

RÉPARATION DES FONDATIONS



SOMMAIRE

1. Présentation Alliance BTP®	4
1.1 Qui sommes-nous ?	4
1.2 Notre savoir-faire	4
1.3 Nos points forts	4
2. La pathologie des fondations	5
2.1 Les différents types de fondations	5
2.2 Les désordres	7
2.3 Les causes de désordres	13
3. Les études préalables	20
3.1 L'approche préliminaire	20
3.2 L'étude géotechnique	24
4. Les solutions de réparation	26
4.1 Reprise en sous-œuvre par micropieux	26
4.2 Reprise en sous-œuvre par puits ou plots jointifs	28
4.3 Reprise en sous-œuvre par longrine de rigidification	30
4.4 Reprise en sous-œuvre et relevage par pieux RESIST®	32
4.5 Reprise en sous-œuvre et relevage par pieux hélicoïdaux HC®	34
4.6 Injection de résine	36
4.7 Soutènement	38
5. Implantations et Prestations	40
5.1 Nos implantations	40
5.2 Déroulement de nos prestations	41

1. Présentation Alliance BTP®

1.1 Qui sommes-nous ?

Acteur majeur sur le marché français de fondations spéciales et fort de 27 ans d'expérience, Alliance BTP® est spécialisée dans les travaux de réparation et fondations spéciales.

La centaine de collaborateurs d'Alliance BTP® met son savoir-faire et son expertise à votre service pour vous apporter des solutions techniquement adaptées et financièrement compétitives.



Forage pour l'installation d'un micropieu

1.2 Notre savoir-faire

Diagnostic et Ingénierie

Alliance BTP® vous garantit une intervention de qualité et optimisée :

- Diagnostic des causes des désordres
- Validation de la méthodologie
- Chiffrage des travaux
- Préconisation de solutions de réparation
- Suivi des travaux par un ingénieur

Certaines de ces prestations sont réalisées par Determinant® (autre entité du groupe).

Réparation

Alliance BTP® est une entreprise qualifiée (Qualibat 2111, 1223, 1231, 2282,..) pour la réalisation des travaux de reprise en sous-œuvre, de fondations spéciales et de réparation d'ouvrages en béton armé grâce à son implantation régionale. Elle intervient partout en France, dans des délais rapides. Les techniciens d'Alliance BTP® sont expérimentés et compétents, formés pour garantir toute l'efficacité et le professionnalisme requis sur ce type de chantiers : Réparations des fondations, mur de soutènement, renforcement de structure et consolidation du sol.

1.3 Nos points forts

- Un bureau d'ingénierie compétent en reprise en sous-œuvre et fondations spéciales
- Un département travaux composé d'équipes spécialisées
- Un partenariat avec des bureaux de contrôle (Socotec, Qualiconsult)
- Des qualifications Qualibat
- Des techniques innovantes (relevage, vérinage, inclusions, etc)
- Une garantie décennale qui couvre tous nos travaux
- Des partenariats avec des compagnies d'assurance et des mutuelles (SMABTP, AXA, GMF, MAAF, MMA, MACIF,...).



2. La pathologie des fondations

2.1 Les différents types de fondations

◆ Les fondations superficielles

Une fondation est considérée comme superficielle lorsque le rapport D/B est faible (rapport entre l'épaisseur minimum D de terre au-dessus du niveau de fondation et la largeur B de la semelle) et surtout que la justification ne prend en compte que la résistance du sol sous le niveau d'assise.

Le choix d'un mode de fondation superficielle est dicté essentiellement par la capacité portante du sol d'assise et l'obtention de tassements acceptables par l'ouvrage.

Toutefois, il faudra également considérer la sensibilité du sol aux variations hydriques.

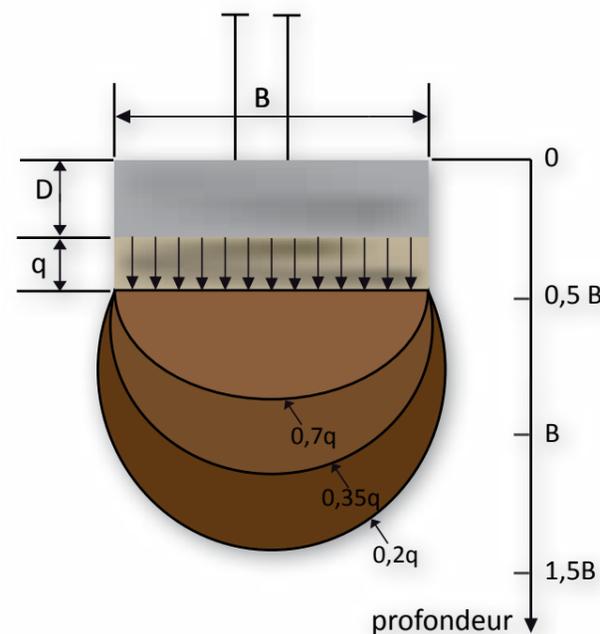


Schéma de fondation superficielle

◆ Les fondations semi-profondes

Les fondations semi-profondes sont constituées par des massifs en béton ou béton armé coulés à pleine fouille, du moins dans leur partie inférieure.

Leur profondeur peut varier de 2 à 6 m et leur encastrement relatif D/B reste inférieur à 6.



Fondation semi-profonde (puit)

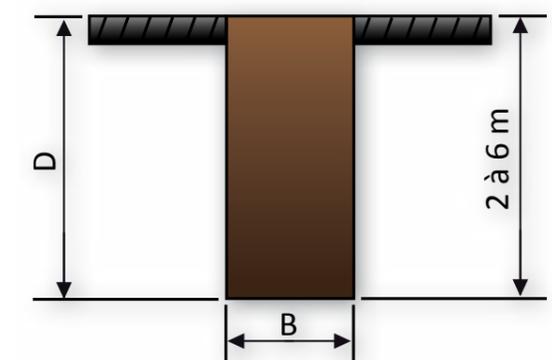


Schéma de fondation semi-profonde

◆ Les fondations profondes

Lorsque les solutions de fondations superficielles par semelles ou radier conduisent à des dimensions trop importantes ou des tassements incompatibles avec l'ouvrage, il est possible de s'orienter vers des fondations profondes, à moins d'opter pour une consolidation des sols.

Il existe de nombreuses techniques d'exécution mais les pieux les plus courants sont les pieux forés simples, les pieux à la tarière creuse et les micropieux.

Ce choix s'effectue en fonction des critères principaux suivants :

- La nature des sols (notamment la présence ou non de blocs ou passages durs, ou au contraire de niveaux mous) ; en cas de rencontre de niveaux résistants, certains outils (tarière creuse, vis..) ou procédés (battage) peuvent être l'objet de refus prématurés
- L'importance des descentes de charges
- Les conditions d'accès et de travail (emprise, hauteur disponible, portance de la plate forme)
- L'existence ou non d'une nappe phréatique
- La présence ou non d'avoisinants, niveaux de fondations et sensibilité de ceux-ci aux déformations et vibrations.

◆ Les techniques d'amélioration de sols

Lorsque les solutions de fondations superficielles par semelles ou radier conduisent à des dimensions trop importantes ou des tassements incompatibles avec l'ouvrage, à défaut d'opter pour des fondations profondes, il est possible dans certains cas d'avoir recours à une amélioration des sols afin de réduire les tassements, voire d'améliorer la portance des sols.

Il n'existe pas de liaison entre les éléments renforçant le sol d'assise et la structure et cette amélioration de sol ne constitue pas un système de fondation. Le mode de fondation reste superficiel.

Il existe de très nombreuses techniques d'amélioration de sol :

- Colonnes ballastées
- Inclusions rigides
- Colonnes de sols stabilisés (Soil mixing)
- Injection solide
- Vibroflottation
- Pilonnage intensif
- Injections de résine expansive (Solinjection)
- Préchargement (technique généralement accompagnée de drains verticaux).

