

Comment adapter mon projet de construction ou de rénovation aux mouvements de terrains ?

Formation : Les constructions face aux mouvements de terrains

14/03/2024

Vincent VANCRAENENBROECK – Cerema –
Agence d'Autun

SOMMAIRE

- **Les différents documents pouvant être utilisés pour adapter le projet.**
- **Les acteurs d'un projet de construction ou de rénovation et leur responsabilités**
- **Qu'est ce qu'une étude géotechnique ?
Quels peuvent être leurs contenus et leurs délais de réalisation ?**
- **Les points de faiblesses du bâti**
- **Quelques exemples de solutions techniques pouvant être proposées et réalisées.**

Les différents documents pouvant être utilisés pour adapter le projet.



RÉGLEMENTATION NATIONALE OU LOCALE

Appliquer les recommandations/préconisations, en se calant sur le phénomène le plus contraignant, présentes :

- Dans les Plan Locaux d'Urbanisme (PLU, **PLUi**-intercommunaux, PLUm-mutualisés)
- Au sein des règlements des **PPRN**
- Application du **R111-2 du code l'urbanisme** par les services instructeurs en cas de connaissance d'un aléa sur le projet pouvant induire le refus du projet ou l'acceptation sous conditions (ex : réaliser une étude et appliquer les recommandations)

RÉGLEMENTATION NATIONALE OU LOCALE

La Loi Élan du 23 novembre 2018 qui impose, sur les niveaux d'aléas moyens et forts de retrait gonflement des argiles :





- une étude géotechnique (réalisée par un Bureau d'étude géotechnique) **type mission G1 lors de la vente d'un terrain constructible**

- une étude géotechnique **type mission G2, lors de la construction d'un bien ou d'un agrandissement, supérieure à 20m² ou solidaire du bâtiment existant, ou le respect des techniques particulières de construction, définies par voie réglementaire** (arrêté du 22 juillet 2020 relatif aux techniques particulières de construction dans les zones exposées au phénomène de mouvement de terrain différentiel consécutif à la sécheresse et la réhydratation des sols)

RÉGLEMENTATION NATIONALE OU LOCALE

La réglementation **parasismique** de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 8 septembre 2021 :

- Indiquant des prescriptions constructives en fonction de la zone sismique et de la nature de l'ouvrage
- ou imposant un contrôle technique au bâtiment

	I	II	III	IV
				
	Sans activité humaine de longue durées (hangars...)	Maison individuelle	Petits bâtiments	Grands bâtiments, centre commerciaux, écoles...
Zone 1	aucune exigence			Eurocode 8 $a_{gr}=0,7 \text{ m/s}^2$
Zone 2	aucune exigence			Eurocode 8 $a_{gr}=0,7 \text{ m/s}^2$
Zone 3		CP-MI	Eurocode 8 $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$
Zone 4		CP-MI	Eurocode 8 $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$
Zone 5		CP-MI	Eurocode 8 $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$

CP-MI : Guide de construction parasismique des maisons individuelles
Eurocode 8 : NF EN 1998-1

RÉGLEMENTATION NATIONALE OU LOCALE

Décret n°2023-1173 du 12 décembre 2023

- modifie le régime des attestations à fournir :
 - lors du dépôt de permis de construire
 - lors de la déclaration d'achèvement des travaux
- pour des projets de construction situés :
 - dans certaines zones soumises à un risque sismique
 - dans une zone d'aléa moyen ou fort du risque de retrait gonflement des argiles

Mise en application pour le phénomène de retrait gonflement des argiles via l'arrêté du 21 décembre 2023, et entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2024.

LES GUIDES ET ETUDES SPECIFIQUES

- Les guides techniques de dimensionnement et de construction
DTU : Documents techniques unifiés (disponibles auprès des fédérations ou des syndicats de professions)
- Les études locales (départementales, communales...)
- Le contenu des études géotechniques ou études de sols

Les acteurs d'un projet de construction ou de rénovation et leur responsabilités



LES ACTEURS D'UN PROJET

Maître d'Ouvrage
(MOa)

Maître d'Œuvre
(MOe)

Entreprises

Notaires

Agences
immobilières

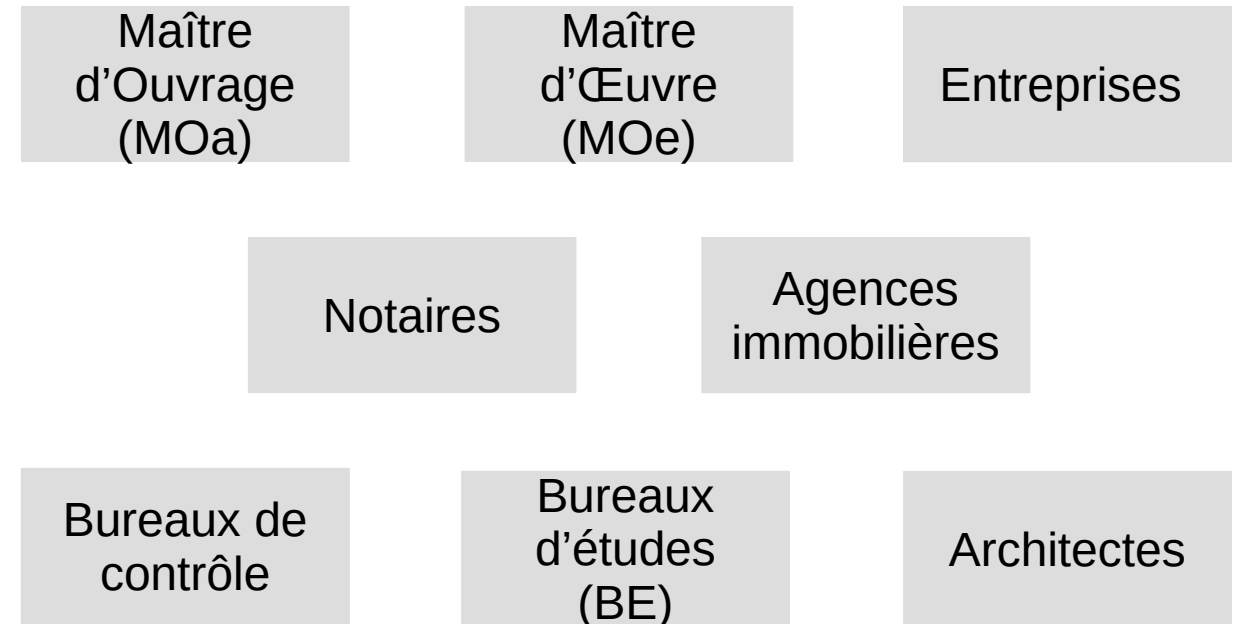
Bureaux de contrôle

Bureaux d'études
(BE)

Architectes

LES ACTEURS D'UN PROJET

- Possibilité de cumuler plusieurs fonction (ex MOa +MOe ou Entreprise+MOe)
- En tant que sachant vous ne pouvez déroger à une étude technique même si le Moa vous propose de signer une décharge
- Pour le retrait gonflement des argiles, une attestation devra être fournie par le MOa attestant d'une bonne prise en compte de la problématique de retrait gonflement des argiles (Ordonnance n° 2022-1076 du 29 juillet 2022)
- Des acteurs ont pour rôle d'informer l'acquéreur et veiller à la bonne transmission des documents obligatoire (Notaire, Agences immobilières)



