

N° affaire : 26079751

CONSTRUCTIBILITE DANS LE BASSIN DE LIGNITE DE PROVENCE (13)

Aléa affaissement progressif de niveau faible intensité très limitée (pente $\leq 1\%$) et retrait gonflement des argiles

Demander de l'étude :

SOCIETE : Direction Départementale des Territoires des Bouches-du-Rhône (DDT 13)

ADRESSE : 16, rue Antoine ZATTARA
13332 MARSEILLE CEDEX 3

Rédacteur(s)	Vérificateur	Approbateur	Version	Date
Duc Toan PHAM	Alan JALIL	Romain MEGE	V1.0	06/10/2020
				

La reproduction de ce rapport d'étude n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral, sauf accord particulier du CSTB.

Ce rapport d'étude comporte 29 pages.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT

Siège social > 84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée cedex 2

Tél. : +33 (0)1 64 68 82 82 – www.cstb.fr

MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS

CONSTRUCTIBILITE DANS LE BASSIN DE LIGNITE DE PROVENCE (13)

Aléa affaissement progressif de niveau faible intensité très limitée
(pente $\leq 1\%$) et retrait gonflement des argiles

Version	Date	Principales modifications effectuées	Partie modifiée
1.0	06/10/2020	- Création	/

SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET PERIMETRE DE L'ETUDE.....	4
2. PROBLEMATIQUE DES BATIMENTS EN CAS D'AFFAISSEMENT DE TERRAIN.....	5
2.1. UN MODELE SIMPLIFIE	5
2.1.1. Sollicitations induites par le mouvement de translation du terrain	6
2.1.2. Sollicitations induites par le mouvement de rotation du terrain	6
2.1.3. Sollicitations induites par la déformation horizontale du terrain	7
2.1.4. Sollicitations induites par la courbure du terrain.....	8
2.1.5. Comportement des murs de remplissage.....	8
2.2. UN MODELE PLUS REALISTE	9
2.2.1. Forme du bâti.....	9
2.2.2. Interaction avec une autre construction accolée	11
2.2.3. Pente élevée du terrain naturel	12
2.2.4. Présence des éléments non structuraux visibles de l'extérieur.....	13
3. CHOIX D'UNE ECHELLE D'ENDOMMAGEMENT.....	14
4. DISPOSITIONS GENERALES DE CONSTRUCTIBILITE	16
4.1. ÉTAPE N°1 : BATIR UNE TYPOLOGIE DU BATI NEUF	16
4.1.1. Prescriptions générales	16
4.1.2. Choix de la typologie	17
4.2. ÉTAPE N°2 : DIMINUER DES SOLLICITATIONS SUR LES BATIS	18
4.2.1. Implantation	18
4.3. ÉTAPE N°3 : AUGMENTER LA RESISTANCE ET LA DUCTILITE DES BATIS	19
4.3.1. Fondation.....	19
4.3.2. Superstructure	21
4.3.3. Toitures	22
4.3.4. Matériaux	23
4.3.5. Éléments non structuraux.....	25
5. PRISE EN COMPTE DU RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES	28
6. CONCLUSION	28
7. LISTE DES DOCUMENTS DE REFERENCE	29

1. CONTEXTE ET PERIMETRE DE L'ETUDE

Le bassin de lignite de Provence se situe entre Aix-en-Provence et Marseille. Il s'étend sur 70 km d'Est en Ouest, depuis Saint-Maximin jusqu'à l'étang de Berre. Les 14 communes exposées aux aléas miniers résiduels du bassin de Provence sont les suivantes : Belcodène, La Bouilladisse, Cadolive, Fuveau, Gardanne, Greasque, Marseille, Meyreuil, Mimet, Peynier, Peypin, Saint-savournin, Simiane-collongue, Trets.

Dans le cadre de l'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers (PPRM), la DDT 13 souhaite confier au CSTB une étude visant à définir les dispositions constructives permettant d'édifier des constructions type pour l'usage de maison individuelle présentant les caractéristiques suivantes :

- Bâtiment rectangulaire sur deux niveaux (R+1), ne comportant pas de décrochements en plan ou sous-sol, avec fondations superficielles en béton armé sur un même niveau et charpente traditionnelle ou ferme.
- Ossature en béton armé ou maçonnerie chaînée.
- Surface au sol maximale de 130 m² avec un rapport longueur/largeur = 2, hauteur d'étage de 3 m.

dans des zones d'affaissement progressif de niveau faible (avec la mise en pente inférieure à 1%) d'une part, et des zones d'affaissement progressif de niveau faible en présence de retrait-gonflement des argiles d'autre part.

Compte tenu des caractères locaux, la détermination de la résistance d'un bâtiment, dans la majorité des cas, n'est qu'approximative et s'appuie sur différentes hypothèses simplificatrices. On ne traite pas, par exemple, les bâtiments construits sur deux types de sol différents ou représentant un risque de glissement de terrain, qui peut, en effet, rendre les dispositions constructives inutiles. Ainsi, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- L'étude se base sur une mise en œuvre de qualité et ne prend pas en compte le non-respect des normes en vigueur et des Documents Techniques Unifiés (DTU). Les bâtiments sont supposés respecter, a minima, les règles de l'art de la construction : les Normes Françaises – Documents Techniques Unifiés (et les Avis Techniques) régissant notamment les modes de mise en œuvre de techniques de construction et les règles usuelles de conception et de calculs (Eurocode 2 pour les structures en béton armé, Eurocode 3 pour les structures métalliques, Eurocode 4 pour les structures mixtes acier-béton, et Eurocode 6 pour les ouvrages en maçonnerie).
- Les bâtiments sont supposés construits sur un terrain ne présentant pas de risque d'éboulis localisé, de glissement d'ensemble ou tout autre désordre lié à la mécanique des sols.
- Les problèmes de contre-pente des réseaux et des VRD (Voirie et Réseau Divers) ne sont pas visés.
- L'effet de « vague » de l'affaissement (mise en pente, déformation horizontale) est appliqué à tous les bâtiments, quelle que soit leur position initiale et finale dans la cuvette d'affaissement.

Les dispositions proposées dans le présent travail s'appuient sur les recherches nationales et internationales ainsi que sur les avis des experts de la profession. Les règles de constructions sont définies sous forme de grands principes à appliquer. Ces différentes dispositions ont un caractère prescriptif lorsqu'elles concernent directement la stabilité et la tenue du clos et couvert de la construction, un caractère de recommandation lorsqu'elles améliorent le bon comportement de l'ouvrage.

2. PROBLEMATIQUE DES BATIMENTS EN CAS D’AFFAISSEMENT DE TERRAIN

En cas d’affaissement du terrain, différents effets plus ou moins prévisibles peuvent se produire. Du point de vue des mouvements en surface au voisinage d’une structure lors d’un affaissement progressif, le mouvement d’un bâti peut être décomposé selon deux mouvements de corps rigides de translation et de rotation, et deux déformations, une engendrée par la déformation horizontale du sol et l’autre due à la courbure du terrain (voir figure 2.1 présentée par Geddes, 1984 [1], citée par Deck *et al.*, 2002 [2]).

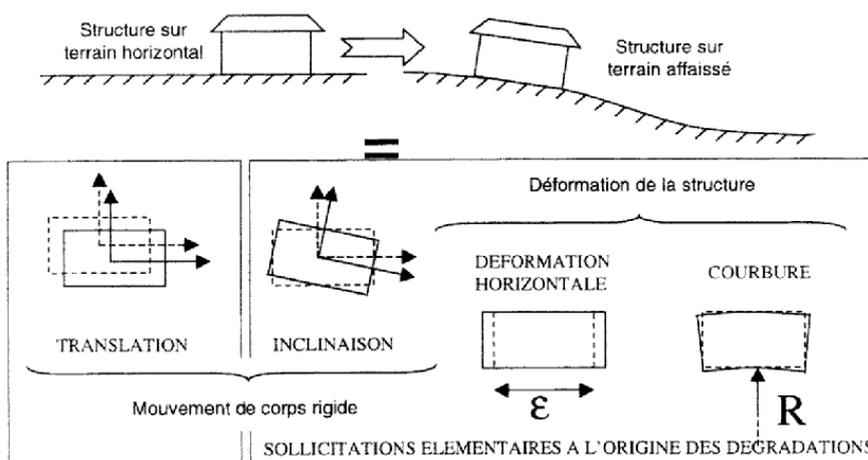


Figure 2.1 : décomposition des sollicitations sur le bâti [1]

On analyse dans ce qui suit l’effet que peut avoir chaque mouvement élémentaire sur la stabilité d’un bâti.

2.1. Un modèle simplifié

Le problème de stabilité d’un bâtiment, en cas d’affaissement du terrain, repose en tout premier lieu sur la connaissance de la géométrie du système.

Afin d’alléger l’exposé, on se limite dans un premier temps à la présentation d’un modèle simplifié, c’est-à-dire, au cas où l’effet favorable des murs de remplissage peut être négligé, le rez-de-chaussée du bâtiment peut être schématisé par un portique simple (figure 2.2). Les données relatives au chargement sont de type force gravitaire verticale F , les forces du vent pouvant être négligées, du fait du caractère accidentel de l’affaissement.

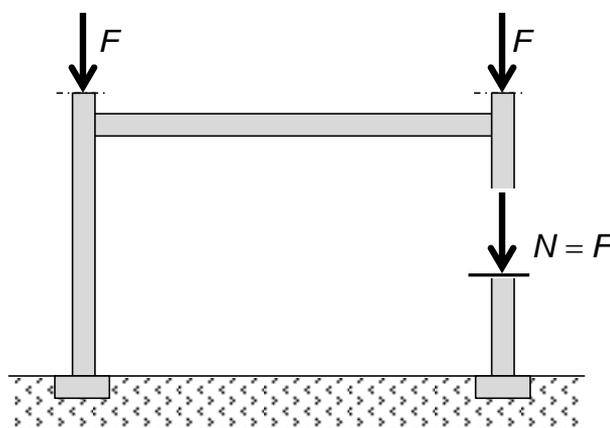


Figure 2.2 : géométrie simplifiée du bâti

On s'intéresse dans cette section au problème de l'instabilité potentielle du rez-de-chaussée soumis à la charge gravitaire venant des étages supérieurs d'une part et à un affaissement du sol au niveau des fondations d'autre part.