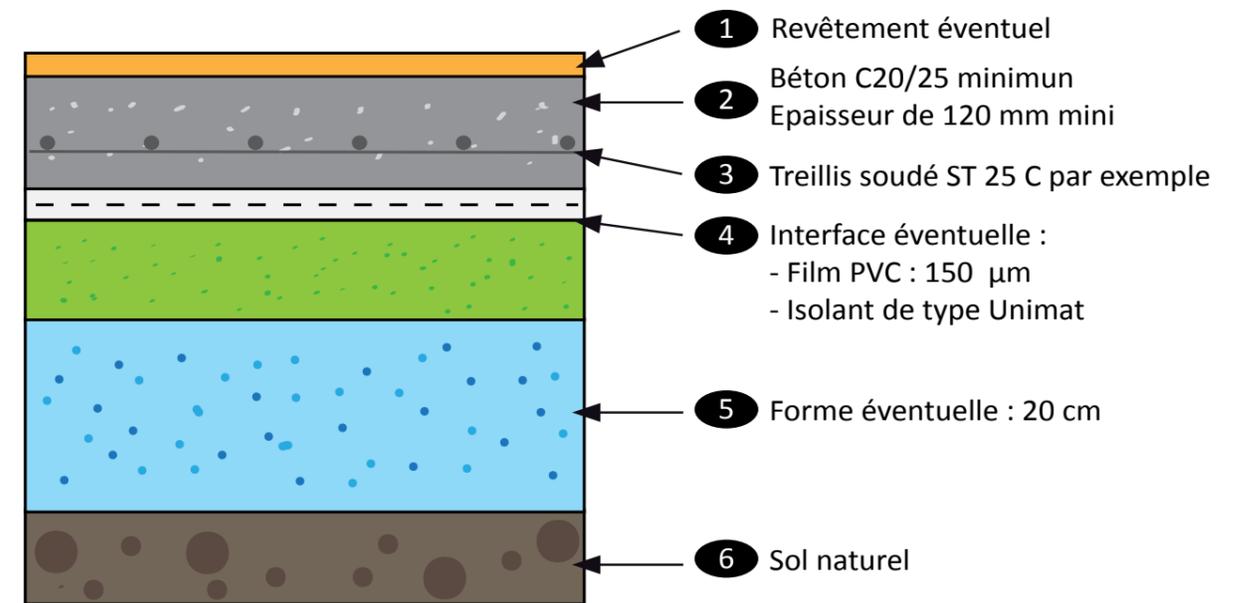
Réalisation des fondations d'un pavillon



◆ Les dallages

Les dallages sur terre-plein sont des ouvrages en béton armé peu épais ($e \geq 12$ cm), coulés sur une "forme" en matériaux choisis et mis en œuvre pour constituer une assise stable posée à même le sol (voir schéma). Ce parti est le plus souvent retenu dans la conception du niveau bas des maisons individuelles car il est plus économique qu'une dalle portée.

Les dallages font l'objet d'une norme : NF P 11-213 (DTU 13.3), la partie 1 concernant plus particulièrement les maisons individuelles. Ils peuvent être solidarisés ou non avec la structure. Ils ne peuvent supporter que des charges permanentes faibles (cloisons) et des surcharges aléatoires (racks, charges roulantes, ...)



Coupe schématique d'un dallage sur terre-plein

2.2 Les désordres

Lorsqu'un ouvrage est concerné par des mouvements affectant le sol d'assise de son système de fondations, il est généralement affecté de désordres de différentes natures. Ils sont fonction de l'ampleur des déformations mais également de sa structure, plus ou moins sensible à ces dernières.

◆ Fissuration des murs

Soumise à des contraintes, la structure d'un ouvrage au comportement «fragile», est affectée de fissures que l'on peut ranger en 2 grandes familles:

- **Les fissures de cisaillement** résultent le plus souvent du gauchissement de la structure suite à un tassement différentiel. Elles se présentent le plus souvent selon un schéma typique, en diagonale, en suivant éventuellement les joints de maçonnerie (parpaings, briques...). Elles peuvent se poursuivre par des fissures horizontales ou verticales au droit des changements de matériaux, par exemple à la jonction avec un chaînage.

- **Les fissures de traction** apparaissent lorsque la structure, ou l'un de ses éléments, se rompt; sa résistance étant insuffisante pour s'opposer à des forces tendant à l'étirer. C'est notamment le cas en partie haute des murs, en l'absence de chaînage horizontal, lorsque l'ensemble de l'ouvrage est soumis à une déformation.

Selon leur ouverture, il est possible de distinguer plusieurs types de fissures :

- **Faiénçage** : formation d'un réseau plus ou moins serré de fissures à la surface d'une peinture ou d'un enduit (ce type de fissuration n'est pas en rapport avec une pathologie d'origine structurelle)



- **Microfissures** : Entre 1/10 et 2/10 mm



- **Fissures** : Entre 2/10 et 20/10 mm



- **Lézardes** : > 20/10 mm



- **Crevasses** : > 50/10 mm



Ces fissures affectent généralement l'intégralité de l'épaisseur des maçonneries et sont dites traversantes ou évolutives. Elles peuvent être la cause d'infiltrations et rendre un ouvrage impropre à sa destination.

Il convient de bien savoir identifier ces différents types de fissures, toute confusion pouvant avoir des conséquences préjudiciables à la poursuite de l'étude.

De l'analyse de ces fissures va dépendre toute la conduite de l'étude. Il est essentiel de distinguer les désordres résultants de mouvements de fondation de ceux qui n'affectent que l'enduit superficiel, ce qui est relativement facile, et surtout de ceux qui ont une origine typiquement structurelle : rotation de plancher, poussée de charpente, chocs thermiques, etc.

Lézardes sur la structure d'un pavillon



◆ Ouverture de joints de rupture

La réalisation d'un joint de rupture est nécessaire, et imposée par les règles de l'art. Elle se font à la jonction entre deux parties d'ouvrage qui présentent une différence de niveau de fondation ou une grande hétérogénéité de charge (par exemple dans le cas d'un nombre d'étages différents), lorsque la structure n'est pas suffisamment rigide pour accepter des tassements différentiels importants.

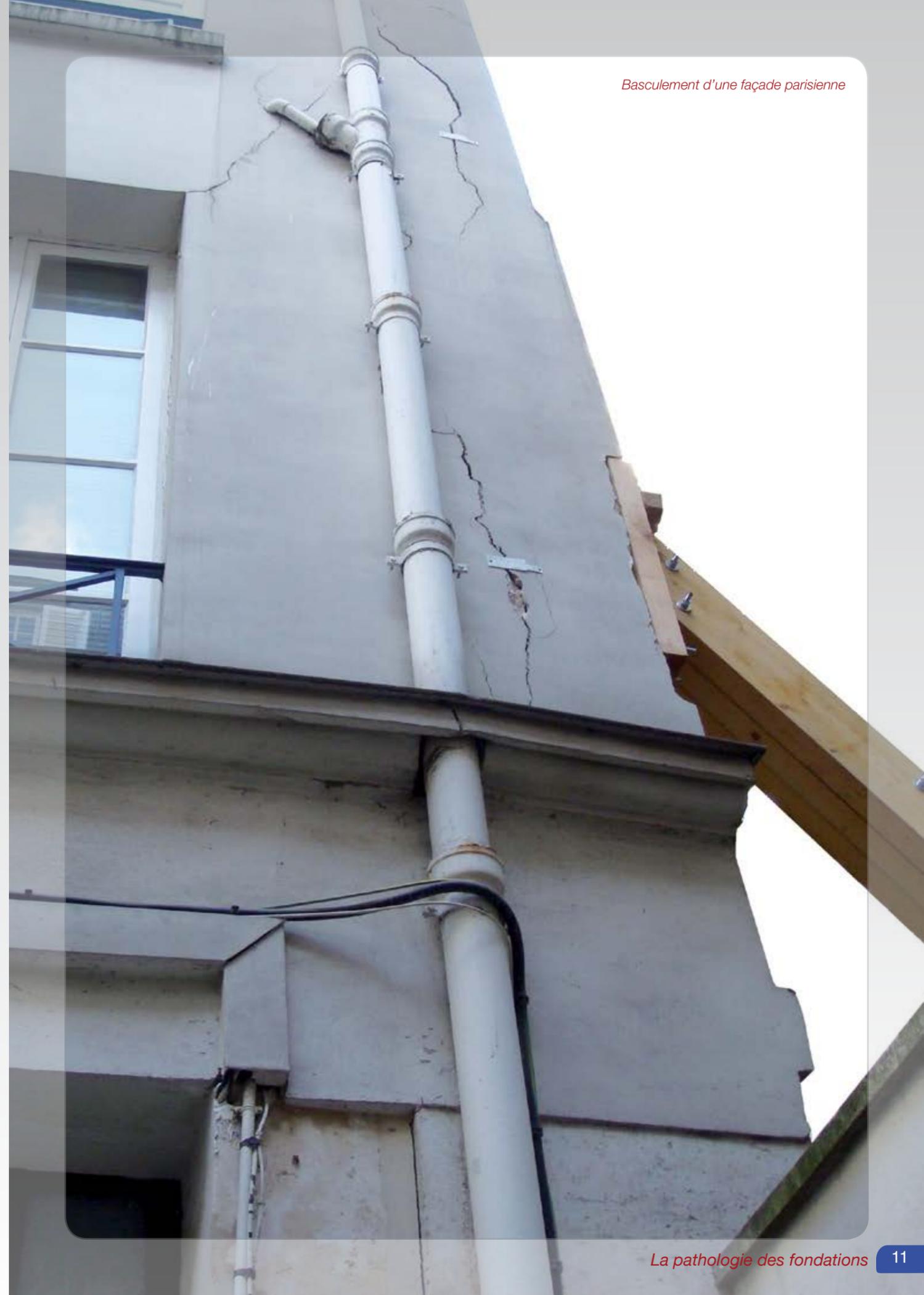
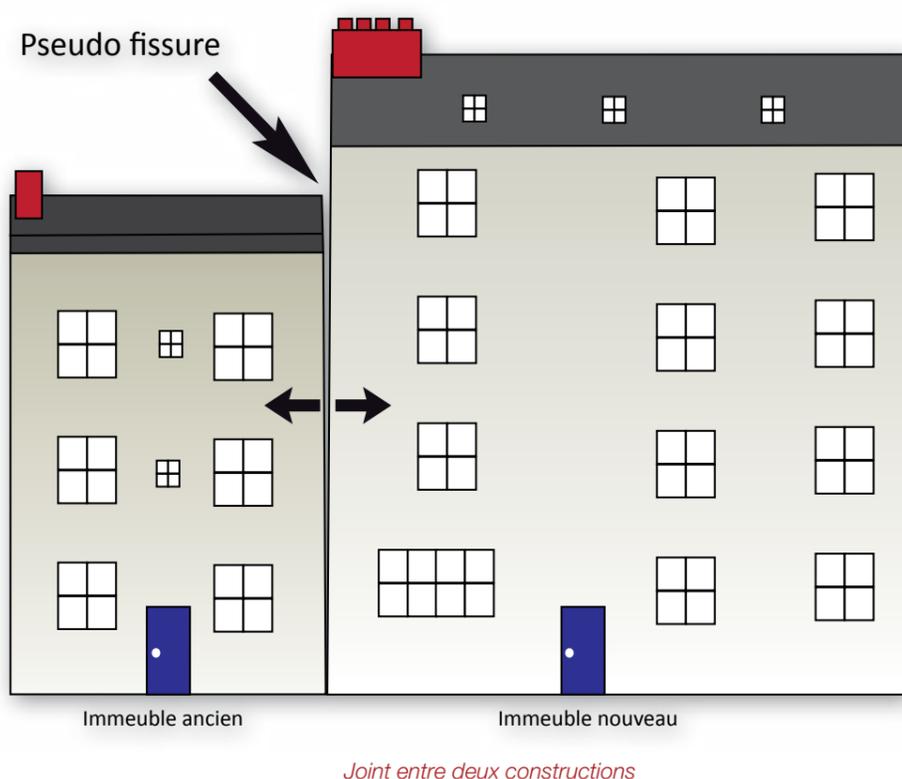
Les joints de rupture se comportent comme des «fusibles» et s'avèrent être un bon indice sur la nature des mouvements en cause. Dans certains cas l'ampleur des tassements différentiels peut être suffisamment importante pour que le désaffleurement créé constitue une gêne dans l'usage des locaux. Il convient de signaler également que lorsqu'un joint n'a pas été initialement projeté, il peut se créer à son emplacement une fissuration importante et généralement inesthétique.

