

Sommaire

Avant-propos	9	9.	Assurance dommages/ouvrage, catastrophe naturelle et sinistralité	76	
Introduction	11	10.	État des lieux de la prévention.....	80	
PARTIE I : Notions de base	13	10.1	Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles du BRGM	80	
1.	Vocabulaire	15	10.2	Plan de prévention des risques naturels prévisibles relatif au retrait-gonflement des argiles (PPRN-RGA).....	86
2.	Fondations superficielles	16	10.3	La loi Elan, réponse de l'État à l'envol des dépenses des sinistres sol pour les constructions neuves uniquement ?	90
3.	Cycle de l'eau	23	10.4	Mesures de prévention : un bilan contrasté	90
4.	Les sols.....	26			
4.1	Constitution des sols	26	PARTIE II : La pathologie à toutes les étapes de la construction : études de cas.....	95	
4.2	Classification des sols	27	1.	Étape 1 : la pathologie lors de la viabilisation du terrain par le lotisseur	99
4.3	Les argiles	30	2.	Étape 2 : la pathologie à la conception avant la construction.....	117
5.	Interactions sol-structure.....	40	3.	Étape 3 : la pathologie au cours du chantier	168
5.1	Les contraintes dues au poids propre du sol.....	40	4.	Étape 4 : la pathologie après la réception	188
5.2	Les contraintes engendrées par les surcharges d'une construction.....	43	5.	Étape 5 : pathologie après les prescriptions du PPRN-RGA sur la commune.....	213
5.3	Argiles : les contraintes engendrées par le RGA.....	46	6.	Étape 6 : les sinistres de deuxième génération	217
5.4	La turbosuction de la végétation sous les constructions.....	49	PARTIE III : Conduite du diagnostic : éléments méthodologiques	231	
5.5	Limons et argiles : l'effondrement hydromécanique (EHM) sous charge constante	52	1.	Avant la première visite des lieux.....	234
6.	Les conséquences des mouvements de sols sur les structures (introduction)	55	1.1	Renseignements généraux et recherche documentaire.....	234
6.1	Propriétés des matériaux de la construction	55	1.2	Situation du terrain	235
6.2	Courbes efforts-déformations des principaux matériaux de construction ...	55	2.	L'expertise des lieux : les cinq premiers constats	239
6.3	Les déformations du bâti suite à un mouvement de sol	57	2.1	Observation de la structure.....	239
6.4	Fissure de traction et de flexion en escalier	61	2.2	Observation du sol	245
6.5	Fissures issues d'une humidification accidentelle des argiles	64	2.3	Observation de l'environnement.....	246
6.6	Les dommages intérieurs	66	2.4	Observation des ouvrages dits « annexes » mais essentiels	253
6.7	Déformations admissibles d'ouvrages courants : quelques ordres de grandeur	67	2.5	Observation des dommages et des fissures	265
7.	Introduction au diagnostic, facteurs de prédisposition et facteurs déclenchants-incidents le mouvement de sol	70	3.	Investigations et analyse des faits.....	278
7.1	Facteurs de prédisposition	70	3.1	Investigations de bon sens.....	278
7.2	Facteurs déclenchant le mouvement du sol	71	3.2	Les investigations approfondies.....	293
8.	La sécheresse : une définition relative	73			

