

TECHNIQUES ET MÉTHODES

Retrait et gonflement des argiles

Analyse et traitement des désordres
créés par la sécheresse

Guide 3



guide technique

Retrait et gonflement des argiles

Analyse et traitement des désordres créés par la sécheresse

Guide 3

Juillet 2017



TECHNIQUES ET MÉTHODES

Ce guide a été élaboré dans le cadre du projet ARGIC2 (Analyse du retrait-gonflement et de ses incidences sur les constructions) financé par la DGPR (Direction générale de la Prévention des Risques) du MTES (Ministère de la Transition écologique et solidaire) et par la DHUP (Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages) sous la double tutelle du MTES et du MCT (Ministère de la Cohésion des territoires).

Le groupe de rédaction du guide était constitué des membres suivants :

Jean-Bernard Kazmierczak (Ineris) en charge de la coordination du guide,
Franck Béchade (Socabat),
Sébastien Burlon (Ifsttar),
Catherine Jacquard (Fondasol),
Catherine Labat (CFEC),
Jean-Pierre Magnan (Ifsttar).

Les représentants des ministères en charge du suivi du guide étaient :

Mathieu Blas (DHUP), François Hédou (DGPR) et Cécile Rousseau (DGPR).

L'ensemble des partenaires du projet ARGIC2 comprend :

Armines, AQC, BRGM, Capeb, CFEC, CSTB, FFB, Fondasol, I2M-GCE (université de Bordeaux), Ifsttar, Ineris, Lemta (université de Lorraine), LGCIE (Insa de Lyon), LMSSMat-ECP, LOMC (université du Havre), Socabat et UMF.

Socabat et l'Agence qualité construction (AQC) sont remerciés pour avoir permis l'utilisation de certaines de leurs photos.

Comment citer cet ouvrage :

Ifsttar et Ineris - Retrait et gonflement des argiles - Analyse et traitement des désordres créés par la sécheresse, guide 3. Marne-la-Vallée : Ifsttar, 2017. Techniques et méthodes, GTI 4-3, 58 pages, numéro ISBN 978-2-85782-726-9

Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux - Ifsttar
14-20, boulevard Newton - Cité Descartes - Champs-sur-Marne - 77447 Marne-la-Vallée cedex 2
www.ifsttar.fr

Les collections de l'Ifsttar
techniques et méthodes - guide technique - réf. : GTI 4-3
ISBN 978-2-85782-726-9 – ISSN 2492-5438

En application du code de la propriété intellectuelle, l'Ifsttar interdit toute reproduction intégrale ou partielle du présent ouvrage par quelque procédé que ce soit, sous réserve des exceptions légales.



Cet ouvrage est mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution.
Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.
Les termes de cette licence sont accessibles à l'adresse :
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Avertissement

La rédaction des trois guides *Retrait et gonflement des argiles* a été lancée en 2011 en relation avec un projet de loi portant réforme du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles (Catnat) afin d'accompagner les professionnels de la construction pour la mise en application du contenu de cette loi concernant le risque retrait-gonflement des argiles. Ces guides établis en 2017 sont à considérer comme des documents utiles à la prévention du risque retrait-gonflement des argiles et ils sont diffusés indépendamment du projet de loi.

Le guide 1 propose une démarche pour définir la sensibilité des sols supports de la construction au phénomène de retrait-gonflement, le guide 2 propose des principes de conception d'une maison individuelle sur un site plus ou moins sensible au retrait-gonflement et le guide 3 traite des techniques de réparation des maisons individuelles suite à des désordres imputables au phénomène de retrait-gonflement. Ces guides sont informatifs. Ils ne sont ni normatifs ni réglementaires.

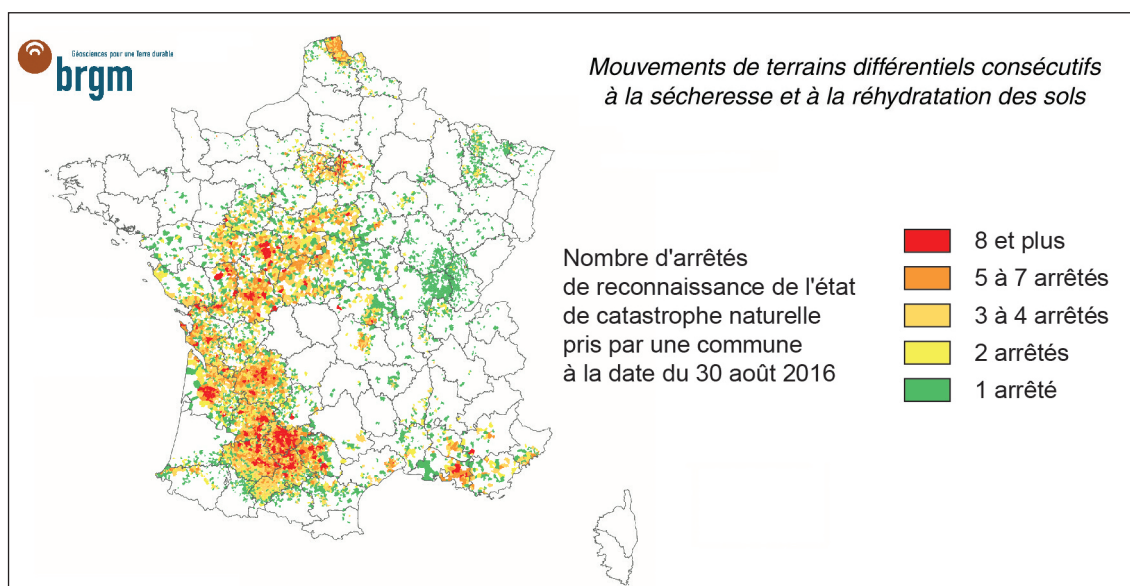
Il est important de souligner que l'application du guide 2 nécessite la connaissance de la sensibilité au risque retrait-gonflement des sols supports du projet de construction. Cette information ne peut être obtenue que par une reconnaissance géotechnique. Ainsi, les informations contenues dans le guide 2 ne doivent pas être considérées comme des dispositions techniques forfaitaires à appliquer sans réserve.

Pour tout projet de construction de maison individuelle, il est essentiel de réaliser une étude géotechnique préalable. Celle-ci doit être adaptée au projet et à son environnement en s'inspirant de la démarche présentée dans le guide 1.

Préambule

Les phénomènes de retrait et de gonflement des sols argileux sont observés depuis longtemps dans les pays au climat sec, où ils sont à l'origine de nombreux désordres causés tant aux bâtiments qu'aux voiries. En France, où les pluies sont plus régulières et les variations saisonnières moins marquées, ces phénomènes n'ont été mis en évidence que plus récemment, en particulier à l'occasion des sécheresses des années 1976, puis 1989 et 1990 et enfin 2003. Les désordres alors observés sur les constructions concernent essentiellement les maisons individuelles. Ils représentent par ailleurs pour les assurances un coût très important. Les régions affectées par ces problèmes sont la Plaine des Flandres, le Bassin parisien, une grande partie de l'Ouest de la France avec notamment le Bassin aquitain, la Provence, la vallée de la Saône entre la Bourgogne et la Franche-Comté ainsi qu'une partie de la Lorraine.

Il est toutefois possible de gérer ces problèmes de retrait-gonflement lors de la construction de la maison ou lors de réparations à entreprendre suite à l'apparition de désordres. Une série de trois guides *Retrait et gonflement des argiles* a donc été élaborée pour présenter les solutions à ces problèmes.



Le guide 1 *Caractériser un site pour la construction* propose une démarche de détermination de la sensibilité au retrait-gonflement d'une parcelle (qui est celle utilisée dans le guide 2). Cette démarche est divisée en cinq étapes, qui comprennent la consultation des informations existantes (cartes, PPR, etc.), une visite du site et éventuellement la réalisation de sondages puis d'essais de laboratoire pour l'identification des sols et pour l'estimation de leur aptitude au retrait-gonflement.

Le guide 2 *Protéger sa maison de la sécheresse* présente les principes de conception d'une maison individuelle sur un site plus ou moins sensible au retrait-gonflement. Ces principes concernent à la fois l'environnement de la maison et notamment la gestion des eaux et la structure de la maison avec des recommandations sur les profondeurs des fondations. Les solutions proposées sont classées en fonction des conditions de sol sous la construction et de conditions environnementales plus ou moins favorables.

Le guide 3 *Analyse et traitement des désordres créés par la sécheresse* traite des techniques de réparation des maisons individuelles suite à des désordres imputables au phénomène de retrait-gonflement. Il aborde plus largement des sujets liés à l'expertise de ce type de sinistre, aux principales méthodes de réparation et aux procédures de prise en charge de ces réparations par les assurances.

Sommaire

Introduction	9
Chapitre 1. Quels désordres peut-on observer sur une maison ?	11
1.1 Pourquoi apparaît-il des désordres sur les maisons ?	11
1.2 Indices et classement des désordres	11
1.3 Description des désordres induits par le retrait-gonflement des argiles	14
1.4 Synthèse des informations.....	15
Chapitre 2. Comportement structurel d'une maison	17
2.1 Diversité des modes de construction des maisons	17
2.2 Les structures types de maison	18
2.3 Les fondations.....	18
2.4 Les planchers.....	21
2.5 Les murs	22
2.6 Les chaînages.....	22
2.7 Les différents types de joints.....	23
Chapitre 3. Origines des désordres	25
3.1 Pourquoi chercher les origines de désordres ?	25
3.2 Les désordres dus au retrait-gonflement du sol.....	25
3.3 Les autres sources de désordres.....	27
Chapitre 4. Analyse des désordres	31
4.1 La stabilité de la structure est-elle menacée ?.....	31
4.2 Diagnostic de l'expert.....	31
4.3 Suivi des déformations.....	32
4.4 Le mouvement continue-t-il ?.....	32
Chapitre 5. Traitement et réparation des désordres	33
5.1 Introduction	33
5.2 Les principes d'actions.....	33
5.3 Limites d'utilisation de ces techniques	43
Chapitre 6. Assurances : coûts et démarches	45
6.1 Quels sont les coûts habituels des travaux de réparation ?	45
6.2 Quand les assurances peuvent-elles prendre en charge le coût des travaux envisagés ?	46
Références	49
Annexe 1	
Fiche de synthèse des observations.....	51
Annexe 2	
Mémo chantier agence qualité construction	53
Fiche bibliographique	54
Publication data form	56

Introduction

Les sols, surtout les argiles et les marnes, peuvent être soumis à des mouvements de retrait-gonflement et avoir tendance à gonfler lors des périodes pluvieuses et à se rétracter lors des périodes de sécheresse. Quand ces mouvements du sol ont lieu sous les fondations d'une maison individuelle, ils sont à l'origine de tassements différentiels qui peuvent provoquer des désordres plus ou moins importants sur celle-ci. La structure de la maison et les matériaux qui la constituent peuvent être plus ou moins sensibles à ces mouvements.

Ces désordres se traduisent en général par des fissures, qui peuvent nécessiter la mise au point de solutions de traitement ou de réparation, en fonction de leur évolution dans le temps, de leur importance et de la zone de la maison affectée. Toutefois, toutes les fissures dans une maison ne sont pas dues à des phénomènes de retrait-gonflement. Par ailleurs, les causes du retrait-gonflement des sols ne sont pas uniquement liées à des périodes trop sèches ou trop pluvieuses et d'autres facteurs, comme la végétation ou des défauts d'exécution, interviennent très largement dans les désordres constatés.

La mise au point de solutions de réparation doit alors s'appuyer sur une démarche qui vise notamment à identifier les causes et les évolutions des désordres observés sur la maison.

Afin de détailler cette démarche générale, ce guide aborde successivement les sujets suivants :

- la description des désordres qui peuvent être observés sur une maison ;
- le comportement structurel d'une maison, avec notamment la description des principales parties dont elle est constituée ;
- l'origine des désordres ;
- l'analyse des désordres, pour préciser leur évolution ;
- le traitement des désordres, pour diminuer ou stopper leur évolution ;
- les démarches liées à la prise en charge du coût des désordres.

Il est important de préciser que la démarche présentée dans ce guide ne dispense pas le propriétaire d'une maison de faire appel aux services d'un expert. Elle fournit simplement des éléments permettant de comprendre sa démarche et d'engager, auprès des assurances, les procédures nécessaires au traitement et à la réparation des désordres constatés.

Chapitre 1.

Quels désordres peut-on observer sur une maison ?

1.1 Pourquoi apparaît-il des désordres sur les maisons ?

L'apparition de désordres sur une maison est très commune. En général, les désordres les plus sérieux sont ceux dus aux mouvements des fondations de la maison. Ces mouvements peuvent être imputables à une multitude de phénomènes parmi lesquels le retrait et/ou le gonflement des argiles. Il est donc important de savoir reconnaître les désordres induits par ce phénomène, d'en apprécier l'importance et l'évolution possible afin de choisir la solution de traitement la plus adéquate.

Sur une maison individuelle, les désordres (principalement des fissures) apparaissent du fait de la présence de points de faiblesse qui sont généralement bien connus : les ouvertures (fenêtres et portes), les défauts de liaison des chaînages ou des armatures, les zones où les fondations de la maison changent de configuration (par exemple, la présence d'un sous-sol partiel ou la jonction de redans mal ferrailés) ou encore celles où une extension a été construite.

1.2 Indices et classement des désordres

1.2.1 Les indices de désordres

Les désordres associés à un mouvement des fondations se manifestent en général par l'apparition de fissures sur la maison. La direction et la largeur de celles-ci dépendent du processus qui en est à l'origine (figure 1).

Le tableau 1 synthétise les indicateurs de mouvements de fondations. Ceux associés au retrait-gonflement des argiles induisent des mouvements spécifiques des fondations. Connaître ces mouvements typiques permet d'identifier plus facilement les désordres imputables à ce phénomène particulier.

Néanmoins, les fissures peuvent également être dues à d'autres phénomènes qui sont décrits dans la suite du guide (chapitre 3).