Partant d'un état initial, c'est-à-dire avant l'apparition de l'affaissement de terrain, chaque poteau du bâti est soumis à une force axiale de compression $N = F$ sur toute la hauteur du poteau. Cet effort est dû aux chargements gravitaires des étages supérieurs, classiquement de deux types : charges permanentes et charges d'exploitation. En général, le poteau est conçu de manière à éviter tout phénomène de flambage, tandis que la force de compression maximale en pied reste très inférieure à la résistance à la compression de la section.

2.1.1. Sollicitations induites par le mouvement de translation du terrain

Dans l'hypothèse où les affaissements sont progressifs, c'est-à-dire sans effet dynamique notable, les changements de la géométrie de la structure du bâti peuvent être négligés. La géométrie initiale du bâti représente à la fois la configuration initiale et la configuration finale (c'est-à-dire après l'affaissement) du système.

La figure 2.3 représente un bâti dans sa position initiale et dans sa position actuelle obtenue par une simple translation dans le plan. Dans ce cas, les conditions de chargement restent inchangées. En conséquence, la stabilité globale du bâtiment n'est pas menacée.

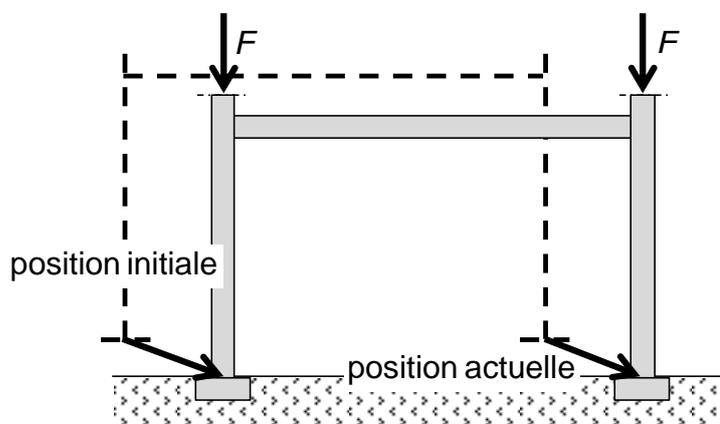


Figure 2.3 : bâti soumis à un mouvement de translation du terrain

2.1.2. Sollicitations induites par le mouvement de rotation du terrain

Le mouvement de rotation du terrain a pour conséquence une inclinaison généralisée du bâti. Cette inclinaison du bâti induit un excentrement de la charge gravitaire par rapport à son plan vertical initial. En conséquence, des moments de flexion sont générés dans les deux poteaux verticaux en plus des efforts de compression axiale préexistants (figure 2.4). À mesure que la pente du terrain augmente, l'excentrement correspondant de la charge gravitaire augmente et donc également les moments de flexion qui amplifient les déplacements transversaux et donc l'excentrement.

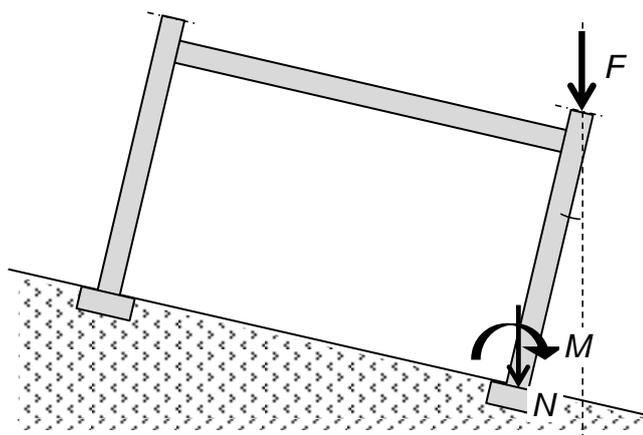


Figure 2.4 : bâti soumis à une inclinaison du terrain

2.1.3. Sollicitations induites par la déformation horizontale du terrain

Il convient tout d'abord de noter que les translations et rotations du terrain se transmettent intégralement au bâti alors que les déformations horizontales et les courbures du terrain peuvent être gênées par la présence de l'ouvrage. La proportion des déformations se transmettant à la structure dépend donc de la rigidité relative du bâti par rapport à celle du terrain. Ce phénomène est connu sous le nom « d'interaction sol-structure ». Le taux de transmission pour des ouvrages rigides en béton ou maçonnerie renforcée est de l'ordre de 10 à 30%, et de 30 à 100% pour les bâtiments plus souples tels que ceux en métal (Boscardin and Cording, 1989 [3]; Saeidi, 2010 [4]). En conséquence, la déformation horizontale et la courbure de la structure engendrée par l'affaissement sont en général plus petites que celles du terrain.

La déformation horizontale induite par l'affaissement peut être traduite en effort de traction ou de compression sur les fondations, ce qui conduit à un déplacement horizontal du pied de chaque poteau par rapport à son plan initial vertical (figure 2.5). Ce déplacement induit ensuite un excentrement de la charge gravitaire. En conséquence, des moments de flexion sont générés dans les deux poteaux verticaux en plus des efforts de compression axiale préexistants.

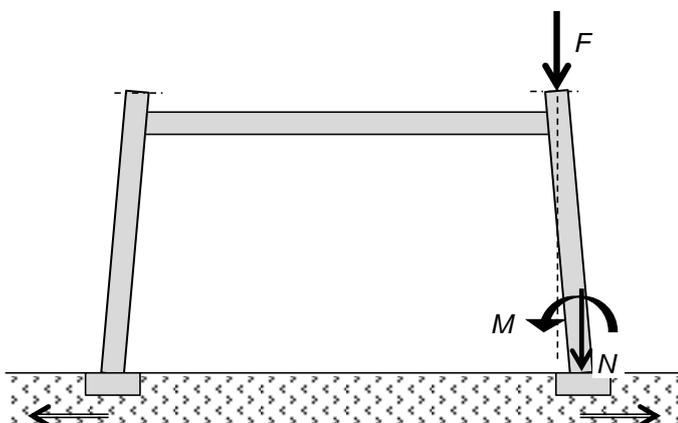


Figure 2.5 : bâti soumis à une déformation horizontale du terrain

2.1.4. Sollicitations induites par la courbure du terrain

La figure 2.6 représente un bâti sur un terrain courbe, concave ou convexe. En général, les mines sont exploitées à une profondeur importante du sol, ce qui induit donc une faible courbure du terrain. Dans les conditions où les courbures du terrain sont très faibles, c'est-à-dire les rayons de courbure sont très grands par rapport aux dimensions du bâti, et compte tenu du fait que ces courbures peuvent être gênées par la présence de l'ouvrage, les modifications des conditions de chargement sont négligeables. En conséquence, la stabilité globale du bâti n'est pas significativement menacée.

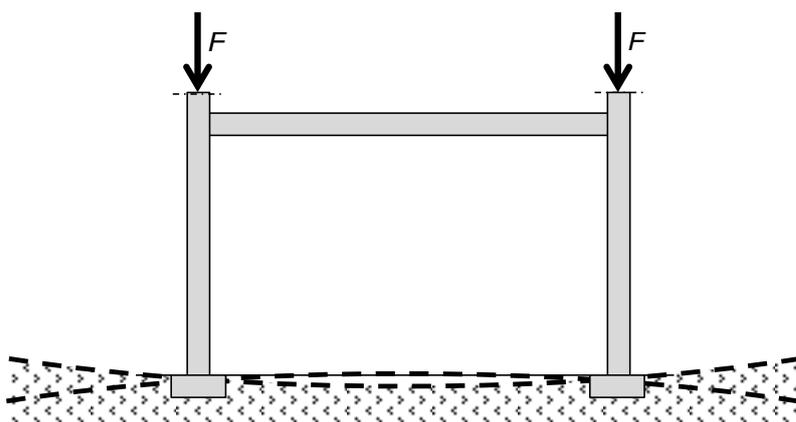


Figure 2.6 : bâti soumis à une courbure du terrain

2.1.5. Comportement des murs de remplissage

Outre les sollicitations supplémentaires, la pente, la déformation horizontale et la courbure de l'affaissement du terrain, modifient de façon importante l'état initial des murs de remplissage, induisant par exemple, du fait de l'incompatibilité géométrique, des déformations. Les figures 2.7 à 2.9 ci-dessous illustrent les désordres potentiels sur les murs de remplissage dans de telles conditions.

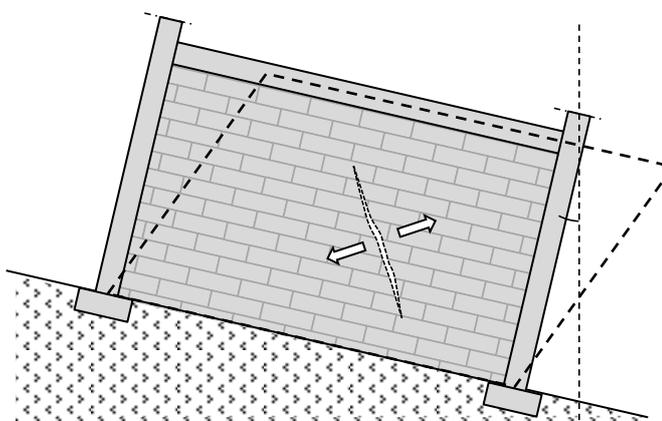


Figure 2.7 : exemple de fissures diagonales induites par la mise en parallélogramme du mur de remplissage en cas de mise en pente du terrain

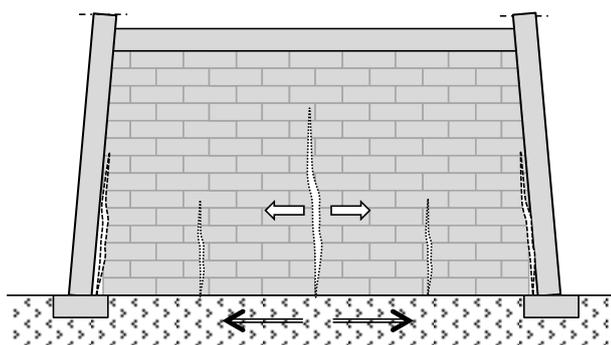


Figure 2.8 : exemple de fissures verticales induites par la déformation horizontale du terrain