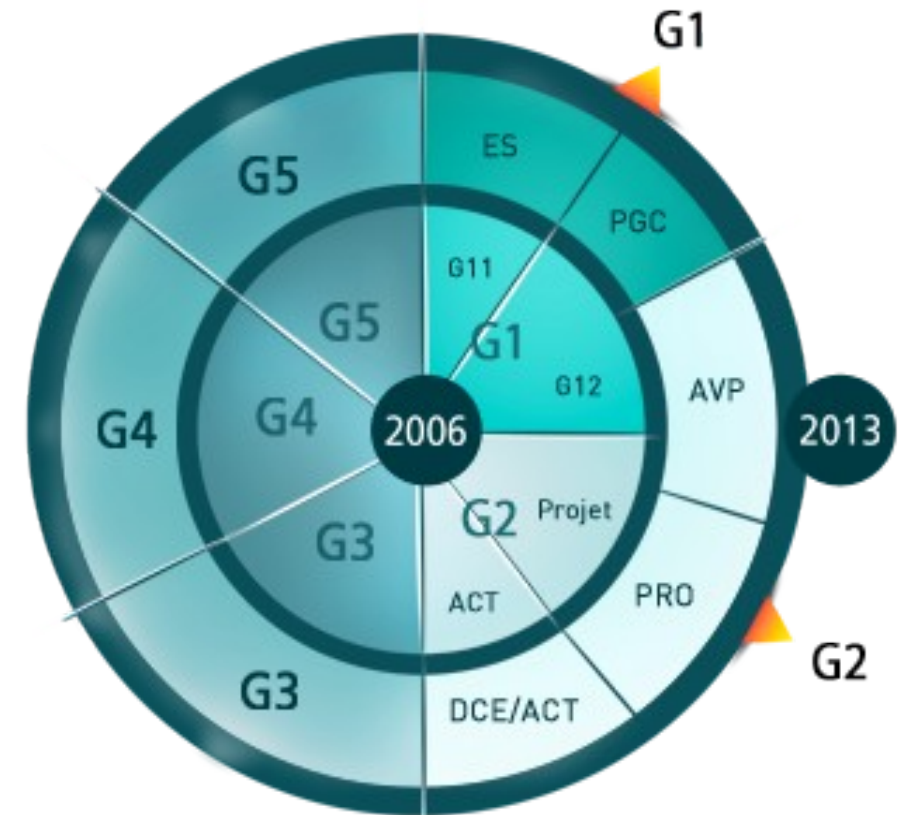
Qu'est ce qu'une étude géotechnique ?
Quels peuvent être leurs contenus et leurs délais de réalisation ?



NORME – NFP 94-500 – GUIDE LE CONTENU DES ÉTUDES

Missions d'ingénierie géotechnique

- **Mission G1** - Études géotechniques préalables
 - ➔ Phase ES – Étude de Site
 - ➔ Phase PGC – Principes Généraux de Construction
- **Mission G2** - Étude géotechnique de conception
 - ➔ Phase AVP - En Phase AVant Projet
 - ➔ Phase PRO - En Phase PROjet
 - ➔ Phase DCE/ACT (dossier de consultation des entreprises /assistance aux contrats de travaux)
- **Mission G3** - Étude et suivi géotechnique d'exécution
- **Mission G4** - Supervision géotechnique d'exécution
- **Mission G5** - Diagnostic géotechnique



MODIFICATION DE LA RÉGLEMENTATION

LOI ELAN : Rend obligatoire la réalisation d'études géotechniques et l'application de prescriptions constructives en dehors d'une zone de PPRN (Plan de Prévention des Risques Naturels) – depuis 2020

- Arrêté du 22 juillet 2020 Techniques de construction dans les zones exposées au phénomène de RGA



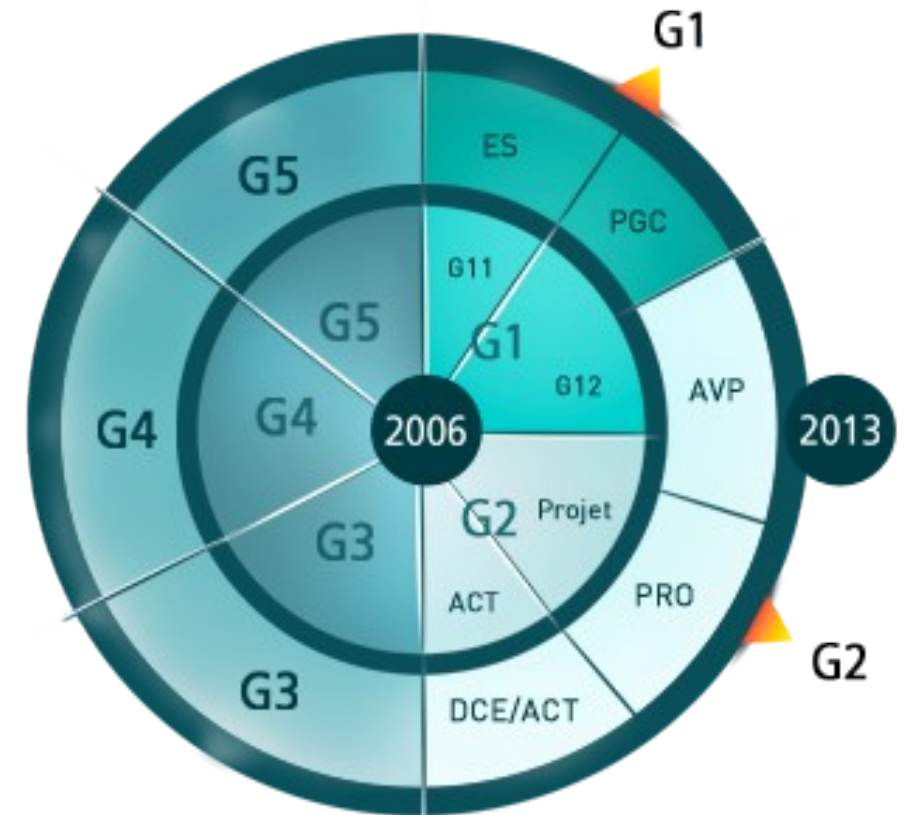
https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/construire_en_terrain_argileux_reglementation_et_bonnes_pratiques-v_modif%20ccmi.pdf

