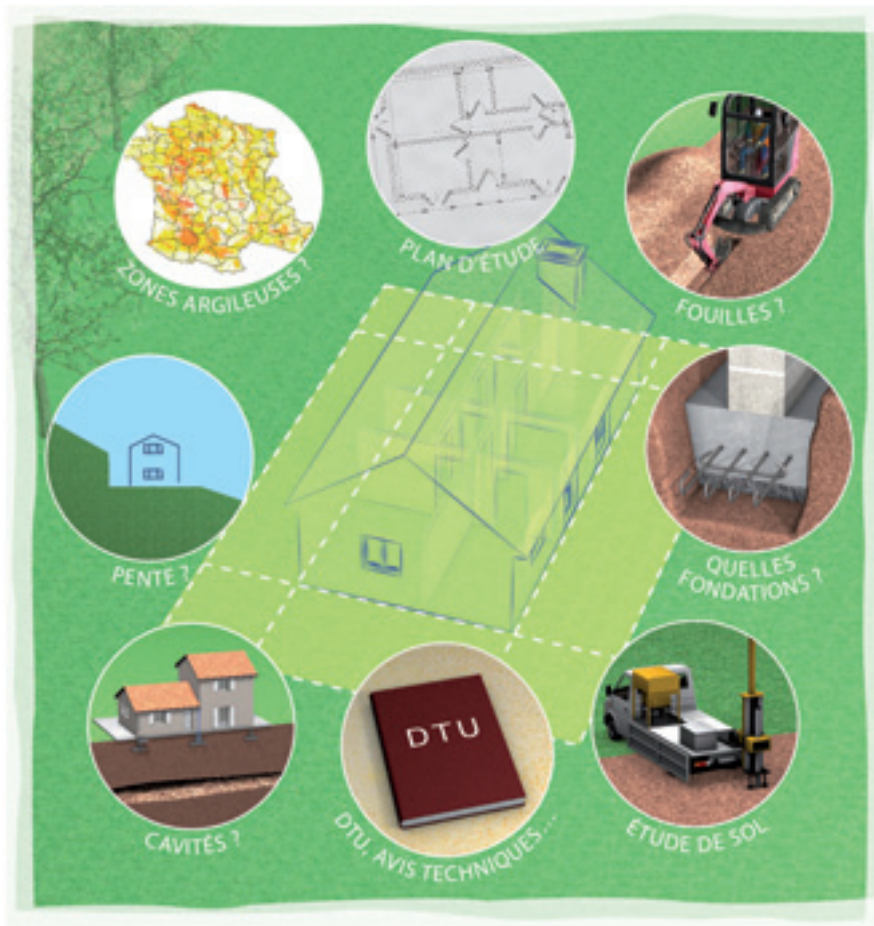


Construire : tenir compte des risques du sol



Cette plaquette s'adresse à tous les acteurs de la construction (maîtres d'œuvre, architectes, bureaux d'études, constructeurs de maison, maçons, maîtres d'ouvrage délégués,...) et a pour objet de leur rappeler l'essentiel des mesures préventives en matière d'adaptation au sol. Elle concerne notamment des ouvrages de constructions simples du type maisons individuelles, extensions, ouvrages de stockage de petites dimensions, locaux commerciaux de surfaces petites à moyennes, murs de soutènement de faible hauteur... En effet la construction de ces ouvrages ne fait pas souvent l'objet d'études techniques (environnement, géotechnique, structure). Les sinistres de fondations et de dallage sont nombreux et onéreux. Un désordre de fondation est

toujours coûteux en temps et en argent pour tous les acteurs de la construction (temps passé en après-vente et en expertise, augmentation des primes d'assurance, franchise, stress, mauvaise réputation, perte d'exploitation...).

Cette plaquette a pour objet de présenter les démarches définissant la meilleure adaptation au sol du projet de construction et réduisant les aléas en :

- identifiant les risques liés au terrain ;
- réalisant les études géotechniques et de structure de la conception à la réalisation de l'ouvrage ;
- respectant les règles de l'art (réglementation, normes, DTU...);
- exécutant le projet de construction ;
- utilisant bien la construction.