Figure 1
Exemple de cheminement de fissure en escalier
(Source Socabat)

Tableau 1
Indicateurs des mouvements des fondations

Indicateurs communs aux mouvements des fondations	Indicateurs caractéristiques d'un retrait-gonflement du sol
Quelques fissures isolées aux points de faiblesse de la maison (ouverture de porte ou de fenêtre, discontinuité de matériaux).	Les fissures apparaissent après une période prolongée de sécheresse.
Les fissures apparaissent à l'intérieur et à l'extérieur du mur sur une même zone. Elles suivent un cheminement caractéristique en « dessin d'escalier ».	Les fissures s'ouvrent en été et se referment en hiver.
Les fissures peuvent s'expliquer par un mouvement, d'ensemble de la maison.	Les fissures les plus larges sont situées sur les murs exposés au Sud ou près des arbres.
Les fenêtres et les portes coïncent.	Les murs de jardin et les autres structures sur fondations superficielles présentent des désordres évidents.
Le papier peint se froisse dans les coins entre les murs et le plafond et des fissures apparaissent dans les cloisons.	Les fissures affectent des plafonds et des cloisons.
Apparition d'espaces entre les plinthes et le plancher ou les murs.	Les fissures horizontales et avec désaffleurement ¹ sont parfois caractéristiques de l'influence de la végétation.
Les drains et les tuyaux sont hors d'usage.	Le nivellement précis du dallage ou du plancher sur vide sanitaire présente des zones d'affaissements et de gonflements.
Les murs présentent un défaut de verticalité ou de niveau.	

¹ Désaffleurement : écart de planéité visible sous la forme d'un décrochement dans le plan (sur une façade, une poutre, carrelage, etc.)

Pour compléter ce tableau, il convient de signaler qu'il existe une confusion possible avec d'autres origines de fissuration (contraintes thermiques, retrait hydraulique de la maçonnerie, présence de racines, etc.) et que, si la maison répond aux critères de construction parasismique, les indicateurs proposés ci-dessus seront complétés par des fissures horizontales et verticales autour des chaînages verticaux et horizontaux.

1.2.2 Le classement des désordres

Les mouvements de fondations induits par le retrait-gonflement des argiles se traduisent par des désordres d'importance variable suivant l'intensité et la fréquence du phénomène qui les génère. Le tableau 2 présente une échelle de classement des dommages de 0 à 5 (0 pour le plus faible à 5 pour le plus important). Ce tableau propose une classification indicative des désordres basée sur des considérations de sécurité. C'est pourquoi une fissure de 1 mm est considérée, par exemple, dans la classe de dommages dits « légers » puisqu'elle ne menace pas la sécurité de l'habitation. Elle doit toutefois être considérée avec sérieux car elle peut résulter de tensions ayant fragilisé la structure.

Il faut retenir que la largeur des fissures est un des facteurs de la détermination de la catégorie de dommages mais ne doit pas être utilisée seule comme mesure directe de gravité.

Des éléments tout aussi importants sont à considérer. Il s'agit :

- de l'évolution des fissures dans le temps ;
- de voir si leur apparition peut être associée à un événement particulier (travaux à proximité, plantation de végétation, etc.) ;
- de la forme des fissures : en sifflet, en escaliers, rectilignes, etc. ;
- de la cinétique des mouvements.

Tableau 2

Classification indicative des désordres appliquée au retrait-gonflement des argiles

Catégorie de désordres	Classes de dommages	Description des dommages	Ouverture caractéristique des fissures
Désordres architecturaux	0 : négligeables	Microfissures. Fissures qui ne sont normalement pas distinguables des fissures dues au retrait ou aux mouvements thermiques.	< 0,1 mm
	1 : très légers	Fissures isolées et limitées aux murs intérieurs.	< 0,3 mm
	2 : légers	Fissures extérieures avec ou sans répliques intérieures sur les doublages et les cloisons.	≤ 1 mm
Désordres fonctionnels	3 : modérés	Fissures plus importantes nécessitant des réparations. Les tuyaux d'évacuation et d'alimentation d'eau peuvent présenter des pathologies. Les portes et les fenêtres sont gauchies, les plafonds suspendus commencent à se fissurer.	Plusieurs mm
	4 : sérieux	Fissures plus larges, fenêtres et portes endommagées, inclinaison visible des planchers, liaisons mécaniques des chaînages rompues. Conséquences dommageables sur les doublages, les cloisons et surtout les plafonds.	Nombreuses fissures de plusieurs mm
	5 : très sérieux	Structure instable à étayer, inclinaison des structures, fenêtres cassées, risque de ruine de la structure et des équipements comme les plafonds suspendus.	Non applicable au retrait-gonflement des argiles

De ce fait, une fissure de 0,2 mm expertisée en hiver peut être aussi inquiétante qu'une fissure de 2 mm expertisée en été. Généralement, en présence de sols sensibles, les fissures s'agrandissent lors des périodes sèches et se referment lors des périodes humides (figure 2).



Figure 2

Exemple de la même fissure ouverte de 2 mm en fin d'été et de 0,5 mm en fin d'hiver

(Source Socabat)

L'ancienneté des fissures doit aussi être appréhendée. En général, les fissures récentes sont nettes et plutôt propres tandis que les fissures plus anciennes renferment des saletés. Ces éléments peuvent permettre d'identifier dans le cas de mouvements des fondations la zone de la maison qui s'est mise en rotation ou en mouvement.

1.3 Description des désordres induits par le retrait-gonflement des argiles

1.3.1 Mécanisme d'apparition des fissures

Les fissures dues au phénomène de retrait-gonflement des argiles apparaissent en général à la fin d'une période sèche lorsque le sol présente un tassement maximal. Elles évoluent en fonction des conditions climatiques : elles s'agrandissent lors des périodes sèches et peuvent avoir tendance à se refermer lors des périodes humides. Lors de ces cycles, elles peuvent s'agrandir et se propager dans la maison ; les désordres créés sont alors évolutifs.

Ces fissures présentent une forme particulière (figure 3 à figure 5). En effet, lorsque le terrain se rétracte ou gonfle de manière hétérogène sous la maison, les fondations se retrouvent en porte-à-faux. Des efforts supplémentaires apparaissent alors dans la structure de la maison et les fissures vont apparaître là où la maison présente des défauts ou des faiblesses de résistance.

Les zones de faiblesse comme les ouvertures de fenêtres et de portes ou les zones marquées par l'absence de chaînage ou par des défauts d'exécution vont donc être concernées par ces fissures. En fait, sous l'effet du retrait ou du gonflement du terrain, la maison va se « découper » en blocs délimités par des fissures. Les fissures traduisent donc le mouvement d'un bloc par rapport à l'autre.

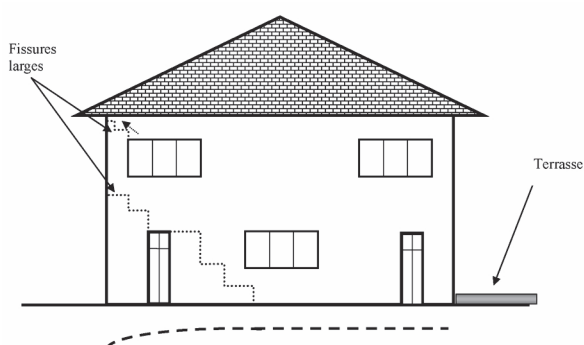


Figure 3
Mode de déformation provoqué par un retrait périphérique du sol sous la maison

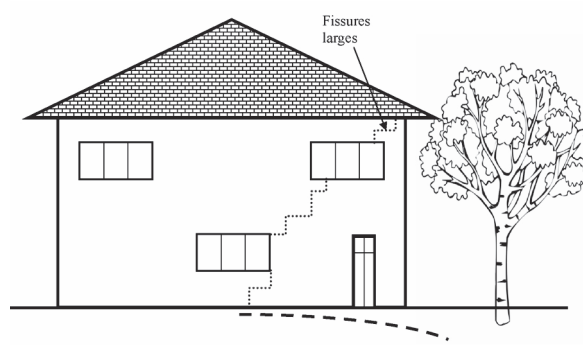


Figure 4
Mode de déformation provoqué par un retrait localisé du sol induit par la présence d'un arbre

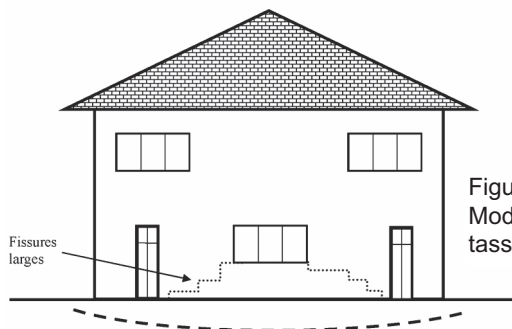


Figure 5
Mode de déformation provoqué par le tassement d'un mur de façade

1.3.2 Les zones affectées de la maison

Les fissures induites par un mouvement des fondations sont en général peu nombreuses mais présentent des largeurs qui peuvent atteindre plusieurs millimètres. Elles affectent à la fois les murs porteurs mais également les éléments de second œuvre (cloisons, plafonds, etc.). Elles peuvent être considérées comme véritablement significatives lorsqu'elles présentent une largeur de quelques millimètres (Tableau 2).

Les mouvements de fondations peuvent aussi avoir des répercussions sur d'autres éléments constitutifs de la maison (blocage de porte ou fenêtre, apparition de contrepenne d'une gouttière, etc.). L'examen du papier-peint et des peintures à la jonction entre les cloisons et les murs peut aussi révéler des mouvements de plus faible amplitude.

1.3.3 Les alentours de la maison

D'autres structures peuvent aussi être affectées par les phénomènes de retrait-gonflement. Il est donc instructif d'examiner si l'inclinaison des murets du jardin, des coffrets de raccordement n'a pas été modifiée, si les routes à proximité ne présentent pas de fissures, notamment si elles sont bordées d'arbres, et de manière plus générale de s'intéresser à tout ouvrage qui comporte des fondations superficielles.

1.4 Synthèse des observations

Il est important pour l'expert et pour le propriétaire de la maison de consigner l'ensemble des observations qu'il fait quant aux désordres et à leur évolution (le suivi de l'évolution est traité dans la suite du guide au chapitre 4) (annexe 1).

Le relevé précis des dommages est impératif sur des plans, comme par exemple les plans du permis de construire, avec :

- l'ensemble des dommages intérieurs et extérieurs ;
- l'environnement des constructions : pentes, drains, réseaux de recueil des eaux de pluie, puisards, tranchées techniques d'alimentation d'eau, d'électricité ou de gaz ;
- les dispositions constructives de maîtrise des teneurs en eau : trottoir, terrasse ;
- la végétation : nature des arbres et des haies, distance, hauteur, diamètre des troncs.

Les fissures sont caractérisées par leur longueur, leur ouverture et leur désaffleurement. Pour les longues mises en observation, les différentes mesures sont centralisées dans un tableau de suivi avec un numéro de repérage pour chaque fissure sur les plans. La synthèse de ces informations a deux objectifs :

- Le premier est un suivi précis des dommages, ouverture/fermeture des fissures et de leur propagation. La compilation de ces mesures fera référence et ne pourra plus être mise en doute.
- Le second est de contribuer à établir le mode de déformation de la maison et donc de déterminer à terme l'origine des désordres.

Une fiche de synthèse établie à partir de modèles (exemples fournis en annexe) peut alors être établie. Chaque visite doit faire l'objet d'une fiche. Une fois la première visite faite, les suivantes doivent être réalisées avec les fiches précédentes de manière à bien identifier l'évolution des désordres. Lorsque toutes les façades sont schématisées, il est important de les représenter selon un même sens de rotation de manière à bien identifier les fissures qui pourraient être communes à deux façades.

Chapitre 2.

Comportement structurel d'une maison

2.1 Diversité des modes de construction des maisons

L'observation des désordres sur une maison permet d'évaluer leur gravité et d'envisager leur origine. Cette phase de diagnostic est plus aisée si l'on connaît la structure de la maison et son fonctionnement mécanique général. L'objectif de ce chapitre est donc de comprendre comment une maison est construite.

Il n'est pas rare que, dans une rue, seules une ou deux maisons soient endommagées par le tassement de retrait du sol. L'explication réside souvent dans des différences des méthodes de construction ou dans une différence de composition des sols.

Les pratiques de construction ont changé significativement au cours du 20^e siècle. Par exemple, afin de réduire les coûts et la pénibilité sur les chantiers, les blocs creux ont remplacé la maçonnerie pleine. L'utilisation du béton armé pour les fondations a rigidifié cette partie de l'ouvrage.

Il ne s'agit pas de procéder dans ce chapitre à une description exhaustive des différents éléments structurels d'une maison mais plutôt de se focaliser sur ceux sur lesquels les effets du retrait-gonflement des sols vont avoir un effet sensible. Au préalable, une présentation des structures types de maison est réalisée (figure 6).

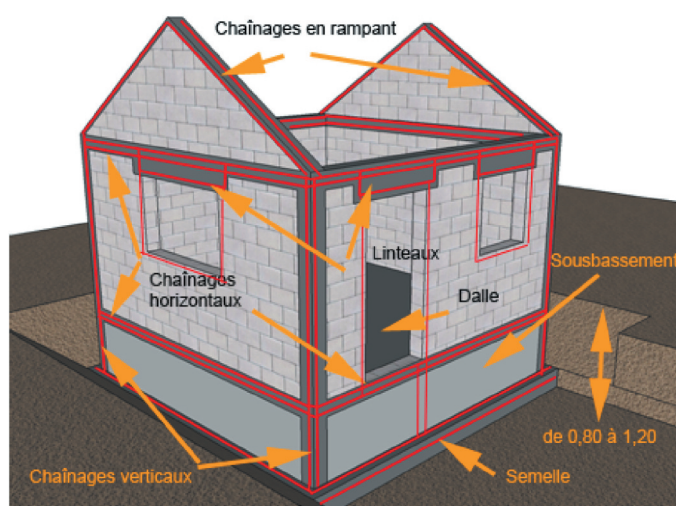


Figure 6
Illustration de la terminologie utilisée dans le guide
(Source ABC maçonnerie, www.abc-maçonnerie.com)

2.2 Les structures types de maison

Deux principaux types de construction peuvent être distingués : les structures poteau-poutre et les structures à murs porteurs. Ces deux types de structure vont se comporter de manière sensiblement différente vis-à-vis du retrait-gonflement des terrains.

Les mouvements des fondations transmis aux structures poteau-poutre ne sont en général pas suffisamment importants pour créer des désordres sur l'ossature de la maison. En revanche, les mouvements de flexion ou de distorsion des poutres et des poteaux peuvent être suffisants pour créer des dommages au niveau des murs, du toit ou des cloisons.

Les structures à murs porteurs, qui sont plus courantes, subissent directement les mouvements des fondations. Ce sont donc les murs porteurs qui fissurent en général en premier, à moins qu'ils soient suffisamment chaînés auquel cas, comme pour les structures poteau-poutre, ce sont les cloisons et les murs non porteurs qui subissent des désordres.