◆ Phénomènes de distorsion

Lorsque la structure d'un ouvrage est relativement souple, la déformation de son ossature peut se traduire, à défaut d'une fissuration des murs porteurs, par un déséquerrage des huisseries, une inclinaison des planchers, ou encore par des désordres ne concernant que les remplissages fragiles et les plafonds.

◆ Basculement de l'ouvrage

Si l'ouvrage est suffisamment rigide et le mouvement de sol de grande ampleur, l'ouvrage peut être l'objet d'un basculement général, éventuellement perceptible par les occupants, et que des relevés sont susceptibles de révéler.



◆ Mouvements affectant les dallages

Ces mouvements sont généralement liés à des phénomènes de tassement du sol d'assise (compressible, rétractable, sensible à des venues d'eaux parasites...) ou à une mauvaise réalisation de la forme (matériaux impropres, insuffisance de compactage).

Il est également possible d'assister à des gonflements (sols gonflants par humidification, réactions chimiques entre un constituant du sol (sulfates) et le ciment...). Il convient d'insister sur le fait qu'en matière de pathologie d'ouvrage les mouvements constatés sont toujours relatifs.

La localisation des désordres permet généralement d'avoir une première approche sur leur origine :

- En périmétrie et non au cœur de l'ouvrage (phénomènes de retrait dus à la sécheresse)
- A proximité de réseaux enterrés (fuites éventuelles)
- Dans des zones de terrassement en remblai (insuffisance de compactage)
- A proximité des murs ou appuis (remblaiement des fouilles de fondation)...

EN CONCLUSION :

Tout particulièrement pour les dallages, il est indispensable de se poser la question, même si la réponse apparaît a priori évidente : est-ce le sol qui gonfle ou bien les murs périmétriques qui s'enfoncent?

Tassement de dallage dans une maison



Soulèvement d'un dallage dû à la présence de sulfate



2.3 Les causes de désordres

◆ Insuffisance de portance des sols

Lorsque le mode de fondation est inadapté ou que celle-ci est insuffisamment dimensionnée pour que la transmission des charges de l'ouvrage au sol d'assise puisse se faire correctement, les désordres surviennent généralement très tôt dans la vie de l'ouvrage.

Cette cause est donc relativement facile à identifier. Néanmoins on devra tenir compte d'éventuelles modifications, du sol ou de l'ouvrage, qui peuvent entraîner des désordres «tardifs». Vis à vis de l'ouvrage on sera notamment attentif aux modifications qu'il a pu subir dans sa nature ou son usage (surcharge sur un plancher par exemple).



Fissure évolutive à 45° avec désaffleurement

Les processus d'évolution naturelle des sols sont généralement très lents en regard de la durée de vie d'un ouvrage. Cependant, sous les effets de l'eau par exemple, certains sols peuvent voir leurs caractéristiques mécaniques se dégrader rapidement.

Toute charge appliquée sur une certaine surface de sol provoque un tassement. Tant que la « capacité portante » n'est pas dépassée, les déformations restent généralement acceptables.

Lorsque les sols sont particulièrement compressibles et que l'on quitte le domaine élastique, les tassements augmentent notablement. Le cas le plus préjudiciable à un ouvrage est celui où il est soumis à des tassements différentiels que sa structure ne peut accepter.

C'est le cas :

- Lorsqu'il existe une dénivellation importante entre les différentes parties des fondations d'un bâtiment et que cela n'ait pas été correctement pris en compte (exemple : réalisation de redans).



Tassement différentiel dans une piscine

- Dans le cas où le bâtiment est construit sur un sol géologiquement hétérogène, avec des sols d'assise aux comportements différents vis-à-vis notamment de leur compressibilité.

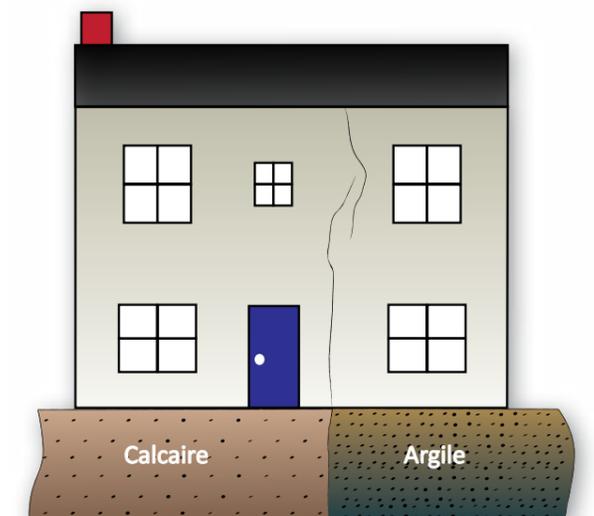


Schéma de fissures dues à l'hétérogénéité du sol d'assise

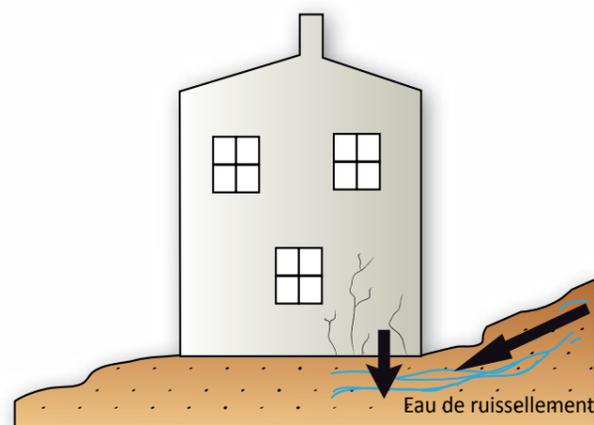
◆ Sensibilité des sols aux variations hydriques

Les dernières décennies ont montré que la dessiccation des sols consécutive à un déficit pluviométrique exceptionnel pouvait affecter la stabilité des ouvrages.

Si l'ampleur des tassements provoqués par la dessiccation des sols argileux peut être très importante, de nombreux facteurs aggravants sont souvent en cause dans la manifestation des désordres :

- L'insuffisance des constructions, notamment en ce qui concerne leur rigidité
- Le non respect de certaines règles de l'art élémentaires
- La présence de végétaux de taille importante à proximité des constructions.