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042238448>

EQUIVALENCE D'ÉTUDES DEMANDÉES PAR LA LOI ELAN

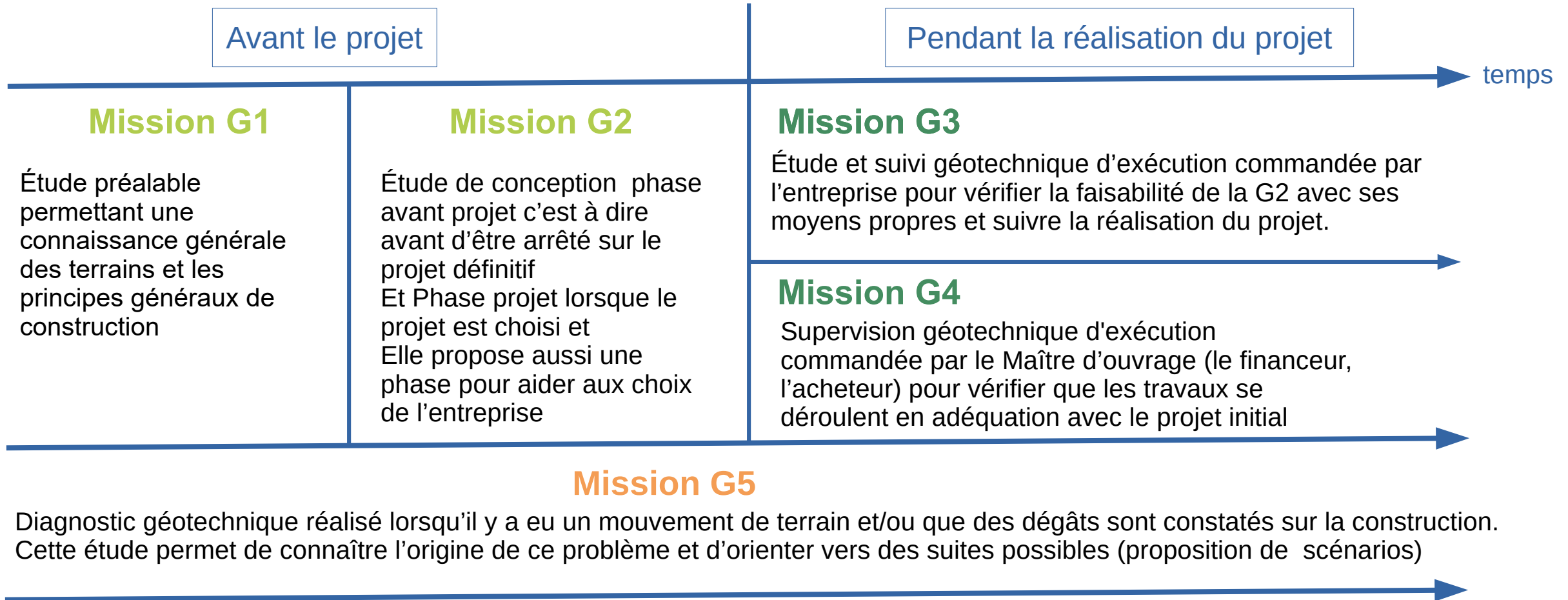
Missions d'ingénierie géotechnique

- **Mission G1** - Études géotechniques préalables
 - ➔ Phase ES – Étude de Site
 - ➔ Phase PGC – Principes Généraux de Construction
- **Mission G2** - Étude géotechnique de conception
 - ➔ Phase AVP - En Phase AVant Projet
 - ➔ Phase PRO - En Phase PROjet
 - ➔ Phase DCE/ACT (dossier de consultation des entreprises /assistance aux contrats de travaux)
- **Mission G3** - Étude et suivi géotechnique d'exécution
- **Mission G4** - Supervision géotechnique d'exécution
- **Mission G5** - Diagnostic géotechnique



2) LA RÉGLEMENTATION

NORME NFP 94-500 – MISSIONS D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE



ETUDES GEOTECHNIQUES - DELAIS

Certains délais de réalisation d'une étude géotechnique peuvent induire des délais de réalisation long car nécessitant des suivis ou des essais longs.

- Si l'étude nécessite un suivi hydrogéologique (~1an pour pouvoir avoir toutes les saisons)
- Si l'étude concerne des sols compressibles (~1 mois pour pouvoir réaliser des essais de chargements en laboratoire)

Les points de faiblesses du bâti



FRAGILITÉ DU BÂTI FACE AUX MVT

Les constructions sont fragiles en différents points face au mouvements de terrains et cela peut impacter de nombreuses parties du bâti.

- **Fondations**
- **Ouvertures (portes, fenêtres, véranda...)**
- **Toiture**
- **Murs**
- **Réseaux (eaux, gaz, électricité..)**

Ce bâti subit :

- **des mouvements de flexion induisant des zones de compression et des zones d'extension**
- **des mouvements de translation ou de rotation**
- **des impacts**

FRAGILITÉ DU BÂTI FACE AUX MVT

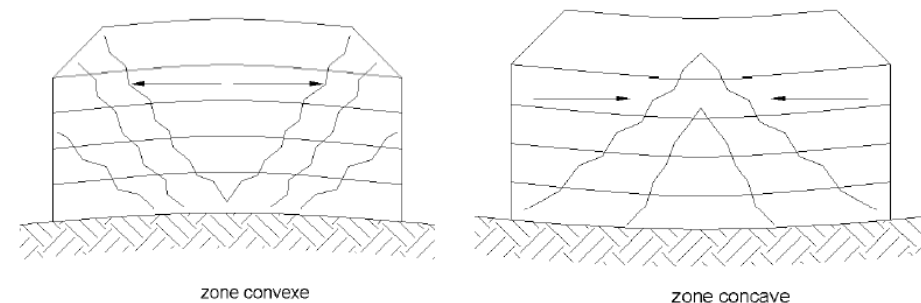
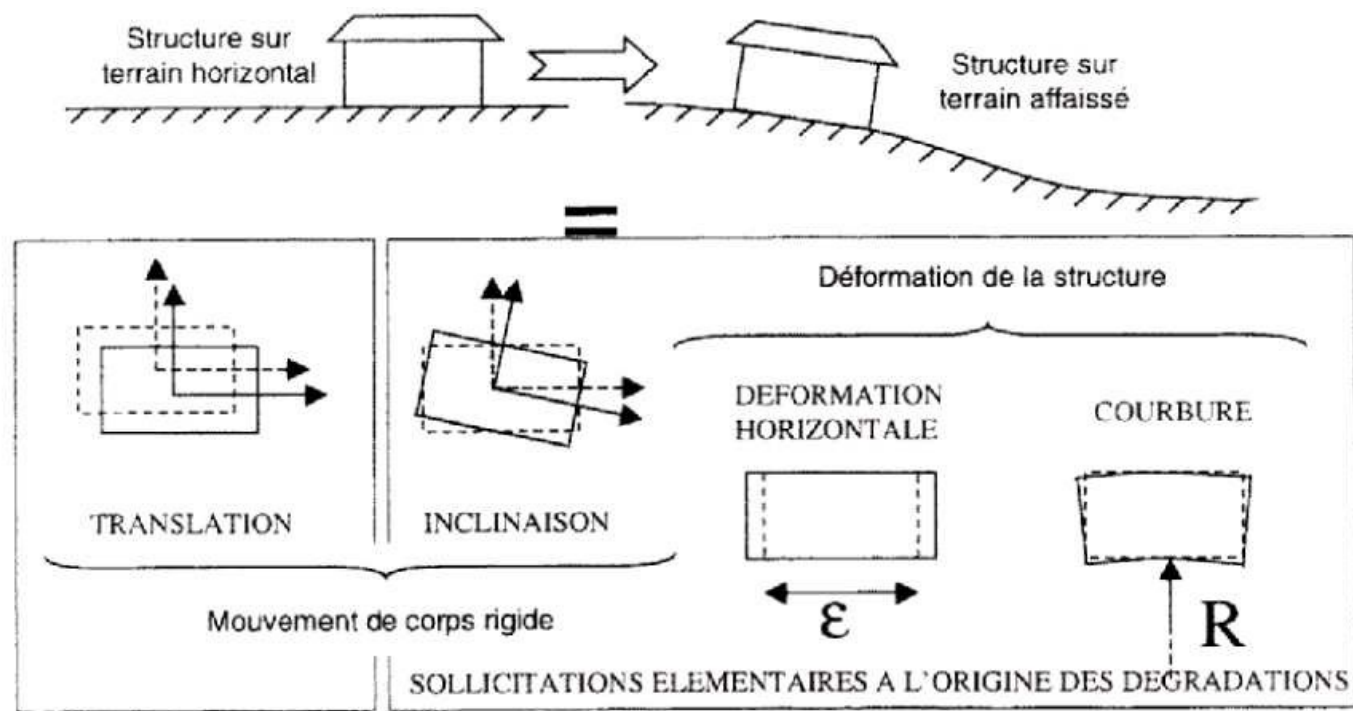