2.3 Les fondations

Différents types de fondations existent. Il s'agit :

- des fondations superficielles, semelles isolées ou filantes (les plus courantes) ;
- des fondations profondes : sur pieux ou sur puits ou plots ;
- des radiers ;
- des dallages.

En France, les fondations pour les bâtiments légers de faible hauteur sont en général superficielles. Leurs règles de conception et de réalisation sont définies par la norme NF P 94-261 (qui décline l'Eurocode 7 en France) pour le dimensionnement, le document technique unifié 13.11 (Fondations superficielles - NF document technique unifié P11-211) pour l'exécution et le document technique unifié 13.12 (NF P11-711) pour les règles de calcul des fondations superficielles. Pour les maisons anciennes, la conception et l'exécution des fondations obéissent en général à des règles traduisant les bonnes habitudes de construction, qui ont d'ailleurs pour la plupart servi à l'élaboration des normes de dimensionnement et d'exécution actuelles.

Dans certains cas particuliers, des fondations profondes sont nécessaires. C'est alors le document technique unifié 13.2 (NF document technique unifié P11-212) qui sert de référence. On pourra également se reporter à la norme NF P 94-262 pour le dimensionnement.

Pour une construction existante, il est demandé, en cas de travaux, de veiller à ne pas aggraver la vulnérabilité du bâtiment au séisme et, en cas de travaux impactant significativement la structure (article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié), de respecter l'Eurocode 8 ou les règles PSMI 89 avec des exigences spécifiques.

Pour plus d'informations sur les règles parasismiques applicables aux maisons individuelles, consulter les sites :

- www.developpement-durable.gouv.fr/-catastrophes-et-risques-naturels-.html ;
- www.planseisme.fr.

2.3.1 Fondations superficielles

Les fondations superficielles sont de deux types. Il y a d'une part les semelles isolées qui, comme leur nom l'indique, sont séparées les unes des autres (elles peuvent être reliées par des longrines) et, d'autre part, les fondations continues, dites semelles filantes (figure 7). Cette seconde catégorie est beaucoup plus efficace contre les mouvements du sol car en cas de zone d'appui « affectée par le retrait », les parties adjacentes peuvent reprendre une partie des efforts.

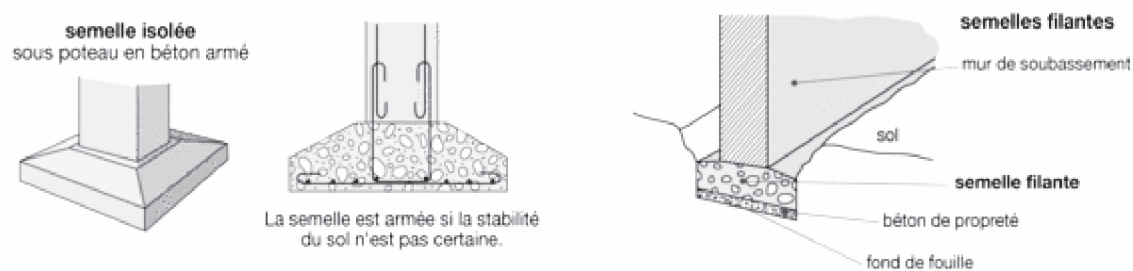


Figure 7

Illustration d'une semelle isolée et d'une semelle filante (Source AQC)

Le mode de construction des fondations filantes a évolué au cours du temps. Deux types principaux de fondations peuvent être rencontrés : les fondations en maçonnerie construites surtout au 19^e siècle et pendant la première moitié du 20^e siècle et les fondations en béton armé ou non qui aujourd'hui constituent l'essentiel du marché.

Dans le cas de fondations en maçonnerie, le mur et la fondation forment généralement un même ensemble. La base de la fondation peut être élargie par rapport au mur de manière à pouvoir répartir de manière homogène les charges transmises par la maison au sol support (figure 8). La largeur de la fondation diminue progressivement par encorbellements successifs jusqu'à présenter la même largeur que le mur de la maison. La profondeur de la base de ces fondations peut être variable suivant le poids de la maison supportée et la nature du terrain. En général, elle se situe vers 0,5 m de profondeur, sauf quand la mauvaise qualité du sol a nécessité un approfondissement. Elle présente une souplesse relativement importante, ce qui lui permet de s'adapter aux mouvements générés par le retrait-gonflement du sol.

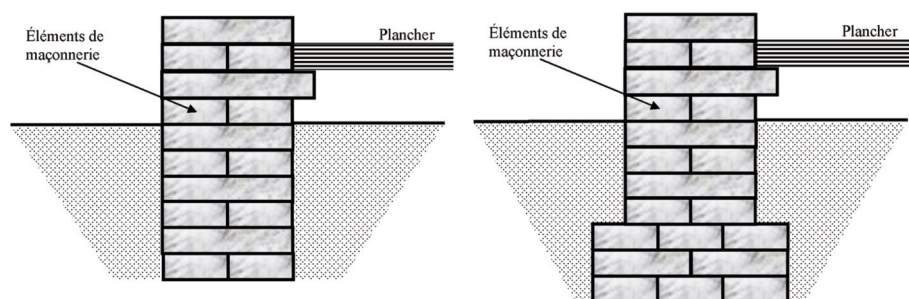


Figure 8

Fondation en maçonnerie (semelle filante ou isolée)

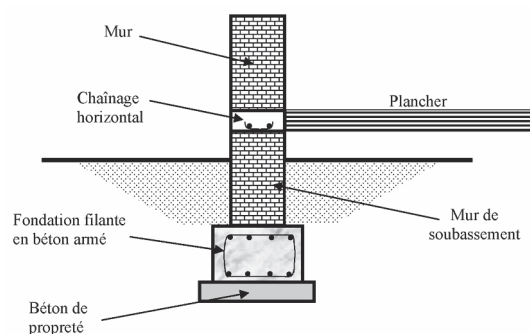


Figure 9

Fondation filante en béton armé

Au cours du temps cette technique a évolué, tout d'abord en posant au niveau du fond de fouille la maçonnerie sur un béton de propreté. Les éléments de maçonnerie sous le niveau de terrain ont ensuite été remplacés par du béton armé plus résistant et permettant de limiter les volumes de déblai à évacuer (figure 9).

Dans le même temps, la largeur de la fondation a été réduite à environ 50 cm. Ce type de fondations présente donc une rigidité plus importante mais a perdu en capacité d'adaptation aux mouvements du sol. La profondeur de ces fondations a peu évolué puisque le DTU 13.12 recommande des valeurs comprises entre 0.5 et 1 m de profondeur en signalant toutefois que la présence de sols argileux, donc sensibles au phénomène de retrait-gonflement, peut conduire à augmenter cette valeur. Il est à noter que ces valeurs sont imposées par la prise en compte du gel (profondeur hors-gel). Ce type de fondations peut éventuellement être mis en œuvre à des profondeurs plus importantes, de l'ordre de 2 à 3 m, lorsque le terrain le nécessite.

Au cours des cent dernières années, les fondations sont devenues progressivement plus profondes, plus résistantes et plus rigides. Ces changements présentent à la fois des avantages et des inconvénients. Les avantages sont que, parce que les fondations sont plus profondes, les variations de teneur en eau des sols supports sont plus atténuées qu'en surface et que, parce qu'elles sont plus résistantes, elles tendent à répartir les effets des mouvements du sol sur de plus grandes surfaces, en réduisant la distorsion. L'inconvénient est que, en cas de tassement ou de gonflement excessif, les fondations tendent à se fissurer en un point, en concentrant le mouvement sur une courte longueur de mur et en produisant des désordres plus sévères dans la maison.

2.3.2 Les fondations profondes

Ce type de fondation devient nécessaire quand la construction de fondations filantes à des profondeurs supérieures à 1,5 m s'impose (figure 10). Les coûts d'excavation des terrains, d'évacuation des déblais et des volumes de béton à couler deviennent alors prohibitifs. Par conséquent, lorsque des profondeurs de fondation de plusieurs mètres sont requises, il est souvent plus économique de construire des puits isolés ou de réaliser des pieux. Les massifs en tête des pieux ou des puits seront reliés par une poutre en béton armé (une longrine) qui supporte les murs. Ce type de fondations met en principe à l'abri la maison de tout mouvement du sol du au retrait-gonflement des argiles.

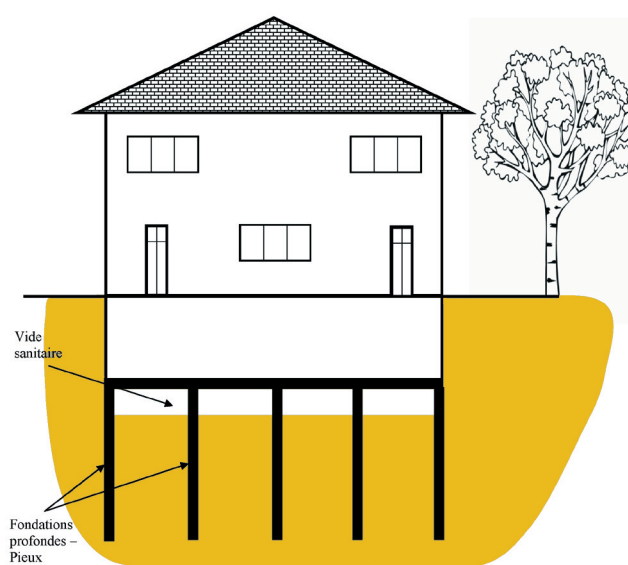


Figure 10
Fondation profonde sur pieux

2.3.3 Les radiers

Une autre forme de fondation utilisée pour les bâtiments de faible hauteur est le radier, constitué d'une dalle de béton armé couvrant toute la surface du bâtiment. Le radier, qui est souvent construit sur un lit de pierres concassées, répartit les charges de la fondation et peut contribuer à réduire la distorsion de la maçonnerie du fait du mouvement différentiel du sol. Les radiers sont pour cette raison utilisés communément sur les sols mous et les remblais ou dans les zones d'affaissements miniers. Toutefois, leur application pour la construction sur les argiles sujettes au retrait-gonflement est limitée. Un radier est plus onéreux que des constructions conventionnelles utilisant des fondations filantes même profondes. De ce fait, les radiers sont peu utilisés en pratique pour les maisons individuelles.

2.3.4 Les dallages

Selon le DTU 13.3 (NF P 11-213-3) conception, calcul et exécution - Partie 3 : cahier des clauses techniques des dallages de maisons individuelles, un dallage est un ouvrage en béton de grandes dimensions par rapport à son épaisseur, éventuellement découpé par des joints. Il repose uniformément sur la couche de forme, éventuellement par l'intermédiaire d'une interface. Le dallage peut intégrer une couche d'usure ou recevoir un revêtement (figure 11).

La couche de forme est constituée de sable, de granulats concassés, de tout-venant ou d'une grave ciment sur une épaisseur H_1 de 100 à 300 mm selon les charges à transmettre. Celle-ci est compactée de manière à obtenir une plate-forme stable, apte à recevoir le corps du dallage.

Couche d'usure : il s'agit des procédés constitués d'un mélange granulats durcisseurs, de ciment, d'additifs ou d'adjuvants destinés à être incorporés au béton frais de façon à lui conférer certaines propriétés de résistance, mécanique, d'esthétique ou de planéité.

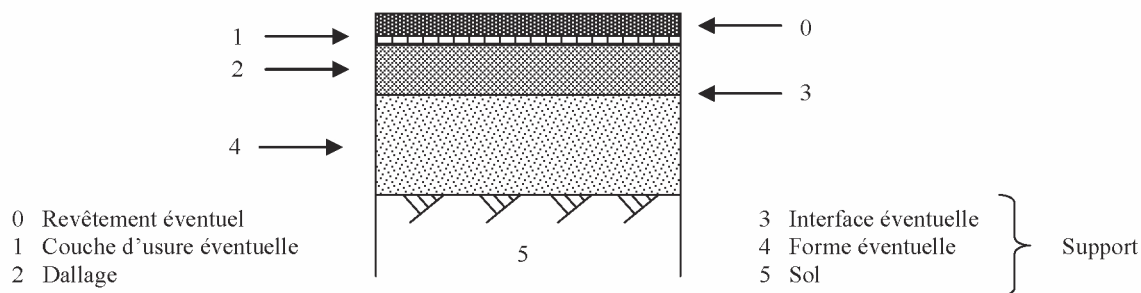


Figure 11
Constitution d'un dallage (Source DTU 13.3)

2.4 Les planchers

La construction du plancher a aussi changé au cours du 20^e siècle. Les planchers du rez-de-chaussée les plus anciens sont usuellement construits en bois et appuyés sur les fondations et des murs intermédiaires. Ce plancher autoportant ménage un vide sanitaire qui est parfois approfondi sous une partie de la maison pour créer une cave. Avec l'avènement du béton comme matériau de construction, le plancher bois a été largement remplacé par une dalle en béton (voir dallages au 2.3.4).

Il est donc devenu de plus en plus courant d'utiliser une dalle béton armé, qui peut être attachée aux fondations. Ce type de plancher comporte des poutrelles de béton armé ou précontraint, dont les intervalles sont remplis de blocs de béton ou de polystyrène (système connu sous le nom de « poutrelles - hourdis » - figure 12) ou en coulant une dalle pleine avec 2 nappes de treillis soudé sur un coffrage breveté formant des vides.

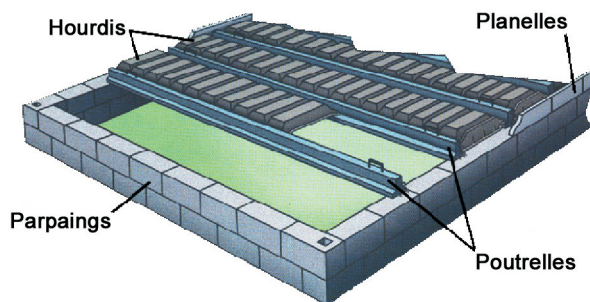


Figure 12

Illustration du système par poutrelles et hourdis

(Source Construire avec demeures du Nord, www.construire-avec-ddn.com)

2.5 Les murs

Les murs, généralement réalisés en maçonnerie, peuvent avoir des natures très différentes suivant leur rôle dans la maison. Il est d'usage de distinguer :

- les maçonneries porteuses ;
- les maçonneries de remplissage ;
- les maçonneries de façade non porteuse ou en doublage ;
- les maçonneries de cloisonnement.

Il est important de repérer la fonction d'un mur dans une maison afin de savoir si les désordres qui s'y développent peuvent avoir uniquement des conséquences esthétiques ou, au contraire, mettre en danger la stabilité complète de la maison.