De même, il faut s'inquiéter sur les conséquences de la réhumidification des sols.



Absence de drainage

◆ Déstabilisation des assises par l'eau

Les fuites de réseaux constituent, principalement en site urbain, une cause fréquente de sinistre.

L'eau peut agir de différentes façons :

- Lorsque le débit est important, en entraînant les éléments fins du sol d'assise des fondations et provoquant l'affaissement de l'ouvrage : **phénomène d'affouillement**
- En altérant la qualité des sols et en diminuant leur portance en dessous du seuil de stabilité, voire en provoquant un effondrement structurel (sols effondrables)
- En générant des variations volumiques des sols, lorsque ces derniers sont gonflants et en état de succion
- En provoquant la ruine de cavités souterraines (caves, carrières souterraines).

Toutefois si l'on a constaté la rupture d'une canalisation, il faut se garder de penser que l'on a identifié l'origine du sinistre, cette rupture pouvant être une conséquence du mouvement de sol et non la cause.

Lorsque les sols sont particulièrement compressibles et qu'ils baignent au sein d'une nappe phréatique, ce qui va souvent de paire, tout abaissement significatif du niveau de cette nappe entraîne une reprise de la consolidation des sols et en conséquence le tassement des ouvrages qui y sont fondés.

Les causes de l'abaissement d'une telle nappe peuvent être naturelles (sécheresse) ou artificielles.



Désordre suite à une fuite d'une canalisation d'eau

Bien que le phénomène ne se rencontre que sur les rives de cours d'eau et en bordure du littoral maritime, il faut toutefois citer l'influence que l'eau peut avoir sur les assises des ouvrages édifiés dans ces zones :

- Par érosion sous les effets des courants ou marées
- Par influence sur la stabilité des pentes lorsque celles-ci sont raides.

Outre les rabattements de nappe qu'ils nécessitent fréquemment, et dont il a été parlé plus haut, les fouilles de grande profondeur peuvent occasionner, lorsque toutes les précautions ne sont pas prises, une décompression des terres situées en arrière des soutènements et donc le tassement des constructions voisines.

◆ Décompression des sols suite à un décaissement du sol à proximité

Parmi tous les agents extérieurs, dont on ne saurait dresser une liste exhaustive, les travaux réalisés à proximité d'ouvrages existants constituent une cause importante de sinistre.

C'est généralement le cas de terrassement réalisé en limite de propriété pour la réalisation d'un nouveau bâtiment. Si les opérations de terrassement sont réalisées sans précaution (dans la plupart des cas la mise en œuvre d'un système de soutènement approprié est indispensable), une décompression du sol d'assise des fondations du bâtiment voisin est engendrée.

La réalisation de tranchées pour le passage de réseaux, notamment si elles sont laissées trop longtemps ouvertes, peut avoir des conséquences, certes de moindre ampleur, mais néanmoins suffisantes pour entraîner des désordres importants aux ouvrages situés à proximité.

Généralement, des travaux de reprise en sous-œuvre seront nécessaires pour assurer la stabilité du bâtiment sinistré.

Effondrement d'une partie de la maison suite à un décaissement du sol à proximité



◆ Mouvements de terrains de grande ampleur (effondrements de cavités, pente instable, glissement de terrain)

On trouve ici des phénomènes qui affectent généralement des masses de sols, ou de roches, telles que leur ampleur implique des études bien particulières.

Néanmoins, il est relativement fréquent d'être confronté à des problèmes plus subtils qui méritent d'être mentionnés.

Si les glissements en masse présentent des indices remarquables qui permettent d'identifier relativement facilement leur mécanisme, il existe également des phénomènes lents et d'ampleur limitée qui sont beaucoup plus difficiles à appréhender : solifluxion de sols argileux dans des pentes naturelles de faible inclinaison, fluage sous la surcharge apportée par un ouvrage, déplacement de masse rocheuse à la faveur de plans de fracture lubrifiés par des eaux d'infiltration...

Glissement de terrain à Ramatuelle



Qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique, les cavités peuvent affecter la stabilité des ouvrages édifiés à leur aplomb.

Leur présence, lorsqu'elle est avérée, entraîne généralement pour les projets de construction concernés des sujétions importantes : travaux de comblement, fondations particulières, renforcement de la structure...

Néanmoins il n'est pas exclu de rencontrer des bâtiments édifiés au dessus de tels vides, soit parce que leur existence est ignorée soit parce que le risque a été sous-estimé.

Les effondrements qui peuvent affecter ces cavités, et plus particulièrement celles qui ont été creusées artificiellement, sont susceptibles d'avoir des répercussions jusqu'à la surface du sol et altérer gravement la stabilité des ouvrages qui y sont établis.

◆ Déficience du système de fondation

Pour que les charges de l'ouvrage se transmettent correctement au sol, encore faut-il que la fondation ait été correctement exécutée. Comme il a été dit plus haut, il s'agit de la cause la plus difficile à suspecter a priori, les indices n'étant d'ordinaire pas évidents, sauf communication d'incidents de chantier.

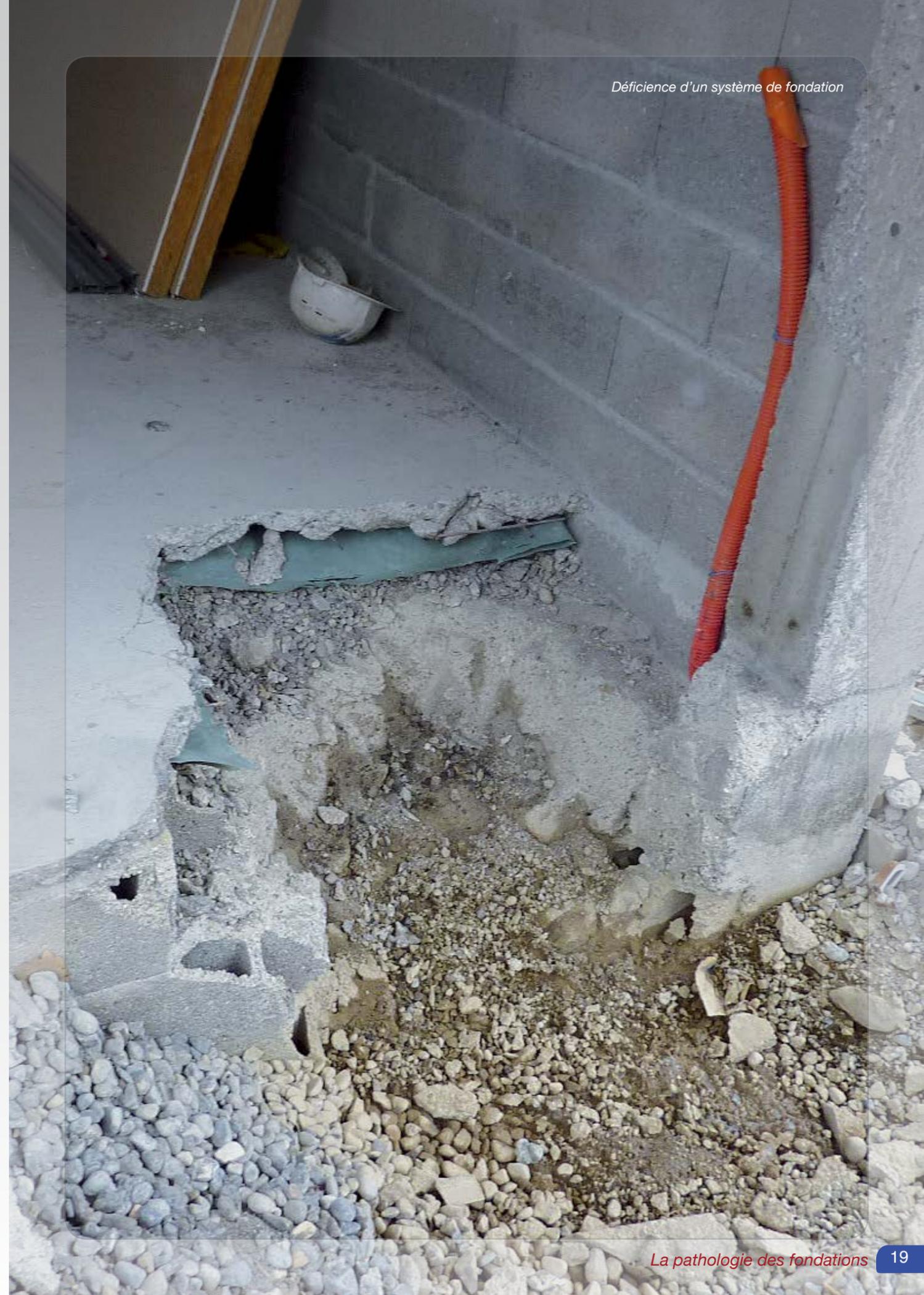
La mauvaise exécution des fondations s'impose le plus souvent par défaut d'une autre cause acceptable et implique nécessairement des investigations poussées pour être étayée.