Illustration des effets de l'incurvation du sol sur le bâti

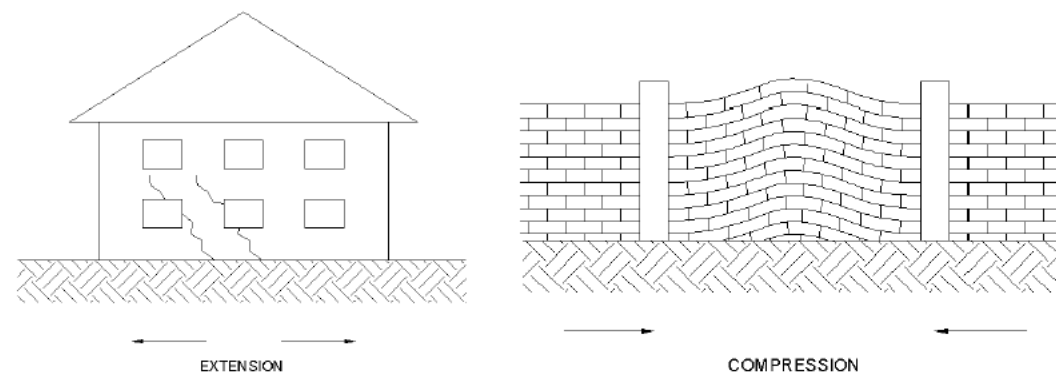


Illustration des effets des déformations horizontales du sol sur le bâti

Source : GUIDE DE DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POUR LE BÂTI NEUF SITUÉ EN ZONE D'ALÉA DE TYPE AFFAISSEMENT PROGRESSIF (CSTB)

Quelques exemples de solutions techniques pouvant être proposées et réalisées.



LE BÂTI FACE AUX MVT – DES SOLUTIONS RGA : MODIFICATION DE LA RÉGLEMENTATION

LOI ELAN :

- Arrêté du 22 juillet 2020 Techniques de construction dans les zones exposées au phénomène de RGA



https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/construire_en_terrain_argileux_reglementation_et_bonnes_pratiques-v_modif%20ccmi.pdf

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042238448>

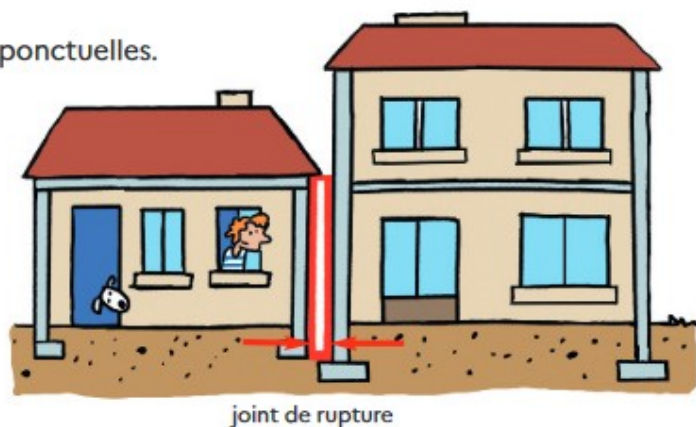
Arrêté du 22 juillet 2020 Techniques de construction dans les zones exposées au phénomène de RGA

a) Le constructeur doit veiller à limiter les déformations du bâti avec des fondations renforcées, telles que :

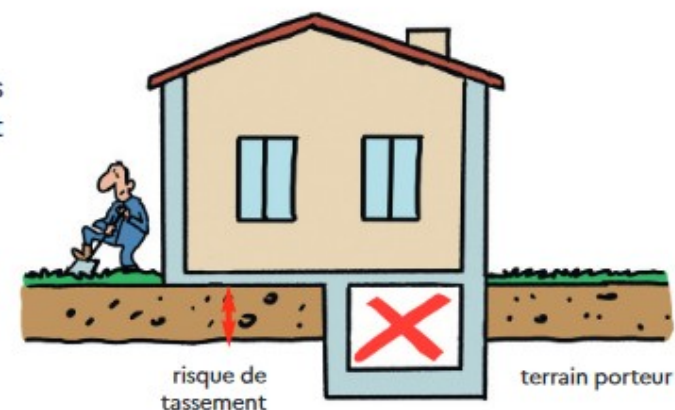
Adapter les fondations

- ✓ Les fondations doivent être adaptées et suffisamment profondes (à minima 1,20 mètre en zone d'exposition forte et 0,80 mètre en zone d'exposition moyenne):
 - béton armé coulé en continu,
 - micro-pieux,
 - pieux vissés,
 - semelles filantes ou ponctuelles.

- ✓ Les fondations d'une construction mitoyenne doivent être désolidarisées.



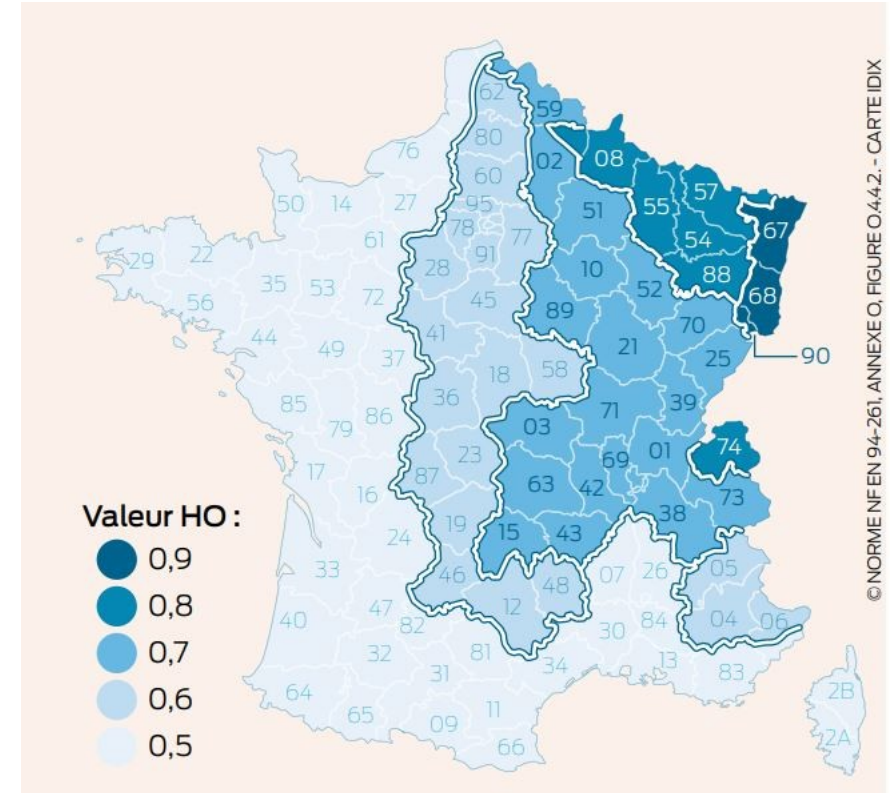
- ✓ Les sous-sols partiels sont interdits.