2.6 Les chaînages

Les chaînages en béton sont armés de barres d'acier de quelques millimètres d'épaisseur destinées à rigidifier la maison. Il est en général complexe de les identifier une fois la maison construite. Ils sont disposés verticalement en général aux angles de la maison et quelquefois au milieu des murs de façade si la maison présente des dimensions importantes. Ils sont aussi disposés horizontalement au niveau de chaque plancher y compris celui du rez-de-chaussée. Une attention particulière doit être apportée aux liaisons entre les chaînages verticaux et horizontaux, aux attentes des chaînages verticaux avec les ferrailages de semelles.

Les chaînages sont très efficaces pour limiter les effets du retrait-gonflement des argiles. De ce fait, les maisons individuelles situées en zones sismiques 2 et 3 et, construites dans le respect des règles forfaitaires de la norme NF P 06-013 sont susceptibles de mieux résister aux phénomènes de retrait-gonflement des argiles que les constructions « classiques ».

2.7 Les différents types de joints

Les constructions de dallages nécessitent la réalisation de différents types de joints. En maisons individuelles, les dallages désolidarisés des blocs de fondations sont une cause de sinistres de tassement différentiel récurrents. Des vides sous plinthes apparaissent. Les joints de rupture sont préconisés dès qu'il y a risque de mouvement différentiel entre deux structures. Ce joint assure l'indépendance complète des deux structures. Les fondations sont aussi désolidarisées (exemple : garage en RDC / maison en R + 1).

Les joints de dilatation permettent également de désolidariser deux structures (par exemple, la maison et le garage) de manière à ce que les dilatations induites par les variations de température ne génèrent pas de dommages. Leur absence peut générer des dommages sévères.

Les joints de retrait permettent de gérer les phénomènes de retrait du béton lors de sa prise.

Les joints parasismiques ont pour but d'éviter tout entrechoquement entre les corps de bâtiment qu'ils séparent. Un joint parasismique est un espace vide de tout matériau, présent sur toute la hauteur de la superstructure des bâtiments ou parties de bâtiments qu'ils séparent. Ses dimensions sont calculées en fonction des déformations possibles des constructions avec des valeurs minimales réglementaires (règles de type PS-MI) de façon à permettre le déplacement des blocs voisins sans aucune interaction.

Chapitre 3.

Origines des désordres

3.1 Pourquoi chercher les origines de désordres ?

Les causes de désordres sur une maison peuvent être liées à une multitude de facteurs, qui peuvent être concomitants (retrait-gonflement des sols mais également des défauts de conception, de construction ou d'autres phénomènes comme les vibrations ou les dilatations thermiques). L'analyse des conséquences, c'est-à-dire des fissures, n'est pas toujours suffisante pour mettre en évidence la ou les origines du problème. Il peut alors être nécessaire de procéder à une analyse systématique de l'ensemble des causes de désordres susceptibles d'intervenir sur une maison. Il est alors possible, à partir de cette analyse, d'établir un projet de traitement ou de réparation des désordres ou tout simplement de les laisser évoluer si aucun risque supplémentaire n'est à craindre.

3.2 Les désordres dus au retrait-gonflement du sol

3.2.1 Le comportement des sols vis à vis de l'eau

Les sols contiennent toujours une certaine quantité d'eau. Celle-ci n'est pas toujours visible car elle est piégée entre les différents grains (la mesure de la taille de ces grains s'appelle la granulométrie) qui constituent le sol et qui dans certains cas peuvent avoir des tailles microscopiques. Si la taille de ces grains est petite ($< 2 \mu\text{m}$), on parle de sols argileux, si elle est supérieure à $60 \text{ à } 80 \mu\text{m}$ on parle de sols sableux. Pour des grains de tailles intermédiaires, on parle de limons. Suivant la proportion des grains de différentes tailles, on parle de sables limoneux ou argileux ou d'argiles limoneuses ou sableuses. La quantité d'eau contenue dans un sol varie suivant la nature de celui-ci : pour des sols argileux, elle peut atteindre 40 à 50 % du volume, pour un sol sableux, elle représente moins de 25 % du volume.

Selon leur nature et leur structure, les sols présentent une sensibilité plus ou moins importante à l'eau. Les sols sableux ne sont pas sensibles à la variation de la quantité d'eau qu'ils renferment. Les sols argileux y sont en revanche plus sensibles, du fait de la nature minéralogique des particules qui les composent.

Les sols argileux ont un comportement vis-à-vis de l'eau proche de celui d'une éponge. Lorsqu'ils sont secs ou qu'ils renferment une très faible quantité d'eau et qu'ils sont mis en contact avec de l'eau, ils augmentent de volume en absorbant l'eau et deviennent en général plus déformables. Inversement, ils diminuent de volume lorsqu'ils sèchent et deviennent moins déformables. Ces comportements sont liés à des phénomènes physico-chimiques à l'intérieur des feuillets argileux, ou physiques comme la succion ou la capillarité entre particules.

En pratique, l'argile d'un sol peut donc se rétracter ou augmenter de volume quand la quantité d'eau diminue ou augmente dans le terrain. Sous une maison (peu d'évaporation) et à proximité, les sols ont donc des comportements différents qui influencent la manière dont la maison peut se déformer. Les figures 3 à 5 montrent ces différents modes de déformation.

Au cours de la vie d'une maison, dès sa construction (annexe 2) et pendant les décennies qui suivent son achèvement, la quantité d'eau dans le sol située sous la maison ou à proximité peut varier sous l'effet de plusieurs phénomènes :

- Lors d'épisodes pluvieux, la quantité d'eau dans le sol augmente si ce dernier est suffisamment perméable et que l'eau peut s'y infiltrer.
- Lors de la construction d'un bâtiment, une mauvaise gestion du chantier peut entraîner une concentration d'eau au niveau de la plateforme ou des fondations (figure 13).
- Une mauvaise gestion des eaux pluviales (figure 14) ou un mauvais entretien des conduites d'eau ou des puisards peut conduire à des fuites puis au déversement dans le sol à proximité immédiate ou sous la maison de quantités d'eau non négligeables.
- Lors d'une période de sécheresse, la quantité d'eau dans le sol diminue par évaporation sous l'effet de la chaleur.
- Près d'arbres, les racines de ces derniers sont susceptibles de pomper dans le sol des quantités d'eau très importantes. Les racines sont un formidable accélérateur du retrait des sols argileux.
- La mise en place de systèmes de pompage dans le sol contribue de manière évidente à une diminution de la quantité d'eau dans le terrain.

Pendant et après la construction d'une maison, il est donc important dans le cas de sols argileux de maîtriser la teneur en eau des sols sous la maison et à son voisinage.



Figure 13
Défaut de gestion des eaux pluviales en phase de construction
(Source Socabat)

3.2.2 Présence de la végétation ou d'autres systèmes de pompage

Si des arbres sont plantés ou existent à proximité de la maison (distance inférieure à la taille adulte de l'arbre), leurs racines vont pomper l'eau contenue dans le sol provoquant des mouvements différentiels (figure 15). Comme ces tassements ne sont pas homogènes, des désordres vont apparaître sur la maison. Les arbres ont un pouvoir d'absorption d'eau très important (500 litres d'eau par jour pour un chêne adulte, par exemple) qui peut entraîner des diminutions impressionnantes de la quantité d'eau contenue dans le sol.

Par ailleurs, leurs racines, situées en général dans les deux premiers mètres de terrain, sont susceptibles de se développer sur des longueurs bien supérieures à leur hauteur. Enfin, les racines d'un arbre ont la capacité de détecter les zones vers lesquelles la quantité d'eau contenue dans le sol est plus importante. En général, les racines cherchent donc à atteindre les zones de terrain situées sous la maison où se trouvent les dernières réserves d'eau disponibles. La présence d'un arbre à proximité de la maison, même si elle constitue un aspect esthétique et agréable, est donc un véritable risque pour la durabilité de celle-ci.

L'existence de systèmes de pompage dans un jardin peut provoquer le même phénomène que celui causé par des arbres. L'abaissement du niveau de la nappe risque de provoquer à terme un tassement plus ou moins important du terrain. Les fondations de la maison peuvent alors subir des tassements différentiels, qui vont à leur tour provoquer des fissures ou d'autres types de désordres.



Figure 14
Défaut de gestion des eaux pluviales
(Source Socabat)



Figure 15
Fissures traitées provoquées par la présence
d'un arbre
(Source Socabat)

3.3 Les autres sources de désordres

Les désordres constatés sur une maison ne sont pas nécessairement liés à des variations de la quantité d'eau dans le sol. Les autres sources de désordres sont nombreuses et, parmi celles que l'on attribue généralement à tort au retrait-gonflement, on trouve :

- des sols hétérogènes ;
- des pentes ;
- des défauts de conception ;
- des défauts de construction ;
- les vibrations ;
- les tranchées ou terrassements à proximité d'une maison ;
- les effets du gel et de la température.

Les désordres peuvent également résulter d'une combinaison de ces différentes sources.

3.3.1 Hétérogénéité de l'assise de la maison

La présence d'un sol hétérogène peut être la cause de dommages sur une maison. En effet, une maison reporte sa masse sur le sol par l'intermédiaire des fondations. Celles-ci répartissent sous forme de pressions la masse de la maison. Si le sol ne présente pas la même consistance, il est possible qu'il ne se déforme pas de la même façon sous l'effet des pressions transmises par les fondations. Des tassements différentiels apparaissent et imposent à la maison des déformations plus ou moins sévères. Cette situation est relativement courante quand la maison est construite pour une partie sur des terrains rapportés et pour l'autre partie sur des terrains naturels en place (ce qui est d'ailleurs proscrit par les règles de l'art).

3.3.2 Les pentes

La construction d'une maison sur une pente nécessite des aménagements spécifiques. En effet, les terrains situés dans des pentes ont toujours une légère tendance à se déplacer vers le bas de celle-ci : on parle de phénomène de reptation. Le terrain a tendance à emporter les fondations de la maison et à provoquer des désordres sur celles-ci. Cette configuration nécessite donc l'ancrage des fondations amont et aval dans des terrains homogènes via des fondations renforcées, avec des redans correctement ferraillés.

3.3.3 Les défauts de conception

Les défauts de conception sur une maison sont en général peu nombreux. En effet, la conception d'une maison ne nécessite pas un dimensionnement comme pour un ouvrage de génie civil ou un bâtiment. À défaut d'étude de sol, pourtant vivement conseillée, les règles de l'art sont appliquées (voir le guide 2 et le site internet de l'Agence Qualité Construction - www.qualiteconstruction.com).

Ces règles permettent d'éviter les principaux défauts de conception énumérés ci-après :

- ancrage insuffisant des semelles de fondation ;
- fondations hétérogènes, par exemple avec la présence d'un sous-sol partiel ;
- problème de dessouchage ;
- fouille à proximité des fondations canalisant des eaux souterraines, ou réalisée sans blindage occasionnant un tassement ;
- terrain en pente, plateforme en déblai avec les fondations amont et aval non ancrées dans la même couche de sol ;
- sous-sol partiel sans ossature renforcée et désolidarisée ;
- ferraillages insuffisants ;
- dallage réalisé sur terre-plein en lieu et place d'un plancher sur vide sanitaire.



Figure 16

Mauvaise mise en place des ferraillages (défaut de recouvrement, de liens entre ferraillages, attente de liaisons des poteaux). (Source Socabat)

3.3.4 Les défauts d'exécution

Les défauts de construction sont quant à eux plus fréquents. Ils se manifestent lors du chantier par une mauvaise gestion des eaux pluviales, comme cela a été évoqué précédemment ou par une mauvaise mise en place des ferraillages (figure 16). Ces ferraillages contribuent à rigidifier la maison. Les défauts les plus courants concernant les ferraillages sont leur mise en place au contact direct du terrain ou le manque d'acier de liaison.

3.3.5 Les vibrations

Les vibrations induites par la circulation routière, par le passage de trains ou par toute sorte de sources vibratoires peut constituer une cause de dommages pour une maison. Ces vibrations se propagent dans le sol et atteignent la maison. Suivant l'intensité de ces vibrations, leur répétition dans le temps et la solidité de la maison, des fissures peuvent apparaître. Seules des mesures de vibrations permettent de s'assurer que les seuils définis par différentes recommandations sont respectées.

3.3.6 Les tranchées ou terrassements à proximité d'une maison

Les tranchées (ou les terrassements) réalisées à proximité immédiate d'une maison perturbent le transfert du poids de l'habitation vers le sol si l'excavation intercepte le bulbe de report des efforts (figure 17). Il se crée alors un phénomène d'appel au vide qui tend à attirer la fondation vers la tranchée, générant ainsi un déplacement néfaste. Ceci doit impérativement être évité.

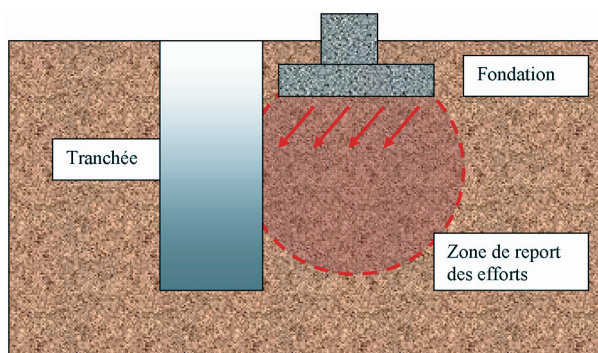


Figure 17
Impact d'une tranchée à proximité d'une fondation

3.3.7 Effets du gel et de la température

Le gel et les variations thermiques constituent aussi des causes de mouvement de la maison. Néanmoins, dans de très nombreux cas, les désordres qu'ils engendrent sont de relativement faible ampleur et ne peuvent pas être assimilés à ceux provoqués par le retrait-gonflement des argiles.

Chapitre 4.

Analyse des désordres

Les désordres sont généralement constatés et analysés par un expert. Dans la grande majorité des cas, cet expert est désigné par l'assureur concerné par la réparation et l'indemnisation des dommages.

4.1 La stabilité de la structure est-elle menacée ?

Dès que des fissures sur une maison paraissent préoccupantes (à cet égard, les indications des tableaux 1 et 2 du chapitre 1 peuvent être utiles), il convient de procéder à une expertise technique pour déterminer la gravité et l'origine de ces fissures.

L'expert s'attachera à déterminer si ces fissures :

- compromettent la stabilité de la maison ;
- s'accompagnent d'une déformation excessive de la structure ;
- ou si, par ailleurs, elles affectent les murs extérieurs dans leur fonction de paroi destinée à préserver le clos de l'ouvrage.