Une maison individuelle ou une construction simple ne se réduit pas automatiquement à des fondations superficielles et un dallage. Tenir compte du sol et des risques géotechniques peut nécessiter une adaptation du projet en mettant en œuvre des solutions diverses : fondations plus ou moins profondes, renforcement du sol, plancher porté, éventuellement sur vide sanitaire, sous-bassement rigide, chaînages horizontaux et verticaux ...

La solution économique "fondations superficielles plus dallage" n'est donc pas toujours pertinente pour une maison individuelle ou une construction simple.

Les risques liés au sol

Dans une construction, autant l'ouvrage est maîtrisé (structure, matériaux, mise en œuvre, second œuvre, finitions, équipements...), autant le sol recèle des risques, bien souvent, mal connus.

De multiples aléas peuvent menacer une opération de construction :

- le retrait et le gonflement des argiles sont les plus fréquents ; ils sont connus sous le nom de « risque sécheresse » (voir pages suivantes) ;
- l'eau (niveaux, variations de nappes, impact, inondabilité...);
- la compressibilité des sols ;
- la présence de vides souterrains (karsts, fontis, carrières, marnières, perrières...);
- l'hétérogénéité des sols naturels (roches, couches compressibles...) ou anthropiques (remblais, vestiges de fondations, anciens drains...);
- la pente excessive et le risque de glissement y compris en phases de terrassement ;
- l'aspect sismique (exposition, effets de site, sols liquéfiables ...);

- l'évolution chimique (organique) des sols ;
- la présence de sols pollués ;
- le radon ;
- l'incapacité des sols à absorber les effluents (cas des systèmes d'assainissement non collectif) ;
- les risques de réseaux enterrés (canalisations, réseau électrique...);
- les ouvrages existants et/ou avoisinants ;
- etc.

Pour identifier ces risques, il convient d'utiliser plusieurs outils et méthodes

Exigences réglementaires

Informez-vous sur la présence de PPR (Plan de Prévention des Risques) et de l'aléa sismique à considérer, consultez :

- www.prim.net : ma commune face au risque majeur
- la mairie du lieu de la construction ;
- le site internet de la préfecture ;
- pour l'aléa sismique, www.planseisme.fr

Les banques de données

Les données facilement accessibles sur Internet sont précieuses mais elles ne donnent qu'une première information qu'il convient de confirmer et d'affiner par des investigations et de l'ingénierie géotechniques.

Quelques banques de données

- Généralistes : georisques.gouv.fr ; cartorisques.prim.net
- Couches géologiques : infoterre.brgm.fr
- Argiles : argiles.fr (BRGM)
- Remontées de nappes, inondations : inondationsnappes.fr (BRGM)
- Cavités souterraines : cavites.fr
- Sites pollués : basias.brgm.fr ; basol.developpement.durable.gouv.fr
- Site radon : irsn.fr [puis « environnement », « radon » et « commune »].

Informations techniques à réclamer au maître d'ouvrage ou à son représentant

Pensez à leur demander, en fonction de l'avancement du projet et du mode de passation du marché :

- les résultats de la DT (déclaration de travaux) ;
- le bornage et le document d'arpentage ;
- l'étude de sol² (voir ci-après) ;
- la description du projet (emprise, nombre de niveaux, sous-sol, charges d'exploitation...);
- les plans et études éventuels ;
- les attestations de respect des PPR ;
- etc.

Remettez au client le document : « Prendre en compte les risques du terrain ».



La visite du terrain

Cette visite donne de nombreuses informations géotechniques¹ et permet d'apprécier un certain nombre de risques, mais elle ne peut suffire à définir l'adaptation au sol de la construction.

