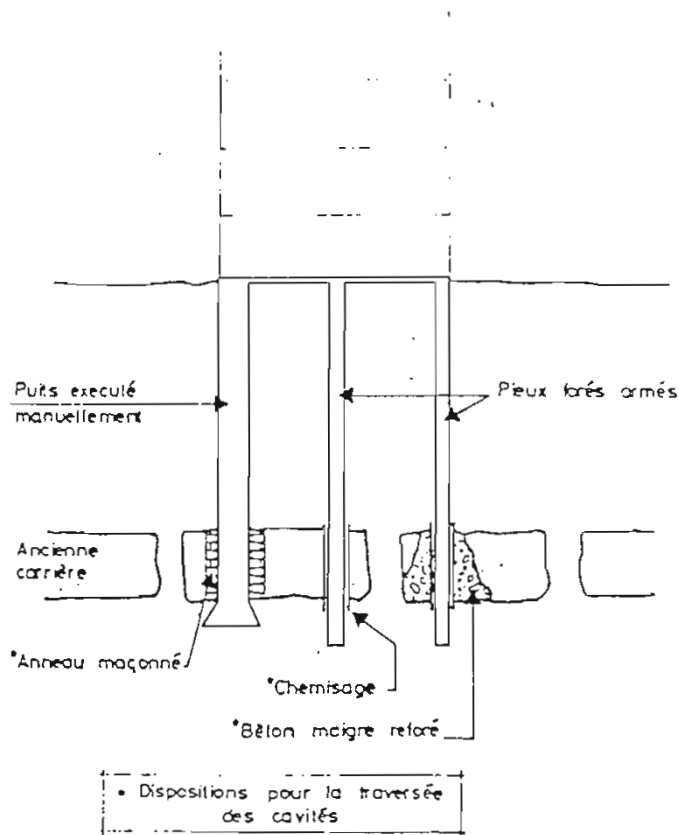
3.2. Description du dispositif

=====

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. COUTS

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 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

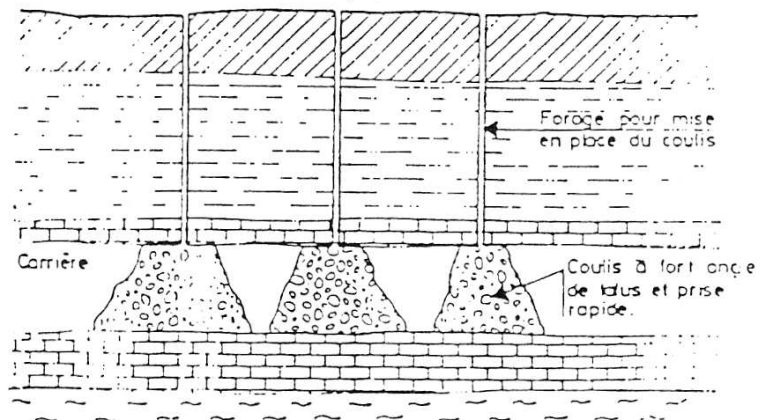
=====

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

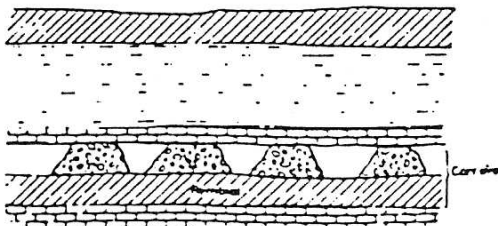
10. INCONVENIENTS

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 systématique - plots en (chaux) rapportés sur une terre fissurée pour de l'empêcher d'adhérer

.../...

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. COÛTS

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 EFFONDREMENTS 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 susjacents 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.