4.	Diagnostic final : une analyse des risques... 305	5.	Confortement de sol par injections de coulis de ciment ou de microciment 353
4.1	Le produit de sortie des 5 premiers constats et des investigations de bon sens..... 305	5.1	Brochage des dallages..... 353
4.2	Classification des dommages 309	5.2	Confortement de dallage par injections de coulis de ciment..... 355
4.3	L'analyse des fissures pour déterminer le mouvement de la structure..... 310	5.3	Confortement d'assise de semelles de fondation par injections de coulis de ciment 357
4.4	Les cause et les origines des dommages provenant des facteurs de prédispositions et des facteurs sinistrants..... 315	6.	Confortement et relevage par injections de résine plus ou moins expansive..... 359
4.5	Le produit de sortie du diagnostic : une analyse des risques identifiés 317	6.1	Reprise des dallages..... 360
4.6	Retour d'expérience de l'expertise sur plus de 300 sinistres 317	6.2	Reprise des fondations 361
PARTIE IV : Les travaux courants de reprise de sinistre 323		7.	Report des charges en profondeur 363
1.	Le PPRN-RGA : le référentiel en terrain argileux avec des observations 325	7.1	Approfondissement des fondations 363
1.1	Entretien des ouvrages..... 327	7.2	Reprise en sous-œuvre semi-profonde par puits..... 365
1.2	Précautions à prendre en présence d'un puits 327	7.3	Reprise en sous-œuvre par micropieux..... 366
1.3	Élagage 328	7.4	Relevage des dallages et des structures par vérinage après réalisation des micropieux..... 370
2.	Les mesures conservatoires urgentes 329	8.	Reprise des conséquences dommageables 372
2.1	Vidange et pompage des eaux autour et sous la construction..... 330	9.	Choix des travaux de reprise..... 372
2.2	Gouttières et regards 331	PARTIE V : Concevoir et réaliser des constructions pérennes 375	
2.3	Étancher le système de collecte des eaux pluviales..... 332	1.	Où sont passés les « fondements » d'antan ? 377
2.4	Éloigner les eaux de ruissellement de la construction 333	2.	Les préconisations de conception selon les textes réglementaires..... 380
2.5	Assainir et drainer les abords 334	3.	Identification des facteurs de risque 390
2.6	Implanter un écran antiracine 340	3.1	Étude documentaire 390
3.	Mesures complémentaires pour un éloignement parfait des eaux : dispositions constructives..... 344	3.2	Visite de terrain 392
3.1	Trottoir en béton..... 344	3.3	Analyse des risques 393
3.2	Recours à une géomembrane..... 345	4.	Facteurs de prédisposition liés au sol 396
3.3	Écran antiracine couplé à une membrane de stabilisation hydrique 347	4.1	Dessouchage..... 396
4.	Renforcement de la structure..... 348	4.2	Portance..... 398
4.1	Rigidification des fondations par longrine..... 349	4.3	RGA et hétérogénéité des sols d'assise.... 399
4.2	Création ou renforcement de chaînages verticaux et horizontaux 351	4.4	Terrain en pente..... 403
4.3	Reprise des efforts de traction par création de tirants..... 351	5.	La structure 408
		5.1	Ce qu'il ne faut pas faire (en images) 408
		5.2	Ferrillages des ouvrages en béton armé 410
		5.3	Constructions en limite de propriété 417
		5.4	Rigidification des structures sur sols à risque 423
		5.5	Sous-sol partiel 425

6.	Environnement : mesures à adopter pour maîtriser l'environnement des constructions.....	427
6.1	Dispositions interdites en terrain argileux.....	428
6.2	Gestion des eaux durant le chantier	430
6.3	Raccordement des réseaux d'eaux pluviales	433
6.4	Étanchéité des canalisations de réseaux enterrés.....	434
6.5	Drainage des eaux superficielles	435
6.6	Drainage des eaux profondes des terrains en pente par une tranchée drainante.....	438
6.7	Capter les eaux provenant des fourreaux de raccordement aux compteurs	439
6.8	Végétation et constructions	440
6.9	Remblais autour des constructions	448
7.	L'imperméabilité périmétrique : élément central de la prévention des risques argiles	450
8.	Travaux réservés et risques associés : le devoir de conseil au client	453
9.	Entretien des ouvrages.....	454

Conclusion 471

Annexe A : Check-list du diagnostic et tableaux synoptiques de la démarche diagnostic 477

1.	Évènement	479
2.	Les cinq éléments des premiers constats..	479
2.1	Structure	479
2.2	Le sol.....	480
2.3	Environnement	480
2.4	Ouvrages périmétriques essentiels.....	481
2.5	Localisation des dommages (évolution), intérieurs et extérieurs	481

Annexe B : Argiles, végétation et hydrotropisme 485

1.	L'hydrotropisme de la végétation.....	488
2.	Influence radiale des racines et radicules	491
3.	Zone d'influence géotechnique de la succion des radicules : Illustration par l'image	496
3.1	Maison n° 1	496
3.2	Maison n° 2	497
4.	Profondeur d'influence des racines	498
5.	Les arbres se protègent de la « sécheresse »	501
6.	Végétation, hydrotropisme et constructions	502
7.	Prévention et solution curative de suppression de la succion des racines	508

Annexe C : Fiche synthèse : La pathologie des mouvements de sols sensibles au RGA et à l'EHM 511

1.	Le constat	513
2.	Le diagnostic	513
3.	Les bonnes pratiques.....	515
4.	L'essentiel.....	516

Annexe D : Drainage..... 517

1.	Les interdits : vérifier que le drain ne constitue pas un piège à eau.....	519
2.	Quand faut-il faire un drain ?.....	523
2.1	Produit de sortie du tableau multicritères	523
2.2	Les exigences d'utilisation, les trois catégories de locaux.....	523
3.	Quand un drainage est-il indispensable ?.....	526
4.	Où faut-il prévoir le drainage ?.....	527
4.1	Implantation.....	527
4.2	Profondeur	527
4.3	Nature et composition du drain	528

Annexe E : Proposition de choix constructifs en fonction de l'analyse des risques géotechnique, structure et environnement 533

Le NF DTU 13.1 de septembre 2019 qualifie de superficielles les fondations en béton ou béton armé selon l'élanement (le rapport entre l'encastrement E et la largeur B, voir figure 4).