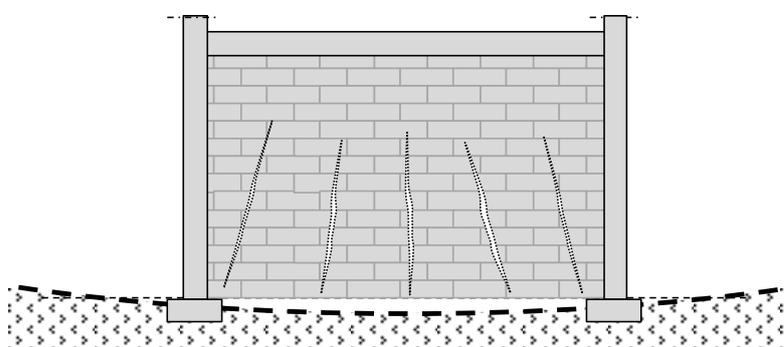


Figure 2.9 : exemple de fissures verticales et diagonales induites par la courbure du terrain

2.2. Un modèle plus réaliste

Dans des conditions plus réalistes où les bâtis possèdent un comportement *tridimensionnel* (3D), outre une certaine complexité, les caractéristiques relatives à :

- la forme du bâti ;
- la longueur du bâti ;
- l'éventualité d'une interaction avec une autre construction accolée ou proche ;
- l'éventualité d'une interaction sol-structure des parties enterrées de l'ouvrage ;
- la nature du terrain (pente, type de sol,...) ;

font apparaître des sollicitations supplémentaires auxquelles conduisent les mouvements d'affaissements du terrain. Ainsi, l'objet de la présente section est d'analyser des spécificités du bâti liées à des particularités constructives pouvant entraîner une dégradation de la résistance de la construction ou une amplification du phénomène d'affaissement. Ces points faibles des bâtiments sont susceptibles de les rendre plus vulnérables par rapport aux analyses sur le modèle simplifié exposé précédemment.

2.2.1. Forme du bâti

Étant donnée la différence des rigidités transversale et longitudinale, chaque corps de bâti ne se comporte pas de la même manière en cas d'affaissement de terrain. À la jonction des ailes, des concentrations de contraintes sont importantes (exemple des figures 2.10 à 2.13).

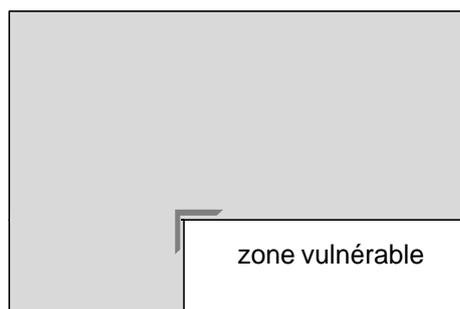


Figure 2.10 : exemple de concentrations de contraintes à la jonction des ailes d'un bâti de forme en « L »

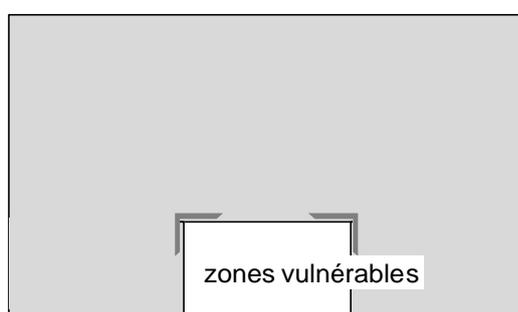


Figure 2.11 : exemple de concentrations de contraintes à la jonction des ailes d'un bâti de forme en « U »

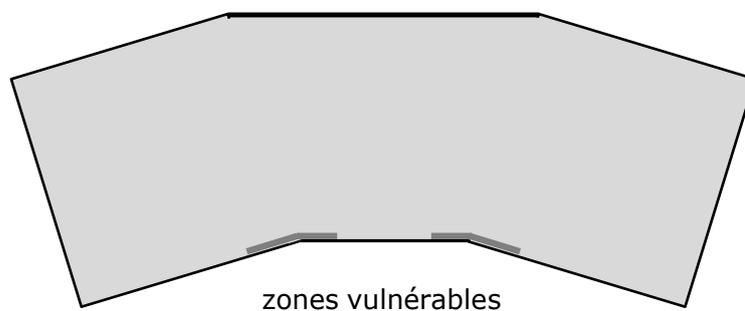


Figure 2.12 : exemple de concentrations de contraintes à la jonction des ailes d'un bâti de forme en « V »

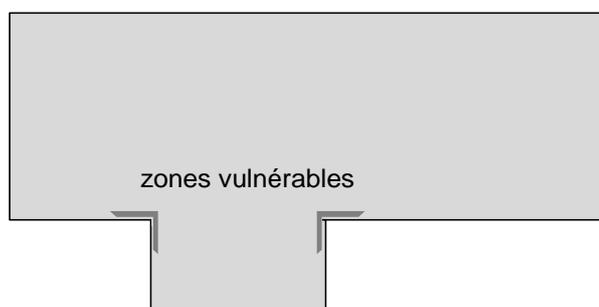


Figure 2.13 : exemple de concentrations de contraintes à la jonction des ailes d'un bâti de forme en « T »

Les problèmes de concentrations de contraintes, engendrés par la géométrie complexe des constructions, se retrouvent également en élévation : lorsque les ailes n'ont pas de même hauteur ou les niveaux successifs ne sont pas superposés et de mêmes dimensions.

Une forte longueur du bâtiment, face à la courbure concave (figure 2.14) ou convexe (figure 2.15) en début et en fin d'affaissement, conduit à une perte de contact entre la fondation et le sol d'assise. Il en résulte que les moments de flexion supplémentaires sont générés lorsque la fondation se trouve en position « porte-à faux ».

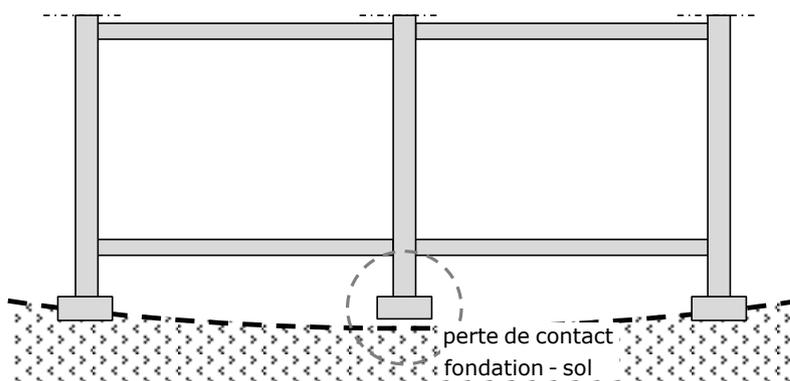


Figure 2.14 : exemple d'une perte d'appui des fondations engendrée par une courbure concave du terrain

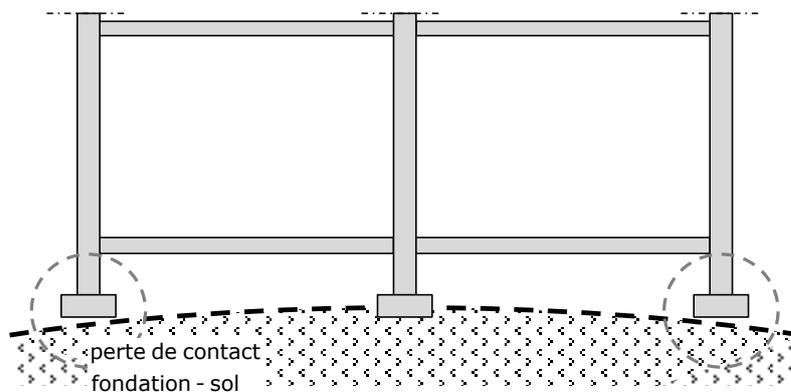


Figure 2.15 : exemple d'une perte d'appui des fondations engendrée par une courbure convexe du terrain

2.2.2. Interaction avec une autre construction accolée

La disposition des constructions mitoyennes ou accolées présente également une forte longueur. Lorsque les planchers des constructions sont décalés, cas fréquent pour les bâtiments situés le long d'une pente (figure 2.16 par exemple), le mur de séparation risque d'être littéralement découpé par les deux planchers.

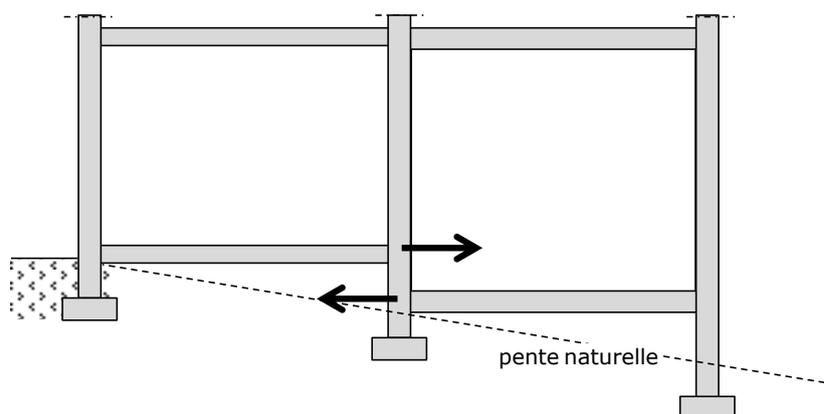


Figure 2.16 : sollicitations supplémentaires sur les bâtis mitoyens dont les planchers sont décalés

De même, les garages (ou annexes) accolés aux maisons individuelles (exemple de la figure 2.17), souvent construits ultérieurement, représentent un risque de désordre similaire à celui des constructions mitoyennes. Dans cette configuration, les garages sont dans la plupart des cas de hauteur sous plafond inférieure à la hauteur d'étage de la construction voisine. La toiture terrasse se situe en dessous du plancher de l'étage de la maison individuelle.

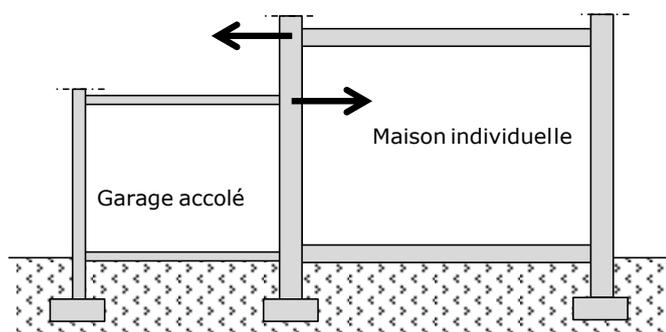


Figure 2.17 : exemple de sollicitations supplémentaires sur la maison individuelle accolée à un garage

2.2.3. Pente élevée du terrain naturel

Suivant l'adaptation de la construction au terrain, une forte pente peut provoquer une surpression importante des terres sur la partie enterrée du bâti en cas d'affaissement de terrain. Dans ce cas, les désordres sont susceptibles de se produire à deux étapes de l'affaissement, pendant la phase où la pente est la plus élevée (figure 2.18(a)) et dans la phase de redressement du terrain qui provoque une surpression importante des terres (figure 2.18(b)).