Ce qu'il faut prendre en compte :

- la toponymie (le nom de la rue, du lieu-dit, du quartier...) peut être riche d'enseignements ;
- la végétation peut informer sur l'eau en surface, sur la stabilité des pentes... ;
- la topographie et son impact sur la construction y compris en phases transitoires (terrain en pente, talutage en déblais, surcharge sur talus en remblais...);
- l'environnement construit (présence ou non de sous-sols ou de rez-de-chaussée surélevés, fissures...);
- les informations hydrogéologiques (cours d'eau, mares, nappes et puits, ruissellements...);
- etc.

L'étude géotechnique

Une étude géotechnique², faite le plus en amont possible, permettra d'adapter le projet et les fondations. Elle peut donner aussi d'autres indications si elles ont été demandées (assainissement individuel, géothermie...).

Le rapport géotechnique (ou étude de sol)² basé sur les investigations et sur l'ingénierie géotechnique définira l'adaptation au sol du projet de construction et réduira les risques en phase chantier et durant la vie de l'ouvrage.

Pour des constructions simples, le géotechnicien précisera le contenu adapté pour chacune des missions d'ingénierie géotechnique définies par la norme NF P 94-500* de novembre 2013 de la manière suivante :

- G1 : étude géotechnique préalable, au stade « étude préliminaire - APS », avec définition des principes généraux de construction** ;
- G2 : étude géotechnique de conception, au stade « APD - PRO - DCE », définition détaillée de l'adaptation au sol** ;
- G3 : étude géotechnique de réalisation comprenant les études d'exécution et le suivi géotechnique d'exécution ; elle intervient au stade « exécution »** ;
- G4 : supervision géotechnique d'exécution, au stade « exécution »**.

* Ces missions ne doivent ni être fractionnées (exemple : G4 sans G3), ni être partielles (exemple : fondations sans détermination du niveau le plus bas).

** Si l'ingénierie géotechnique est mise en œuvre selon la norme, les missions G1, G2 et G4 sont à la charge du maître d'ouvrage ou de son représentant et la mission G3 est à la charge de l'entreprise.

1. La géotechnique est l'ensemble des activités liées aux applications de la mécanique des sols, de la mécanique des roches, de l'hydrogéologie et de la géologie de l'ingénieur.

2. L'étude géotechnique est souvent appelée improprement « étude de sol ».

L'étude géotechnique de conception va définir le type de fondations, le mode de traitement du niveau bas, d'éventuels améliorations ou renforcements

de sol, les précautions à prendre sur la gestion des eaux, les préconisations sur les stabilités de pente et de soutènement etc.

Si l'étude géotechnique conduit à la réalisation de fondations superficielles et d'un dallage, les points suivants sont à prendre en compte.

Les études d'exécution

L'entreprise chargée des travaux de construction doit étudier l'exécution des ouvrages géotechniques (fondations, dallages, drainage, terrassement, talus, soutènement...) au même titre que l'exécution de la structure. Les conclusions de l'étude géotechnique de conception (G2) sont utilisées par l'entreprise et son Bureau d'Études Techniques

(BET) afin de dimensionner les fondations (largeur, épaisseur, armatures...), le dallage (épaisseur, armatures...) ainsi que les superstructures (renforts, raidisseurs...).

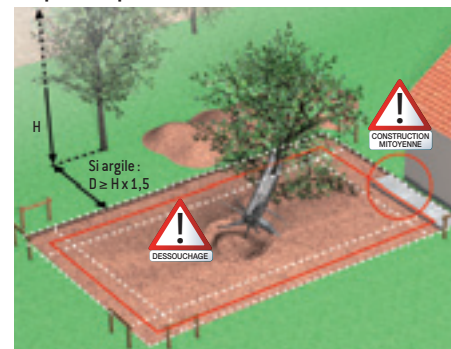
Ce BET peut être extérieur à l'entreprise ou intégré à celle-ci.