Dans les cas les plus graves, l'expert peut être amené à préconiser des mesures conservatoires, comme par exemple la mise en place d'étais pour soutenir la structure. Dans d'autres cas, si les fissures sont à l'origine d'infiltrations d'eau ou d'entrées d'air excessives, des traitements appropriés pourront être prescrits ; cela peut notamment se traduire par la mise en œuvre d'un calfeutrement des fissures de façade sur les parois les plus exposées aux agents atmosphériques (pluie, vent).

4.2 Diagnostic de l'expert

L'expert s'attachera dans un premier temps à effectuer un relevé des fissures : localisation, amplitude, direction, forme, longueur, traversante ou non, etc.

Dans un deuxième temps, l'expert essaiera de déterminer :

- le calendrier et les conditions de réalisation des travaux, et plus particulièrement des terrassements et des fondations ;
- dans quelles circonstances sont apparues les premières fissures : pendant le chantier ? immédiatement après le chantier ? plusieurs années après ? pendant une période estivale ou de sécheresse ? pendant une période pluvieuse ? suite à une modification de la végétation ? à des travaux dans le voisinage ?
- si ces fissures ont évolué dans le temps : aggravation régulière et continue ? cycle d'ouverture et fermeture ? en corrélation avec les cycles saisonniers ? stabilisation en cours ou non ? ouverture l'été ?
- le cas échéant, si des pavillons du voisinage présentent le même type de fissuration.

Pour préciser son diagnostic, l'expert prendra en considération d'autres paramètres qui ne sont pas obligatoirement en relation avec la sécheresse mais peuvent expliquer les fissures :

- hétérogénéité du sol d'assise des fondations (poche de remblais, ancienne carrière remblayée, présence d'éperons rocheux, etc.) ;
- stabilité de pente et de talus (glissement de terrain, phénomène de reptation, cavités naturelles ou artificielles, etc.) ;
- conception architecturale (sous-sol partiel, étage partiel, conservation d'une végétation trop proche, dallage sur terre-plein, etc.) ;

- défaut d'exécution (manque de ferrailage au niveau des semelles ou des chaînages, mauvaise mise en place des armatures ou mauvais liaisonnement entre armatures, etc.) ;
- phénomènes alternés de retrait / dilatation de la maçonnerie en fonction des variations de température et d'humidité ;
- vibrations : circulation routière, passage de trains, chantier voisin, etc.

En fonction de ces premières investigations, l'expert se prononcera sur la nécessité ou non de mettre en place un dispositif de suivi des fissures, qui permettra d'observer leur évolution sur une période de plusieurs cycles de saisons. L'expert peut également être amené à confier une mission particulière à un bureau d'études géotechniques (nature et succession des couches de terrain, variation de l'humidité dans le sol, essais de laboratoire pour caractériser le comportement des couches les plus sensibles, étude de stabilité, circulation d'eau, etc.) pour disposer de données complémentaires.

4.3 Suivi des déformations

Le cas échant, l'expert préconisera la mise en place de témoins en plâtre, de jauges à vernier, de relevé de niveaux à effectuer par un géomètre, etc. (figure 18).

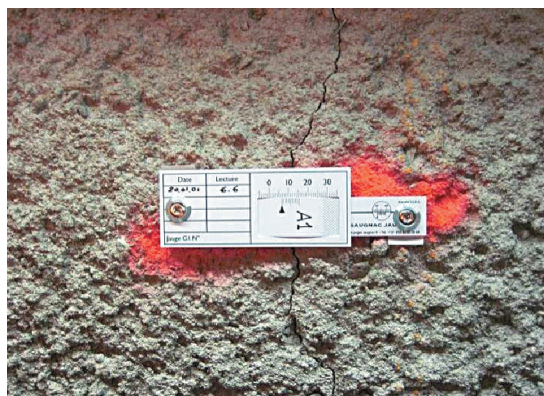


Figure 18
Exemple de jauge à vernier mesurant
l'ouverture d'une fissure
(Source Socabat)

Plusieurs relevés doivent être faits à intervalles réguliers ou à des périodes caractéristiques. Pour conforter le diagnostic de l'expert, ces relevés doivent permettre de connaître l'évolution des fissures dans le temps :

- soit une aggravation ;
- soit une évolution vers la stabilisation ;
- indépendamment de toute notion d'aggravation ou de stabilisation, comportement cyclique des fissures (ouverture ou fermeture au gré des saisons).

4.4 Le mouvement continue-t-il ?

Si les constatations de l'expert montrent que les fissures sont quasiment stabilisées, qu'il s'agisse de constatations sur place ou d'une observation sur plusieurs saisons, des travaux peuvent être entrepris sans attendre. Ils pourront se limiter au traitement des fissures et de leurs conséquences sans nécessité de conforter l'ouvrage. Dans certains cas où les fissures sont jugées sans gravité, il peut même être décidé de les laisser en l'état.

S'il apparaît en revanche une évolution significative des fissures (allongement des fissures, variations de l'ouverture des fissures, apparition de nouvelles fissures), l'expert devra s'attacher à en déterminer la ou les causes techniques et proposer des solutions de réparation.

Chapitre 5.

Traitement et réparation des désordres

5.1 Introduction

Lorsque l'analyse des désordres a permis de caractériser l'ampleur des dommages (localisation, taille, orientation), d'en identifier l'origine et les mécanismes en jeu (défauts de conception ou de construction, fuites, végétation) et d'évaluer leur potentialité d'évolution (stabilisation des phénomènes ou non), il devient alors possible d'envisager de traiter et de réparer l'habitation concernée.

Le travail d'analyse des dommages, qui doit s'appuyer sur une expertise (voir chapitre 4), permet de déterminer les zones de l'habitation impactées et de définir les principes d'actions à mettre en œuvre. Au nombre de quatre, ces principes concernent l'environnement proche de l'habitation, le sol lui-même, les fondations (zone de contact entre le sol et l'habitation) et enfin la structure de l'habitation. De nombreuses techniques plus ou moins lourdes en termes de mise en œuvre et de coût de réalisation existent. Dans tous les cas, l'intervention de spécialistes (bureau d'études et/ou maître d'œuvre) assurant la conception et la direction des travaux est requise.

5.2 Les principes d'actions

S'il est confirmé que les fondations ont bougé et que la poursuite du mouvement est vraisemblable, une décision doit être prise sur la façon de prévenir les dommages ultérieurs. Une solution consiste à reprendre les fondations en sous-œuvre. Cependant, la reprise en sous-œuvre est une solution relativement brutale et souvent onéreuse et il convient d'explorer d'abord d'autres options telles que : réduire l'influence de l'environnement comme celle de la végétation proche ou d'un regard fuyard, stabiliser le sol ou encore renforcer la structure.

Les trois types d'actions généralement préconisées et mises en œuvre sur des constructions légères endommagées par l'effet de la sécheresse et de la réhydratation des sols sont regroupés dans le tableau 3, qui renvoie aux parties correspondantes du présent guide.

Tableau 3
Synthèse des techniques disponibles

Principes	Techniques correspondantes	Partie
5.2.1 Agir sur l'environnement proche de l'habitation	Retirer des arbres	5.2.1.1
	Élaguer des arbres	5.2.1.2
	Couper des racines	5.2.1.3
	Poser des barrières anti-racines	5.2.1.4
	Collecter et évacuer les eaux de toiture	5.2.1.5
	Vérifier l'étanchéité des réseaux	5.2.1.6
	Poser un écran horizontal imperméable en périphérie des murs extérieurs	5.2.1.7
	Réaliser un drainage périphérique	5.2.1.8
5.2.2 Agir sur les fondations	Réaliser une reprise en sous-œuvre pour approfondir le niveau de fondation par des :	
	- plots jointifs réalisés par phases alternées ;	5.2.2.1
	- plots discontinus reliés ou non par une longrine ;	5.2.2.2
	- minipieux ou micropieux ;	5.2.2.3
	- injections sous fondations.	5.2.2.4
	Dispositions constructives propres à limiter l'effet du retrait-gonflement sur les structures	5.2.2.5
	Reprise en sous-œuvre partielle	5.2.2.6
5.2.3 Agir sur la structure de l'habitation	Travaux spécifiques aux dallages	5.2.2.7
	Renforcement par chaînage	5.2.3.1
	Rigidifier la structure	5.2.3.2
	Réaliser des joints de rupture	5.2.3.3
	Réparer les fissures	5.2.3.4

5.2.1 Actions sur l'environnement proche de l'habitation

Les premières actions à envisager concernent le maintien du niveau d'humidité dans l'environnement proche de l'habitation, en agissant par exemple sur les réseaux existants ou les systèmes de drainage. Lorsque le soulèvement du sol a été provoqué par l'enlèvement d'arbres, il est très difficile d'empêcher le processus de gonflement d'aller jusqu'à sa fin. Lorsque le retrait a été amplifié par les arbres, l'une des techniques suivantes peut réduire leur influence et constituer un remède très efficace sur le plan économique.

5.2.1.1 Retirer des arbres

L'enlèvement de tous les arbres (sur une distance autour de l'habitation de l'ordre de 1,5 fois à 2 fois la hauteur de l'arbre) aura l'effet le plus important et le plus immédiat sur le niveau de dessiccation du sol.

Dans la plupart des cas, il n'y a pas d'avantage à réduire par étapes la dimension de l'arbre plutôt que de l'abattre en une seule fois. Le temps pris par le sol pour atteindre un nouvel état d'équilibre dépend largement de la perméabilité du sol. Il peut prendre d'une à plusieurs années et cette durée de retour à l'équilibre est un facteur à prendre en compte lorsque l'on décide de l'enlèvement d'un arbre.

Lorsque l'arbre est plus vieux que la maison, il n'est pas recommandé d'enlever complètement l'arbre parce qu'il y a un risque que cela provoque un regonflement du sol dommageable pour la construction. Dans ce cas, une étude devra déterminer le potentiel de soulèvement du sol en contact avec les fondations avant de décider si l'arbre peut être enlevé ou non.

5.2.1.2 Élaguer des arbres

Certaines formes d'élagage en préventif consistent en la « réduction de la cime », la « taille en cime » ou « l'étêtage ». L'étêtage, dans lequel la plupart des branches sont enlevées et la hauteur du tronc principal est réduite, est souvent préconisé à tort, parce que la plupart des conseils publiés relie la hauteur de l'arbre à la probabilité de dommages. En fait, c'est la surface du feuillage qui est le facteur important. Il faut toutefois retenir que l'élagage de l'arbre s'entend uniquement en mode « préventif ». En mode « curatif », cette méthode ne fonctionne pas. Les racines ont déjà commencé à pomper l'eau sous la maison. On veillera alors à couper l'arbre ou à couper les racines avec un écran.

5.2.1.3 Couper des racines

Il se peut que la suppression ou la réduction d'un arbre dangereux ne soit pas toujours possible. Par exemple, il peut appartenir à un voisin ou à une autorité locale ou faire l'objet d'une instruction de préservation d'arbre. Dans ce cas, d'autres techniques peuvent être utilisées à l'intérieur de la propriété. Une option est la taille des racines, qui est généralement réalisée en creusant entre l'arbre et la propriété endommagée une tranchée suffisamment profonde pour qu'elle coupe la plupart des racines. La tranchée ne doit pas être trop proche de l'arbre au risque de mettre en péril sa stabilité. Au cours du temps de nouvelles racines vont pousser pour remplacer celles qui ont été coupées.

5.2.1.4 Poser des barrières anti-racines

Les barrières anti-racines sont une variante permanente de la taille des racines. Cependant, au lieu de remplir simplement la tranchée de sol après avoir coupé les racines, soit on la remplit de béton, soit on la borde d'une couche imperméable pour constituer une barrière « permanente » contre les racines. Celles-ci doivent être mises en place sur une profondeur suffisante pour recouper les racines des arbres (de 2 ou 4 m suivant le contexte). Elles ne doivent pas être construites trop près des fondations existantes, de façon à ne pas risquer de provoquer des désordres au moment de la construction. Ces écrans pourront être mis en place au raccordement avec le trottoir périphérique (figure 19), complétant ces dispositions constructives. Il est également possible de foncer des écrans métalliques, ou de poser des voiles en polyester ou une géomembrane, pour assurer cette fonction.

L'attention est attirée sur le risque de déviation ou retournement des réseaux racinaires des arbres : si d'autres constructions sont avoisinantes, les racines peuvent aller chercher de l'eau sous les maisons avoisinantes ou dans les drains proches.

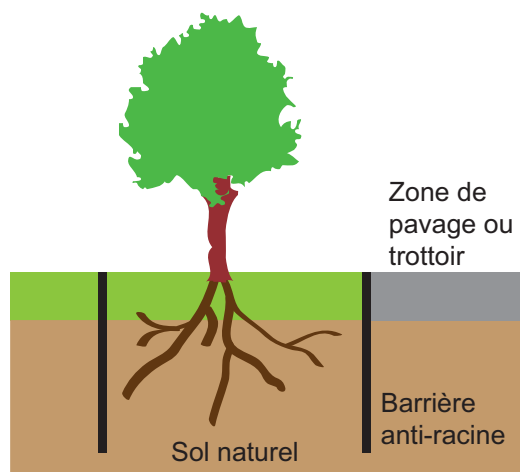


Figure 19
Exemple de barrière antiracine associée à une protection horizontale périphérique (trottoir)

5.2.1.5 Collecter et évacuer les eaux de toiture

Afin de limiter les apports d'eau au niveau des fondations, il convient de mettre en place des chéneaux de collecte des eaux de toiture, et de rejeter celles-ci dans un réseau étanche. Cette disposition peu onéreuse doit être systématique dans les terrains argileux. L'utilisation d'une chaîne en lieu et place de la descente d'eau pluviale traditionnelle est à proscrire.

5.2.1.6 Vérifier l'étanchéité des réseaux

L'étanchéité de tous les réseaux situés sous la construction ou à proximité doit être vérifiée et des mesures correctives mises en œuvre si cela s'avère nécessaire.

5.2.1.7 Poser un écran horizontal imperméable en périphérie des murs extérieurs

En empêchant l'eau de pénétrer dans le sol autour du bâtiment et en limitant l'évaporation, par la mise en place d'un trottoir périphérique, les variations hydriques restent faibles, ce qui limite l'apparition des phénomènes de retrait, puis de gonflement. L'efficacité d'un tel dispositif réside dans l'étanchéité du trottoir, qui peut être constitué d'une dalle en béton armé sur support dûment compacté ou d'une géomembrane recouverte de terre végétale. Dans les deux cas, la jonction du dallage ou de la géomembrane avec le mur doit être étanche.