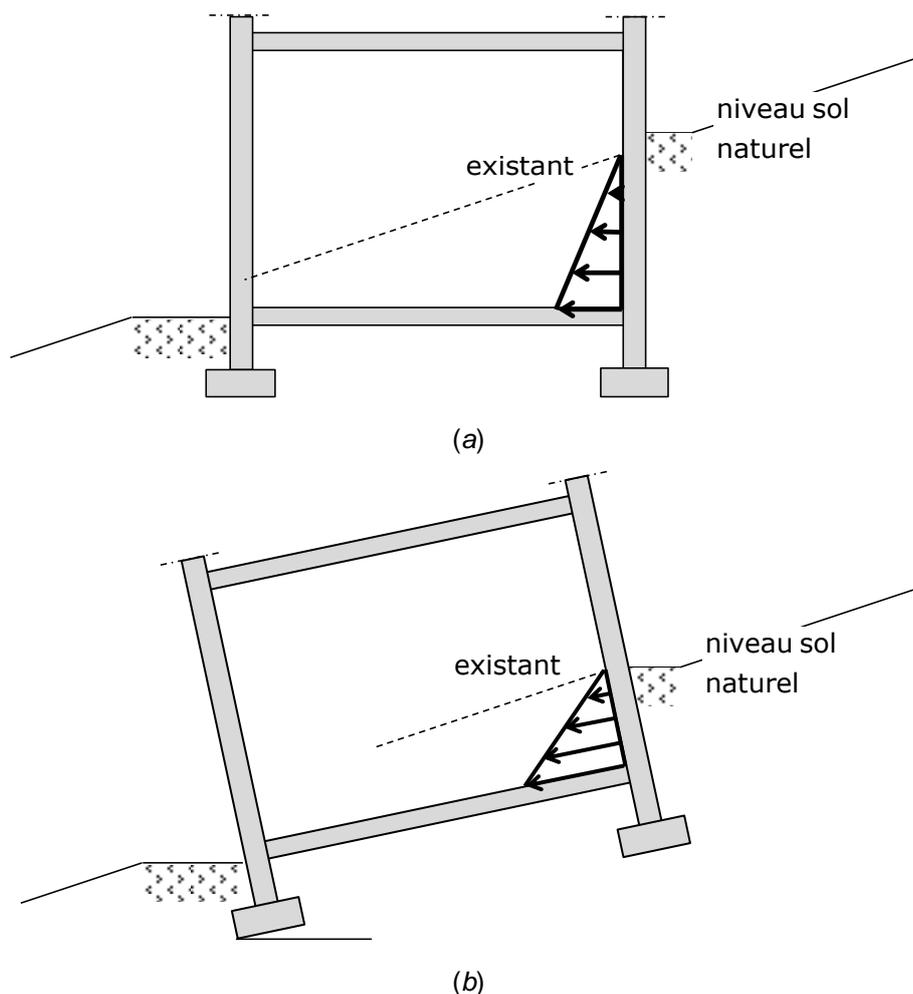


Figure 2.18 : exemple de bâti semi enterré : (a) avant l'affaissement et (b) au cours de l'affaissement

2.2.4. Présence des éléments non structuraux visibles de l'extérieur

Lors d'un affaissement de terrain, les éléments non structuraux peuvent être mis en charge par l'ossature porteuse qui se déforme, notamment dans le cas des ossatures flexibles. Ces éléments, n'ont aucune fonction porteuse et rigides, peuvent alors devenir provisoirement porteurs et risquer de subir des dommages importants s'ils ne sont pas conçus pour résister à ces charges (leur présence peut influencer sur le comportement général de la structure).

Les vérandas légères subiront les déplacements de la structure. Néanmoins, les éléments non structuraux lourds tels que les murs de clôture de la figure 2.19 par exemple, peuvent être des sources de désordres importants lorsqu'ils sont directement rattachés à la structure principale du fait que ces éléments peuvent représenter des points durs sur la construction avoisinante.

En outre les souches maçonnées de hauteur importante peuvent présenter un risque de chute due à l'inclinaison du bâtiment lors de l'affaissement.

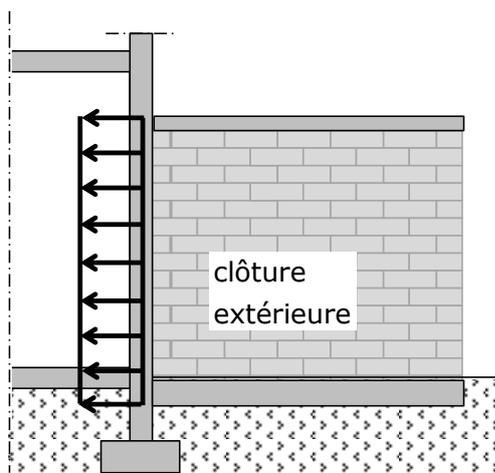


Figure 2.19 : exemple de la présence d'un mur de clôture rattaché à la structure principale

3. CHOIX D'UNE ECHELLE D'ENDOMMAGEMENT

L'échelle d'endommagement du National Coal Board (1975) [5] a été adoptée de manière à hiérarchiser les désordres attendus dans la structure d'un bâtiment donné dans l'étude précédente du CSTB [6]. Cette échelle comprend cinq niveaux de N1 à N5 correspondant aux désordres prévisibles énumérés comme suit:

Pour le **niveau N1** (dommages négligeables ou très légers) :

1. fissures très légères dans les plâtres,
2. légères fissures isolées dans le bâtiment, non visibles de l'extérieur.

Pour le **niveau N2** (dommages légers) :

1. plusieurs fissures légères visibles à l'intérieur du bâtiment,
2. les portes et fenêtres peuvent se coincer,
3. des réparations aux murs et plafonds peuvent être nécessaires.

Pour le **niveau N3** (dommages appréciables) :

1. fissures légères visibles de l'extérieur,
2. les portes et fenêtres sont coincées,
3. les canalisations sont rompues.

Le **niveau N4** correspond aux dommages subis de niveau sévère dont les désordres peuvent être :

1. des canalisations rompues ou dégradées,
2. des fractures ouvertes dans les murs,
3. des châssis de portes et fenêtres tordus,
4. des sols en pente,
5. murs hors d'aplomb ou bombés, localement étayés,
6. quelques déchaussements des poutres,
7. en cas de compression, un chevauchement des joints dans les toits et soulèvement des murs en briques, avec fissures horizontales.

Le dernier **niveau N5**, correspondant aux dommages très sévères, représente l'effondrement partiel ou total quasi-certain :

1. le bâtiment doit être reconstruit partiellement ou complètement,
2. les poutres des planchers et de la toiture sont déchaussées et nécessitent d'être étayées,
3. l'inclinaison des planchers et des murs est très importante,
4. en cas de compression, gauchissement et bombement sévères des murs et du toit.

Les trois premiers niveaux d'endommagement (N1 à N3) correspondent aux dommages architecturaux. Les deux derniers niveaux de désordres (N4 et N5) correspondant respectivement aux dommages fonctionnels (état limite de service (ELS)) et structurels (état limite ultime (ELU)), ne permettent plus d'assurer la « viabilité » du bâtiment du fait de désordres trop importants, et avec risque d'effondrement partiel ou total pour le dernier niveau.

Plus précisément, on constate que les deux désordres prévisibles du premier niveau d'endommagement (niveau N1) de la construction sont des désordres visuels engendrés par de faibles déformations. Ces désordres n'occasionnent pas de modification de géométrie des éléments du bâtiment, susceptible de compromettre la sécurité des occupants.

Les trois désordres prévisibles du niveau N2, engendrés par les déformations, restent faibles mais peuvent néanmoins entraîner le coincement des fenêtres et des portes. Pour ces derniers, statistiquement à l'échelle d'un ensemble de bâtiments, les déformations observées sont suffisamment faibles pour que l'on puisse admettre qu'une faible proportion des bâtiments sera sujette à ce problème. De plus, les mouvements d'affaissement se produisent sur des durées relativement étalées, selon les connaissances qu'on en a aujourd'hui. Il n'y a pas de risque intrinsèquement lié à la chute brutale d'objets ou d'éléments d'équipement, en raison de la faible amplitude des mouvements de ce niveau d'endommagement et donc, il n'y a pas de risque pour l'occupant. Le seul risque que l'on pourrait envisager pour ces désordres serait une panique des occupants ne pouvant pas sortir du fait du coincement des portes et fenêtres, et tentant par là des évacuations risquées (défenestration, par exemple). Mais ce risque reste limité en raison du caractère progressif des déformations d'une part, et de la faible proportion de bâtiments touchés, d'autre part. Toutefois, il pourrait être utile de diffuser un message clair aux occupants des bâtiments concernés, pour les engager au calme, en cas de premiers mouvements ressentis.

Les sept désordres prévisibles dont trois du niveau N3 et quatre désordres 1 à 4 du niveau N4, plus sévères que les précédents, présentent un risque de panique accentué par rapport à ce qui est décrit ci-dessus pour les trois désordres du niveau N2. Mais ces désordres sont réputés pouvant également conduire à des ruptures de canalisations par de faibles changements de géométrie. En conséquence, la présence de canalisations de gaz représente ici le risque majeur pouvant être appréhendé, risque très largement pondéré par le caractère progressif de l'affaissement.

Les trois désordres 5, 6, 7 du niveau d'endommagement N4 et ceux du niveau N5, sont définis en lien avec des changements importants de géométrie (murs hors d'aplomb, etc...) et avec des risques de chutes d'éléments de structure ou d'équipement. Ces deux niveaux d'endommagement présentent des risques certains pour la sécurité des occupants qui ne peuvent pas être pondérés par le délai d'évacuation car il s'agit là d'une situation d'effondrement ou d'impraticabilité des ouvrages, ce qui n'était pas le cas pour les niveaux de N1 à N3 et une partie de N4, pour lequel il s'agissait d'une situation d'amorce de désordres.