L'exécution des ouvrages

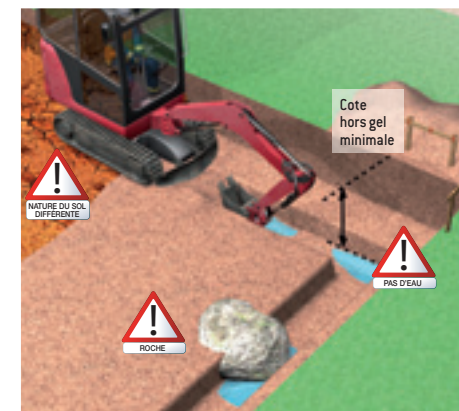
Etape préalable : préparer le terrain

- repérer le bornage du terrain ;
- implanter la future construction (attention aux limites de propriété) ;
- décaper la terre végétale ;
- dessoucher (attention, descendre les fondations sous la base du dessouchage) ;
- gérer les eaux en phase chantier et en phase définitive ;
- exécuter des déblais-remblais ne générant pas de risques pour la stabilité de l'éventuel versant ;
- etc.

Etape 1 : implanter les futures fouilles



Etape 2 : excaver les fouilles



Les fouilles de fondations doivent être conformes aux conclusions de l'étude géotechnique (G1 + G2) en niveau et en nature d'horizon porteur. La mission G4 permet de superviser la phase d'exécution.

La profondeur minimale hors gel varie d'une région à l'autre, par exemple : 0,50 m en régions côtières ; 0,60 m en Ile-de-France ; 0,80 m dans l'Est ; cette profondeur augmente avec l'altitude dès 150 m.

La profondeur d'enfouissement des fondations peut être plus importante en cas de sol argileux (cf. annexe O.4.4 de la norme NF P 94-261).

Le fond de fouille doit être exempt d'éléments organiques (racines), de remblais, de sols remaniés, de points durs et de poches compressibles. Ce fond de fouille doit être protégé sans délai (béton de propreté, coulage direct).

Les eaux en phase chantier doivent être gérées. Les fonds de fouille (fondations et dallage) doivent être exempts d'eau, de boue et de matériaux trop humides.

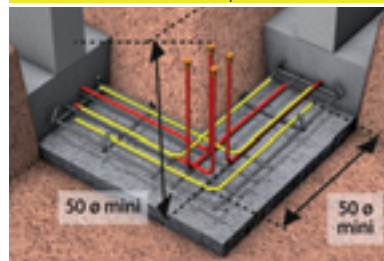
Etape 3 : couler le béton de fondations

Prévoir :

- le béton de propreté sera dosé à 150 kg de ciment par m³ de béton ;
- le béton de fondation répondra aux exigences suivantes :
 - le dosage en ciment peut varier de 200 à 400 kg/m³ en fonction de la présence ou non d'armatures et du coulage en présence d'eau (cf. DTU 13.11, article 3.2 du modificatif n°1 du CCT de juin 1997) ;
 - la classe de résistance minimale sera C20/25 (norme NF EN 206/CN) ;
 - la classe d'exposition sera au minimum XC2 (norme NF EN 206/CN) ;

Type de semelle réservé aux sols particulièrement homogènes.

2 HA mini ou 4 HA mini en zone sismique



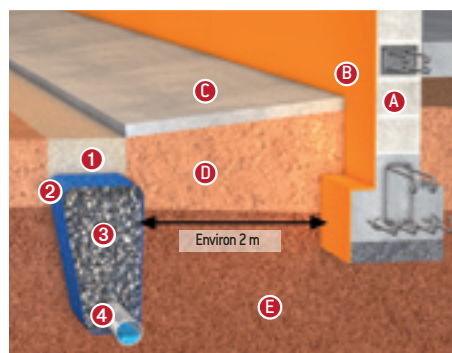
Type de semelle adapté aux sols légèrement hétérogènes ou sensibles à l'eau.



- la classe de consistance sera au minimum S3 (norme NF EN 206/CN) ;
- le calage des armatures ;
- le coulage pleine fouille ;
- le respect des délais de séchage ;
- les dispositions spécifiques en zone parasismique.