Ce trottoir, d'une largeur minimale de 1,5 m à 2,5 m, se terminera par une bêche d'extrémité. Il faudra aussi veiller à assurer l'évacuation des eaux de ruissellement, en donnant aux trottoirs une légère pente vers l'extérieur et en collectant les eaux par un drain d'extrémité.

5.2.1.8 Réaliser un drainage périphérique

Lorsqu'il a été mis en évidence un problème de circulation d'eau dans le sol, venant affecter les fondations de la construction et/ou son soubassement (vide sanitaire, cave), il est nécessaire de prévoir un dispositif de drainage propre à éliminer ces alimentations en eau. Le drainage au voisinage immédiat des fondations présente l'inconvénient de provoquer, au niveau des fondations, une certaine humidification du sol. Il est interdit.

Une distance d'environ 2 m entre les fondations et le drainage est conseillée (figure 20). Par ailleurs, la pente entre l'arase inférieure des fondations et le fond de la tranchée ne doit pas dépasser 1V/3H (vertical/horizontal).

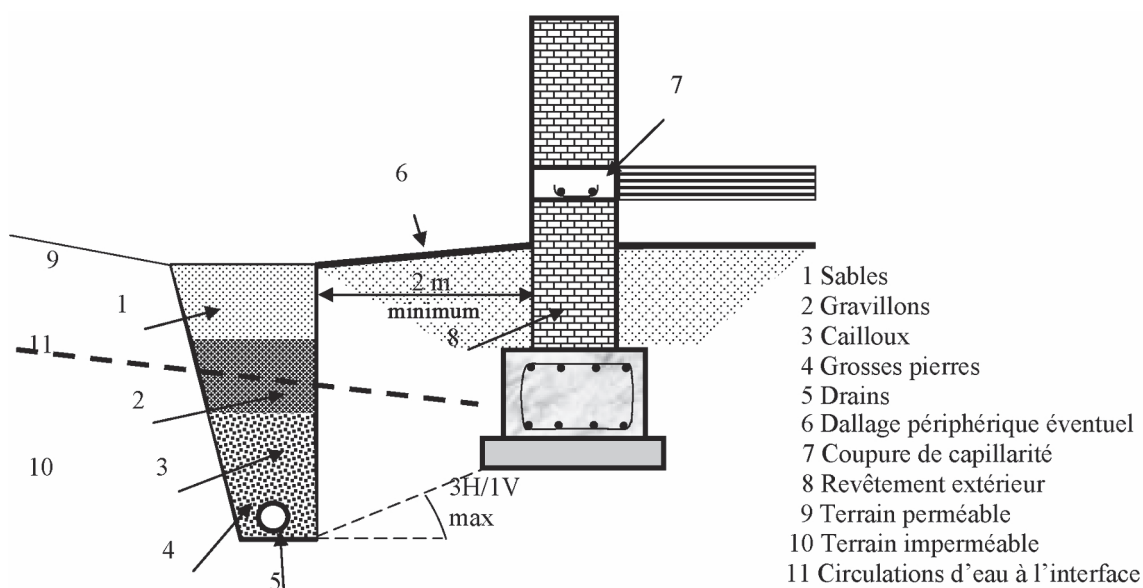


Figure 20
Exemple de drainage périphérique (Source DTU 20.1)

5.2.2 Actions sur les fondations (zone de contact entre le sol et l'habitation)

Lorsqu'il est établi que les fondations existantes sont inadaptées, on peut les modifier et/ou les reprendre en sous-œuvre, ce qui signifie : soit prendre des mesures propres à limiter l'effet du retrait-gonflement sur les structures, soit réaliser de nouvelles fondations ou, le plus souvent, prolonger les fondations existantes vers le bas pour atteindre des terrains plus stables.

Il existe essentiellement trois méthodes de reprise en sous-œuvre pour les fondations de bâtiments : la création d'un massif de béton, le système des puits et poutres, et les (mini ou) micropieux. Le choix de la méthode de reprise en sous-œuvre est principalement conditionné par :

- la géologie du site, et la présence ou non à faible profondeur d'un horizon porteur ;
- les amplitudes potentielles de retrait et de gonflement (guide 1) ;
- les caractéristiques de la structure : présence ou non de refends intérieurs, facilité ou non d'intervenir depuis l'intérieur ou l'extérieur des murs porteurs, aptitude de la fondation à répartir les efforts sur la reprise en sous-œuvre ;
- les caractéristiques de l'environnement : accessibilité du site, présence de réseaux, présence de végétation, mitoyenneté ;
- le critère économique.

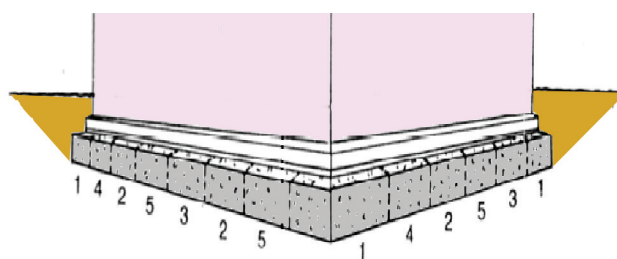
Dans tous les cas, il est préconisé, avant tous travaux de remise en état, de respecter une période d'au moins un an à l'issue des travaux de confortement afin de permettre les réajustements de la structure sur ses nouveaux appuis.

5.2.2.1 Plots jointifs réalisés par phases alternées

La reprise en sous-œuvre par un massif de béton est souvent appelée « reprise en sous-œuvre traditionnelle », parce que ce principe a été utilisé pendant des siècles. Dans le passé, lorsque les coûts de la main d'œuvre étaient faibles et avant que l'on dispose de béton prêt à l'emploi, la reprise en sous-œuvre traditionnelle était réalisée en maçonnerie. De nos jours, le rattrapage du bon niveau d'assise de la semelle de fondation est réalisé en gros béton.

La reprise en sous-œuvre par un massif de béton consiste à approfondir les semelles filantes ou isolées de façon à ce qu'elles atteignent une couche dont les propriétés physiques sont adéquates. La reprise en sous-œuvre est exécutée par plots, comme indiqué sur la figure 21. La distance entre les plots est déterminée par la capacité de la semelle de fondation à travailler en flexion comme une longrine. Cette capacité doit être vérifiée par le calcul, après avoir fait un sondage destructif dans la semelle pour connaître le ferrailage existant. Si celui-ci est insuffisant, soit on rapproche les plots, soit une longrine de raidissement est réalisée. Pour des maisons en maçonnerie continue de briques ou de pierres sans fondation en béton armé, cette longrine est systématique.

Les groupes de plots de même numéro (figure 21) peuvent être excavés simultanément, de sorte que 20 à 25% du mur au plus soit laissé sans support. Le béton est coulé dans l'excavation en laissant un vide de 75 à 150 mm entre le béton et la surface inférieure de la fondation existante. Dès que le béton a pu durcir pendant un temps suffisant, cet espace est bourré de béton humide dont les granulats ont une dimension maximale de 10 mm et qui contient juste assez d'eau pour permettre au mélange de garder la forme d'une boule quand on le serre dans la main. Ce mélange aura peu tendance à diminuer de volume au séchage. Le compactage dans un espace limité évite l'effet du retrait par séchage, crée une liaison intime entre l'ancienne fondation et la nouvelle et empêche tout tassement.



Les plots sont numérotés pour indiquer une séquence typique d'exécution des travaux

Figure 21

Reprise en sous-œuvre par plots alternés

La mise en œuvre ne nécessite pas de matériels spécifiques mais une bonne technicité. Il convient en particulier d'assurer une bonne verticalité et indépendance des parois du massif pour limiter les frottements parasites liés aux mouvements du sol encaissant. L'avantage du coût de la reprise en sous-œuvre par un massif de béton diminue rapidement quand la profondeur désirée augmente, à cause du coût croissant des matériaux, de l'évacuation des déblais, du blindage de la fouille, et du coût élevé de l'excavation à la main.

Bien qu'il soit possible de réaliser des massifs de béton par plot jusqu'à des profondeurs de 4 m et plus, il est peu probable que cela soit la solution la moins chère au-delà de 2 m.

Enfin, ce choix de reprise, qui crée un écran continu vis-à-vis des circulations d'eau et des échanges hydriques, doit être analysé en considérant l'existence ou non de dallages éventuellement non encore affectés par des désordres, et que l'effet d'une barrière pourrait endommager.

5.2.2.2 Plots discontinus reliés ou non par une longrine

Une variante de la reprise en sous-œuvre classique par plots alternés est la reprise en sous-œuvre discontinue. Au lieu de former une bande continue sous la fondation existante, la reprise en sous-œuvre est réalisée par plots séparés. La distance entre les plots est déterminée par la résistance de la fondation existante. Elle peut être une solution économique dans des circonstances favorables et est spécialement adaptée au cas où les fondations existantes sont en béton armé. Une reconnaissance de la quantité de ferrailage dans la fondation existante est nécessaire.

Cette technique consiste donc à reporter les charges de la construction dans un terrain de bonnes caractéristiques mécaniques et insensible aux variations hydriques, au moyen de plots en gros béton. Ceux-ci sont généralement creusés de façon manuelle, avec blindage pour tenir les parois de fouille lorsque nécessaire. Le bétonnage se fait en deux étapes, avec mise en œuvre d'un gros béton presque en sous-face de semelle (environ 10 cm), puis un calage au mortier sans retrait assurant le contact semelle/plot, mis en œuvre deux à trois jours après le gros béton.

La reprise en sous-œuvre par plots continus (puits et poutres) est réalisable dans la plupart des conditions de terrain, à condition que la machine de forage puisse accéder autour de la construction. Toutefois, elle tend à devenir économique seulement pour des profondeurs supérieures à 4 m environ. Les excavations peuvent être effectuées dans les sols lâches ou gorgés d'eau en utilisant un blindage de tranchée, mais cela augmente considérablement le coût. Cette reprise en sous-œuvre est particulièrement adaptée aux

argiles sensibles au retrait gonflement, dont on attend la poursuite de leurs variations de volume. Les plots peuvent être excavés jusqu'à la profondeur où les effets du retrait et du gonflement sont minimaux et, à condition que leurs parois soient protégées contre les effets du frottement latéral, le bâtiment peut être isolé des effets des futures variations de volume du sol (figure 22).

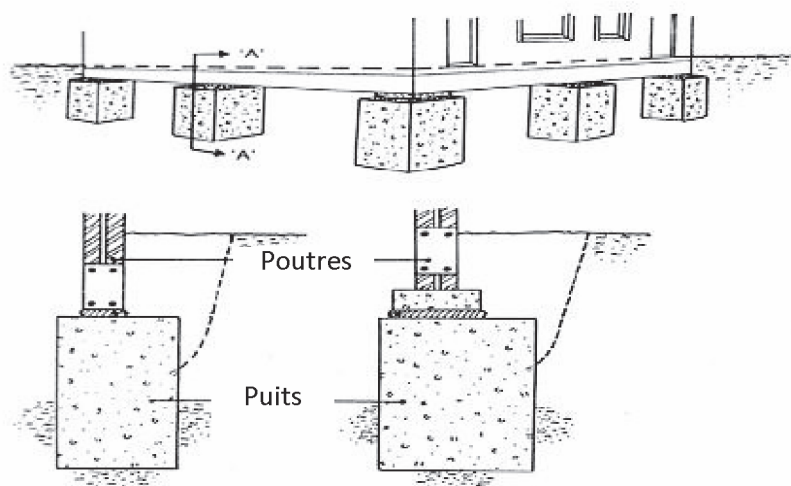


Figure 22
Reprise en sous-œuvre par plots discontinus (puits et poutres)
(D'après : *has your house got cracks ?*)

5.2.2.3 Minipieux ou micropieux

Dans cette méthode de reprise en sous-œuvre, il est fondamental d'assurer le transfert des charges de la structure aux micropieux au moyen de plots ou longrines solidarisés convenablement à la semelle ou au mur existant. Les modalités à mettre en œuvre dépendent de l'aptitude de la semelle à reporter les efforts sur les micropieux.

Typiquement, les diamètres des micropieux sont compris entre 80 mm et 150 mm (jusqu'à 300 mm). Ils sont généralement réalisés par forage et coulés en place. Ils doivent obligatoirement être armés. La technique adoptée dépend largement des conditions de sols. On se reportera aux prescriptions de conception et d'exécution en vigueur, spécifiques aux fondations profondes.

Dans le cas de constructions anciennes, cette technique va s'avérer délicate à mettre en œuvre et onéreuse, compte tenu de la nécessité de créer une structure en béton armé intégrée dans la maçonnerie existante.

5.2.2.4 Les injections sous fondations

Elles sont réalisées par injections de résines plus ou moins expansives. Lorsque les désordres sont limités et que les sols d'assise ne sont pas très sensibles au phénomène de gonflement, il est parfois réalisé un traitement par injection à la résine à partir d'un réseau de forages de petit diamètre réalisés sous les fondations. Cette technique présente l'avantage de conserver le fonctionnement mécanique de la semelle sur appuis répartis uniforme.

L'efficacité de cette technique est variable selon la structure et la compacité du sol en place. La collectivité ne dispose pas encore d'un retour d'expérience de la tenue dans le temps de ces injections, ni de leurs effets sur la circulation des eaux superficielles.

5.2.2.5 Dispositions constructives propres à limiter l'effet du retrait-gonflement sur les structures

On associe régulièrement aux techniques de reprise en sous-œuvre des dispositions visant à limiter le frottement parasite sur les faces latérales des éléments de structure en contact avec le sol, c'est-à-dire les semelles ou les longrines existantes, mais aussi les faces latérales des plots de reprise ou celles des micropieux, jusqu'à la profondeur au-delà de laquelle le sol ne subit plus les effets du retrait-gonflement (généralement 2 à 3 mètres de profondeur, quand la végétation n'impacte pas plus profondément le profil hydrique).

Pour les micropieux, cette protection est assurée par mise en œuvre d'un tubage extérieur ; pour les plots, on recourt généralement à la mise en place d'une interface glissante (polystyrène, ...) sur les parois bien verticales des excavations, avant de couler le béton.

On protège aussi des risques de gonflement sous les éléments de structure (longrines, semelles), en interposant un vide entre le sol et les longrines ; généralement, ce vide est aménagé en réalisant le coffrage des longrines nouvelles sur un matériau putrescible ou biodégradable. Sous les semelles existantes (quand elles servent de « longrine » après une reprise en sous-œuvre par plots discontinus ou micropieux), il convient d'aménager ce vide manuellement.