De plus, la découverte d'une imperfection du système de fondation n'implique pas obligatoirement que ce soit la cause du sinistre. Dans certains cas il peut s'agir tout au plus d'un facteur aggravant.

Si les fondations superficielles sont les plus sujettes aux imperfections, ces dernières sont par contre relativement faciles à mettre en évidence.

Pour les fondations profondes, qui ne sont pas exemptes de malfaçons, cette recherche nécessite la mise en œuvre de moyens beaucoup plus conséquents, avec des résultats parfois aléatoires.

Tranchées inondées pour les fondations d'une maison



Déficience d'un système de fondation

3. Les études préalables

3.1 L'approche préliminaire

◆ Ouvrage

Les données relatives à l'ouvrage sinistré sont indispensables à la détermination de la cause des désordres et donc à la définition des travaux de réparation.

- L'examen visuel de la construction apporte des informations essentielles sur la nature du bâtiment, mais aussi sur sa conception, voire sur ses matériaux constitutifs.
- Les renseignements oraux peuvent être très importants et éclairer la recherche des causes du sinistre : historique des travaux, incidents lors de la construction, modifications ultérieures.

- Les plans et documents établis lors de la construction fournissent des renseignements précieux sur la structure d'un ouvrage. Mais on se gardera néanmoins de les considérer comme le reflet indiscutable de la réalité.
- La connaissance de la structure d'un ouvrage peut nécessiter des investigations sur certains éléments. Ces reconnaissances ne sont pas nécessairement destructives grâce à certaines techniques d'auscultation de mise en œuvre facile (ferroscan, pachomètre...).

Mauvaise exécution d'une jonction poteau/fondation



◆ Fondations

Encore plus que la superstructure de l'ouvrage, qui présente l'avantage d'être visible, les fondations constituent une inconnue importante. Il est généralement nécessaire d'effectuer des investigations pour avoir des informations, qui ne seront toujours que ponctuelles, sur les fondations d'un ouvrage : nature, niveau d'assise, géométrie, présence d'armature, ...

Cette connaissance est primordiale compte tenu de l'implication fréquente des fondations dans l'origine des désordres. Elle reste malgré tout souvent l'objet d'imprécisions et ceci pour différentes raisons.

Les plans et les autres documents établis lors du marché de travaux sont, ici encore plus que pour le reste de l'ouvrage, sujets à caution :

- Ils ne prennent pas en compte les adaptations effectuées en cours de travaux
- Il est facile de ne pas respecter les termes d'un marché sur des éléments cachés.

Les fondations superficielles, mode de fondation largement le plus répandu, sont fréquemment l'objet de malfaçons, pas toujours faciles à mettre en évidence :

- Encastrement insuffisant (vis-à-vis de la nature du sol, du gel...)
- Mauvaise qualité du béton
- Dimensionnement insuffisant au regard des charges et de la qualité du sol
- Absence ou mauvais positionnement des armatures, lorsqu'elles s'avèrent nécessaires
- Excentrement par rapport aux murs porteurs...

Fouille de reconnaissance de fondation



En matière de fondations l'expérience montre qu'il est possible d'être confronté à des ouvrages les plus improbables :

- Il n'est pas exclu de constater une absence totale de fondation, les murs reposant directement sur le sol d'assise
- Il est fréquent de rencontrer des «radiers» constitués d'une simple dalle de mauvais béton dépourvue de toute armature, si ce n'est, à la rigueur, un simple treillis soudé anti-fissuration
- Les puits de fondation, à la réalisation délicate, notamment lorsqu'ils sont mis en œuvre sous la nappe phréatique, peuvent présenter des formes et des constitutions étonnantes, reflétant les difficultés rencontrées par l'entrepreneur.

Suite à des premiers désordres, des reprises en sous œuvre ont pu être ponctuellement réalisées, souvent par le constructeur lui-même dans le cadre de sa garantie de parfait achèvement, travaux qui, lorsqu'ils sont inadaptés, s'avèrent généralement un remède pire que le mal.

Les fondations profondes, qui ne sont justifiées que lorsque les solutions superficielles ne sont pas réalisables, bien que exécutées par des entreprises spécialisées, ne sont pas exemptes de problèmes :

- Défauts d'exécution : faux refus au battage, interruption de bétonnage, rupture consécutive à un choc en cours de travaux, mauvais recepage...
- Erreurs de conception : fiche insuffisante, non prise en compte de frottement négatif ou de poussées latérales générées par des remblais contigus...

◆ Géologie

La connaissance de la nature présumée des sols d'assise est indispensable à l'identification des vices du sous-sol pouvant être à l'origine du sinistre. Parmi les plus courants il est possible de citer :

- Les dépôts alluviaux comportant des niveaux éminemment compressibles (vases, tourbes...)
- Les anciennes zones d'extraction de matériaux (gravières, carrières...) actuellement remblayées
- Les horizons susceptibles d'être affectés par des phénomènes de dissolution (gypse, anhydrite...)
- Les niveaux ayant pu faire l'objet d'exploitation en carrière souterraine (calcaires, gypse, charbon...)
- les formations argileuses particulièrement sensibles aux variations hydriques (argiles sannoisiennes, molasse toulousaine...).

En première approche, avant toute investigation, le géotechnicien ne dispose que des cartes géologiques, de sa propre expérience et de ses qualités de géologue de terrain, le cas échéant. Il ne faut toutefois pas perdre de vue que le sous-sol recèle souvent des anomalies difficilement prévisibles, qu'elles soient d'origine géologique ou artificielle.

◆ Phénomènes extérieurs

Il est toujours nécessaire de s'informer sur les éventuels agents extérieurs qui pourraient avoir déclenché les désordres et surtout d'obtenir précisément la date de l'événement, lorsqu'il s'agit d'un phénomène ponctuel, afin de la comparer avec la manifestation du sinistre.

Les phénomènes climatiques sont les plus fréquemment mis en cause. Ce sont essentiellement des déficits de précipitations comme l'intense sécheresse de la dernière décennie ou bien des excès comme une pluviosité exceptionnelle.

◆ Environnement

La visite du site permet également de placer l'ouvrage dans son environnement, dont il est indissociable.

- Il est bien connu que l'eau, au moins comme facteur aggravant, est impliquée dans la plupart des sinistres liés au sol. Tout ce qui concerne les relations entre l'ouvrage et cet élément doit donc être répertorié: circulations des eaux de ruissellement, recueillement des eaux pluviales, existence d'un système de drainage, manifestations de la présence d'une nappe phréatique...
- La pente peut être directement impliquée dans l'origine d'un sinistre, comme facteur d'instabilité, mais aussi, plus indirectement, en favorisant l'infiltration préférentielle des eaux de ruissellement, et en étant la cause des variations d'encastrement des fondations.

- Vis-à-vis de la dessiccation des sols, le rayon d'influence des arbres est très important, notamment en période de déficit pluviométrique. Par ailleurs, les racines peuvent s'insinuer sous les structures ou dans les canalisations avec une force destructrice considérable. Il n'est donc pas possible d'ignorer la végétation dans une étude pathologique.
- L'étude des sinistres liés à la sécheresse a montré l'influence de l'imperméabilité des abords des bâtiments sur l'évaporation et donc la dessiccation des sols. Ainsi, sur certains sinistres, la simple présence d'une terrasse a permis d'expliquer l'hétérogénéité constatée sur l'humidité des sols d'assise et donc la localisation de désordres.

Absence de trottoir périmétrique et présence d'arbres à hautes tiges à proximité d'un bâtiment sinistré



3.2 L'étude géotechnique

Reconnaissance géotechnique

Le programme de reconnaissance est souvent guidé par les résultats de l'analyse précédente et donc orienté sur la cause pressentie. Toutefois il doit aussi permettre, le cas échéant, la mise en lumière d'une autre origine aux désordres que celle qui paraît a priori évidente.

Son but est donc multiple :

- Vérifier ou infirmer les hypothèses émises et conclure sur la cause du sinistre
- Préciser les facteurs déclenchants
- Dans le cadre d'une expertise R.C., fournir à l'expert les éléments susceptibles de préciser les responsabilités
- Apprécier le caractère évolutif du mouvement de sol et, à défaut de statuer, instrumenter
- Orienter les maîtres d'œuvre et les experts sur les solutions permettant de mettre un terme aux désordres.