EUROCODE – 7 / NF P 94-261

Indication de profondeur minimal de fondation pas nouveau.

- Il existe déjà des calculs de profondeur de fondation pour mettre l'ouvrage ou le bâtiment hors d'influence de l'épaisseur sujette au **Gel**.
- $H = H_0 + (A-150)/1000$
ex : dept 71 à $H_0=0,7$ et $A=350m$
 $H = 0,7 + (350-150)/1000$
 $H = 0,7 + 0.2$
 $H = 0,9m$

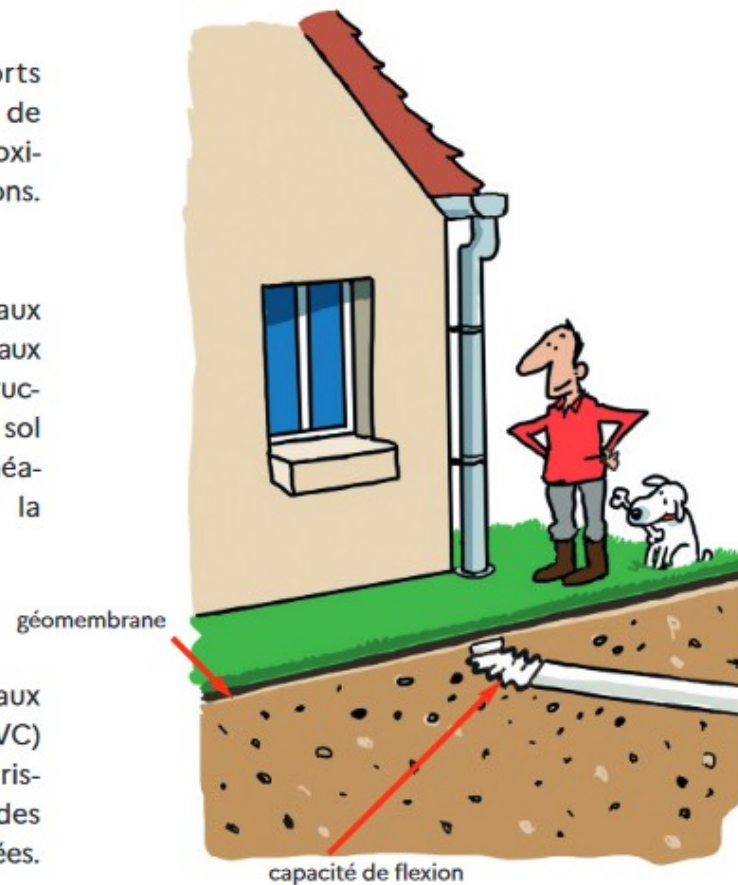


Arrêté du 22 juillet 2020 Techniques de construction dans les zones exposées au phénomène de RGA

b) Le constructeur doit veiller à limiter les variations de teneur en eau à proximité du bâti, causées par les eaux pluviales et le ruissellement ; pour cela :

Minimiser les variations de la teneur en eau du terrain avoisinant la construction

- ✓ Limiter les apports d'eaux pluviales et de ruissellement à proximité des constructions.
- ✓ Afin de garder un taux constant d'humidité aux abords de la construction, la surface du sol doit être imperméabilisée autour de la construction.
- ✓ Utiliser des matériaux souples (exemple PVC) pour minimiser les risques de rupture des canalisations enterrées.

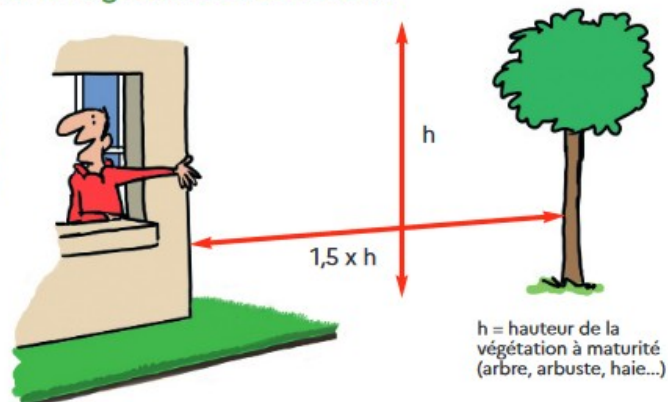


Arrêté du 22 juillet 2020 Techniques de construction dans les zones exposées au phénomène de RGA

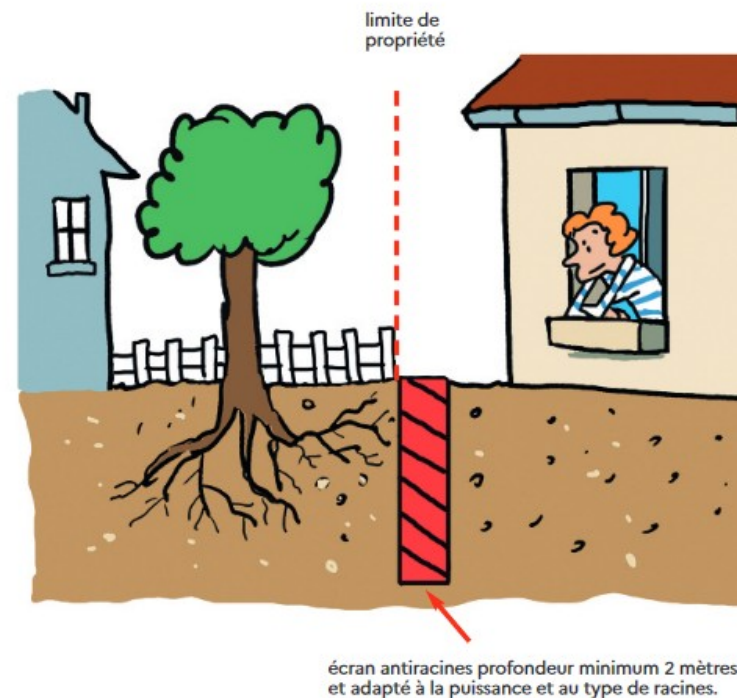
c) Le constructeur doit veiller à limiter les variations de teneur en eau à proximité du bâti causées par la végétation, pour cela :

Limiter l'action de la végétation environnante

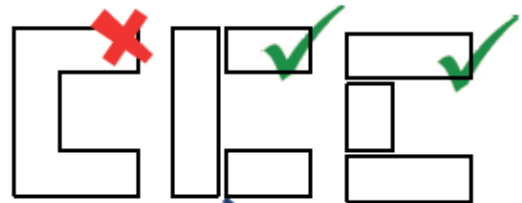
✓ Éloigner autant que possible la construction du champ d'action de la végétation.



✓ Si la construction ne peut être située à une distance suffisante des arbres, mettre en place un écran anti-racines, une solution permettant d'éviter la propagation des racines sous la construction, qui accentue la rétractation du sol.