On peut définir les fondations comme étant :

- superficielles quand $E < 1,5$ m et $E/B < 1,5$
- semi-profondes quand $3 > E > 1,5$ m et $1,5 < E/B < 5$
- profondes quand $E > 3$ m et $E/B > 5$ (visées par le NF DTU 13.2).

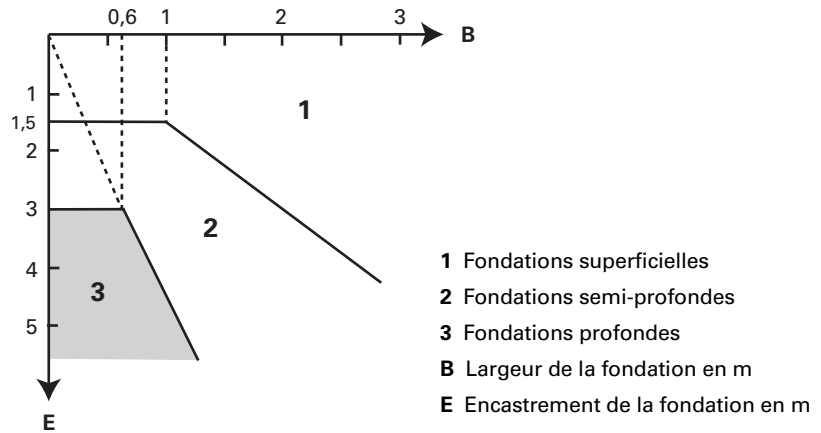
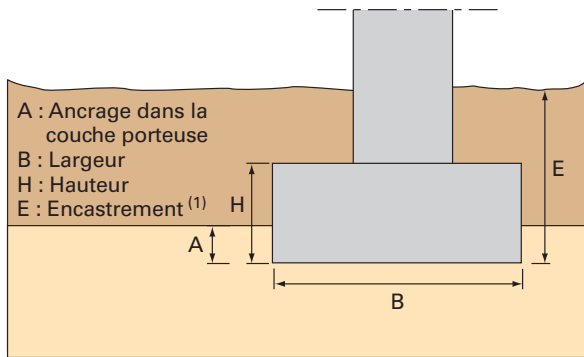


Figure 4 : Définition d'une fondation superficielle selon le NF DTU 13.1



(1) : art. 3 NF P 94-261 juin 2013 d'application de l'EC7 Fondations superficielles

Figure 5 : Terminologie

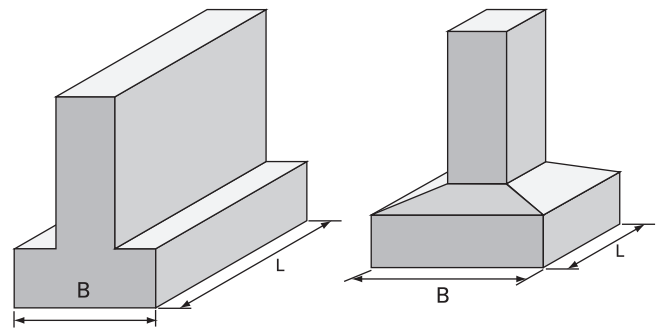


Figure 6 : Semelle filante (à gauche) et semelle isolée (à droite)

Les ouvrages traditionnels d'adaptation au sol superficiel sont les semelles isolées, les semelles filantes, les radiers généraux et les puits (massifs, semi-profonds ou plots courts). Les fondations superficielles des constructions d'un à trois niveaux sont, dans 95 % des cas, des semelles isolées ou filantes.

La pathologie des radiers et des puits semi-profonds n'est pas traitée dans cet ouvrage.