Etude de sol réalisée par un géotechnicien partenaire

Ce programme est établi sur les bases suivantes :

- *Portance et compressibilité des sols* : sondages pressiométriques, sondages au pénétromètre dynamique ou statique, prélèvements d'échantillons non remaniés pour essais de laboratoire (compressibilité à l'œdomètre, essai de cisaillement...)
- *Phénomènes de retrait-gonflement* : sondages avec prélèvements d'échantillons remaniés pour profils de teneur en eau et essais d'identification et non remaniés pour essais de retrait et de gonflement
- *Déstructuration des sols ou entraînement de fines* : sondages destructifs avec enregistrement de paramètres ou sondages au pénétromètre dynamique ou statique, avec prélèvements d'échantillons remaniés pour essais d'identification
- *Cavités souterraines* : sondages destructifs avec enregistrement de paramètres et diagraphies RAN
- *Stabilité de pente* : sondages répartis dans le sens de la pente avec prélèvements d'échantillons non remaniés pour essais de cisaillement.

Notre filiale Alliance BTP Ingénierie® peut s'occuper de l'organisation des missions géotechniques précitées en collaboration avec un géotechnicien partenaire.



Etude de sol

4. Les solutions de réparation

4.1 Reprise en sous-œuvre par micropieux

Un micropieu est un pieu de faible section (14 à 25cm), dont la longueur peut atteindre une vingtaine de mètres, disposé en groupes pour fonder ou consolider un ouvrage.

La force portante d'un micropieu se calcule en fonction du frottement latéral de celui-ci dans les différentes couches du sol dans lequel il est ancré.

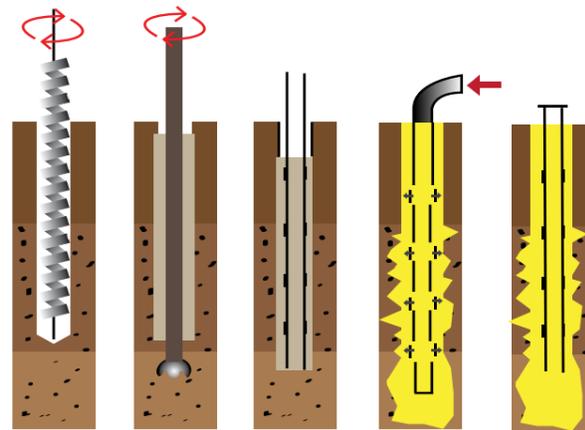
Le micropieu est composé d'un tube métallique (ex. diamètre 73 mm ép. 5,5 mm) qu'on introduit dans un forage réalisé de diamètre 150 mm par exemple. Ensuite un coulis de ciment est injecté à basse ou forte pression en fonction du type de micropieux.

Avec les micropieux, on dote l'ouvrage d'un système de fondations profondes. Cette solution est envisagée quand les autres solutions de réparation (longrine de rigidification, injection de résine, reprise par puits) ne sont pas envisageables.

C'est notamment le cas quand les couches superficielles ont de mauvaises caractéristiques mécaniques (ex. remblais ou tourbes) ou qu'elles sont sensibles aux variations hydriques (ex. argiles avec un indice de plasticité élevé).

Dans certains cas, il faudra prendre en compte un frottement négatif dans les couches superficielles.

Un essai de traction est en général réalisé afin de



$$F = \frac{1}{2} \sum (\pi d Q_{si} h_i)$$

D = diamètre du micropieu
Q_{si} = valeur du frottement latéral de la couche i
h_i = hauteur d'encastrement dans la couche i
i = numéro de la couche
½ = coefficient de sécurité

Le liaisonnement du micropieu à la semelle de fondation existante se fait à l'aide de :

- Massifs de liaisonnement en béton armé
- Sabots métalliques
- Longrines de répartition
- Scellement droit

Le choix du type de liaisonnement dépend de la nature de la semelle existante et notamment de sa capacité à travailler en flexion entre deux massifs successifs et de reprendre la réaction du micropieu.

La longrine de répartition des charges est nécessaire en cas d'insuffisance de la semelle existante à assurer cette fonction de transmission de charges. La longrine est réalisée en sous-œuvre de la semelle existante. Elle est réalisée par passes et par phases avec recouvrement des aciers entre chaque phase de coulage.

Intervention depuis l'intérieur



Intervention depuis l'extérieur



4.2 Reprise en sous-œuvre par puits ou plots jointifs

Un puit ou un plot jointif est une fondation semi-profonde. Il s'agit de massifs en béton faiblement armé ou non, descendus jusqu'au maximum -5 m par rapport au terrain naturel. Au delà, les conditions d'exécution deviennent trop difficiles et coûteuses et on y préfère la solution micropieux.

La solution de reprise en sous-œuvre par puits ou par plots jointifs est utilisée quand la couche de sol dans laquelle on souhaite fonder l'ouvrage se trouve à une profondeur inférieure de -4 à -5 m.

La réalisation de ce type de travaux nécessite généralement :

- Un terrassement d'approche réalisé à la main ou à l'aide d'engin
- Un terrassement en sous-œuvre réalisé à la main
- Un blindage des fouilles
- Un coffrage et si nécessaire la mise en place de cages d'armature
- Un coulage du béton conformément aux normes en vigueur



Création d'un plot jointif

Les plots jointifs sont réalisés quand la capacité portante du sol d'assise du nouveau système de fondation est faible. Ainsi on augmente la surface de transmission des charges de la construction pour diminuer la pression apportée au sol.

Dans le cas d'une reprise par puits, la distance entre les puits est généralement supérieure à 3-4 m. Ainsi, dans une majorité de cas, la semelle de fondation existante n'étant pas apte à travailler en flexion entre deux puits consécutifs, on relie les puits par une longrine de réparation réalisée en sous-œuvre.



Reprise en sous-œuvre par plots

4.3 Reprise en sous-œuvre par longrine de rigidification

Une majorité des sinistres des fondations des pavillons est due à des insuffisances des semelles de fondation :

- Section insuffisante
- Absence ou insuffisance d'armatures
- Encastrement insuffisant dans le sol

La réalisation d'une longrine de rigidification permet de palier ces défauts. La longrine fortement armée apporte les avantages suivants :

- Doter le système fondatif d'une inertie plus importante lui permettant de faire face à des phénomènes de tassement différentiel localisés
- Augmenter l'encastrement et par conséquent s'éloigner des zones de surface où l'influence des phénomènes de sécheresse et de réhydratation est plus importante
- Permettre des reprises en sous-œuvre partielles car le phénomène de point dur est moins prononcé que dans le cadre d'une reprise en sous-œuvre profonde partielle.

La longrine de rigidification peut comporter des réservations pour d'éventuels micropieux.

Cette solution est à privilégier quand les travaux de reprise en sous-œuvre nécessitent la réalisation d'une longrine de répartition et que le contexte de l'affaire se prête à une réalisation en deux phases des travaux.

Ainsi, dans un premier temps, on réalise la longrine. Et en cas d'évolution ou d'aggravation des désordres, on réalisera, dans un deuxième temps, les micropieux à travers les longrines ainsi réalisées.

Le maître d'ouvrage est ainsi prévenu de la nécessité d'une seconde intervention.

Mise en place d'une longrine de rigidification



Longrine et micropieu

4.4 Reprise en sous-œuvre et relevage par Pieux RESIST®

Le pieu RESIST® est une solution innovante qui permet la réalisation d'une reprise en sous-œuvre et d'un relevage du bâtiment sinistré. Le procédé comporte deux éléments :

- Les pieux, constitués de tubes métalliques de hauteurs 50 cm à 1 m qui sont enfoncés dans le sol pour atteindre le substratum porteur des charges.
- Un système de fonçage et de vérinage qui permet d'enfoncer les pieux et si besoin de relever la structure.

Les opérations de relevage se font par paliers sur plusieurs pieux et simultanément de façon à réaliser un soulèvement homogène de l'ensemble évitant ainsi des désordres sur la superstructure.

Les avantages de cette solution par rapport aux micropieux traditionnels sont les suivants :

- Une capacité portante plus importante jusqu'à 40 tonnes /pieu
- Des travaux préparatoires plus réduits et donc moins destructeurs pour l'environnement du site
- Un encombrement des machines plus faible
- Cette solution permet le relevage des bâtiments sinistrés et ne s'arrête pas à la phase de stabilisation.

La faisabilité de cette solution doit être validée par nos ingénieurs et dépend surtout de la nature du sol et des caractéristiques de la superstructure.



Vérinage d'une structure



Pieux RESIST

4.5 Reprise en sous-œuvre et relevage par pieux hélicoïdaux HC®

Le pieu hélicoïdal HC® est un système de fondations profondes composé d'une barre métallique centrale à laquelle sont soudés des plats hélicoïdaux. Les charges sont transmises au sol par le biais de ces plats métalliques. La barre centrale peut être circulaire ou carrée. Les différents segments du pieu sont boulonnés les uns aux autres.