Pour se placer du côté de la sécurité et en vue de la simplification de la démarche, il est raisonnable de considérer que, pour les niveaux d'endommagement de N1 à N3, la sécurité des occupants ne peut pas être directement menacée, du fait de l'absence de risque de chutes d'éléments porteurs ou d'équipement et du caractère progressif de l'affaissement tandis que pour les niveaux N4 et N5, la sécurité des occupants est menacée en l'absence de dispositifs de surveillance adaptés.

4. DISPOSITIONS GENERALES DE CONSTRUCTIBILITE

La protection des bâtiments, vis-à-vis des dommages liés aux risques d'affaissement de terrain, peut comporter trois étapes successives :

- La première étape consiste à bâtir une typologie du bâti neuf qui ne contient pas de sources de désordres potentiels susceptibles de rendre des bâtiments plus vulnérables par rapport aux analyses sur le modèle simplifié de type portique (voir la section 2 pour plus de détails) ;
- La deuxième étape vise à diminuer des sollicitations induites par l'affaissement de terrain sur les bâtis,
- La troisième et dernière étape consiste finalement à augmenter la résistance et la ductilité des bâtis.

Les préconisations en matière de dispositions constructives dans ce qui suit concernent le bâtiment type renforcé structurellement à hauteur d'un surcoût à la construction limité à 5 % du coût global (ce surcoût est attribué aux dispositions constructives qui ont un caractère prescriptif). Ces dispositions permettront au bâtiment de rester à un niveau d'endommagement inférieur ou égale à N3. Dans ce cas, la sécurité des occupants n'est pas directement menacée.

4.1. Étape n°1 : Bâtir une typologie du bâti neuf

4.1.1. Prescriptions générales

Une régularité des formes et des rigidités, tant en plan horizontal qu'en élévation, assure une meilleure distribution des sollicitations dans l'ossature en faisant participer tous les éléments. Les mesures visent, en premier lieu, à éviter l'apparition de concentrations de contraintes dans la structure. De ce point de vue, la structure doit avoir la forme compacte et simple d'un parallélépipède dont le rapport longueur/largeur est compris entre 1 et 2. Dans la mesure du possible, on essaiera de concevoir une structure dont la forme au sol se rapproche le plus possible du carré. Cette forme permet également de diminuer le risque lié au phénomène de distorsion.

Les parties enterrées devront reposer sur un même plan horizontal (voir également : Neuhaus, 1965 [7] ; Soots, 1969 [8] ; Whittaker et Reddish, 1989 [9] ; ICE, 1977 [10], Kwiatek, 1998 [11]). Les constructions ne doivent posséder aucun décrochement au niveau du sol et de l'infrastructure, même partiel (figure 4.1).

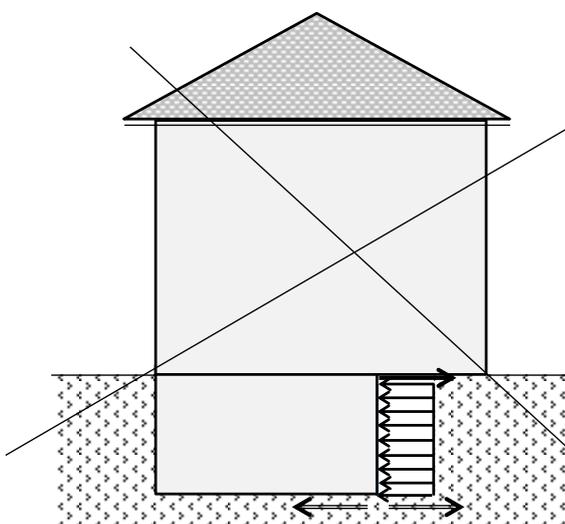


Figure 4.1 : exemple de sollicitations supplémentaires sur la partie enterrée

Depuis les fondations jusqu'à la superstructure, les éléments structuraux doivent être correctement alignés et superposés afin de permettre un comportement le plus homogène possible de la structure. Dans le cas de formes complexes, les constructions doivent être ramenées à des sous-structures simples indépendantes séparées les unes des autres par des joints verticaux de 10 cm minimum (voir figure 4. 2 par exemple), tant au niveau des fondations qu'au niveau de la superstructure.

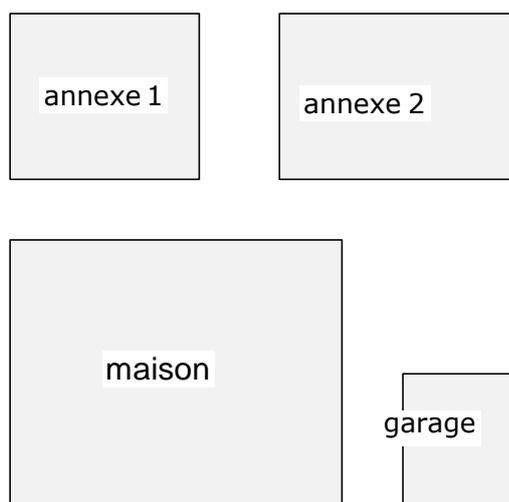


Figure 4.2 : exemple d'un bâtiment de forme complexe se composant de sous-structures indépendantes

Afin d'éliminer des transmissions de charges d'un bâtiment à l'autre, ces joints doivent être maintenus libres et dégagés de tous objets ou matériaux susceptibles de l'obstruer et de le rendre impropre à sa destination première. Ils doivent être protégés sur toutes leurs faces par les couvre-joints qui sont capable d'absorber des déplacements relatifs entre deux constructions, sans transmettre des efforts notables.

On note que la largeur du joint vertical d'affaissement est beaucoup plus importante que celle du joint thermique ou utilisé pour se prémunir en cas de séisme. Cette largeur est calculée de manière à éviter la collision entre les bâtiments adjacents en cas d'affaissement.

Recommandations :

La couverture du joint est réalisée à l'alignement des murs extérieurs de telle sorte qu'aucun matériau n'y pénètre malencontreusement. Cette protection peut, par exemple, s'opérer avec un couvre joint constitué de tôles ondulées déformables ou par un système composé de profilés en élastomères venant s'insérer dans des cadres métalliques latéraux, ou encore plaques rigides fixées sur une seule construction.

4.1.2. Choix de la typologie

Compte tenu des prescriptions ci-dessus, il est proposé de retenir une typologie pour les constructions de forme rectangulaire ne comportant pas de décrochements en plan ou sous-sol. Les fondations sont celles le plus souvent mises en œuvre, à savoir des fondations superficielles en béton armé.

Il est proposé de retenir le bâtiment type (figure 4. 3) présentant les caractéristiques suivantes :

- Bâtiment rectangulaire sur deux niveaux maximum et sans sous-sol (R+1).

- Forme simple ne comportant pas de décrochements en plan.
- Hauteur d'étage maximale de 3 m, largeur maximale de 8 m et longueur maximale de 16 m, avec la longueur qui ne dépasse pas 2 fois la largeur.
- Fondations superficielles en béton armé sur un même niveau.
- Ossature en béton armé ou maçonnerie chaînée.
- Charpente traditionnelle ou ferme.

Ces dimensions sont considérées comme des valeurs maximales. Vis-à-vis du phénomène des affaissements de terrain, une diminution des dimensions va alors dans le sens de la sécurité.

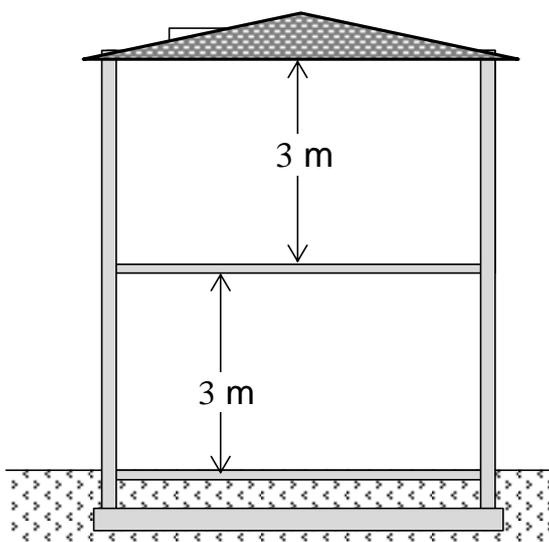


Figure 4.3 : bâtiment type maison individuelle R+1

4.2. Étape n°2 : Diminuer des sollicitations sur les bâtis

4.2.1. Implantation

Prescriptions :

Le phénomène d'affaissement de terrain modifie, par nature, l'organisation originelle du sol. Une topographie accidentée et un relief de terrain accusé peuvent avoir des conséquences amplifiées sur les constructions environnantes.

Pour éviter des effets défavorables cumulés, les constructions doivent être éloignées des zones susceptibles d'induire d'autres désordres potentiels telles que les zones de tête ou de pied des talus, des falaises ou zones de risbermes ou encore, si possible, les terrains en pente. Il en découle que les mesures d'implantation qui suivent ont principalement pour objectif d'éviter un changement des états d'équilibre des terres en cas de mouvement du sol d'assise, un glissement de terrain par instabilité dans le cas d'un talus et un risque d'éboulis dans le cas d'une falaise située à proximité. Cependant, le cas des nappes phréatiques doit faire l'objet d'une préoccupation particulière de la part des constructeurs.

En fonction de l'amplitude de l'affaissement et du niveau centennal de la nappe phréatique, un dispositif de rabattement de la nappe permettant d'abaisser le niveau de l'eau environnante, est nécessairement à prévoir dès que le niveau exceptionnel et conventionnel des eaux (correspondant au niveau des plus hautes eaux connues et/ou prévisibles) est supérieur au niveau bas du rez-de-chaussée de la construction.

En résumé, les prescriptions sont les suivantes :

- La construction ne doit pas être implantée à proximité d'un rebord de crête et d'un pied de talus (ou d'une falaise) dont la pente est supérieure à 10 %. Cette zone de proximité s'étend jusqu'à une distance égale à trois fois la hauteur du talus ou de la falaise (figure 4.4).
- Les bâtiments doivent être implantés en dehors d'un terrain dont la pente moyenne est supérieure à 10 %. Au-delà de cette déclivité, le risque de changements des états d'équilibre des terres n'est plus maîtrisable pour le type de constructions visées par l'étude.
- Si les conclusions de l'étude aboutissent à un rabattement de nappe, la construction est interdite.