Etape 4 : réaliser un drainage périmétrique

Configuration de drainage adaptée aux sols sensibles à l'eau.

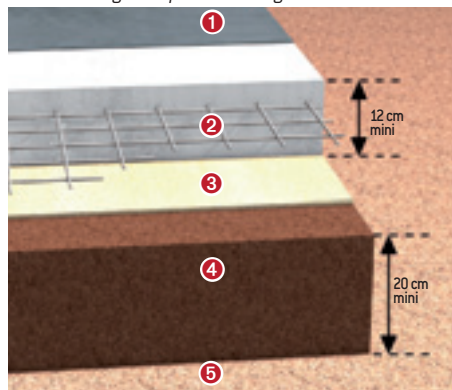


- 1 Sable 2 Géotextile 3 Gravillons exempts de fines
4 Drain à cunette (pas de drain agricole) A Coupure de capillarité avec chaînage
B Revêtement extérieur C Dallage périphérique éventuellement nécessaire
D Terrain perméable E Terrain imperméable

Drainage : prévoir un exutoire bien raccordé et des dispositifs d'entretien (regard à chaque changement de direction).

Etape 5 : réaliser le niveau bas : plancher ou dallage

Constitution générique d'un dallage.



- 1 Revêtement éventuel 2 Armatures
3 Interfaces éventuelles (isolant, film, sable) 4 Forme compactée
5 Sol d'assise compatible avec la pose d'un dallage

Le niveau bas peut être un dallage ou un plancher porté sur vide sanitaire ; cette deuxième solution réduit les risques liés au sol (tassements, retrait-gonflement...). Le plancher porté est un ouvrage structural et doit être étudié en conséquence.

Pour la réalisation d'un dallage, les points suivants sont importants :

- forme : ne doit pas être constituée de sous-produits industriels (mâchefer, béton concassé...) ; doit être compactée et contrôlée à l'essai de plaque (voir DTU 13.3) ;
- calage des armatures et quantité d'aciers minimale de 0,2% de la section de béton (par exemple ST 25C) ;
- le béton de dallage répondra aux exigences suivantes :

- le dosage en ciment est de 400 kg/m³ (cf. DTU 13.3 partie 3, NF P 11-213-3 article 4.3),
- la classe de résistance minimale sera C20/25 (norme NF EN 206/CN),
- la classe de consistance sera au minimum S3 (norme NF EN 206/CN) ;
- joint de retrait à réaliser (si surface > 240 m² et en cas d'angle rentrant) ;
- cure du béton obligatoire.

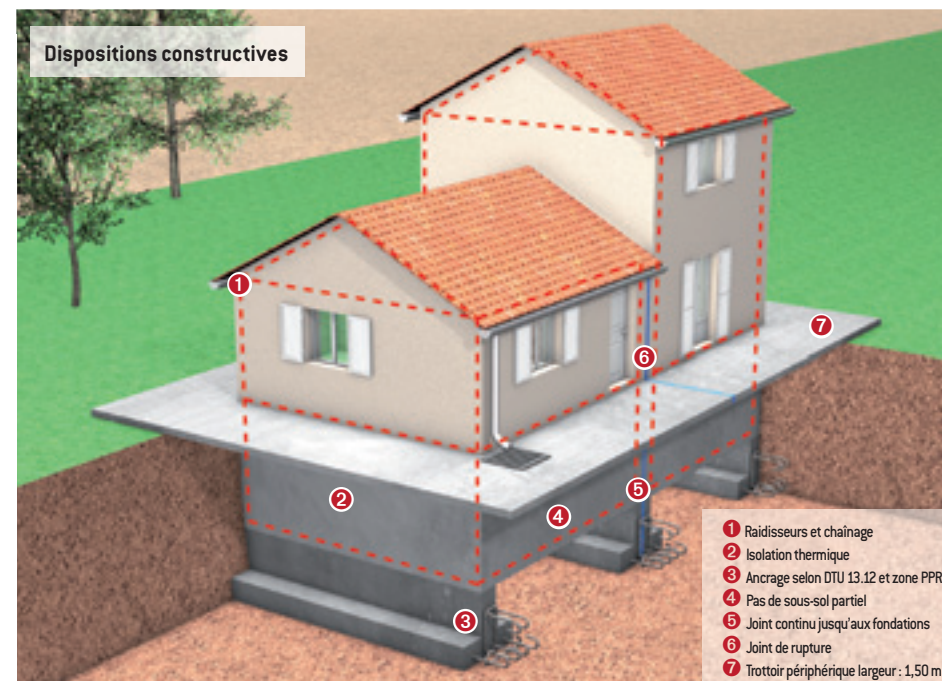
Lors de l'exécution, outre l'autocontrôle de l'entreprise, on peut faire des photos en précisant :