Cas n° 10 : Incompatibilité d'un dallage sur terre-plein avec des terrains sensibles au RGA

Constat des dommages

Le propriétaire d'une maison avec dallage fait une déclaration de sinistre pour de nombreuses fissures de plafond dans le coin nuit. Il n'y a pas une seule fissure sur les murs extérieurs. D'ordinaire, les fissures de plafond sont vite expertisées : elles sont de nature esthétique et ne donnent pas lieu à la garantie de l'assureur. Mais, ici, la principale fissure désaffleurante du plafond s'ouvre et se ferme entre l'été et l'hiver.



Figure 48 : Les gouttières ne sont pas bien nettoyées et débordent, avec un risque d'humidification localisée dans l'angle.

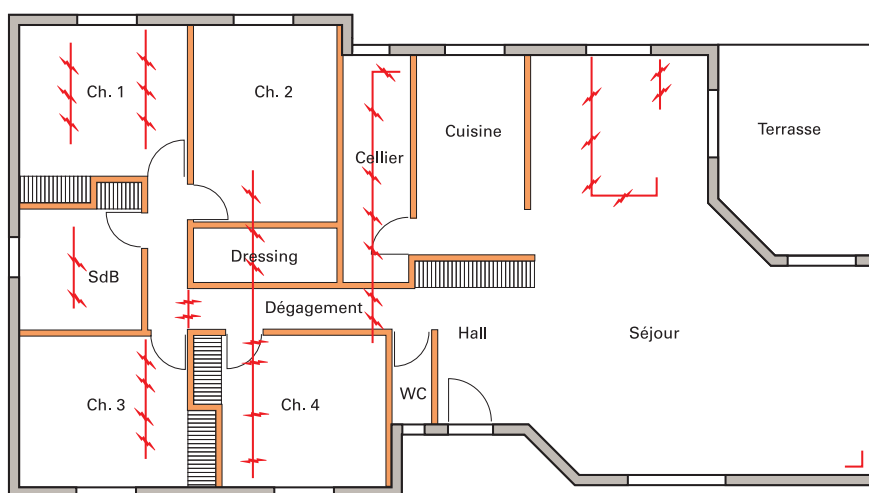


Figure 49 : Localisation des dommages (fissures de plafond) en rouge

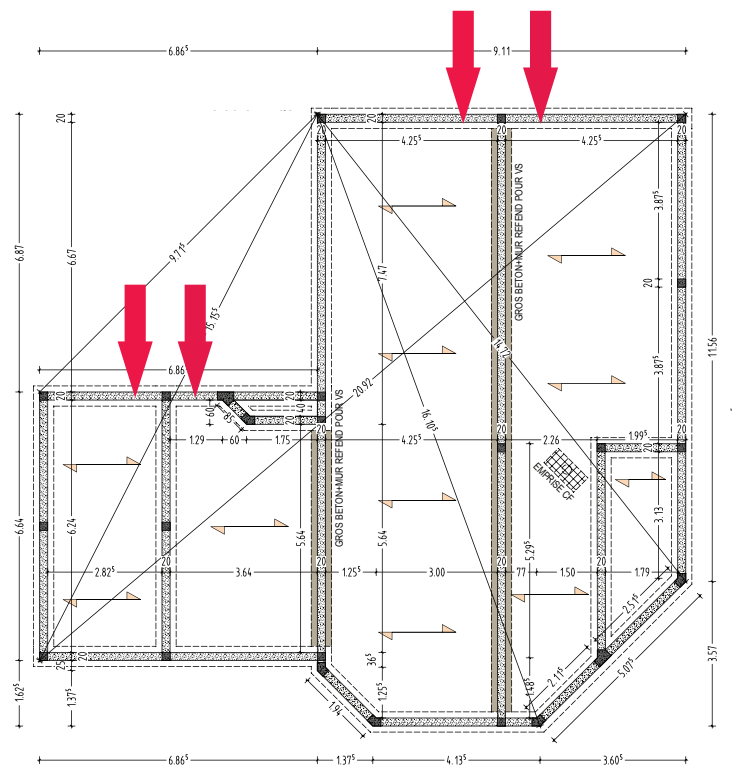
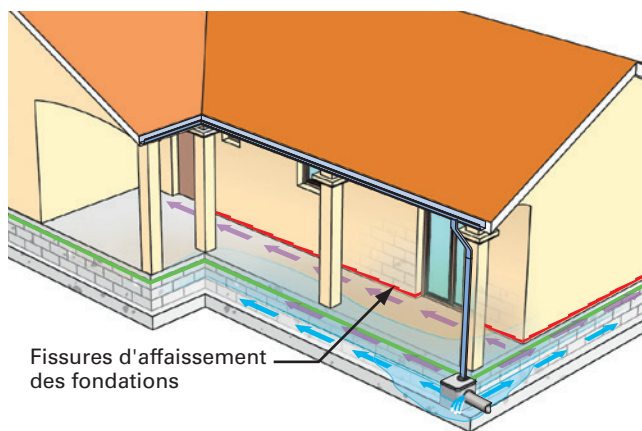