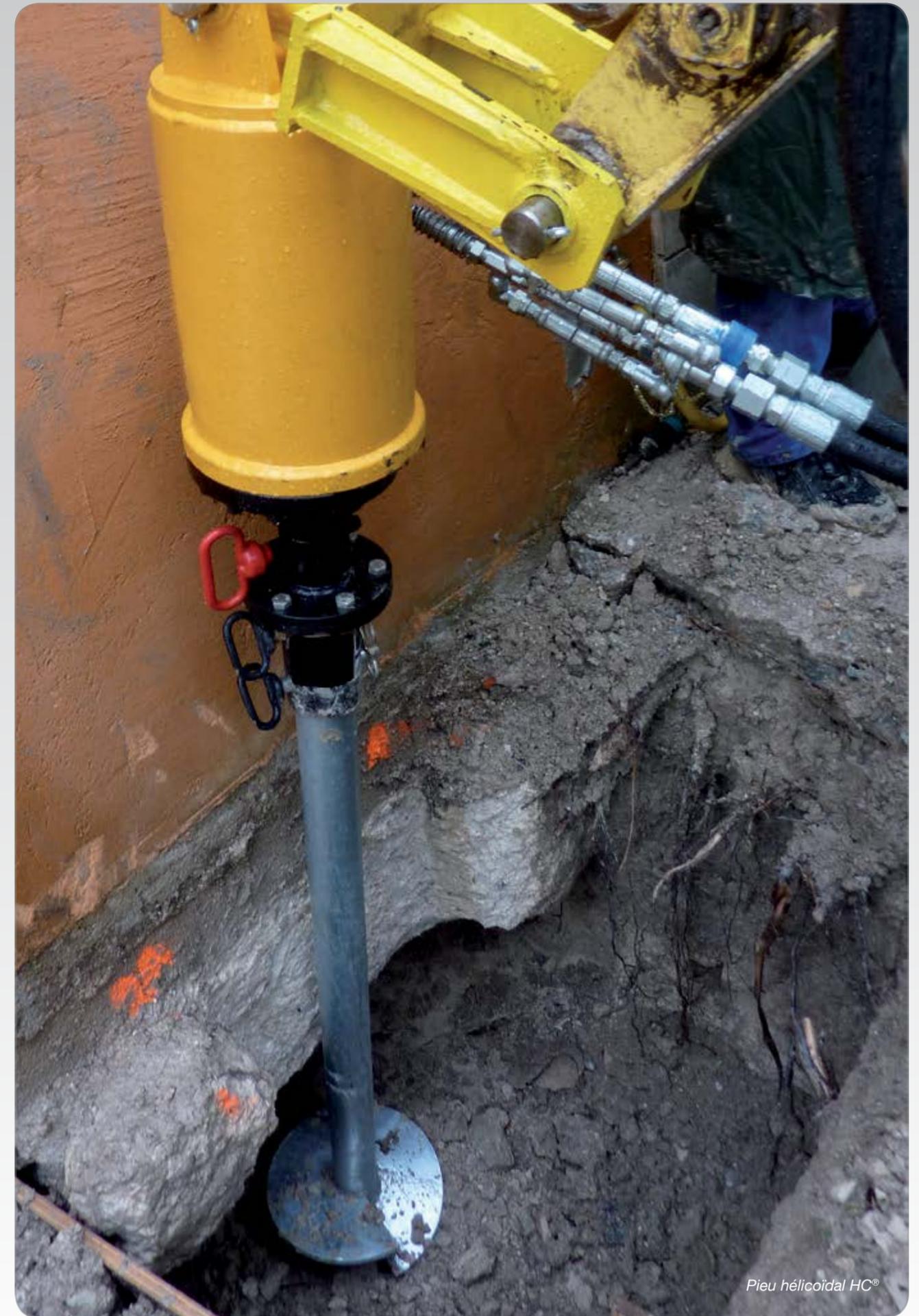
La mise en place des pieux hélicoïdaux HC se fait à l'aide d'un engin de rotation manuelle ou monté sur une pelle mécanique, capable d'apporter le couple nécessaire au vissage des pieux.

Comme pour les micropieux, les pieux HC sont espacés de manière à permettre la transmission des charges de la semelle dans les conditions de sécurité.

Les avantages des pieux HC par rapports aux micropieux traditionnels :

- Une capacité portante plus importante jusqu'à 40 tonnes /pieu
- Des travaux préparatoires plus réduits et donc moins destructeurs pour l'environnement du site
- Un encombrement des machines plus faible
- Cette solution permet le relevage des bâtiments sinistrés et ne s'arrête pas à la phase de stabilisation.

Liaisonnement du pieu à la semelle filante



Pieu hélicoïdal HC®

4.6 Injection de résine

Cette spécialité est assurée par Solinjection®, entreprise du groupe Alliance BTP®.

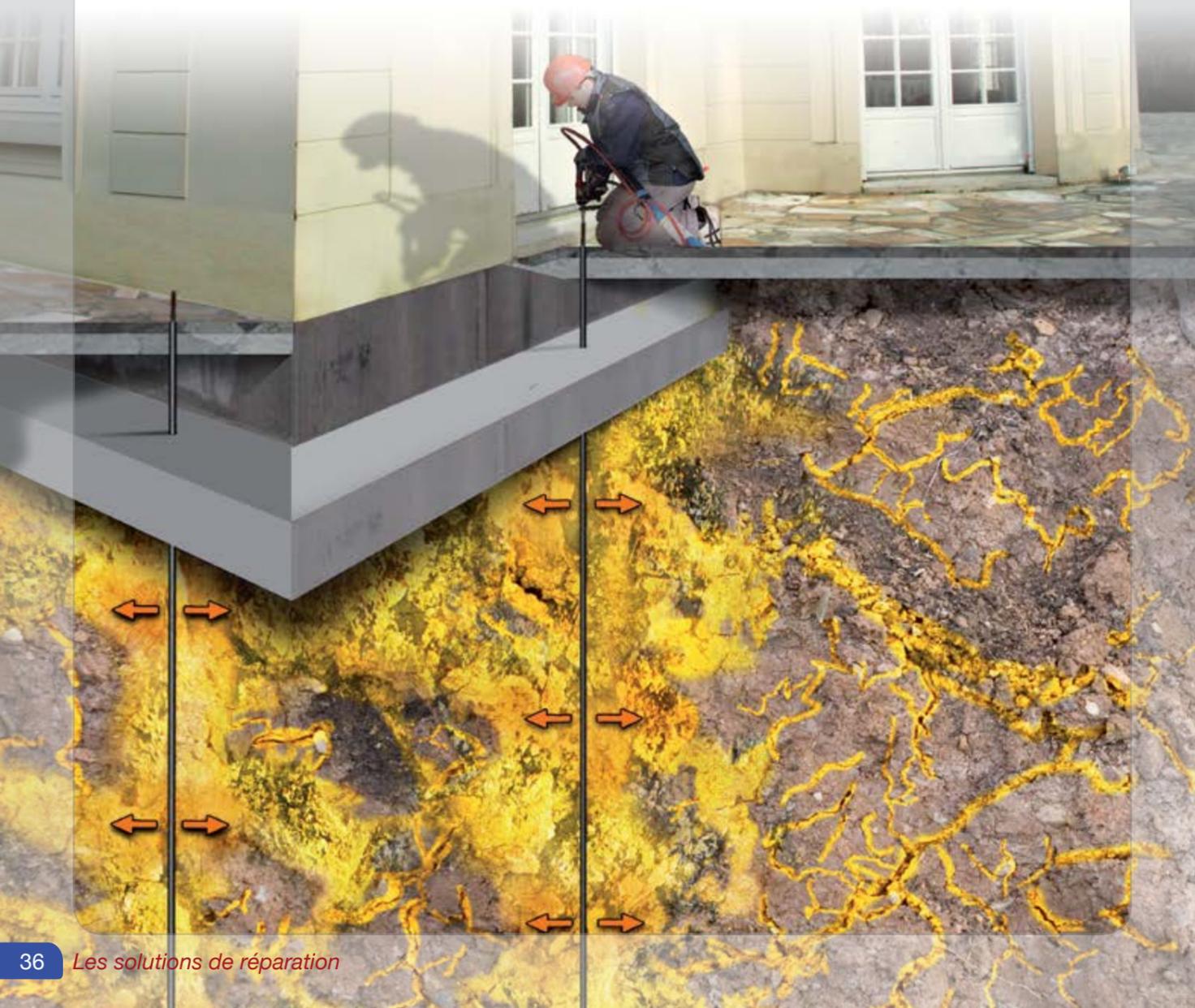
L'injection en profondeur de résine peut être envisagée pour assurer la stabilisation d'ouvrage : confortation de sols, amélioration de la portance des sols d'assise, etc.

La faisabilité des travaux d'injection dépend des caractéristiques du sol, données par les spécialistes géotechniciens (caractéristiques mécaniques, présence d'eau, indice des vides, limites d'Atterberg, etc.) et des résultats de consolidation à obtenir (compactage des sols pour en améliorer la portance par exemple.)