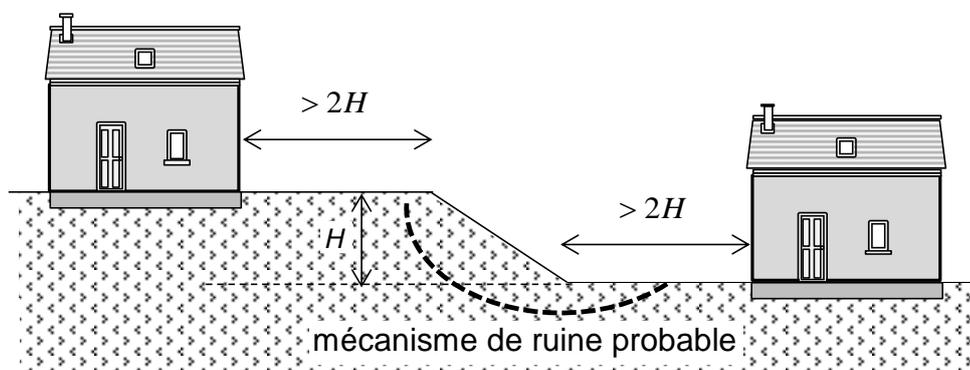


Figure 4.4 : exemple d'implantation de la construction par rapport à des talus et à des falaises dont les pentes sont réputées stables

4.3. Étape n°3 : Augmenter la résistance et la ductilité des bâtis

4.3.1. Fondation

Prescriptions :

Dans le plan horizontal, les fondations doivent être filantes et constituer un système homogène. Dans le cas de fondations isolées, elles doivent être reliées entre elles par un réseau de longrines intérieures et périphériques rendant l'ensemble rigide dans les deux directions de son plan principal et interdisant tout déplacement relatif (voir figure 4.5 par exemple). Ces longrines doivent être solidarisées des fondations par scellement des armatures.

Pour une meilleure maîtrise de l'interaction sol-structure, les fondations doivent être coulées sur le sol avec interposition d'une couche de sable de 10 cm d'épaisseur minimum.

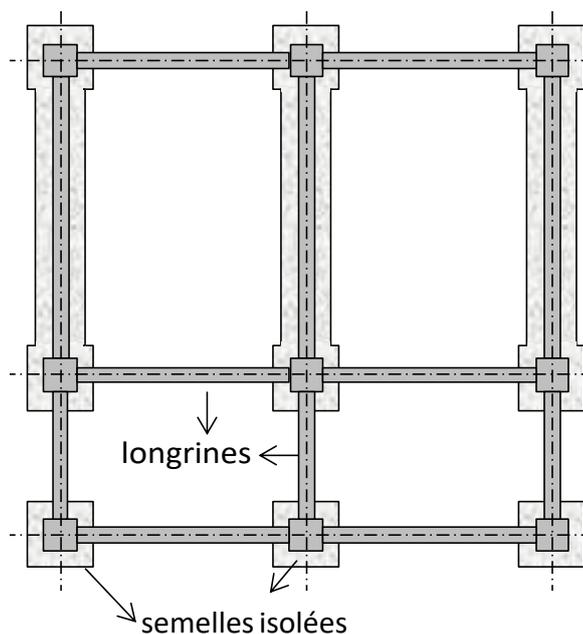


Figure 4.5 : exemple de liaisonnement des fondations isolées par longrines

Dans la direction verticale, toutes les fondations doivent être hors gel (profondeur minimale de 70 cm) et réalisées sur un même plan, aucun décrochement vertical n'étant permis. Dans la mesure du possible, les charges seront réparties au mieux sur l'ensemble des fondations et la contrainte du sol sera la plus homogène possible (voir figure 4.6).

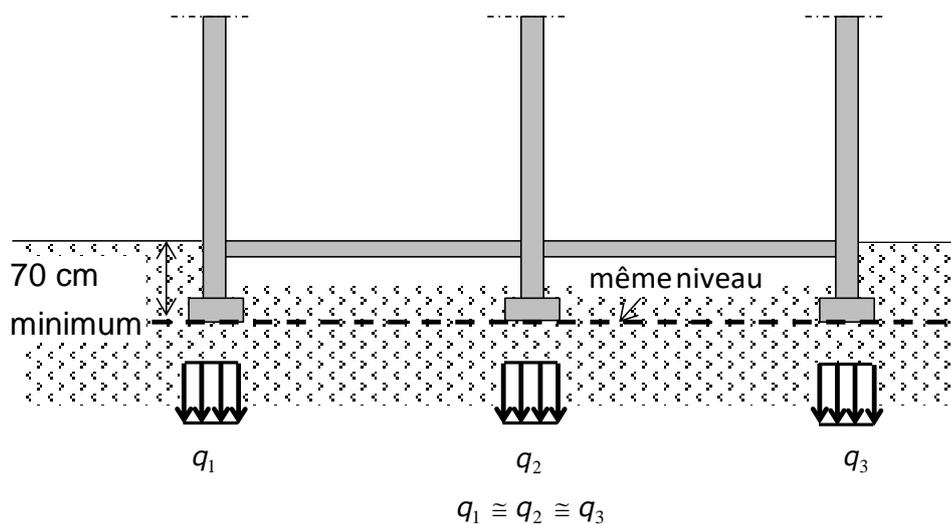


Figure 4.6 : exemple de plan d'assise des fondations

Les fondations d'ouvrages secondaires, tels que murets, terrasse, doivent être indépendantes et désolidarisées de l'ouvrage principal (figure 4.7), avec un joint minimal de 5 cm.

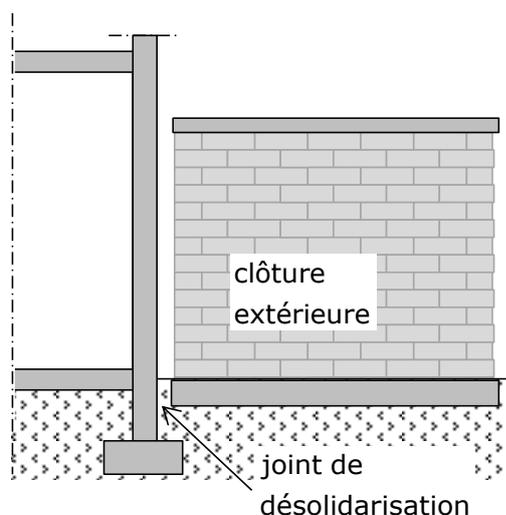


Figure 4.7 : exemple de désolidarisation des fondations des ouvrages secondaires

4.3.2. Superstructure

Prescriptions :

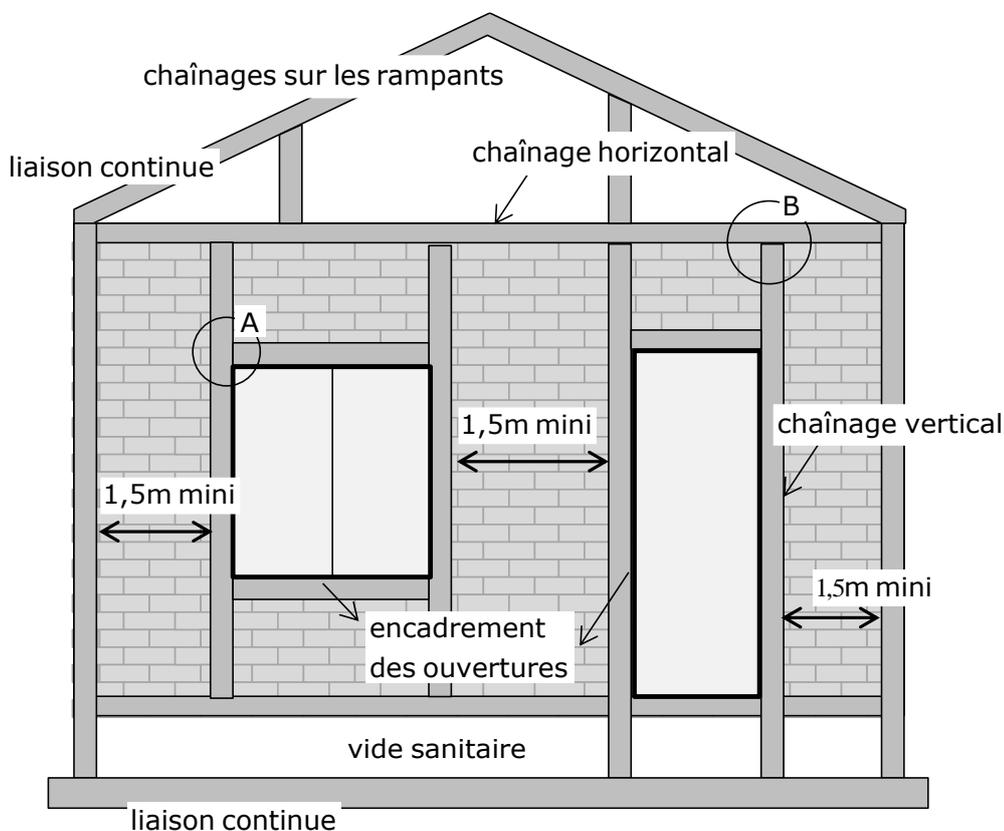
Il est essentiel de pouvoir assurer une distribution correcte des charges au sein de la structure par la répartition uniforme de la résistance et la rigidité tant qu'en plan qu'en hauteur. Dans ce cas, la transmission des efforts entre les éléments de structure peut être assurée par la continuité des armatures aux angles des chaînages. De ce point de vue, les renforcements classiques de type chaînage peuvent augmenter la résistance et la ductilité du bâtiment. Il en résulte que des chaînages continus constitués d'armatures filantes à recouvrement ou ancrage total doivent être disposés aux extrémités des voiles ou des panneaux, à toutes les intersections de murs porteurs (chaînages verticaux), à toutes les intersections des murs et de planchers (chaînages horizontaux en parties haute et basse des murs) (figure 4.8). Les éléments maçonnés de grande dimension doivent être recoupés d'un chaînage vertical tous les 3 m maximum pour éviter les grandes déformations.