- localisation de l'ouvrage (semelles, poteaux, zone de dallage) ;
- altimétrie ;
- date ;
- caractéristiques des sols, des ouvrages...

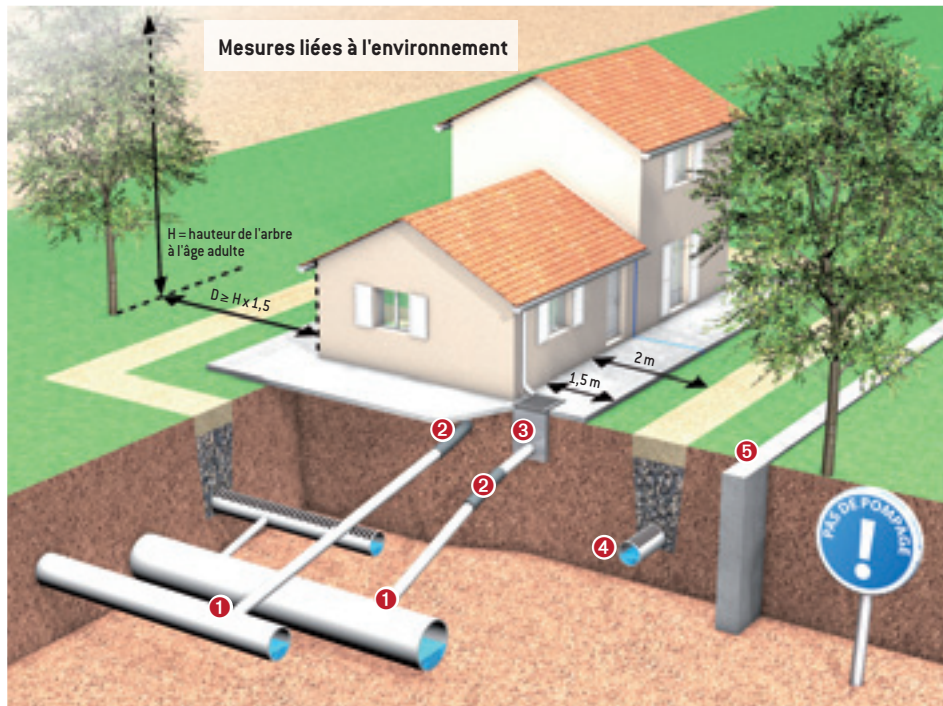
Le retrait-gonflement des argiles

Certains sols argileux se rétractent sous l'effet de la sécheresse et gonflent sous l'humidité, ce qui impacte de façon différentielle les fondations, le

dallage et les structures de la maison. En conséquence, l'ouvrage peut se fissurer.



- 1 Raidisseurs et chaînage
2 Isolation thermique
3 Ancrage selon DTU 13.12 et zone PPR
4 Pas de sous-sol partiel
5 Joint continu jusqu'aux fondations
6 Joint de rupture
7 Trottoir périphérique largeur : 1,50 m



Mesures liées à l'environnement

- 1 Raccordement collectif 2 Joint souple étanche 3 Collecte étanche eaux pluviales 4 Drainages 5 Écran anti-racines

Si le terrain concerné est exposé

1^{er} cas : existence d'un PPRn (Plan de Prévention des Risques naturels)

Il existe de nombreux PPRn parmi lesquels, ceux traitant des risques d'inondation, du retrait et du gonflement des argiles, des mouvements de terrain, des écroulements de fronts rocheux...