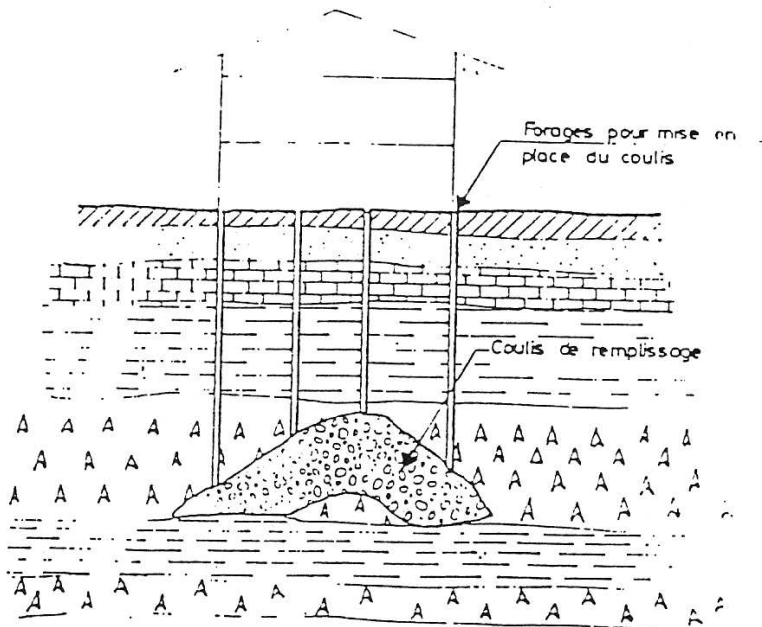
D'autres types de mélange sont également disponibles, coulis expansifs, coulis expansés, coulis mousse, avec lesquels on recherche une diminution de la quantité de matières sèche par unité de volume. Leur emploi est toutefois d'un usage moins courant que celui des coulis ciment + matière inerte.

3.2.2. Réseau des forages

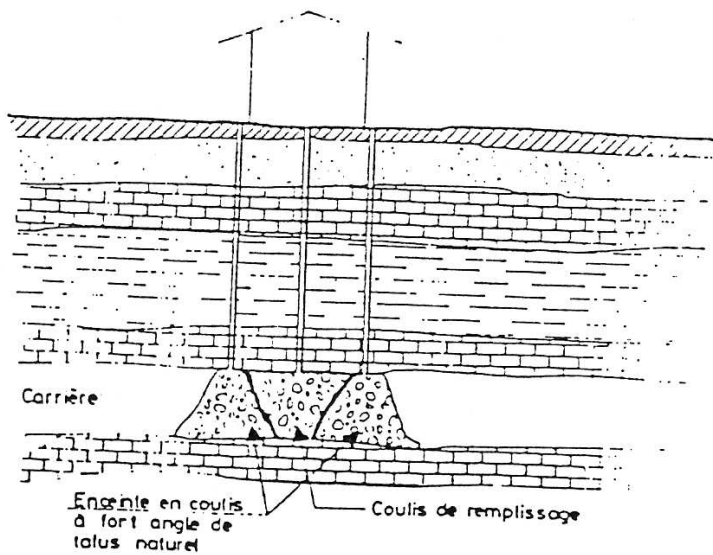
Les forages réalisés sont en général de petit diamètre (de l'ordre de 100 mm).

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 avec agitation des coulis préparés.

- 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. COUTS

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 : 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

=====

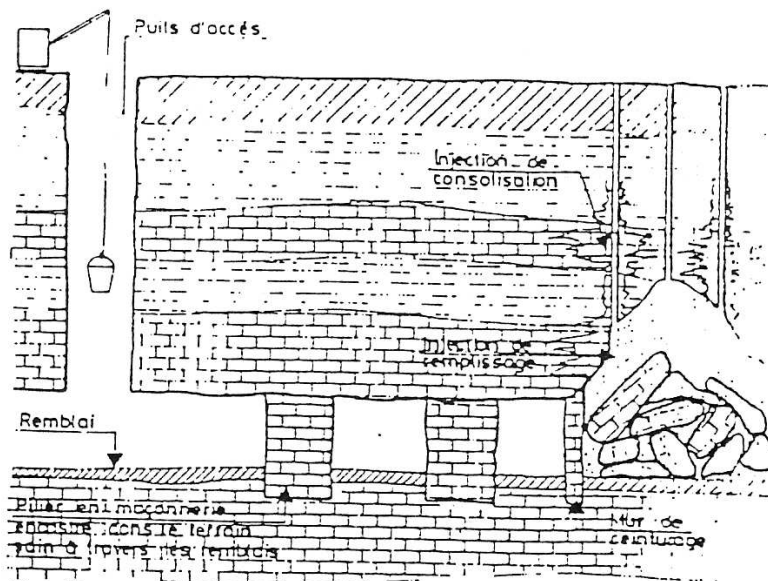
Réduction de la portée non soutenue du ciel d'une cavité par
création d'appuis intermédiaires

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.

.../...