Quand il n'est pas possible d'adopter ces dispositions constructives, il conviendra de vérifier par le calcul que les éléments de structure (longrines, micropieux, plots) peuvent reprendre les efforts parasites (frottements négatifs, traction) liés aux effets du retrait-gonflement :

- pression de soulèvement affectant la sous-face des longrines de répartition ou des semelles, et se répercutant sur les micropieux ou les plots en termes d'effort de soulèvement ;
- frottement latéral s'exerçant sur les parois des plots ou des micropieux, augmentant les descentes de charge dans le cas du retrait, ou les diminuant jusqu'à provoquer des efforts de traction dans le cas du gonflement.

Lorsqu'il existe un vide sanitaire, la mise en place de polyane armé sur le sol dans le vide sanitaire permet de limiter les variations de teneur en eau par évaporation due aux courants d'air.

5.2.2.6 Reprise en sous-œuvre partielle

Lorsqu'une partie seulement d'un bâtiment a été affectée par le mouvement du sol, il peut être envisagé de limiter la reprise en sous-œuvre à une partie de la structure ; on parle alors de « reprise en sous-œuvre partielle ».

La reprise en sous-œuvre d'une maison mitoyenne où il n'est pas possible d'étendre le schéma de réparation aux propriétés voisines, constitue également une reprise en sous-œuvre partielle.

Pour éviter l'apparition de désordre à la jonction des deux parties de bâtiment, une solution consiste à réaliser un joint de rupture (voir partie 5.2.3.3) entre la partie à traiter et la partie saine. Cette opération est toutefois très complexe à mettre en œuvre et limite la reprise en sous-œuvre partielle à des cas rares, qui doivent être étudiés par un bureau d'étude de structures.

5.2.2.7 Travaux spécifiques aux dallages

Lorsque les sols sont très sensibles aux variations hydriques, aucune solution de confortement du dallage n'est pérenne. On réalise donc un plancher, accroché sur les fondations existantes, avec création d'un vide entre celui-ci et le sol.

Cette surcharge doit être prise en compte dans le dimensionnement de la reprise en sous-œuvre des fondations, généralement effectuée en même temps. Pour un plancher reconstruit seul, il est préférable de dissocier les appuis du plancher de ceux de l'existant, ou de s'assurer que les fondations sont aptes à reprendre cette surcharge. En fonction de la portée du plancher, des appuis supplémentaires peuvent s'avérer nécessaires.

5.2.3 Actions sur la structure de l'habitation

Lorsque les désordres sont stabilisés, il est possible de réparer et/ou de renforcer la structure en fonction des dommages.

5.2.3.1 Renforcement par chaînage

Sur la base d'une analyse réalisée par un bureau d'étude de structures, il est possible de réaliser un chaînage horizontal en tête des murs, pouvant être associé à des chaînages verticaux. Les structures s'apparentent alors à des portiques, très rigides, au sein desquelles les maçonneries ne jouent plus que le rôle de matériau de remplissage (figure 23).



Figure 23

Exemple de chaînage apparent en façade (type croix de St-André) (Source Socabat)

5.2.3.2 Rigidifier la structure

Lorsque la semelle de fondation doit être renforcée, une longrine périphérique en béton armé peut être réalisée.

Une technique relativement nouvelle, appelée « corsetage », consiste à couler une poutre en béton armé autour du périmètre du bâtiment, habituellement au niveau du sol. La poutre est connectée à la maçonnerie au moyen d'armatures d'acier et de « goujons » et la poutre est ensuite mise en tension en utilisant une clé dynamométrique ou un vérin hydraulique. Le corset rigidifie le bâtiment au niveau de la fondation et l'aide à ponter les zones locales de tassement.

5.2.3.3 Réaliser des joints de rupture

La mise en place d'un joint de rupture entre deux zones de la construction est préconisée lorsqu'une reprise en sous-œuvre partielle est réalisée. Cette opération doit dissocier complètement les deux zones par sciage, y compris au niveau des fondations (dans la pratique ceci est rarement réalisé du fait des difficultés de mise en œuvre, limitant fortement l'efficacité de la méthode). Il convient de plus de s'assurer de la compatibilité du joint avec le bon comportement de la structure, ce qui nécessite un diagnostic préalable par un bureau d'études de structures.

5.2.3.4 Réparer les fissures

Les fissures doivent faire l'objet d'un traitement, qui consiste à réaliser une ouverture profonde, puis un harpage tous les 50 cm (couturage de la fissure, au moyen d'agrafes métalliques, scellées dans l'élément porteur, de part et d'autre de la fissure), la mise en place d'une armature de type treillis recouvrant la fissure, et le bétonnage de l'ensemble au moyen d'un mortier sans retrait (figure 24).



Figure 24
Exemple de réparation des fissures
(Source Socabat)

5.3 Limites d'utilisation de ces techniques

Les techniques utilisées pour traiter les désordres créés par la sécheresse ont souvent des limites, qui sont indiquées dans le tableau 4.

Tableau 4
Limites d'utilisation des techniques disponibles

Principes	Techniques correspondantes	Principales limites d'utilisation
Agir sur l'environnement proche de l'habitation	Retirer / Élaguer des arbres	Problèmes environnementaux et de voisinage
	Couper des racines	Risque d'altération de la végétation Problème éventuel de stabilité des arbres
	Poser des barrières anti-racines	Risque de contournement des barrières et de retournement
	Collecter et évacuer les eaux de toiture	Aucune Évacuation des eaux à plus de 10 m de l'habitation
	Vérifier l'étanchéité des réseaux	Aucune
	Poser un écran horizontal imperméable en périphérie des murs extérieurs	Aucune sauf mitoyenneté
	Réaliser un drainage périphérique	Éloigner le drainage de 2 m des fondations Difficulté possible de mitoyenneté
Agir sur les fondations	Réaliser une reprise en sous-œuvre pour approfondir le niveau de fondation par des : - plots jointifs réalisés par phases alternées ; - plots discontinus reliés ou non par une longrine ; - minipieux ou micropieux ; - injections sous fondations.	Dépend de la technicité de l'entreprise Nécessite une étude puis une mise en œuvre très soignée par une entreprise spécialisée
	Dispositions constructives propres à limiter l'effet du retrait-gonflement sur les structures	Modification esthétique
	Reprise en sous-œuvre partielle	Assez délicat Étude approfondie nécessaire
	Travaux spécifiques aux dallages	Inadapté aux sols gonflants
Agir sur la structure de l'habitation	Renforcement par chaînage	Modification esthétique
	Rigidifier la structure	Délicat à réaliser
	Réaliser des joints de rupture	Délicat à réaliser Modification esthétique
	Réparer les fissures	À n'entreprendre qu'après stabilisation de la structure

Chapitre 6.

Assurances : coûts et démarches

Deuxième poste d'indemnisation au titre du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles en France, juste derrière les inondations, le retrait-gonflement présente un coût collectif très important, estimé à 5,8 milliards d'euros par la Caisse centrale de réassurance sur la période 1989-2012.

6.1 Quels sont les coûts habituels des travaux de réparation ?

À l'échelle d'un sinistre, les coûts des travaux de réparation sont très variables, allant de quelques centaines d'euros pour les cas les plus légers à plusieurs dizaines, voire centaines de milliers d'euros pour les désordres les plus lourds.

En effet, lorsque la cause des désordres peut être facilement supprimée (abattage des arbres, entretien des canalisations...), un simple rebouchage des fissures peut suffire, avec parfois une reprise du revêtement extérieur et des peintures. Au contraire, si les facteurs déclenchants ne peuvent être supprimés aisément (fondations insuffisantes sur sols très réactifs, hétérogénéité du sol, etc.), un confortement de la structure et une reprise en sous-œuvre sont souvent envisagés, se traduisant en général par la mise en place de micropieux sous les fondations. Cette opération représente en général un coût de plusieurs dizaines de milliers d'euros et nécessite un soin tout particulier dans sa réalisation pour garantir la pérennité de la solution. Dans certains cas très particuliers, il a même été jugé préférable de détruire la maison pour la reconstruire, le coût de cette démarche étant inférieur à celui de la mise en œuvre d'une solution de confortement.

6.1.1 Quelques ordres de grandeur de coûts habituels de travaux de réparation

Ces coûts, exprimés en prix hors taxes (HT), sont donnés à titre indicatif et correspondent à des coûts moyens en 2015 (ils peuvent varier de manière importante d'une région à l'autre et d'un chantier à l'autre).

Pour une construction d'environ 100 m² au sol, le coût des travaux de réparation peut être estimé en moyenne à :

- reprise en sous-œuvre des murs par micropieux et longrines de répartition : 45 à 70 k euros ;
- reprise en sous-œuvre par puits de faible profondeur et longrines de répartition : 30 à 45 k euros ;
- rigidification des fondations existantes par scellement d'une longrine ceinturant l'ouvrage : 15 à 25 k euros ;
- injection et brochage des dallages en rive de l'ouvrage : 6 à 12 k euros ;
- imperméabilisation du pourtour de l'ouvrage par géomembrane : 10 à 20 k euros ;
- mise en place de chaînages intégrés dans la maçonnerie : environ 20 k euros ;
- réalisation d'une tranchée drainante peu profonde à l'amont : 1,5 à 6 k euros (selon la profondeur et l'exutoire, pour une longueur d'une dizaine de mètres) ;
- mise en place d'un écran-antiracine (2 m de profondeur) : 300 à 500 euros par mètre de longueur ;
- abattage, dessouchage et brûlage des arbres (10 à 60 cm de diamètre) : 1 k euros.

6.1.2 Coûts moyens indemnisés

Dans le cadre du régime des catastrophes naturelles, les coûts moyens des sinistres ont été estimés à environ 15 000 euros pour la période 1995-2006. Ce coût est relativement faible au regard des coûts des travaux de réparation, ce qui semble indiquer le nombre important de réparations de faible importance.

Les coûts indemnisés dans le cadre de la garantie décennale sont plus difficiles à prendre en compte car la cause des sinistres est rarement mentionnée. Toutefois, d'après le tableau de bord Sycodés (SYstème de COLlecte des DÉSordres) de l'AQC, les coûts indemnisés au titre de la garantie décennale s'élèvent respectivement à environ 8 000 euros et 12 700 euros selon que les désordres affectent la structure ou les fondations.

6.2 Quand les assurances peuvent-elles prendre en charge le coût des travaux envisagés ?

Plusieurs types d'indemnisation sont envisageables, suivant les situations :

- pour des désordres impliquant le gros-œuvre survenant moins de 10 ans après la réception des travaux, les désordres peuvent être pris en charge au titre de la garantie décennale ;
- depuis 1989, l'indemnisation de désordres liés à des tassements différentiels causés par retrait-gonflement des sols argileux peut se faire dans le cadre du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles, garantie figurant obligatoirement dans les contrats d'assurance de type multirisques habitation.

6.2.1 La garantie décennale des constructeurs

6.2.1.1 Le cadre réglementaire

L'assurance construction est régie par la loi Spinetta du 4 janvier 1978 (n° 78-12).

6.2.1.1.1 Obligations des constructeurs

Parmi les principes fondamentaux de l'assurance construction figurent :

- la présomption de responsabilité des constructeurs : un constructeur ne peut s'exonérer de ses responsabilités que par la preuve d'une cause étrangère, c'est-à-dire un cas de force majeure ou une faute du maître de l'ouvrage ou le fait d'un tiers ;
- l'obligation pour les constructeurs de souscrire une assurance de responsabilité décennale.

Les dommages qui mettent en jeu la responsabilité civile décennale des constructeurs sont ceux qui :

- compromettent la solidité de l'ouvrage ou affectent la solidité de ses éléments d'équipements, si ceux-ci font indissociablement corps avec les ouvrages de viabilité, de fondations, d'ossature, de clos ou de couvert ;
- affectent l'ouvrage dans l'un de ses éléments constitutifs ou l'un de ses éléments d'équipement et le rendent impropres à sa destination (exemples : entrée d'air ou d'eau dans la maison).

L'article 1792 du code civil précise que les constructeurs sont responsables des dommages résultant d'un vice du sol.

Comme son nom l'indique, la durée de la garantie est de 10 ans à compter de la réception de l'ouvrage. L'assurance de responsabilité décennale d'un constructeur ne couvre que les activités déclarées par ce dernier à son assureur (par exemple, maçonnerie, couverture, etc.).

6.2.1.1.2 Obligations du maître d'ouvrage

La loi du 4 janvier 1978 impose également au maître d'ouvrage une obligation d'assurance.

Extrait de l'article L242-1 du code des assurances :

« Toute personne physique ou morale qui, agissant en qualité de propriétaire de l'ouvrage, de vendeur ou de mandataire du propriétaire de l'ouvrage, fait réaliser des travaux de bâtiment, doit souscrire avant l'ouverture du chantier, pour son compte ou pour celui des propriétaires successifs, une assurance garantissant, en dehors de toute recherche des responsabilités, le paiement des travaux de réparation des dommages de la nature de ceux dont sont responsables les constructeurs au sens de l'article 1792-1 [...] »

Il s'agit de l'assurance « dommages-ouvrage ». Cette assurance est appelée à intervenir pour financer rapidement, avant toute recherche de responsabilité, les travaux de réparation des désordres de « nature décennale ».

6.2.1.2 Comment faire si votre maison de moins de 10 ans présente des fissures ?

Deux cas de figures sont à envisager :

1. Vous, ou le maître d'ouvrage ayant construit la maison, avez souscrit une police dommages-ouvrage :

- Il convient de déclarer ces désordres par lettre recommandée avec accusé de réception à l'assureur dommages-ouvrage.
- L'assureur dommages-ouvrage missionnera un expert qui se chargera des démarches auprès des constructeurs.
- L'assureur dispose d'un délai de 60 jours courant à compter de la réception de la déclaration du sinistre pour vous notifier sa décision quant au principe de la mise en jeu des garanties prévues au contrat.
- Lorsqu'il accepte la mise en jeu des garanties, l'assureur doit, sur la base du rapport de l'expert qu'il vous communique, présenter dans un délai maximal de 90 jours une offre d'indemnité revêtant le cas échéant un caractère provisionnel. Ce délai de 90 jours peut-être augmenté d'un délai supplémentaire en cas de difficultés exceptionnelles (par exemple, difficultés techniques à déterminer les causes).