Recommandations :

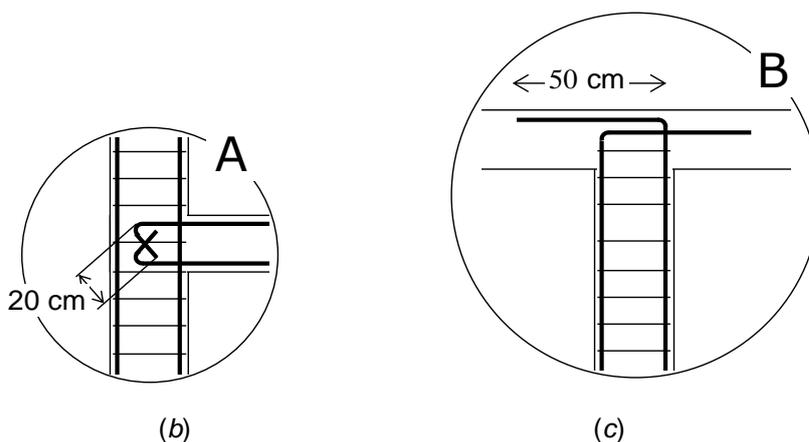
Les ouvertures, portes et fenêtres, amèneront à des concentrations de contraintes en cas d'affaissement de terrain. En conséquence, il est conseillé de limiter le nombre d'ouverture dans les parois et prévoir des ouvertures superposées, éloignées des angles et placées afin de conserver des pans de murs de largeur minimum de 1,5 m sur chaque façade (voir figure 4.8 par exemple). Il est également conseillé de prévoir des chaînages pour encadrer ces ouvertures. Les chaînages d'encadrement d'ouvertures évitent la formation de fissures diagonales dans les trumeaux et reprennent les tractions qui se développent dans les angles. Cette technique de renforcement, bien que très classique, appelle à des précautions comme suit pour une meilleure mise en œuvre :

- veiller au recouvrement suffisant des armatures aux niveaux des coins,
- prévoir des cadres ou des épingles régulièrement espacés lorsque les encadrements sont en béton armé,

- soigner la liaison entre le chaînage et les murs pour une bonne transmission des efforts, contrôler le retrait du béton et s'assurer qu'il ne remet pas en cause l'efficacité de l'encadrement.



(a)



(b)

(c)

Figure 4.8 : exemple de (a) chaînages d'encadrement des ouvertures d'un mur en maçonnerie, (b) croisement des raidisseurs horizontal et vertical et (c) croisement du raidisseur vertical et du plancher

4.3.3. Toitures

Bien que les toitures ne résistent pas à des déplacements différentiels imposés à leur base, elles ont cependant peu d'importance sur le comportement global du bâti en cas d'affaissement de terrain.

L'absence ou la faiblesse des liaisons des murs à la toiture et aux diaphragmes de plancher, un défaut dans l'installation de toiture contreventé, une insuffisance de raideur dans son plan ou une toiture trop lourde sont des facteurs contribuant principalement à la rupture d'une toiture (voir Zacek, 1996 [12] pour plus de détails). De ce point de vue, les dispositions de renforcement de la toiture (charpentes traditionnelles, fermes, ...) sont à entreprendre avant toutes autres mesures plus importantes visant la structure principale. Elles permettent d'éviter la fragilité des éléments, souvent en bois, dont la chute représente un danger certain pour la sécurité des occupants et pourrait affecter la structure principale.

Prescriptions :

La structure de toiture doit être fixée aux chaînages à des endroits qui ne seront pas déstabilisés par le report de charges ponctuelles, l'ancrage pouvant être réalisé à l'aide d'équerres ou sabots métalliques, ou de chevilles.

La pente de la toiture doit tenir compte de la pente prévisible maximale de l'affaissement afin de continuer à assurer la fonction d'étanchéité (définie en situation de concomitance du vent et de la pluie) et du clos et couvert. Il en découle qu'on doit prévoir une pente de toiture au moins égale à la somme de la pente minimale admissible requise dans le DTU (correspondant au type de toiture retenu) et de la pente prévisible maximale d'affaissement de 1 %. Il faut ensuite mettre en place un écran de sous toiture dont la mise en œuvre est prévue dans le DTU de la série 40. Les écrans souples devront relever de la procédure d'Avis Technique en tant que procédé non traditionnel.

Compte tenu du risque d'effondrement sous accumulation d'eau, risque inhérent aux toitures en tôles d'aciers nervurées, les revêtements d'étanchéité sur support en tôles d'aciers nervurées sont proscrits pour les pentes de toit inférieures à 3 %. De plus, les descentes d'eau pluviales doivent être prévues au minimum à chaque angle de la toiture afin d'assurer une évacuation de l'eau en cas de mise en pente du bâtiment, cette dernière étant prise égale à 2 % au minimum. Dans ce cas, les gouttières et les descentes d'eau doivent être dimensionnées selon le DTU 60.11 et en fonction de la plus grande surface « mouillée » de la toiture possible.

Recommandations :

Les couvertures en tuiles plates en terre cuite ou en béton ne sont pas recommandées. Les tuiles en ardoise ou en bandeaux bitumés sont à déconseiller pour assurer la fonction d'étanchéité en cas de concomitance vent/pluie lors d'un affaissement entraînant la mise en pente du bâtiment en dehors du plan d'écoulement de sa toiture.

Les couvertures en tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief ou en tuiles béton à glissement et à emboîtement longitudinal sont recommandées. Il est également recommandé de disposer une descente d'eau à chaque extrémité de gouttière.

Dans le cas de travaux d'étanchéité des toitures sur éléments porteurs en maçonnerie ou en béton, la réalisation d'acrotères bas (hauteur maximale de 10 cm) revêtus d'étanchéité jusqu'à l'arête extérieure est à préférer aux acrotères hauts.

4.3.4. Matériaux

Les matériaux employés, de préférence du type « béton armé » devront répondre aux spécifications techniques les plus exigeantes. À ce sujet, le projeteur pourra se reporter aux règles de calcul du béton armé et du béton précontraint, définies dans les Eurocodes correspondants.

Les matériaux utilisés aussi bien en structure qu'en clos et couverts doivent présenter des performances de résistance et un niveau de durabilité largement éprouvés. Cela suppose qu'ils doivent :

- être conformes, pour ceux relevant du domaine traditionnel, aux documents normatifs en vigueur (DTU et Normes NF ou EN) ;
- relever de l'Avis Technique pour les matériaux et procédés innovants.

Par ailleurs, les matériaux doivent satisfaire à des exigences de caractéristiques minimales, afin d'éviter une détérioration prématurée des performances mécaniques de l'ouvrage. Ces considérations conduisent à établir les prescriptions et recommandations comme suit.

4.3.4.1. Béton

Prescriptions :

Le béton utilisé doit être de bonne qualité et facile à mettre en œuvre, plutôt ductile, et dispose la résistance caractéristique minimale à la compression de 25 MPa. En exécution, il convient de veiller à respecter la constance des propriétés du béton.

4.3.4.2. Armatures

Prescriptions :

Pour assurer une réserve de déformation plastique des éléments en béton armé, les armatures doivent être à haute adhérence (HA), de nuance Fe E 500 (limite élastique à 500 MPa) et disposer d'un allongement garanti sous charge maximale d'au moins 5 %. Les distances d'enrobage des aciers vis-à-vis de la paroi la plus voisine doivent respecter les dispositions constructives définies dans l'Eurocode 2.

4.3.4.3. Éléments de maçonneries

Les éléments de maçonneries peuvent être pleins ou creux. Ils peuvent être :

en blocs pleins de béton courant (granulats calcaires ou siliceux) ou de béton cellulaire,

- en blocs perforés de béton à perforations verticales,
- en blocs creux en béton courant,
- en briques creuses de terre cuite à perforations horizontales,
- en briques pleines de terre cuite,
- en blocs perforés de terre cuite à perforations verticales.

Prescriptions :

Les blocs pleins ou assimilés doivent disposer d'une épaisseur minimale de 15 cm. Les éléments présentant des fissures ou des épaufrures significatives (pouvant nuire à la résistance) sont systématiquement à retirer de la construction.

Les blocs perforés sont assimilés à des blocs pleins aux deux conditions suivantes :

- disposer de perforations verticales perpendiculairement au plan de pose,
- avoir une résistance supérieure à 12 MPa.

Les blocs creux doivent comporter une cloison intermédiaire orientée parallèlement au plan du panneau et disposer d'une épaisseur minimale de 20 cm.

Les blocs de béton doivent répondre aux résistances minimales suivantes :

- 6 MPa pour les blocs creux de 20 cm d'épaisseur (B60 ou B80),
- 12 MPa pour les blocs pleins ou perforés de 15 cm d'épaisseur (B120 ou B160).

Les blocs de briques de terre cuite doivent répondre aux résistances minimales suivantes :

- 6 MPa pour les briques creuses de terre cuite de 20 cm d'épaisseur (BCTC 20 – 60 et BCTC 20 – 80),
- 6 MPa pour les briques pleines en blocs perforés de terre cuite de 20 cm d'épaisseur minimale (BPTC 20 – 60, par exemple),
- 12 MPa pour les blocs perforés de terre cuite de 15 cm d'épaisseur (BPTC 15 – 120 et BPTC 15 – 150).

4.3.4.4. Mortier de jointoiement

Prescriptions :

Le mortier utilisé pour le jointoiement doit être aussi plastique et souple que possible. Les grains de sable, constitutifs du mortier, doivent être inférieurs à 5 mm tandis que l'épaisseur des joints doit être supérieure à 15 mm.

Recommandations :

Le liant du mortier peut être chargé en chaux afin de conférer une souplesse aux pans de maçonnerie.

4.3.5. Éléments non structuraux

Comme cela a été exposé précédemment, les éléments non structuraux peuvent être mis en charge par l'ossature porteuse qui se déforme lors d'un affaissement de terrain, notamment dans le cas des ossatures flexibles. Dans ces conditions, ces éléments qui n'ont aucune fonction porteuse et rigides, peuvent alors devenir provisoirement porteurs et risquer de subir des dommages importants s'ils ne sont pas conçus pour résister à ces charges (leur présence peut influencer sur le comportement général de la structure). En conséquence, les éléments non structuraux doivent être conçus pour ne pas avoir d'incidence sur le comportement de la structure de la construction. Les dispositions qui suivent, répondent à cette exigence et permettent de maintenir la fonction de l'élément. Ils sont prescrits pour le respect de l'intégrité du bâtiment au niveau de la structure, du clos et couvert, des réseaux d'eaux et des corps d'état secondaires, les corps d'état techniques tels que le chauffage, la VMC, l'électricité n'étant pas visés par l'étude.

4.3.5.1. Murs de clôture

Prescriptions :

Les murs de clôture doivent impérativement être désolidarisés du bâtiment d'un joint d'affaissement minimal de 5 cm.