Figure 117 : Vue en plan du vide sanitaire avec la localisation des sondages en aval de la construction, dans chaque alvéole du vide sanitaire



- ➔ Diffusions extérieures des fuites d'eau
- ➔ Diffusions intérieures des fuites d'eau
- Niveau du talutage des terrasses

Figure 118 : Mode de diffusion de l'eau le long des fondations, sur le talon de la semelle.

3. L'environnement

Une légère pente de 3 à 4 % venant du nord-ouest ramène les eaux du bassin versant de 300 m de prés vers la construction, les raccordements se situent en aval de la parcelle, présence de végétation existante du voisin nord et de 4 jeunes arbres existants en face de la façade est des chambres dont la ZIG (zone d'influence géotechnique) commence à toucher l'est de la maison.

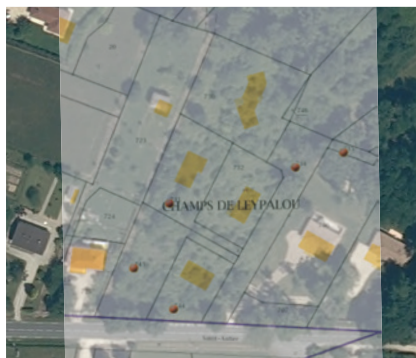


Figure 180 : Superposition cadastre avec vue aérienne de 2009.

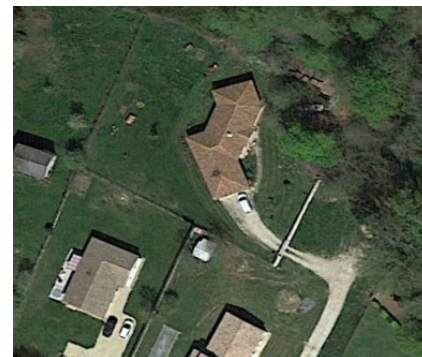


Figure 181 : Vue aérienne actuelle



Figure 182 : Vue de la forêt du voisin avec l'angle nord



Figure 183 : Vue de la végétation de la propriété depuis la façade est



Figure 184 : Vue générale depuis l'ouest avec la végétation haute tige en arrière-plan.



Figure 185 : Plan de masse de récolement des ouvrages périmétriques et de l'environnement

4. Les ouvrages périmétriques

Les regards EP sont étanches ; un trottoir de 1 m de largeur longe le salon et la salle d'eau de la chambre 1 (facteur de protection).

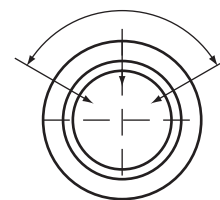
Recherche de la nature et de l'implantation du drainage : le collecteur drainant rigide type routier est posé sans pente sur le talon de la fondation, avec le premier décimètre remblayé avec des sols fins ; le drainage implanté et constitué ainsi forme un piège à eau dans l'angle nord-ouest de la chambre 1, d'où des fissures en escaliers de part et d'autre de l'angle nord-ouest, avec une voûte de décharge naissante dans l'angle de la chambre 1 avec sa salle d'eau.



Figure 18 : L'emploi d'un drain agricole d'épandage, totalement perforé TP au sens de la NF P 16-379, pour le captage des eaux de ruissellement est sinistrant. Il devrait être interdit explicitement dans les textes pour les ouvrages de bâtiments.



Figure 19 : Drain agricole utilisé à mauvais escient pour une construction. Le sommet de la tranchée a été remblayé avec des déblais issus du terrain argileux. Avec un remblai de ce type, les eaux superficielles de ruissellement vont passer par-dessus le drain au lieu de s'y infiltrer, vont buter contre la construction et hydrater l'assise des semelles de fondation, voire inonder le vide sanitaire.



MP ~ 120°

Figure 20 : Bonne pratique : collecteur drainant préconisé (MP) avec des lumières uniquement sur le dessus

Le drain contre la construction est entièrement déposé, collecteur, cailloux... On profite de l'excavation pour réaliser l'enduit d'imperméabilisation sur toute la hauteur du mur de soubassement quand cela n'a pas été réalisé à l'origine. Le tout est remblayé avec du sol peu perméable des déblais du drain déporté réalisé comme suit.