LE BÂTI FACE AUX MVT – DES SOLUTIONS



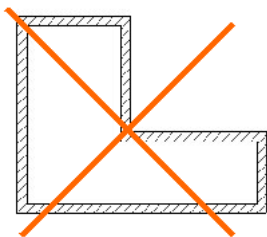
joint parasismique



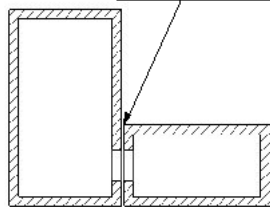
joint parasismique

Vue en Plan

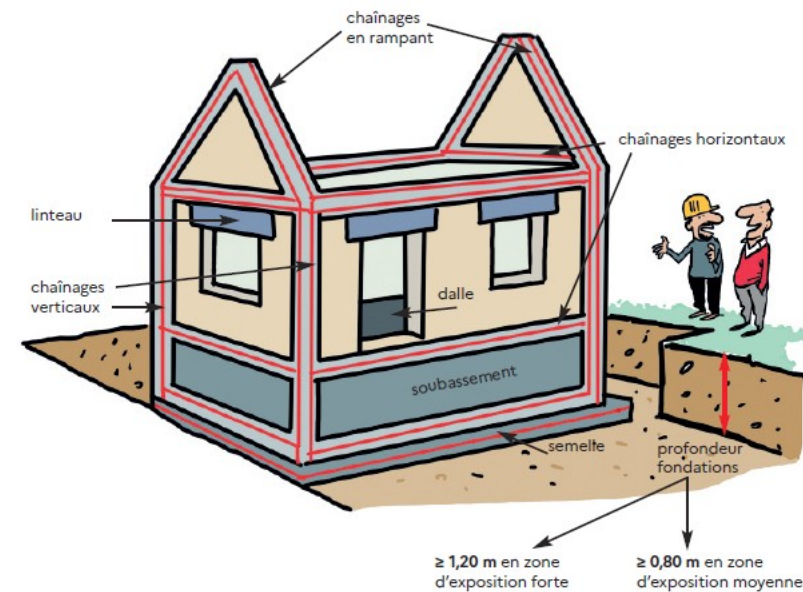
Joint de rupture ou de dilatation



NON !!!



OUI !!!



≥ 1,20 m en zone d'exposition forte

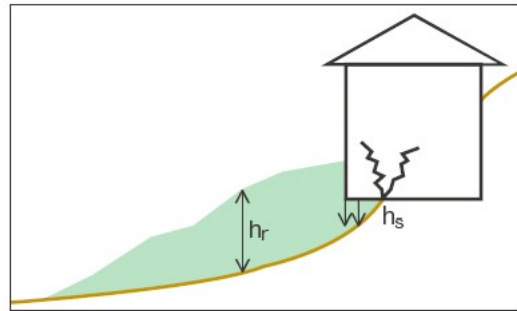
≥ 0,80 m en zone d'exposition moyenne

Sources : Construire en terrain argileux (2021) et *La nouvelle réglementation parasismique applicable aux bâtiments* (2011)

LE BÂTI FACE AUX MVT – DES SOLUTIONS

Glissements de terrain

ZONES SENSIBLES



Un glissement semi-profond entraîne une petite partie d'un bâtiment

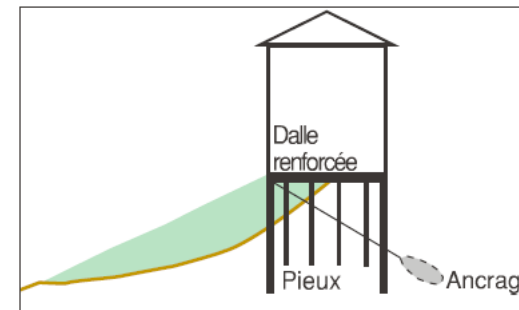
Le glissement de terrain provoque des tassements h_s et des déplacements s . La sécurité structurale de la partie affectée du bâtiment est



menacée selon le type de fondation et le concept statique de la construction. La stabilité globale est assurée tant que seule une petite partie du bâtiment est touchée.



EXEMPLES DE SOLUTIONS



Les charges s'exerçant sur le bâtiment sont transmises par des voiles ou des pieux dans le sous-sol stable. Cette mesure peut être mise en œuvre en cas de glissement d'activité modérée ou d'effondrement superficiel. Le mouvement de la masse instable n'est pas entravé notablement. Le bâtiment repose à la manière d'un pont sur des piliers fondés sur un niveau résistant du sous-sol. On opte généralement pour des puits périphériques lorsqu'il s'agit de choisir les pieux.

Sources : VKF/AEAI 2005 « protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels »
Situation de danger avec un glissement de terrain

Sources : VKF/AEAI 2005 « protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels »
Exemple de solution → report de charge sous le plan de glissement

LE BÂTI FACE AUX MVT – DES SOLUTIONS

Glissements de terrain

Adapter la construction à la pente :

- ne pas créer de pente plus forte que la pente naturelle
- éviter les talus de hauteur importante (supérieure à 2 mètres)
- privilégier les constructions en redans
- éviter les surcharges type remblais en tête et en pied de talus
- si un déblaiement est nécessaire, ne pas laisser la fouille ouverte longtemps inutilement, réaliser une étude géotechnique de stabilité à court terme (phase travaux) et à long terme (phase finale)
- remblayer les fouilles avec des matériaux drainants propres immédiatement après la réalisation de la partie enterrée de l'ouvrage
- considérer la stabilité de l'ensemble du versant, par exemple lorsqu'il y a un autre talus en haut de celui impacté (versant avec des risbermes)
- ne pas faire de terrassement de plus de 1m sans étude
- ancrer les fondations dans le sol en respectant les cotes hors gel et hors influence du RGA

LE BÂTI FACE AUX MVT – DES SOLUTIONS

Glissements de terrain

Bien gérer la présence d'eau :

- réaliser les travaux à la période de l'année la plus adaptée météorologiquement si cela est possible (temps sec conseillé)
- prêter une attention particulière à la présence de sources, en particulier en tête de talus
- bien drainer le terrain, aussi bien en bas de talus qu'en haut de celui-ci et penser à mettre en place des drainages provisoires si nécessaires pendant la phase chantier
- bien dimensionner et positionner les exutoires de ces drains ou des eaux usées et leurs entretiens (fréquence, durée de vie des matériaux, possibilité d'accès,...)
- vérifier l'impact de ces déplacements d'eau sur les terrains avoisinants