N'hésitez pas à nous
contacter pour recevoir notre
documentation Solinjection®

Tél : 0810 100 380

Email : info@solinjection.com



Injection de résine sous fondation pour consolider le sol

4.7 Soutènement

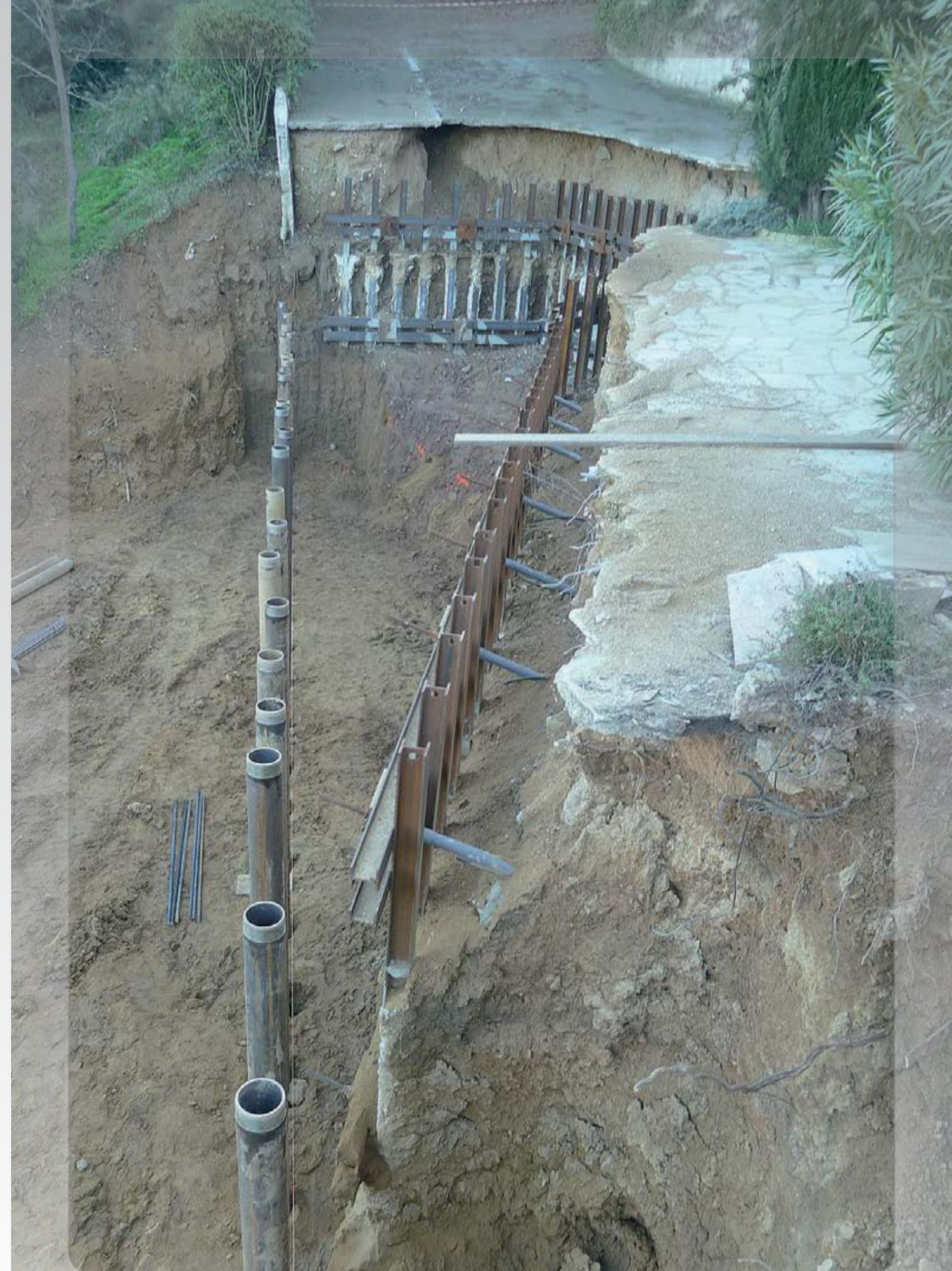
Alliance BTP est une entreprise reconnue pour ses techniques de réparation des sinistres liés à un glissement de terrain, plus particulièrement, ceux qui impliquent les effondrements des murs de soutènement.

Après réalisation d'une étude de sol poussée (sondages pressiométriques, sondages carottés, essais de laboratoire, détermination des caractéristiques de cisaillement C et φ), notre bureau d'études propose la solution la plus techniquement et financièrement adaptée.

Il s'agit généralement de :

- Parois cloutées
- Mini-berloise
- Berlinoise auto-stable
- Mur de soutènement en béton armé
- Mise en place de tirants et des liernes
- Mur de soutènement en gabions
- Traitement des poussées hydrostatiques avec création de drains, tranchées drainantes, barbacanes, etc.

Création d'une paroi de soutènement de type berlinoise suite à un glissement de terrain



5. Implantations et Prestations

5.1 Nos implantations

Ecquevilly
ZAC du petit parc
12 rue de la petite Garenne
78920 Ecquevilly
Tél : 01 34 75 21 72

Paris
32 rue La Boétie
75008 Paris
Tél : 01 53 75 14 14
Fax : 01 53 75 14 19

Lille
12 rue de Marcq-en-Barœul
59290 Wasquehal
Tél : 03 20 80 63 25

Metz
1 place du Pont à Seille
57000 Metz
Tél : 03 87 30 09 72

La Baule
Immeuble Constens
Boulevard du Dr Chevrel
44500 La Baule
Tél : 02 40 60 28 24

Toulouse
1 rond point de Flotis
31240 Saint Jean
Tél : 05 61 38 78 84

Nîmes
21 Allée Boissy d'Anglas
30000 Nîmes
Tél : 04 66 62 60 45

Marseille
530 chemin du pontet
13590 Meyreuil
Tél : 04 42 25 99 00
Fax : 04 42 65 80 20



5.2 Déroulement de nos prestations

Nous connaissons parfaitement l'importance que vous accordez à votre patrimoine sinistré. Notre premier objectif est de mettre en place les moyens nécessaires à sa réparation dans des conditions idéales.

PHASES ETUDES

- Prise de rendez-vous avec vous pour connaître vos besoins et vos exigences
- Examen des désordres sur place
- Réalisation d'un relevé précis de l'existant
- Contact avec les différents intervenants du dossier (expert, maître d'œuvre, assureur, etc.)
- Etudes techniques par notre bureau d'études interne et réalisation des notes de calcul
- Proposition de variantes techniques
- Chiffrage des travaux

PHASES CHANTIER

- Signature du marché des travaux et des documents administratifs

Dans le cas d'une indemnisation par un assureur, nous vous conseillons pour plus de facilité d'opter pour une délégation de paiement autorisant l'assureur à nous régler les factures au fur et à mesure d'avancement des travaux et après votre approbation de ces dernières.

- Détermination d'un délai d'intervention en fonction de vos exigences et de notre planning
- Détermination d'un schéma d'installation de chantier
- Réunions de chantier avec un conducteur de travaux et/ou un chef de chantier.

Lors des réunions de chantier, il est établi des comptes-rendus pour rappeler les actions en cours et celles à organiser.

C'est l'occasion pour vous de nous faire part de vos remarques et pour nous d'y apporter des réponses.

Les situations d'avancement de chantier sont validées lors de ces réunions et permettent l'établissement des factures intermédiaires.

A la fin des travaux de reprise en sous-œuvre, un P.V. de réception de travaux est établi. Nous vous indiquons ainsi le planning prévisionnel de notre intervention pour la phase de reprise des dommages consécutifs (réparation des dallages, des carrelages, etc.)

Quand tous les travaux seront terminés, nous signerons avec vous un P.V. de réception des travaux de cette deuxième phase.



Création de chaînage (procédé RENFORTEC)





www.alliancebtp.com

Paris

32 rue La Boétie
75008 Paris
Tél : 01 53 75 14 14
Fax : 01 53 75 14 19

Ecquevilly

ZAC du petit parc
12 rue de la petite Garenne
78920 Ecquevilly
Tél : 01 34 75 21 72

Lille

12 rue de Marcq-en-Barœul
59290 Wasquehal
Tél : 03 20 80 63 25

Metz

1 place du Pont à Seille
57000 Metz
Tél : 03 87 30 09 72

La Baule

Immeuble Constens
Boulevard du Dr Chevrel
44500 La Baule
Tél : 02 40 60 28 24

Nîmes

21 Allée Boissy d'Anglas
30000 Nîmes
Tél : 04 66 62 60 45

Toulouse

1 rond point de Flotis
31240 Saint Jean
Tél : 05 61 38 78 84

Marseille

530 chemin du pontet
13590 Meyreuil
Tél : 04 42 25 99 00
Fax : 04 42 65 80 20