Ils sont gérés par l'Etat via les préfectures et peuvent concerner une commune ou un ensemble de communes. Ils précisent les risques et les conduites à tenir en matière d'urbanisation et de construction d'ouvrages neufs ou de réhabilitation ou maintenance d'ouvrages existants.

En général, les « PPR retrait-gonflement des argiles » prévoient, pour la construction de maisons individuelles en secteur diffus :

- une étude géotechnique au sens de la norme NF P 94-500 ;

- ou, à défaut, l'application de dispositions constructives forfaitaires. Celles-ci sont de deux types et doivent s'appliquer totalement :
 - dispositions liées à la construction (voir pages précédentes) ;
 - dispositions relatives à la viabilité et à l'environnement (voir illustration ci-dessus).

2^{ème} cas : absence de PPRn mais possibilité d'argiles

L'étude géotechnique reste fortement recommandée.

A défaut, rechercher sur les cartes du site du BRGM www.argiles.fr :

- si la zone est blanche : il n'y a pas a priori de risque spécifique argile : l'étude géotechnique reste recommandée ;
- si la zone est jaune, ocre ou rouge :
 - réaliser l'étude géotechnique pour savoir s'il y a une exposition au retrait-gonflement des argiles et adapter en conséquence ;
 - ou, par défaut, prévoir des dispositions constructives type PPRn (voir illustration ci-dessus).

La vie des ouvrages

Professionnels, pensez à informer les utilisateurs des précautions à prendre sur leur ouvrage :

- ne pas charger l'ouvrage au-delà des charges prévues à la conception (surélévation...);
- ne pas creuser autour des fondations ;
- ne pas apporter de charges à proximité immédiate de l'ouvrage ;
- gérer les eaux autour de l'ouvrage ;
- surveiller et entretenir les différents réseaux transportant de l'eau dans la parcelle (descentes d'eaux pluviales, canalisations d'eaux pluviales et d'eaux usées, adduction d'eau potable...), ceux-ci doivent rester étanches ;

- assurer la maintenance des réseaux de drainage et des barbacanes dans les murs de soutènements (murs de descente de garage par exemple) ;
- apprécier l'impact des actions entreprises sur et autour de la construction : éviter les plantations d'arbres à proximité de l'ouvrage ; lors de creusement, ne pas endommager les protections des sous-sols ; ne pas apporter de remblais sur une pente en amont ou en aval d'une construction... ;
- si l'ouvrage est en zone retrait-gonflement des argiles et dispositions constructives forfaitaires, préciser la nécessité d'informer les propriétaires successifs (gestion des eaux et arbres).

Pour en savoir plus

Textes de référence

- DTU 13.1 (NF P 11-211) : fondations superficielles.
- NF P 94-261 : justifications des ouvrages géotechniques – norme d'application nationale de l'Eurocode 7 - fondations superficielles.
- DTU 13.3 partie 3 (NFP 11-213-3) : dallages, cahier des clauses techniques des dallages de maisons individuelles.
- DTU 20.1 (NF P 10-202-1) : ouvrages en maçonnerie de petits éléments.
- DTU 21 (NFP 18-201) : exécution des ouvrages en béton.
- NF P 94-500 : missions d'ingénierie géotechnique.
- NF EN 206/CN : béton – spécification, performance, production et conformité.



En cas de questions sur les responsabilités engagées, consulter la plaquette AQC

L'essentiel

- Connaître le sol.
- Adapter la construction en conséquence.

Ce document a été réalisé par l'Agence Qualité Construction, association dont la mission est d'améliorer la qualité des constructions, avec le concours des professionnels et des acteurs du bâtiment.