Le texte du PPRN-RGA gagnerait à plus de clarté en interdisant explicitement les drains contre les constructions en terrain argileux.

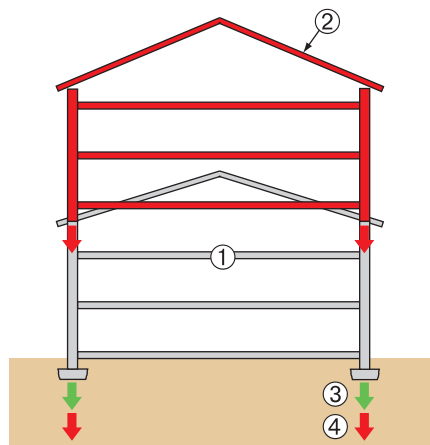
2.5.2 Implantation et constitution d'un drain de surface déporté

Un drain de surface déporté de la semelle est implanté à distance du mur quand la lithologie est homogène avec de l'argile jusqu'au terrain naturel (absence de terrain perméable de couvert).

Un caniveau, ou un drain de surface, peut venir compléter le trottoir de protection. La fouille est alors descendue de 20 cm au minimum sous le toit du matériau argileux. Un géotextile, d'une largeur suffisante pour recouvrir les parois sur la hauteur du drain et plus, est posé dans le fond de la fouille. Le drain routier, les lumières vers le haut, trouve sa place directement sur le géotextile. Le collecteur drainant (MP au sens de la NF P 16-379) porte le nom usuel de « drain routier » SN4 (résistance de 4 kN/m²). La norme NF P 11-301 (1994) définit le drain comme suit : « Dispositif enterré, destiné à capter les eaux internes et à les diriger vers un exutoire ou un collecteur. »

Les vides macroscopiques sont remplis. Le sol en profondeur est ensuite consolidé par un maillage adapté dans les couches successives.

Les injections sont aussi adaptées pour la consolidation préventive. La reconstruction lourde d'une construction avec la création de planchers en béton en lieu et place des anciens planchers bois ou la surélévation d'un bâtiment augmentent la descente des charges. Cette augmentation peut induire des tassements à court ou moyen terme. Les injections préventives permettent d'augmenter la capacité portante du terrain, vérifiable immédiatement après par des essais au pénétromètre ou au pressiomètre.



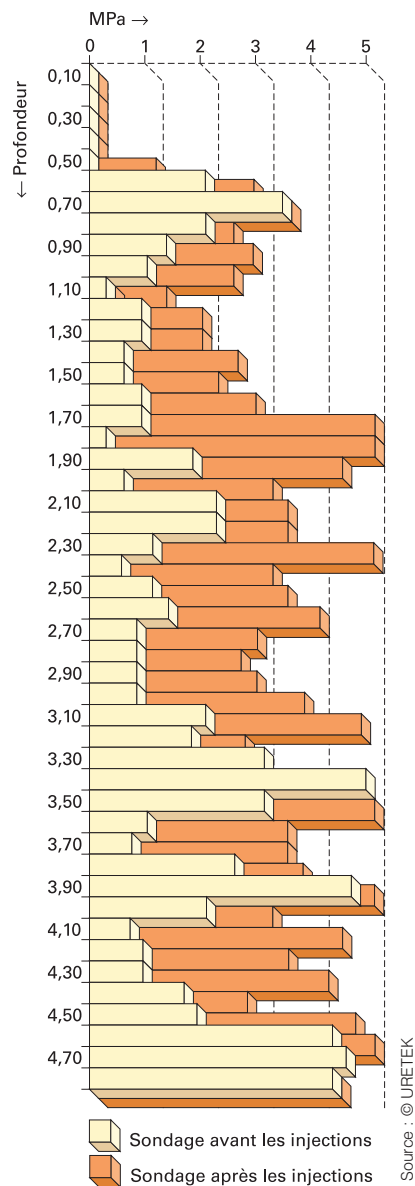
- ① Construction existante
- ② Surélévation avec 3 planchers
- ③ Descente de charges initiales
- ④ Surcroît de charges de la surélévation

Figure 72 : Injections préventives pour améliorer la portance en vue de la surélévation de la construction



Source : © URETEK

Figure 73 : Plusieurs niveaux d'injection sont nécessaires dans la partie sinistrée



Source : © URETEK

Figure 74 : Augmentation de la portance du sol après les injections