LE BÂTI FACE AUX MVT – DES SOLUTIONS

Affaissements – Effondrements

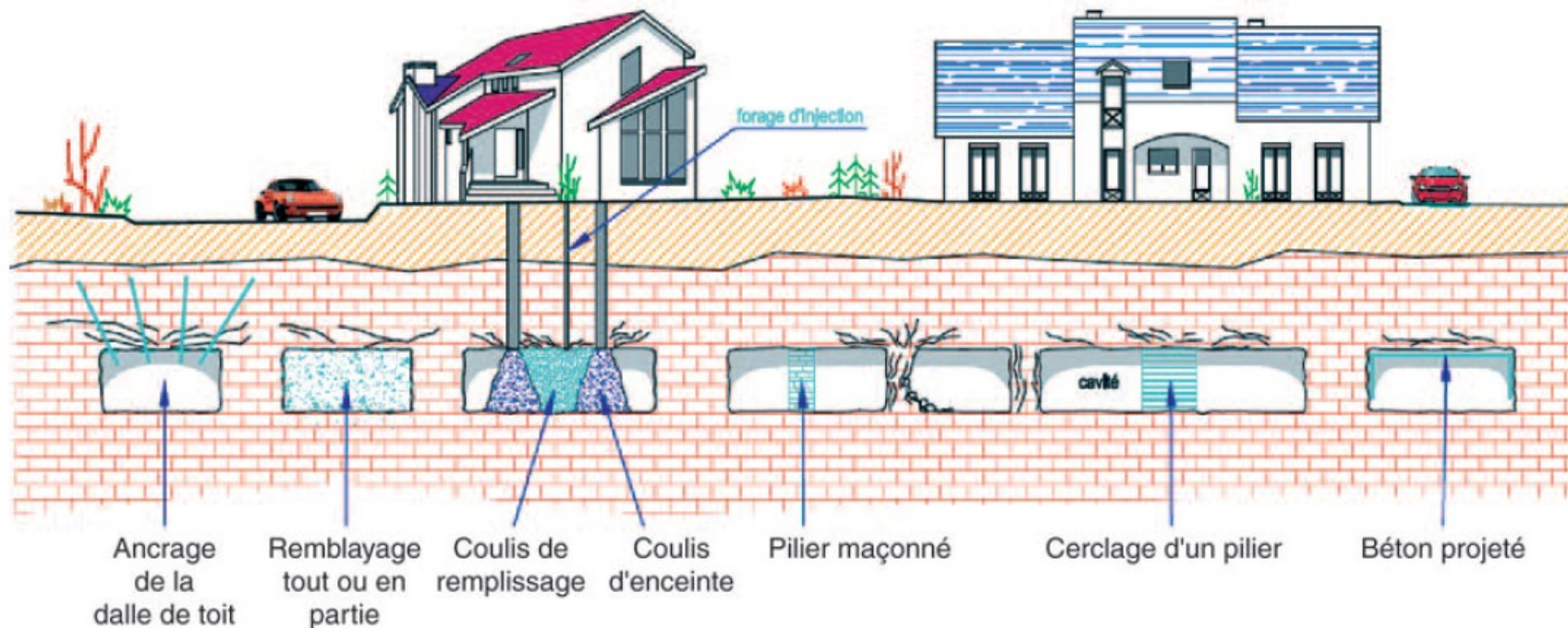


Schéma récapitulatif des techniques de réduction de l'aléa (sources : Guide IFSTTAR – Le diagnostic de stabilité des carrières souterraines abandonnées)

LE BÂTI FACE AUX MVT – DES SOLUTIONS

Affaissements – Effondrements

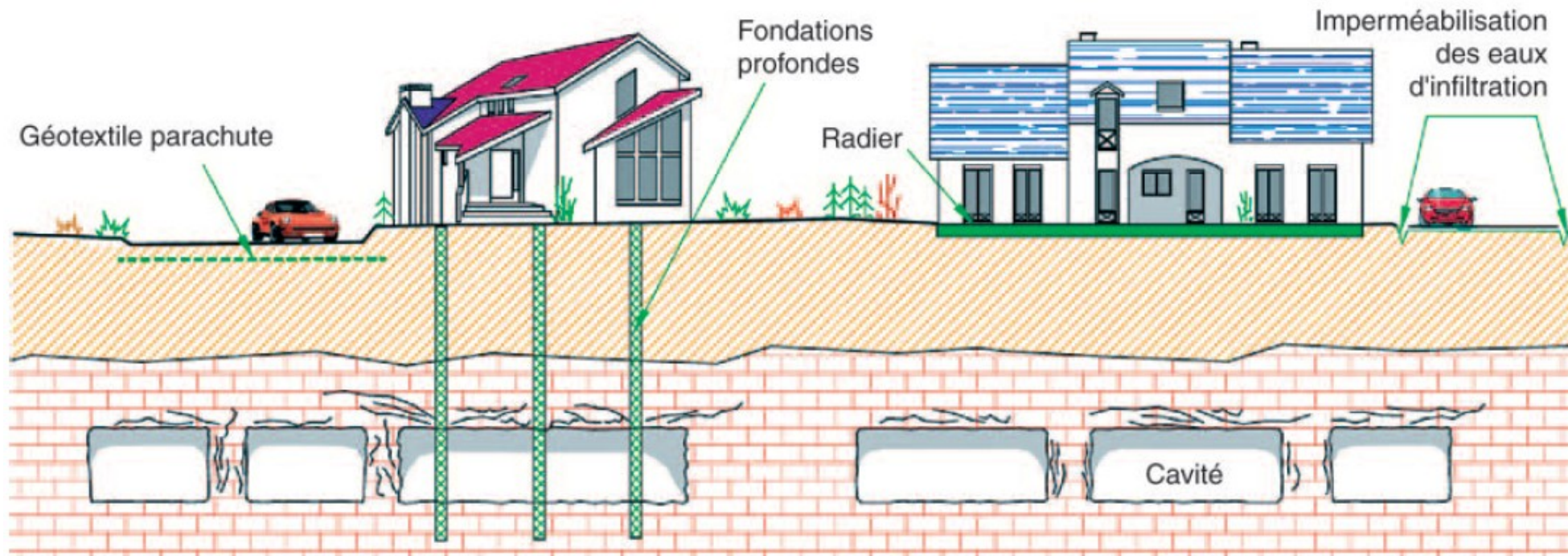
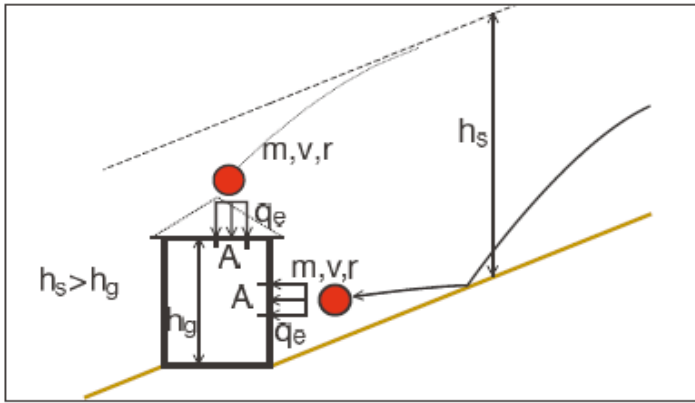


Schéma récapitulatif des techniques de réduction de la vulnérabilité (sources : Guide IFSTTAR – Le diagnostic de stabilité des carrières souterraines abandonnées)

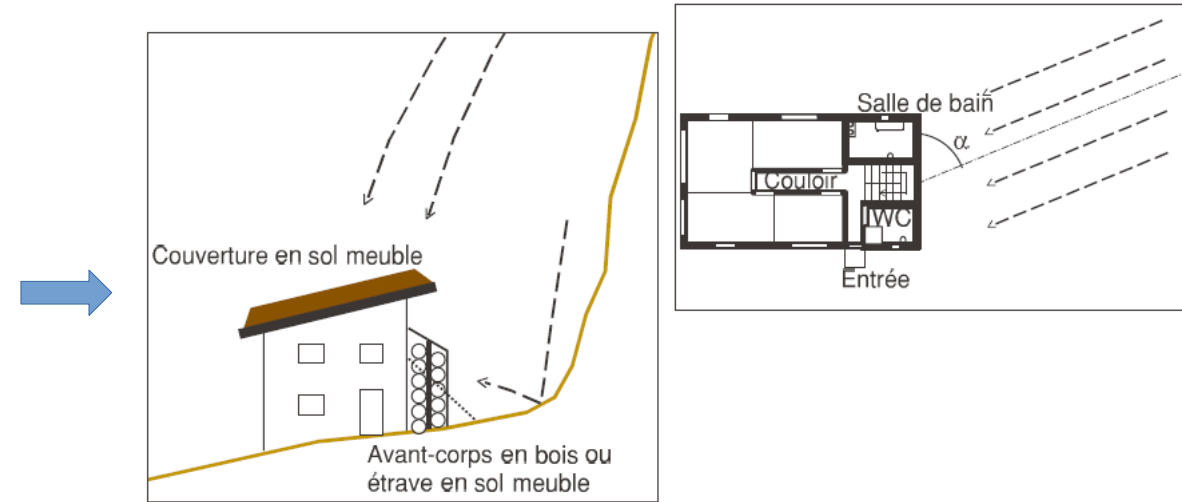
LE BÂTI FACE AUX MVT – DES SOLUTIONS

Éboulements

ZONES SENSIBLES



EXEMPLES DE SOLUTIONS



Sources : VKF/AEAI 2005 « protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels » **Situation de danger avec un éboulement, le mur exposé aux chutes de blocs ainsi que la toiture sont des zones de faiblesses.**
Effet = poinçonnement de la structure