4.3.5.2. Façades légères

En comparaison avec des façades traditionnelles en maçonnerie ou en béton, une façade légère est construite avec des matériaux légers et industriels. Elle peut être :

- une façade rideau, située entièrement en avant du nez de plancher,
- une façade semi-rideau, dont la paroi extérieure est située en avant du nez de plancher et la paroi intérieure située entre deux planchers consécutifs,

- une façade panneau insérées entre planchers,
- une verrière inclinée à plus de 15° par rapport à la verticale, qui se prolonge en façade.

Recommandations :

Il est déconseillé d'installer des façades légères compte tenu du caractère fragile de ces dernières.

4.3.5.3. Menuiseries extérieures

Pour éviter les désordres résultant de la déformation du gros œuvre, il y a lieu de permettre un déplacement relatif entre le gros œuvre et la menuiserie. Un principe général consiste à réserver des jeux suffisants selon les niveaux d'endommagement prévisibles. Cela peut aller de pattes équerres avec trous de fixation oblongs jusqu'à des dispositions spécifiques détaillées ci-après. En effet, les dispositions classiques autorisent un défaut d'équerrage de 5 mm maximum, expliquant le coincement des vantaux à partir du niveau d'endommagement N2.

Recommandations :

Il est conseillé de limiter la taille des fenêtres (côté inférieure à 1,5 m) et les prévoir de format sensiblement carré ($0,9 \leq \text{hauteur/largeur} \leq 1,1$). Cela conduit à déconseiller des ouvrants coulissants qui sont souvent de grandes dimensions et qui par ailleurs présentent un cadre dormant de faible rigidité. De plus, les dispositions d'étanchéité doivent être adaptées pour conserver leur intégrité. En conséquence, toute étanchéité par mastic est à déconseiller.

Peuvent être envisagés pour les habitations, les ouvrants à la française et les ouvrants oscillo-battants, pour les locaux d'activité et les petits établissements recevant du public d'autres types d'ouvrants tels que ouvrants à l'italienne ou basculants. Un moyen de désolidariser la menuiserie du gros œuvre peut consister à suspendre le cadre dormant de la menuiserie au linteau et à maintenir les 3 autres côtés dans des précadres en U, préservant à la fois la reprise des efforts de vent, et le libre déplacement.

Le jeu entre la rive du cadre dormant et le fond du profil U correspondant au déplacement prévisible du gros œuvre dans son plan est environ de 20 mm pour une baie de 1,5 m de côté. Cette disposition oblige à une conception spécifique des cadres dormants, pour autoriser la reprise du poids du vantail en traverse basse non calée et la transmission en rive supérieure, liés au gros œuvre.

Il est également possible d'envisager la mise en place, entre le précadre en U et le dormant, de bandes de mousse imprégnées pré-comprimées ou non sur une largeur de l'ordre de 20 mm. En traverse basse de la baie, il est conseillé de prévoir un drainage du précadre avec une bavette rejet d'eau qui facilitera la pose de la menuiserie en tableau.

4.3.5.4. Escaliers**Prescriptions :**

Les escaliers peuvent être en bois, métal ou en béton armé. Les escaliers maçonnés, les escaliers sur voûte sarrasine ainsi que des marches prévues en console dans les murs sont proscrits.

Recommandations :

Il est conseillé de concevoir les escaliers au centre de l'ouvrage.

4.3.5.5. Éléments en console verticale

Il peut s'agir d'acrotères, de garde-corps, de corniches ou de tout autre élément en maçonnerie fixé uniquement à leur base.

Prescriptions :

Compte tenu de la mise en pente de la construction lors de l'affaissement, les éléments en console verticale quand ils sont réalisés en maçonnerie doivent être encadrés par des chaînages horizontaux et verticaux (espacés tous les 3 m maximum) et reliés à la structure porteuse.

Recommandations :

Les matériaux légers sont préférables aux matériaux lourds pour les gardes corps.

4.3.5.6. Conduits maçonnés**Prescriptions :**

Du fait de l'inclinaison du bâtiment lors de l'affaissement et des sollicitations induites sur la souche, les cheminées doivent systématiquement être pourvues de raidisseurs métalliques situés à chaque angle du terminal (les souches peuvent également être munies d'haubanage). Les conduits de fumée doivent être adossés aux murs intérieurs sans affaiblir la section résistante du mur.

À l'intérieur de la construction, les conduits doivent être liaisonnés à la charpente et à chaque plancher par des attaches métalliques. Afin de réduire l'élançement des souches, il est fortement recommandé d'implanter les cheminées à proximité du faîtage (notamment en cas de forte inclinaison de la toiture).

Recommandation :

La mise en place de ceintures en plat en acier est recommandée.

4.3.5.7. RéseauxInstallations au gaz :**Recommandations :**

La présence de canalisations de gaz peut représenter un risque majeur pour la sécurité des occupants. Dans ces conditions, il est conseillé d'installer des systèmes de sécurisation adaptés aux installations au gaz.

Canalisations pour l'eau et installations d'évacuation :

Il s'agit ici du réseau sous pression ainsi que des réseaux d'eau de pluie et d'eaux usées. Lors de l'affaissement de terrain, il est nécessaire que les installations et les conduites de distribution puissent continuer à fonctionner et que la conception prévoie une réparation de dégâts inévitables. Les dispositions constructives proposées ci-après répondent à la nécessité de supporter une extension, une compression et une inclinaison du bâtiment lors de l'affaissement.

Prescriptions :

La pénétration des canalisations dans le bâtiment doit s'effectuer par un dispositif souple – dispositif en ligne ou éléments de liaison en métal déformable. Il est interdit de disposer des canalisations, quelles que soient leurs dimensions, dans les chaînages et dans les panneaux de contreventement. Aucune canalisation ne doit être placée dans l'emplacement libre des joints d'affaissements.

La fixation des canalisations extérieures (gouttières et descentes d'eaux pluviales, par exemple) doit être prévue par des étriers ou tout autre dispositif qui ne les maintiennent pas solidement aux murs.

Les liaisons entre les réseaux extérieurs (installations de raccordement au réseau public) et le bâtiment ainsi que celles entre le bâtiment et l'égout, doivent être placées au milieu de la façade avant. Les canalisations peuvent être regroupées dans un emplacement prévu à cet effet (puisard) dont les parois sont soigneusement désolidarisées du bâtiment.

Les canalisations secondaires doivent avoir au moins une inclinaison supérieure à celle prescrite dans les Normes et DTU en vigueur. Cette mesure constructive, qui tient compte du changement de la pente des canalisations lors de l'inclinaison du bâtiment, permet la vidange des installations d'eau sous pression.

5. PRISE EN COMPTE DU RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

L'objectif de cette section est de vérifier la compatibilité de l'ensemble des dispositions définies plus haut et celles du Plan de Prévention des risques liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles (PPRG). Le niveau d'endommagement acceptable retenu est celui du N3 (désordre pouvant être important, mais sécurité des occupants assurée car absence de risque de chutes d'éléments porteurs ou d'équipements).

Pour le cas d'une construction type pour l'usage de maison individuelle traité dans le cadre de cette étude, la comparaison montre qu'il n'y a pas d'exigences contradictoires entre les dispositions présentées et celles du PPRG. Il convient par ailleurs de rappeler que les dispositions de ce rapport viennent en complément de l'ensemble des dispositions requises pour le retrait gonflement telles que définies dans le PPRG.

6. CONCLUSION

Dans le but de définir les dispositions constructives permettant d'édifier des constructions neuves de type maison d'habitation individuelle dans le bassin de lignite (13) vis-à-vis de l'affaissement progressif de terrain de niveau faible (la mise en pente inférieure à 1%) d'une part, et en présence de retrait-gonflement des argiles d'autre part, des impacts prévisibles sur les bâtiments ont été analysés. Les prescriptions et recommandations techniques sont ensuite proposées en s'appuyant sur les recherches nationales et internationales ainsi que sur les avis des experts de la profession.

Remarque :

Il est important de noter qu'on ne cherche pas à faire une étude de cas. Les résultats présentés dans la présente étude s'appliquent d'une manière générale à un groupe de bâtiments types à l'échelle d'une commune et ne présentent pas un ouvrage isolé. Ils ne sont utilisables que dans le cadre de cette étude. Ils sont strictement liés à la typologie définie dans ce rapport ainsi qu'à toutes les hypothèses qui y sont mentionnées. Il serait par conséquent erroné et dangereux d'utiliser directement ces résultats dans un cadre différent de celui de cette étude, qui revêt un caractère global et est totalement inadaptée à un examen localisé.

7. LISTE DES DOCUMENTS DE REFERENCE

- [1] Geddes J.D. - " Structural design and ground movements. Ground movement and their effects on structures " - Surrey University Press - 1984
- [2] Deck O., Al Heib M., Homand F., Gueniffey Y., Wojtkowiak F. - " Méthodes de prévision des dégradations des structures bâties en zone d'affaissement minier " - Revue française de Géotechnique, 15-33. <ineris-00961864>. – 2002
- [3] Boscardin M. D. and Cording E.J. - " Building response to excavation-induced settlement " - Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 115, n° 1 – 1989
- [4] Saeidi A. - " La vulnérabilité des ouvrages soumis aux aléas mouvements de terrains ; développement d'un simulateur de dommages " - Thèse de doctorat. Université de Nancy – 2010
- [5] National Coal Board - " Subsidence Engineering's handbook " – National Coal Board London – 1975
- [6] CSTB - " Etude des conditions de constructibilité dans le bassin sidérurgique et ferrifère Nord-Lorrain " – Rapport d'étude – 2004
- [7] Neuhaus E. H. - " A.B.C. de la construction des maisons d'habitation en zones d'affaissements miniers " – Editions Eyrolles, traduit par Soots – 1965
- [8] Soots P. - " Le phénomène des affaissements miniers et la prévention de ses conséquences dommageables " – Cahier du CSTB n°96, cahier 836 – 1969
- [9] Whittaker B. N., Reddish D. J. - " Subsidence's : Occurrence, Prediction, Control" – Editions Elsevier – 1989
- [10] ICE (Institution of Civil Engineers) - " Ground subsidence " – ISBN 0727700464 (Londres) – 1977
- [11] Kwiatek J., - " Protection des constructions sur les terrains miniers (traduction du polonais) " – Publication du G.I.G., Katowice – 1998
- [12] Zacek M. - " Construire Parasismique " – Edition Parenthèses. ISBN 2-86364-2, Marseille – 1996