2. Vous, ou le maître d'ouvrage ayant construit la maison, n'avez pas souscrit de police dommages-ouvrage :

- Il conviendra de déclarer les désordres - toujours en lettre recommandée avec accusé de réception - aux constructeurs pouvant, selon vous, être impliqués. Pour des problèmes de fondations, il s'agit généralement du maçon. Mais il peut également y avoir eu l'intervention d'un bureau d'études de sol, d'un maître d'œuvre, d'une entreprise de terrassement, etc.
- Si vous avez les attestations d'assurances des constructeurs, vous pouvez en parallèle faire une déclaration de sinistre auprès de leurs assureurs. Un expert sera missionné pour chaque constructeur.
- L'assureur de chaque constructeur vous proposera directement une indemnité, après que les différents experts se soient mis d'accord sur un partage de responsabilité entre constructeurs. Dans ce cas de figure, aucune disposition légale ou réglementaire n'impose un délai aux assureurs saisis pour prendre position sur leur garantie et faire éventuellement une proposition de règlement.

6.2.2 Le régime d'indemnisation des catastrophes naturelles

6.2.2.1 Qu'est-ce que c'est ?

Institué par la loi du 13 juillet 1982 et codifié aux articles L 125-1 et suivants du code des assurances, ce régime prévoit la protection des biens des assurés contre les dégâts causés par des événements naturels exceptionnels (i.e. d'une intensité anormale), sur

la base du principe de solidarité nationale. Le terme « catastrophe naturelle » désigne les « dommages matériels directs non assurables ayant eu pour cause déterminante l'intensité anormale d'un agent naturel, lorsque les mesures habituelles à prendre pour prévenir ces dommages n'ont pu empêcher leur survenance ou n'ont pu être prises » (article L.125-1 du Code des Assurances).

L'état de catastrophe naturelle est constaté par un arrêté interministériel qui détermine les périodes et la (ou les) commune(s) où s'est produite la catastrophe, ainsi que la nature des dommages couverts par la garantie. L'arrêté interministériel est pris après avis d'une commission, saisie par le préfet sur demande d'une commune. Cette commission reconnaît, sur la base de rapports scientifiques, le caractère exceptionnel du phénomène naturel ayant généré les dommages.

6.2.2.2 *Financement*

Le régime CatNat est actuellement financé par une prime additionnelle calculée en appliquant un taux unique à la prime du contrat d'assurance de base : il s'élève aujourd'hui à 12 % des primes ou cotisations afférentes aux contrats de base d'assurance « dommages aux biens » (une prime additionnelle de 6 % s'applique également pour les véhicules terrestres à moteur).

Cette garantie ne peut s'appliquer que si l'assuré est couvert par un contrat d'assurance « dommages aux biens » (qui comporte obligatoirement la garantie des conséquences des catastrophes naturelles).

6.2.2.3 *Comment faire ?*

La démarche à mettre en œuvre pour une indemnisation dans le cadre du régime CatNat est la suivante :

- L'assuré signale ses désordres auprès de la mairie de son domicile et à son assureur.
- La mairie établit un dossier de demandes de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour le phénomène¹ « sécheresse - réhydratation des sols » pour la commune².
 - un formulaire de demande communale de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, précisant la période de reconnaissance sollicitée, est rempli ;
 - le dossier est adressé au service de la sécurité civile de la préfecture du département concerné, qui centralise les dossiers et les transmet à la direction concernée au ministère de l'Intérieur.
- La commission interministérielle examine le dossier sur la base des données météorologiques apportées par Météo France et géologiques issues de la carte d'aléa « argile » du BRGM. La décision finale revient aux ministres compétents (le ministre de l'intérieur, le ministre de l'Économie et des Finances et le secrétaire d'État chargé du Budget et des Comptes publics).
- La décision est publiée au Journal officiel par un arrêté interministériel : liste des communes demanderesses de la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ayant été reconnues et celles dont la reconnaissance a été rejetée.
- Le représentant de l'État dans le département (préfet) notifie et justifie la décision de la commission interministérielle aux communes concernées.
- À compter de la publication de l'arrêté, les sinistrés ont dix jours pour faire parvenir à leur assurance un état estimatif de leurs pertes (si cela n'a pas été fait initialement).
- L'assurance indemnise les dommages dans les trois mois.

(1) Il est à noter que depuis le 1er janvier 2008, pour être recevable, la demande de reconnaissance CatNat doit être fournie dans un délai de 18 mois suivant le début de l'évènement naturel à l'origine des désordres.

(2) Un seul dossier de demande sera établi quel que soit le nombre de désordres.

Références

FREEMAN T.-J., DRISCOLL R.-M.-C., LITTLEJOHN G.-S. *Has your house got cracks ?* Thomas Telford, Londres, 154 p., **2002**.

Le retrait-gonflement des argiles – Comment prévenir les désordres dans l'habitat individuel ? Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables, **2007**.

Sécheresse et construction, guide de prévention. La documentation française, **1993**.

Sites internet

Portail de la prévention des risques majeurs du ministère de la Transition écologique et solidaire, www.prim.net

Documents relatifs aux cartes d'aléa retrait-gonflement
www.georisques.gouv.fr

Agence qualité construction, www.qualiteconstruction.com

Caisse centrale de réassurance, www.ccr.fr

Annexe 1

Fiche de synthèse des observations

N° Dossier	ZZ.11.0001
Désignation	Maison
Adresse	xx
Localité	xx
Département	21
Date de visite	13/06/2011
NOM REDACTEUR: XXX	
BATI	
Date de construction	1980
Date d'apparition des desordres	2003
Date d'aggravation des desordres	progressive
Type habitation	R0 / R+1
Sous-sol enterre/semi	enterré
sous-sol total/partiel	partiel (sous la partie en R+1)
Type de fondation (filante/isolée/radier)	filante
Murs extérieurs	non renseigné
Refends	non renseigné
cloisons	non renseigné
sous-sol	dallage
Plancher RDC	plancher sur vide sanitaire (partie en R0)
Plancher étage	non renseigné
Plafond	non renseigné
Charpente	non renseigné
chainage	non
EVACUATION DES EAUX DE PLUIE	
cheneaux	non
évacuation des eaux	pas d'évacuation
trottoir	non
drains	non
ENVIRONNEMENT	
Ville/lotissement/campagne	campagne
terrain plat/en pente	pente moyenne vers le sud
Fossé	non
talus	en amont de la propriété
puits	2 forages d'eau

Annexe 2

Mémo chantier

Agence qualité construction

Source AQC

5 Mise en œuvre

1 Béton de propreté dosé à 150 kg de ciment/m³ de béton.
2 Aciers 1,6 cm² (4 HA 8).
3 Béton de semelle filante dosé à 250 kg mini de ciment/m³ de béton (classe de ciment CEM III).
 *Voir étude de sol et DTU 13.12

6 Armatures : points singuliers

Recouvrement 50 Ø mini*
Attentes poteaux
Armatures d'angles
 2 HA 10 mini* ou zone sismique 1a
 4 HA 10 mini*
 *selon DTU 13.12 et règles PS-MI 89

7 Points particuliers

Points sensibles
Terrain en pente
REDAN

MÉMO CHANTIER

AQC
 Agence Qualité Construction
Fondations de maisons individuelles
 Quelques bonnes pratiques
 Avec la participation de
 CAPEB, CFE, FFB, UNCF, UNCFI
 CFEC, FFACB, UMGO-FFB, UNA MC CAPEB, UNCFI
 www.qualiteconstruction.com

Fiche bibliographique

Collection techniques et méthodes		Sous collection guide technique		
ISSN 2492-5438		ISBN Papier : 978-2-85782-731-3 Pdf : 978-2-85782-726-9		Référence GTI 4-3
Titre Retrait et gonflement des argiles - Analyse et traitement des désordres créés par la sécheresse, guide 3				
Coordinateur Jean-Bernard Kazmierczack (Ineris)				
Auteurs Ifsttar et Ineris				
Rédacteurs Franck Béchade (Socabat), Sébastien Burlon (Ifsttar), Catherine Jacquard, (Fondasol), Jean-Bernard Kazmierczack (Ineris), Catherine Labat (CFEC), Jean-Pierre Magnan (Ifsttar)				
Date de publication Juillet 2017		Langue Français		
Résumé Ce guide propose une démarche de traitement des désordres qui sont provoqués par le retrait-gonflement des sols et qui affectent les maisons individuelles. L'observation et la description des désordres sur une maison individuelle doit être le point de départ de la démarche permettant leur traitement. Ces désordres (principalement des fissures) apparaissent sur des points de faiblesse qui sont généralement bien connus. Ils peuvent être classés suivant leur importance et permettent de définir différentes classes de dommage. L'observation de ces désordres permet en général d'identifier le mécanisme qui les déclenche et donc de mettre le sol hors de cause le cas échéant. L'observation des fissures doit toutefois être associée au fonctionnement mécanique de la maison. Il est donc important de connaître les principales structures types de maison ainsi que les parties essentielles d'une maison : les fondations, les planchers, les murs, les chaînages, etc. Une fois le sol mis en cause, la recherche des origines précises des désordres devient alors plus aisée mais de multiples pistes doivent être explorées. Le retrait-gonflement des sols n'est pas systématiquement la seule cause des désordres et l'hétérogénéité des sols d'assise, la présence de pentes ou des défauts d'exécution peuvent aussi constituer des causes de ces désordres. Par ailleurs, le retrait-gonflement des sols n'est pas toujours associé à des périodes sèches ou pluvieuses et d'autres causes, comme la végétation ou des défauts d'exécution, interviennent très largement dans les désordres constatés L'analyse des désordres doit permettre de préciser leur évolution. Les mouvements peuvent être plus ou moins rapides, quelquefois réversibles. Des appareils de mesures simples d'utilisation permettent d'établir ces tendances.				

Le traitement des désordres provoqués par le retrait-gonflement des sols, suivant son origine exacte, peut être effectué selon différentes techniques. Il est possible d’agir sur l’environnement de la construction, le sol lui-même, les fondations ou directement la structure de la maison.

Enfin, il est utile de connaître les procédures permettant la prise en charge et l’indemnisation des solutions de réparation ou de traitement. Un point complet sur les démarches à mener auprès des assurances est présenté.

Mots clés

Retrait, gonflement, argile, désordres, suivi, mesures, réparation, assurance.

Nombre de pages

58

Publication data form

Collection technics and methods		Sub collection technical guide
ISSN 2492-5438	ISBN Print : 978-2-85782-731-3 Pdf : 978-2-85782-726-9	Reference GTI 4-3
Title Shrinkage and swelling of clays - Analysis and treatment of damage caused by drought, guide 3		
Coordinator Jean-Bernard Kazmierczack (Ineris)		
Authors Ifsttar and Ineris		
Writers Franck Béchade (Socabat), Sébastien Burlon (Ifsttar), Catherine Jacquard (Fondasol), Jean-Bernard Kazmierczack (Ineris), Catherine Labat (CFEC), Jean-Pierre Magnan (Ifsttar)		
Publication date July 2017	Language French	
Summary This guide outlines a procedure for treating drought damage to single family houses caused by the shrinking and swelling of soils. The first stage in the procedure is to inspect and describe the damage to the house. The damage in question (mainly cracks) appears at weak points which are generally well known. It can be classified according to its severity, giving rise to a number of damage classes. Generally, the underlying mechanism can be identified from inspections and the ground can be cleared from blame when it is not responsible. The inspection of cracks must be combined with an understanding of the mechanical behaviour of the house and therefore the knowledge of the different standard house structures and the essential parts of a house – the foundations, floors, walls, wall ties, etc. If the ground is deemed responsible, the precise source of the damage is easier to find, but a large number of possibilities must be explored. Shrinkage and swelling of the soil is not always the only cause of damage and variations in the supporting soil, the presence of slopes or construction defects may also be responsible. Furthermore, the shrinkage and swelling of soils is not confined to periods of dry or rainy weather, and other causes, such as vegetation or construction defects, are major causes of damage.		

Analysis of the damage should establish how it will develop. Movements may vary in rate, and are sometimes cases reversible. Such factors can be established with easy-to-use measurement devices.

Depending on its precise origin, a number of techniques are available to treat damage due to the shrinkage and swelling of soils. Measures can be applied to the environment of the construction, the soil itself, the foundations, or directly to the structure of the house.

Finally, it is useful to be aware of the procedures for obtaining repair and treatment works and compensation. A full account of how to approach insurance companies is given.

Key words

Shrinkage, swelling, clay, disorders, monitoring, measurements, insurance.

Number of pages

58

Ce guide propose une démarche de traitement des désordres qui sont provoqués par le retrait-gonflement des sols et qui affectent les maisons individuelles.

L'observation et la description des désordres sur une maison individuelle doit être le point de départ de la démarche permettant leur traitement. Ces désordres (principalement des fissures) apparaissent sur des points de faiblesse qui sont généralement bien connus. Ils peuvent être classés suivant leur importance et permettent de définir différentes classes de dommage. L'observation de ces désordres permet en général d'identifier le mécanisme qui les déclenche et donc de mettre le sol hors de cause le cas échéant.

L'observation des fissures doit toutefois être associée au fonctionnement mécanique de la maison. Il est donc important de connaître les principales structures types de maison ainsi que les parties essentielles d'une maison : les fondations, les planchers, les murs, les chaînages, etc.

Une fois le sol mis en cause, la recherche des origines précises des désordres devient alors plus aisée mais de multiples pistes doivent être explorées. Le retrait-gonflement des sols n'est pas systématiquement la seule cause des désordres et l'hétérogénéité des sols d'assise, la présence de pentes ou des défauts d'exécution peuvent aussi constituer des causes de ces désordres. Par ailleurs, le retrait-gonflement des sols n'est pas toujours associé à des périodes sèches ou pluvieuses et d'autres causes, comme la végétation ou des défauts d'exécution, interviennent très largement dans les désordres constatés

L'analyse des désordres doit permettre de préciser leur évolution. Les mouvements peuvent être plus ou moins rapides, quelquefois réversibles. Des appareils de mesures simples d'utilisation permettent d'établir ces tendances.

Le traitement des désordres provoqués par le retrait-gonflement des sols, suivant son origine exacte, peut être effectué selon différentes techniques. Il est possible d'agir sur l'environnement de la construction, le sol lui-même, les fondations ou directement la structure de la maison.

Enfin, il est utile de connaître les procédures permettant la prise en charge et l'indemnisation des solutions de réparation ou de traitement. Un point complet sur les démarches à mener auprès des assurances est présenté.



Ministère
de la Transition
écologique et solidaire

Ministère
de la Cohésion
des territoires



IFSTTAR

LES COLLECTIONS DE L'IFSTTAR



ISSN : 2492-5438
Référence : GTI 4-3
Crédit photo : Ifsttar
Juillet 2017