Sources : VKF/AEAI 2005 « protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels »

- **Accès et réseaux pas du côté exposé,**
- **Organiser l'espace pour que les pièces peu usitées soient du côté exposé (couloir, salle de bain, toilettes...)**
- **Renforcer les parois exposées par des matériaux meubles (terre, bois,..) qui amortiront l'impact**

LE BÂTI FACE AUX MVT – DES SOLUTIONS

Éboulements

- Réduire la vulnérabilité des futurs habitants :
 - adapter l'affectation des espaces intérieurs du logement (salon et chambre du côté de la face non exposée),
 - adapter l'utilisation de l'espace extérieur du logement (terrasse contre la paroi extérieure à l'abri des chutes de pierres ou de blocs),
 - éviter les ouvertures du côté de la face exposée,
 - gérer la végétation et prévoir un entretien régulier.

LE BÂTI FACE AUX MVT – DES SOLUTIONS

A retenir

- **Prévoir les aléas lors de la phase de conception pour anticiper des dispositions de sécurisation ou un phasage adapté au terrain, au climat ou à tout autre élément perturbateur**
exemple : Pour le terrassement, préférer le travail par plot pour éviter de déstabiliser de grandes masses de terre, éviter de laisser une zone de déblai exposée aux aléas climatiques ou prévoir des confortements provisoires.
- **Prêter une attention aux points singuliers (poteaux, balcons <1,5m, cheminées...)**
- **Adapter les fondations** aux aléas (radier renforcé, pieux, ...)
- **Rigidifier** la structure (mise en place d'un chaînage et préférer l'assemblage de monoblocs avec des joints de dilatation) et **prêter une attention aux points de liaison** entre les pans de murs et avec la toiture (fermette, panne..).

LE BÂTI FACE AUX MVT – DES SOLUTIONS

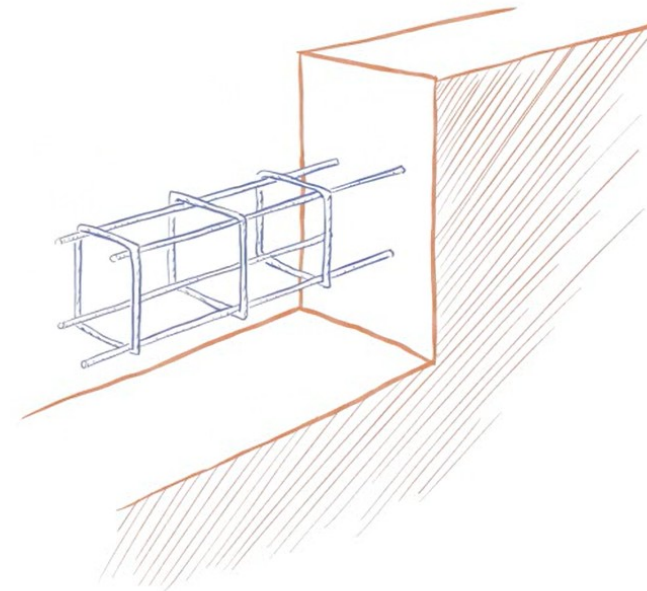
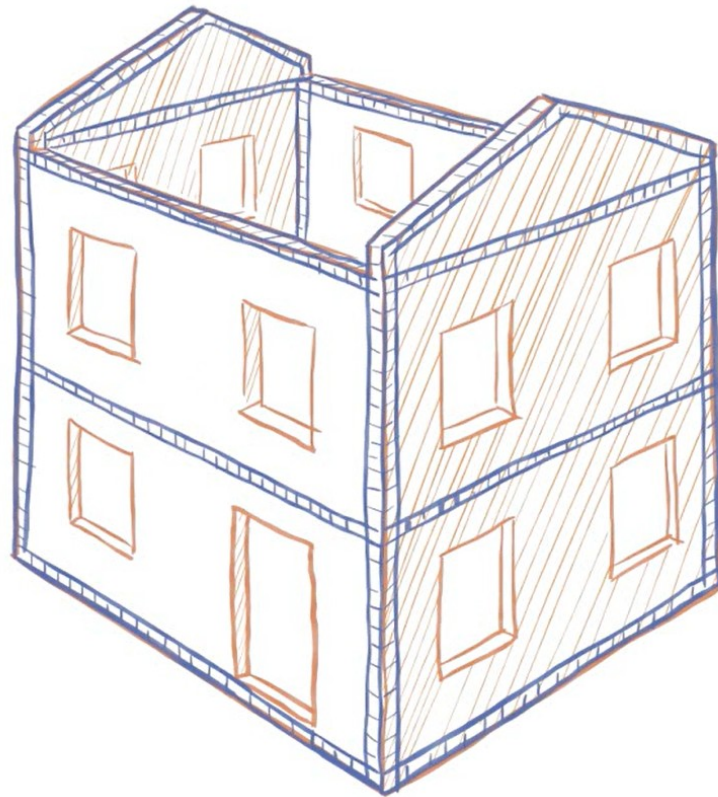
A retenir

- **Isoler la structure** du terrain sensible en réalisant des pieux ou micro-pieux et sans terrassement ; cela permet de ne pas créer un obstacle à l'écoulement des eaux, d'utiliser moins de matériaux et de restituer le terrain au plus proche de son état naturel lors de la fin de vie du bâti.
- **Protéger avec des matériaux amortisseurs** la structure, pour les aléas induisant un poinçonnement
- **Mettre les ouvertures à l'aval et/ou latéralement** pour réduire l'exposition et permettre l'évacuation
- **Prévoir des réseaux tolérant la flexion** en cas de mouvement du bâti
- **Positionner dans les secteurs les plus protégés les pièces de vies les plus usitées et les éléments sensibles** (cuve de fioul, réseau gaz..)
- **Gérer les eaux** afin d'éviter les fréquentes variations hydriques et les concentrations d'eau pouvant induire l'érosion du sol (soutirage), voire une poussée supérieure à la résistance du sol.

CONCLUSION : POUR UNE HABITATION RÉSILIENTE

- L'argent dépensé dans l'adaptation du bâti avant et pendant la conception du projet est un vrai investissement car les dépenses qui concernent l'entretien, la sauvegarde ou la réparation en seront moins onéreuses
- Pour prolonger la durée de vie du bâti, il est important de prévoir l'entretien à réaliser, sa rythmicité et de budgétiser son coût
- **En cas de non respect de la réglementation et de non application des préconisations faites par les documents réglementaires ou les études géotechniques :**
 - le constructeur ou promoteur engage sa responsabilité en cas de dommage ou d'accident
 - l'habitant risque de ne pas être couvert par son assurance en cas de risque naturel

SYNTHÈSE EN VIDÉO





Merci de votre attention